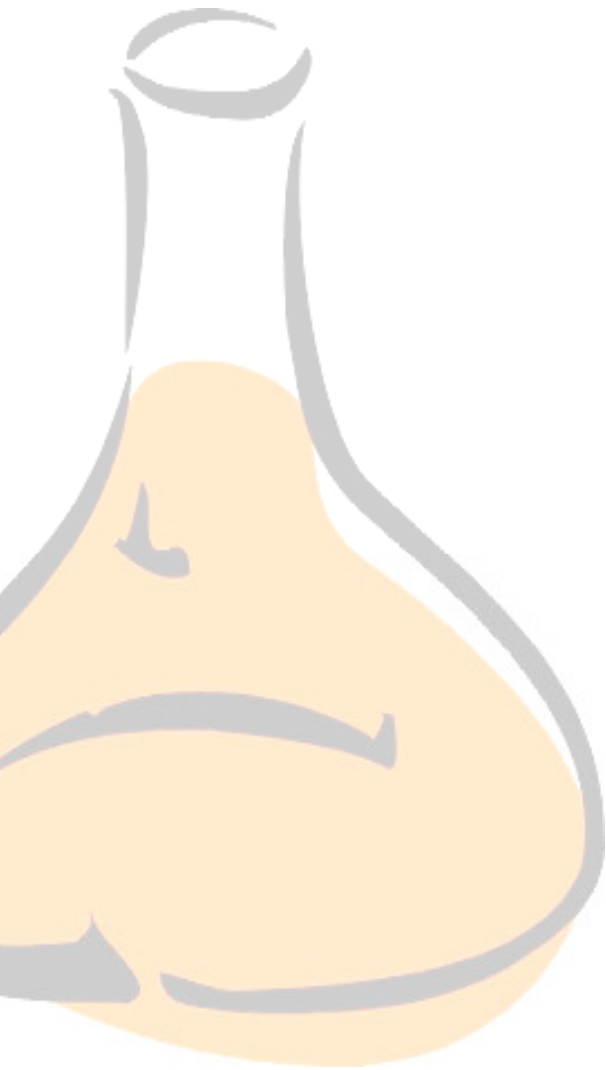


Eindrapport

Hoe is droog steelrot te voorkomen?

Groen Agro Control



Productschap  Tuinbouw



Auteurs:
Groen Agro Control
Distributieweg 1
2645 EG Delfgauw
Telefoon: 015-2572511
Fax: 015-2572522
E-mail: info@agrocontrol.nl

Ruud Kaarsemaker/Floor den Otter

Projectnummer:
Datum:
Titel rapport:
Opdrachtgever
Contactpersoon opdrachtgever:
Looptijd project:
Kernwoorden:

14165
15 september 2011
Hoe is droog steelrot te voorkomen?
Productschap Tuinbouw
Productschap Tuinbouw, J.M. Gerritsen
Januari 2011- augustus 2011
Steelrot, droogrot, paprika, voeding, kalium, fysiogene afwijking

Productschap  **Tuinbouw**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch of op geluidsband of op welke andere wijze ook en evenmin in een retrieval systeem worden opgeslagen zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever.

Inhoudsopgave	pagina
1 Samenvatting	4
2 Inleiding	5
3 Materiaal en methode	6
3.1 Gegevens deelnemende bedrijven	6
3.2 Activiteiten	6
3.3 Waarnemingen	7
3.3.1 Oriëntatie symptoomontwikkeling	7
3.3.2 Waarneming kenmerken gerelateerd aan steelrot op één bedrijf	7
3.3.3 Bedrijfskenmerken	7
3.3.4 Opwekken van symptomen	8
4 Resultaten	9
4.1 Symptoomontwikkeling	9
4.1.1 Pathogenen	11
4.2 kenmerken gerelateerd aan steelrot binnen één bedrijf	12
4.2.1 Vruchtkenmerken in relatie tot droog steelrot	12
4.2.2 Plantkenmerken in relatie tot droog steelrot	15
4.3 Bedrijfskenmerken gerelateerd aan percentage steelrot	16
5 Discussie	18
5.1 Observationeel onderzoek	18
5.2 Fysiologisch probleem	18
5.3 Kaliumvoorziening	18
5.4 Brixgetal	18
5.5 EC	19
5.6 Interactie EC en Kalium	19
5.7 Gezette vruchten per eerste zetsel	19
6 Conclusies/Hypothesen	20
6.1 Conclusies	20
6.2 Hypothesen	20
7 Aanbevelingen	21
Bijlage 1: Overzicht van alle activiteiten per bedrijf	22
Bijlage 2: Verdeling kaliumgehalte in stelen met en zonder droog steelrot	23
Bijlage 3: Bedrijfskenmerken in relatie tot percentage droog steelrot eerste zetsel	24
Bijlage 4: Kaliumgehalte en EC in de mat voor en na oogst van de eerste vruchten.	25
Bijlage 5: Regressieanalyse % droogrot K, EC en zetselgrootte bedrijven	27

1 Samenvatting

In dit onderzoek is nagegaan wat de oorzaak van droog steelrot en hoe het te voorkomen is. Droog steelrot bij paprika heeft een fysiologisch oorzaak en wordt niet veroorzaakt door een ziekteverwekker. In stelen met een beginnend stadium van droog steelrot kleuren de cellen rond het delingsweefsel bruin. In dit stadium komen geen schimmels of bacteriën voor. Pas in een later stadium, als de stelen aan de buitenkant bruin verkleuren en uitdrogen, zijn ziekteverwekkers gevonden. De verschijnselen ontstaan in een kort tijdsbestek van een dag, daarna is herstel van het weefsel niet meer mogelijk.

Kalium speelt een belangrijke rol bij het optreden van droog steelrot. Uit drogestof analyses van vruchtstelen komt naar voren dat aangetaste stelen van het eerste zetsel minder dan 2400 mmol kalium per kg drogestof bevatten. Gezonde stelen van het eerste zetsel bevatten meer dan 2400 mmol Kalium per kg drogestof. In het tweede zetsel komt droog steelrot voor bij een kaliumconcentratie lager dan 2000 mmol/kg drogestof. Uit de matanalyses van 12 bedrijven blijkt dat de kalium concentratie en de EC in de periode februari tot en met maart samenhangen met het optreden van droog steelrot. Op bedrijven met EC lager dan 3.5 mS/cm en kaliumgehalten onder de 8 mmol/l komt gemiddeld 42% droog steelrot voor in het eerste zetsel. Op bedrijven met een EC hoger dan 3.5 mS/cm en meer dan 5 mmol Kalium in de mat komt gemiddeld 2% droog steelrot voor in het eerste zetsel.. Bij lage EC is een gewas gevoeliger voor laag kaliumgehalte dan bij hoge EC. Dit blijkt na analyse van de data die op de bedrijven verzameld zijn.

Stelen met droog steelrot hebben een hoger brixgetal dan gezonde stelen. Voor de vruchten geldt het omgekeerde. Dit is een aanwijzing dat het transport van suiker naar de vrucht belemmerd is. Kalium is betrokken bij het transport van suiker in het floëem. Het lijkt erop dat er voldoende Kalium in de steel nodig is om de benodigde suikers voldoende snel naar de vruchten af te kunnen afvoeren. Waarschijnlijk hoopt suiker bij een te laag Kaliumgehalte aan het begin van de steel op. Het gevolg is dat de osmotische druk in de cellen te hoog oploopt waardoor de cellen klappen. Dit verklaard waarschijnlijk dat bij hogere EC minder steelrot optreedt.

Hoewel er in dit onderzoek verschillende rassen zijn bekeken (Orange Glorie, Stayer, Veyron, 7054, Sapporo, Nagano, Waltz, Viper en Preludium) valt op basis van de verzamelde gegevens geen uitspraak te doen over de gevoeligheid van de rassen. Dit wordt veroorzaakt doordat er een sterke koppeling is van het aanbod van kalium en de EC in de mat met de onderzochte rassen. Er zijn aanwijzingen dat de kans op droog steelrot groter is bij een klein eerste zetsel. Om zeker te zijn dat dit daadwerkelijk het geval is moet dit in vervolg onderzoek bevestigd worden.

Om droog steelrot te voorkomen is het van groot belang om het kaliumgehalte en de EC vanaf de start van zetting tot na de oogst van het eerste zetsel op peil te houden. Op basis van dit onderzoek lijkt het mogelijk, met een voldoende hoog kaliumgehalte en voldoende hoge EC in de mat, problemen met droog steelrot te beperken. Om dit te realiseren en tijdig te kunnen sturen is het belangrijk om het voedingsniveau in de mat te bewaken. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door voeding wekelijks te bemonsteren en minimaal 6 weken voordat de eerste vruchten gaan kleuren te beginnen met analyseren van de nutriënten in de mat.

2 Inleiding

Droog steelrot komt vooral voor in het eerste zetsel maar de laatste jaren ook gedurende het hele seizoen in lichte mate. Aangetaste stelen moeten worden afgesneden. Dit gaat ten koste van de kwaliteit en arbeidsprestatie. Het onderzoek naar de oorzaak van droog steelrot is op verzoek van de Landelijk Paprika Commissie uitgevoerd.

In stelen met droog steelrot heeft Groen Agro Control in het verleden in diagnostische monsters van aangetaste stelen *Fusarium solani* aangetoond. Het is echter niet bekend of *Fusarium* de oorzaak was van het probleem of secundair is opgetreden.

In dit onderzoek zijn metingen verricht aan de samenstelling van aangetaste en gezonde vruchtstelen en is ook geïnventariseerd welke pathogenen in de aangetaste stelen geïsoleerd konden worden. Het onderzoek is uitgevoerd op basis van het voortschrijdend inzicht gedurende de uitvoering van het project en begeleid door de begeleidingscommissie van LTO-groeiservice. Op basis van de resultaten zijn adviezen geformuleerd die de aantasting met droog steelrot in de toekomst kunnen voorkomen.

3 Materiaal en methode

3.1 Gegevens deelnemende bedrijven

Het onderzoek is uitgevoerd met medewerking van 12 bedrijven. De gegevens zijn verzameld door waarnemingen op de bedrijven of beschikbaar gesteld door de deelnemers. De belangrijkste bedrijfsgegevens zijn weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1: Bedrijfsgegevens van de deelnemende bedrijven.

Nr	Kleur	Ras	Zaaidatum	Stengels/ m ²	St/plant	Eerste oogst	Vast scherm	Plastic folie	Systeem
1	geel	Stayer	16-10-10	7.0	3	22-Mar	Ph50	folie	traditioneel
2	oranje	Orange Glorie	?	7.0	3	05-Apr		folie	traditioneel
3	rood	Veyron	23-10-10	6.8	3	19-Mar	LS10		V-systeem
4	oranje	7054	18-10-10	6.7	2	21-Mar	LS10		V-systeem
5	oranje	Orange Glorie	15-10-10	6.9	3	21-Mar	Formilux	folie	traditioneel
6	rood	Veyron	01-11-10	6.8	3	21-Mar	LS10	folie	V-systeem
7	rood	Veyron	27-10-10	6.8	3	19-Mar	LS10		traditioneel
8	rood	Sapporo	01-11-10	6.7	4	25-Mar	doek	Folie	V-systeem
8	rood	Nagano	01-11-10	6.7	3	15-Mar	doek	Folie	traditioneel
9	oranje	7054	23-10-10	7.2	3	31-Mar	doek		traditioneel
10	rood	Viper	16-10-10	6.2	2	23-Mar	Formilux	.	n.b.
10	rood	Waltz	16-10-10	6.2	2	23-Mar	Formilux		n.b.
11	rood	Preludium	10-10-10	7.0	2	05-Mar		folie	n.b.
12	geel	Stayer	18-10-10	n.b.	n.b.	21-Mar	n.b.	n.b.	n.b.
12	geel	Stayer belicht	11-10-10	n.b.	n.b.	02-Feb	n.b.	n.b.	n.b.

n.b. = niet bekend

3.2 Activiteiten

Om meer inzicht te krijgen in de oorzaak van droog steelrot zijn gegevens verzameld. Er is onderscheid gemaakt tussen vruchten met steelrot en zonder steelrot en planten met steelrot vruchten en planten met alleen gezonde vruchten. Daarnaast is gekeken naar bedrijfskenmerken in relatie tot de mate van droog steelrot. De verkregen informatie geeft aanwijzingen over de mogelijke oorzaak van het steelrot probleem. De verrichte activiteiten zijn chronologisch weergegeven in Tabel 2. Omdat de waarnemingen zijn gebaseerd op het voortschrijdende inzicht dat zich gedurende het verloop van het project ontwikkelde zijn de metingen niet altijd op alle momenten en/of bedrijven uitgevoerd. De gevolgde werkwijze is in overleg met de begeleidingscommissie vastgesteld. In bijlage 1 is de verdeling van de waarnemingen over de bedrijven in de tijd beschreven. In dit hoofdstuk worden de verschillende waarnemingen verder toegelicht.

Tabel 2: Chronologische weergave van de waarnemingen.

Datum	Aantal bedrijven	Omschrijving waarnemingen
7-11 maart	1	symptoomontwikkeling: inventarisatie kas, foto's gemaakt, nutriëntenanalyse
18 mrt – 1 april	3	stelen ingesneden met en zonder ontsmet mes
	10	inventarisatie kas (plantbelasting, plant algemeen) en goede en slechte vruchten verzamelen
	6	gewasanalyses van verschillende delen steel, brix, ds-gehalte steel, verhoudingen steel bepaald,
	4	brix en ds bepaling stelen en vruchten
april	3	proef ingezet: rot opwekken: vruchten verzwaren, planten inpakken, vruchtsteel verhitten, EC verlagen mat
mei	5	5 slechte en 5 gezonde vruchten verzameld, gewasanalyse stelen en vrucht, brix en ds-meting
juli/aug	9	voedinganalyses verzameld

3.3 Waarnemingen

3.3.1 Oriëntatie symptoomontwikkeling

De ontwikkeling van droog steelrot is gevolgd door stelen een aantal dagen te beoordelen. Stelen met lichte symptomen, zonder symptomen, stelen met knik en stelen met glazige verkleuring zijn op de foto gezet en één dag en vier dagen daarna opnieuw beoordeeld.

3.3.2 Waarneming kenmerken gerelateerd aan steelrot op één bedrijf

Vruchtkenmerken

De stelen zijn beoordeeld op nutriëntensamenstelling, lengte en dikte van de vruchtsteel, droog en versgewicht van de vruchtsteel, brixgetal vrucht, brixgetal vruchtsteel. Bij de eerste metingen is bij enkele bedrijven onderscheid gemaakt tussen bovenkant en onderkant van de steel aan de zijde van de stengel. Later is bij enkele bedrijven onderscheid gemaakt tussen of de vruchtzijde of stengelzijde van de vruchtsteel.

Plantkenmerken

De dikte van de stengel onder de splitsing, dikte van de stengel tussen nodium 3 en 4, aantal bladeren onder de splitsing en de verdeling van gezette vruchten over de verschillende oksels zijn vastgelegd bij planten met één of meer vruchten met steelrot en planten met vruchten zonder steelrot.

3.3.3 Bedrijfskenmerken

Verschillende kenmerken die gebonden zijn aan de bedrijven zijn in relatie gebracht met het percentage door droog steelrot aangetaste vruchten van het eerste zetsel.

Per bedrijf is vastgelegd: ras, voedingscijfers, stengeldichtheid, aantal stengels/plant, type en aantal schermen, teeltsysteem, zaaidatum en datum eerste oogst..

Ter indicatie van de groeikracht van paprikaplanten is de diameter van de plantstengel gemeten onder de splitsing en tussen het 3^e en 4^e oksel. Tevens is gekeken naar de verdeling van de gezette vruchten over de oksels.

3.3.4 Opwekken van symptomen

Er zijn een aantal proeven uitgevoerd op bedrijven om symptomen van droog steelrot op te wekken. In de proeven is geprobeerd om vruchtstelen in te snijden, af te knellen (fig 1), te knikken (fig 2) of te beschadigen door verhitten (fig. 3). Ook is de Relatieve luchtvochtigheid van planten tijdelijk verhoogd (fig. 4). Dit om na te gaan of beperking van de verdamping droog steelrot kan veroorzaken. Tevens is nagegaan of toevoegen van 300 cc leiding water met een lage EC droog steelrot kan opwekken.



Fig 1: afknellen vruchtsteel



Fig 2: 100 extra gewicht aan steel.



Fig 3: Beschadigen door Verhitten.



Figuur 4: Beperking van verdamping door inpakken van de plant

4 Resultaten

4.1 Symptoomontwikkeling

Om een indruk te krijgen in de symptoomontwikkeling zijn op één bedrijf vruchten gevolgd. De eerste dag (7 maart) zijn vruchten met en zonder symptomen gemerkt en beoordeeld. Deze vruchten zijn een dag en vier dagen later nogmaals beoordeeld. Stelen met beginnende bruinverkleuring waren vanaf de eerste symptomen al voor een groot deel bruin verkleurd. Soms was een deel van de steel iets glazig. Een dag later was ook het glazige deel bruin en begonnen de bruine delen in te drogen. Vier dagen later was de steel nog verder ingedroogd. De bruinverkleuring breidde zich nauwelijks verder uit. Gelabelde verdachte vruchten aan een zwakke stengel (12), met lichte beschadiging of kink ontwikkelden geen steelrot. De symptoomontwikkeling van 5 vruchten is weergegeven in de figuren 5 t/m 9. Dwarsdoorsneden van stelen met eerste verschijnselen van droog steelrot zijn onder de microscoop bekeken (figuur 11 en 13). De cellen in het cambium (delingsweefsel) kleuren bruin en dit breidt zich vervolgens uit aan beide zijden van het cambium. Deze beelden maken duidelijk dat droog steelrot ontstaat van binnenuit de steel. Als de verschijnselen aan de buitenkant van de steel zichtbaar worden is de steel al van binnenuit aangetast. Dit is een verklaring waarom de symptomen plotseling zichtbaar worden.



Figuur 5 Steel van vrucht aan “zwakke” stengel blijft gezond.



Figuur 6 Steel bonte vrucht met geknikte stengel (blauwe pijl) blijft gezond.



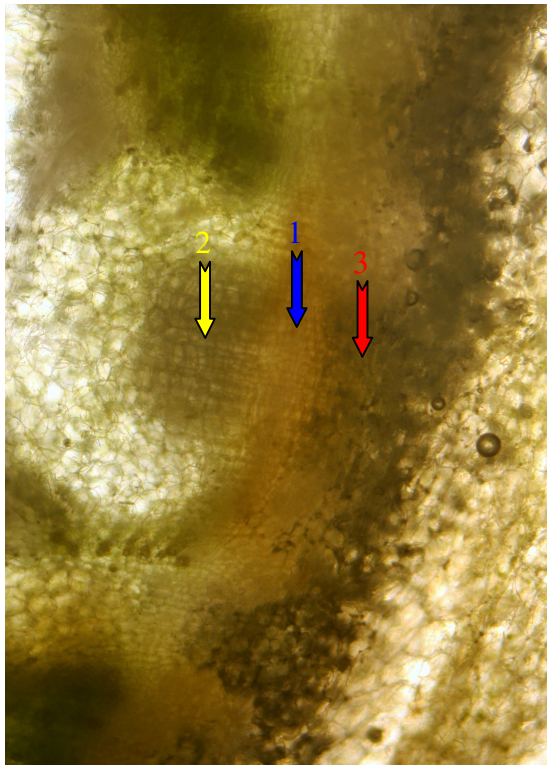
Figuur 7: Steel met glazige verkleuring rond snijvlak aan plant met hoge vruchtbelasting blijft gezond.



Figuur 8: Ontwikkeling van steelrot na eerste verschijnselen, de bruinverkleuring breidt zich langzaam uit en droogt daarna uit.



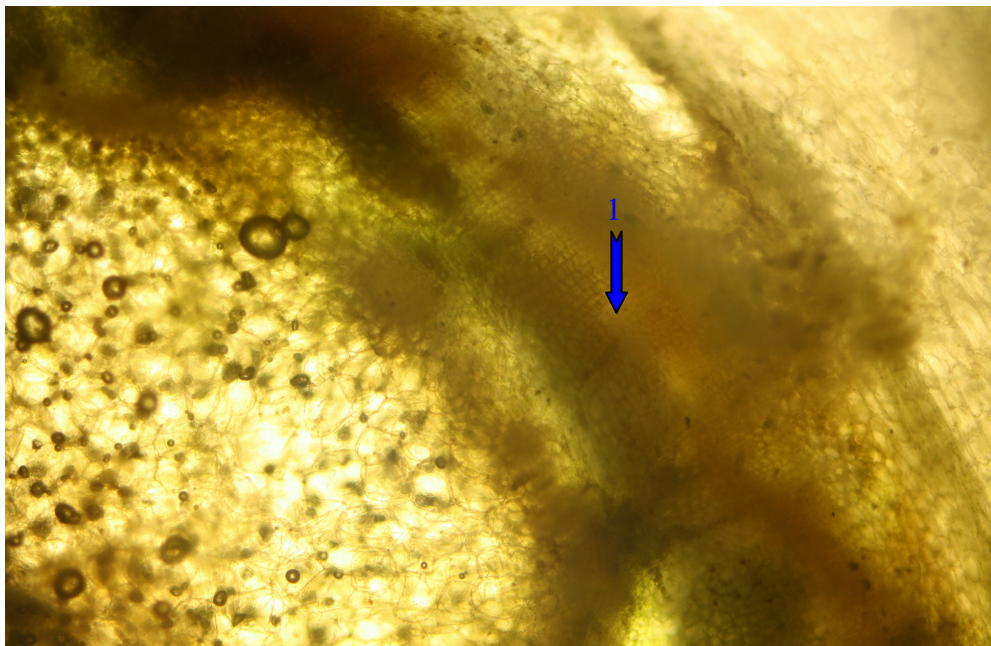
Figuur 9: Ontwikkeling van steelrot na eerste verschijnselen, de bruinverkleuring breidt zich langzaam uit en droogt daarna uit.



Figuur 10
Dwarsdoorsnede van een steel met beginnende verbruining bij het cambium
1 = Cambium, 2 = Xyleem, 3 = Floeem



Figuur 11
verder gevorderd stadium van bruinverkleuring van de stengel.



Figuur 12: Dwarsdoorsnede van een steel in een gevorderd stadium van verbruining bij het cambium.(1)

4.1.1 Pathogenen

In een beginnend stadium van droog steelrot zijn geen ziekteverwekkers gevonden. In een beperkt aantal vruchten met bruine en ingedroogde stelen is *Fusarium* of *Erwinia* aangetroffen. Deze ziekteverwekkers komen voor als gevolg van droog steelrot.

4.2 kenmerken gerelateerd aan steelrot binnen één bedrijf

4.2.1 Vruchtkenmerken in relatie tot droog steelrot

vruchtsteel

Bij de vergelijking van vruchten met en zonder droog steelrot blijkt dat de nutriënten gehalten, brixgetal en drogestofgehalten van droogrot vruchtstelen anders zijn dan in gezonde stelen. Het kaliumgehalte in stelen met droog steelrot is consequent lager (Tabel 3 en Tabel 4) dan in gezonde stelen. In het eerste zetsel treedt droog steelrot op bij een kalium gehalte in de steel lager dan 2400 mmol/kg drogestof. Bij het tweede zetsel treedt droog steelrot op bij een kaliumgehalte lager dan 2000 mmol/kg drogestof. Het Brixgetal is juist consequent hoger in stelen met droog steelrot (Tabel 5 en Tabel 6). Het brixgetal in stelen met droog steelrot is 30% hoger dan in gezonde stelen. Sommige nutriënten (Tabel 7 en Tabel 8) en het drogestofgehalte (Tabel 9 en Tabel 10) zijn hoger in rotte stelen. Dit is waarschijnlijk het gevolg van ophoping als gevolg van verdamping en uitdroging van het aangetaste weefsel. Het percentage drogestof van rotte stelen is hoger maar het drooggewicht is hetzelfde als van gezonde stelen (Tabel 11). Het Boriumgehalte was hetzelfde in rotte en gezonde stelen. De lengte en de diameter van de stelen met steelrot is hetzelfde (Tabel 11) dan gezonde stelen.

vrucht

Vruchten met steelrot zijn net zo zwaar als gezonde vruchten (Tabel 11).

De vruchten met droog steelrot bevatten op sommige bedrijven een hoger nitraatgehalte en een lager brixgetal dan vruchten met gezonde stelen (Tabel 5 tm Tabel 8). Deze verschillen zijn niet zo consequent als de verschillen die in de steel gevonden zijn.

Tabel 3: Kaliumgehalte (mmol/kg drogestof) in goede en rotte paprikastelen van het eerste zetsel op 7 bedrijven.

Ras	Bedrijf	Goed	Rot
Orange Glorie	2	2737	2345
Orange Glorie	5	2662	2275
Stayer	1	2556	2159
Veyron	3	2637	2242
Veyron	6	2455	2171
7054	4	2781	2309
Preludium	11	3088	2329

Tabel 4: Kaliumgehalte (mmol/kg drogestof) in goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het tweede zetsel op 5 bedrijven.

Ras	Bedrijf	Steel		vrucht	
		Goed	Rot	Goed	Rot
Stayer	1	2326	1926	600	793
7054	4	2606	1940	714	861
Nagano	8	2221	1606	711	689
7054	9	2353	1982	753	704
Predludium	11	2192	1957	707	824
Gemiddelde		2340	1882	697	774

Tabel 5: Brixgetal (°Brix) in goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het eerste zetsel op 5 bedrijven.

Ras	Bedrijf	Steel		vrucht	
		Goed	Rot	Goed	Rot
7054	9	4.9	5.8	7.3	5.7
Sapporo	8	5.1		5.5	
Nagano	8	5.0	7.6	5.7	4.7
Waltz	10	6.3		7.2	
Viper	10	6.7		6.9	
Gemiddelde		5.6	6.7	6.5	5.2

Tabel 6: Brixgetal (°Brix) in goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het tweede zetsel op 5 bedrijven.

Ras	Bedrijf	Steel		vrucht	
		Goed	Rot	Goed	Rot
Stayer	1	4.7	6.3	5.6	5.8
7054	4	5.2	7.2	7.3	6.5
Nagano	8	5.2	6.8	6.1	5.6
7054	9	4.5	6.4	6.7	7.0
Predludium	11	5.0	6.1	6.4	6.0
Gemiddelde		4.9	6.5	6.4	6.2

Tabel 7: Nutriëntgehaltenes in goede en rotte paprikastelen van het eerste zetsel op 7 bedrijven.

Element	Goed	Rot
K (mmol/kg ds)	2702	2261
Ca (mmol/kg ds)	72	76
Mg (mmol/kg ds)	32	31
N-tot (mmol/kg ds)	3074	3325
P (mmol/kg ds)	111	119
Fe (mmol/kg ds)	0.7	1.0
Mn (mmol/kg ds)	0.6	0.6
Zn (mmol/kg ds)	0.4	0.5
B (mmol/kg ds)	2.1	2.0
Mo (µmol/kg ds)	10	10
Cu (µmol/kg ds)	58	79

Tabel 8: Nutriëntgehaltenes in goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het tweede zetsel op 5 bedrijven.

Element	Steel		vrucht	
	Goed	Rot	Goed	Rot
K (mmol/kg ds)	2340	1882	697	774
Ca (mmol/kg ds)	72	92	32	32
Mg (mmol/kg ds)	24	40	69	67
N-tot (mmol/kg ds)	2220	2456	1706	1962
P (mmol/kg ds)	46	65	132	131
Fe (mmol/kg ds)	1.4	1.6	1.2	1.2
Mn (mmol/kg ds)	0.4	0.5	0.5	0.5
Zn (mmol/kg ds)	0.4	0.6	0.4	0.5
B (mmol/kg ds)	1.6	1.7	1.1	1.3
Mo (µmol/kg ds)	9	9	9	10
Cu (µmol/kg ds)	66	144	105	107

Tabel 9: Percentage drogestof (%) van goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het eerste zetsel op 5 bedrijven.

Ras	bedrijf	Goed	Rot
7054	4	10.5%	13.3%
	9	10.3%	11.1%
Nagano	8	11.5%	13.3%
Orange Glorie	2	10.5%	13.2%
	5	12.0%	14.0%
Stayer	1	10.1%	12.8%
Veyron	3	11.1%	15.1%
	6	11.6%	13.4%
	7	11.0%	15.4%
Gemiddelde		10.9%	13.5%
Saporro	8	11.4%	
Waltz	10	12.3%	
Viper	10	12.3%	
Gemiddelde		12.0%	

Tabel 10: Percentage drogestof (%) van goede en rotte paprikastelen en in vruchten met en zonder rotte stelen van het tweede zetsel op 5 bedrijven.

Ras	Bedrijf	Steel		vrucht	
		Goed	Rot	Goed	Rot
Stayer	1	12.1	19.7	6.5	6.6
7054	4	11.6	18.8	8.1	7.6
Nagano	8	12.8	22.0	6.8	6.4
7054	9	10.9	16.0	7.6	7.6
Predludium	11	11.0	14.6	7.6	7.6
Gemiddelde		11.7	18.2	7.3	7.2

Tabel 11: Verschillende kenmerken van planten/vruchten met en zonder steelrot. Er is waargenomen bij de kleuring van het eerste zetsel.gemiddeld over 9 paprika gewassen waar droog steelrot in voorkomt

Gegevens	Goed	Rot
Vruchtgewicht (g)	176	180
diameter vruchtsteel (mm)	11.4	11.2
lengte vruchtsteel (cm)	6.4	6.3
drooggewicht steel (g)	0.68	0.67

4.2.2 Plantkenmerken in relatie tot droog steelrot

De plantwaarnemingen bij planten met één of meer droog steelrot vruchten zijn hetzelfde als bij planten zonder steelrot vruchten. De plantbelasting (Tabel 12) en de verdeling van de vruchten over de oksels is hetzelfde. Ook is de diameter van de stengels en het aantal bladeren onder de splitsing hetzelfde (Tabel 13).

Tabel 12: Plantbelasting (vruchten/m²) verdeeld over het eerste en tweede zetsel en het percentage op de bedrijven.

Bedrijf	Planten zonder droog steelrot		Planten met steelrot		% rot 1 ^e zetsel
	1 ^e zetsel	2 ^e zetsel	1 ^e zetsel	2 ^e zetsel	
1	10.1	18.6	10.7	18.2	7
2	7.6	30.9	7.4	25.7	0.5
3	9.6	24.9	8.5	25.2	80
4	4.7	17.2	4.9	19.0	3
5	6.9	34.8	6.9	30.9	3
6	5.4	31.7	5.7	30.0	5
7	6.8	35.3	8.1	36.6	80
9	9.6	28.0	8.8	32.0	5
11	6.1	6.1	7.0	4.4	3
Gemiddelde	7.4	25.3	7.6	24.7	18.7
10	6.8	28.5			0

Tabel 13: Kenmerken van planten zonder steelrot en planten met één of meer vruchten met droog steelrot. Er is waargenomen bij de kleuring van het eerste zetsel. De cijfers zijn de gemiddelde waarden van 9 bedrijven waar droog steelrot voor komt.

Gegevens	Goed	Rot
aantal bladeren onder splitsing	9.1	9.1
dikte stengel onder splitsing (mm)	15.7	15.4
dikte stengel tussen 3e-4e nodium (mm)	8.4	8.3
gezet/m ² eerste zetsel	7.4	7.6
gezet/m ² tweede zetsel	25.3	24.7

4.3 Bedrijfskenmerken gerelateerd aan percentage steelrot

Een samenvatting van de verzamelde bedrijfsspecifieke gegevens is weergegeven in bijlage 3. Er bestaat een relatie tussen het kalium gehalte en de EC van de mat in de periode voor de eerste oogst. Bedrijven met hoge EC en hoog kalium gehalte in de mat hebben nauwelijks last van droog steelrot. Bedrijven met lage EC en laag kalium gehalte in de mat hebben veel last van droog steelrot. Het verloop van de kaliumgehalte en EC in de mat rond de eerste oogstdatum zijn per bedrijf weergegeven in bijlage 4.

Naast EC en kalium is onderzocht of er nog andere factoren van invloed zijn bij het optreden van droog steelrot. Uit de statistische analyses (bijlage 5) blijkt dat er een interactie is tussen de EC en kaliumgehalte. Dat wil zeggen dat een laag kaliumgehalte meer problemen geeft bij lage EC dan bij hoge EC (tabel 14). De grootte van het eerste zetsel lijkt een rol te spelen bij het optreden van droog steelrot. Bij een klein eerste zetsel van bijvoorbeeld vijf vruchten/m² komt na correctie van de EC en K-invloed meer droog steelrot voor dan bij een eerste zetsel van 10 vruchten/m² (tabel 14). Er zijn geen aanwijzingen gevonden dat op bedrijven met minder steelrot een hoger Boriumgehalte in de mat voorkomt. Gezien de grote variatie in EC, kalium en grootte van het eerste zetsel in deze dataset in relatie tot het beperkte aantal bedrijven en de sterke koppeling van het aanbod van kalium en de EC in de mat met de onderzochte rassen, kan geen uitspraak gedaan worden over de rasgevoeligheid voor droog steelrot.

Tabel 14: Het percentage droog steelrot in relatie tot EC en kalium in de matmonsters in februari/maart en de grootte van het eerste zetsel gemiddeld over de bedrijven.

Gem. kalium gehalte mat mmol/l (feb-mrt)	Zetsel/m ²	EC gem mrt april		
		2.5-3.5	3.5-4.5	4.5-5.5
2-5	<5.5			3.0
	6.5-7.5	80.0		
	>9	42.5		
5-8	<5.5			
	6.5-7.5	55.0	3.0	
	>9	3.8		
8-11	<5.5		5.0	
	6.5-7.5		0.0	1.3
	>9			

Opwekken van symptomen

Het is niet gelukt om bewust droog steelrot op te wekken. De symptomen ten gevolge van verhitten van de stelen kwamen het dichtste in de buurt bij de verschijnselen van droog steelrot (figuur 13). Na insnijden van de steel ontstond geen rot ook niet na besmetten met droogrot stelen. Er werd wondweefsel gevormd en de vrucht rijpte normaal af (figuur 14). Het verhogen van de relatieve luchtvochtigheid door inpakken, toevoegen van water met lage EC, afknellen en extra gewicht aan de vrucht veroorzaakte geen droog steelrot.



Figuur 13:
Ingedroogde steel na beschadiging ten
gevolge van verhitten.



Figuur 14:
Dichtgegroeide wond na insnijden.

5 Discussie

5.1 Observationeel onderzoek

Het onderzoek is gebaseerd op waarnemingen uit de praktijk en is uitgevoerd op 11 bedrijven en 15 locaties. De resultaten zijn verzameld op bedrijven met hun eigen specifieke bedrijfsvoering. Er kunnen altijd onbekende factoren van invloed zijn op het resultaat en er is een risico dat verbanden willekeurig zijn optreden. Toch geeft het onderzoek een duidelijke richting aan waardoor droog steelrot wordt veroorzaakt. In dit hoofdstuk wordt gezocht naar de samenhang tussen de afzonderlijke waarnemingen om een (hypothetische) verklaring te geven van het probleem. Voor het definitieve bewijs moeten de conclusies in nadere onderzoeken of studies bevestigd worden.

5.2 Fysiologisch probleem

Droog steelrot wordt niet veroorzaakt door een pathogeen. De eerste verschijnselen zijn zichtbaar rond het cambium. Als de symptomen aan de buitenkant van de steel zichtbaar worden volgt bruinkleuring en verdroging van de steel. In 80% van de stelen met droog steelrot werd geen pathogeen gevonden. In de aangetaste stelen was het brixgetal hoger en het kaliumgehalte lager dan in gezonde stelen.

5.3 Kaliumvoorziening

Met name de kaliumvoorziening lijkt van groot belang bij het optreden van droog steelrot. In stelen met droog steelrot komt in alle gevallen minder kalium voor dan in gezonde stelen. Droog steelrot kwam in het eerste zetsel voor bij een kaliumgehalte in de steel lager dan 2400 mmol/kg drogestof en bij het tweede zetsel bij een kaliumgehalte in de steel lager dan 2000 mmol/kg drogestof. De onderkant van de steel heeft een lager kaliumgehalte dan de bovenkant van de steel. Droog steelrot begint aan de onderkant van de steel waar de laagste kaliumconcentratie gemeten is. Het kaliumgehalte in de vrucht is veel lager dan in de vruchtsteel en hetzelfde bij vruchten met rotte en gezonde stelen. Volgens de literatuur is Kalium belangrijk voor het transport van suikers in de plant. Kalium is nodig bij het laden en ontladen van het floëem met suiker. Bij kaliumgebrek wordt minder suiker getransporteerd. Het is waarschijnlijk dat lage kaliumgehalten in de vruchtstelen veroorzaakt worden door te weinig opname van kalium door de plant. Op bedrijven met laag kalium gehalte in de mat in de periode februari maart kwam meer steelrot voor dan bij bedrijven met hoog kalium gehalte.

5.4 Brixgetal

Het hoge brixgetal duidt op een verhoogd suikergehalte op de plaats waar droog steelrot ontstaat. In de vruchten met droogrot stelen wordt in veel gevallen een lager brixgetal gemeten dan in vruchten met gezonde stelen. Dit geeft aan dat het suikertransport in de vruchtsteel stagneert, waarschijnlijk veroorzaakt door een gebrek aan kalium in de vruchtsteel. Hierdoor loopt het suikergehalte in de vruchtsteel bij het snijvlak van de vrucht op. De hoge suikerconcentratie veroorzaakt waarschijnlijk een te hoge osmotische druk waardoor cellen knappen. Hierdoor zou de bruinverkleuring rond het cambium verklaard kunnen worden die in dit onderzoek is waargenomen. Na de eerste bruinverkleuring raken steeds meer cellen beschadigd en kleurt de steel verder bruin. In een later stadium droogt de steel uit.

5.5 EC

Uit de metingen blijkt dat minder droog steelrot voorkomt op bedrijven met een hogere EC in de mat. De lagere gevoeligheid zou veroorzaakt kunnen worden doordat de cellen steviger zijn als er met een hogere EC geteeld wordt. Bij sterke cellen zal een verhoogd brixgetal minder snel tot celbeschadiging en droog steelrot leiden dan bij zwakke cellen. Cellen bezitten bij hogere EC zelf al een hogere waterpotentiaal waardoor ze waarschijnlijk ook minder gevoelig worden voor de osmotische druk ten gevolge van een hoog suikergehalte.

5.6 Interactie EC en Kalium

Bij hogere EC zijn de vruchten minder gevoelig voor Kalium gebrek dan bij lage EC. Bij vergelijking van de Kalium cijfers zijn de gemeten waarden niet gecorrigeerd voor de EC. Bij hogere EC zijn meer kationen (oa Ca en Mg) in oplossing die de opname van Kalium remmen. Hierdoor kan een plant bij dezelfde absolute Kaliumconcentratie bij hogere EC minder Kalium opnemen dan bij lagere EC. Bij hoge EC en laag Kaliumgehalte komt minder steelrot voor dan bij lage EC en laag Kaliumgehalte. Het effect van EC op de stevigheid van de cellen is merkbaar belangrijker dan het effect van de beperkte Kalium opname op de suikeroophoping in de vruchtsteel.

5.7 Gezette vruchten per eerste zetsel

Stelen van vruchten van een klein eerste zetsel zijn betrouwbaar gevoeliger voor droog steelrot dan bij een groot eerste zetsel. De invloed is echter minder groot dan die van het kaliumgehalte en de EC. Omdat de zetselgrootte samenhangt met factoren als plantconditie tijdens de eerste zetting, okselnr waar zetting wordt toegestaan, lichtomstandigheden en het snoei beleid op een bedrijf is aanvullend onderzoek nodig om vast te stellen of/en in welke situaties dit geldt.

6 Conclusies/Hypothesen

6.1 Conclusies

- Droog steelrot is een fysiologisch probleem
- Aangetaste stelen bevatten minder kalium dan gezonde stelen
- Het brixgetal in stelen met droog steelrot is hoger dan in gezonde stelen
- Bij hoge EC (>4 mS) is paprika minder gevoelig voor kaliumgebrek dan bij lage EC(<3 mS).
- Het aantal bedrijven in relatie tot het aantal onderzochte rassen was te klein om een uitspraak te kunnen doen over de rasgevoeligheid.

6.2 Hypothesen

- Het onderzoek heeft geleid tot de volgende hypothesen:
 - Het transport van suiker stagneert ten gevolge van kaliumgebrek. Suiker hoopt op in de vruchtsteel, aan de zijde van de stengel, veroorzaakt een te hoge osmotische druk waardoor cellen rond het cambium uit elkaar klappen. De steel kleurt van binnenuit bruin en droogt later uit.
 - Er is waargenomen dat bij een klein eerste zetsel meer droog steelrot voorkomt dan bij een groter eerste zetsel. Door het beperkte aantal waarnemingen moet dit nogmaals bevestigd worden om het met zekerheid te kunnen concluderen.

7 Aanbevelingen

Voorlopig advies voeding

- Houdt het kaliumgehalte vanaf de start van de teelt tot na de oogst van het eerste zetsel voldoende hoog.
- Houdt de EC van af de start tot na de oogst van het eerste zetsel op peil
- Begin minimaal 6 weken voor de oogst met wekelijks monsteren en reageer direct op afwijkingen van de kaliumconcentratie.
- Verhoog kalium in de gift bij toenemende plantbelasting

Aanbevelingen verder onderzoek

Volgen in welke mate de problemen met droog steelrot afnemen op bedrijven die gaan werken met het voorlopige voedingsadvies in relatie tot de matanalyses.

Verfijnen van het voedingsadvies en toetsen van de gevoeligheid van verschillende rassen voor droog steelrot in een proef. Belangrijk is dat de concentratie kalium en de EC in de mat per ras gemeten wordt.

De relatie tussen de grootte van het eerste zetsel en het optreden van droog steelrot kan onderzocht worden door de plantbelasting te variëren.

Bijlage 1: Overzicht van alle activiteiten per bedrijf

Tabel 15: Overzicht van de activiteiten die zijn uitgevoerd ten behoeve van het project op de verschillende bedrijven.

Datum	bedrijf	Uitvoering	analyse
7,8, 11 mar	11	inventarisatie kas, vruchten genummerd en gemonitord en foto's gemaakt, vruchten meegenomen voor nutriëntenanalyse	1: 10 rotte stelen, 2: 10 gezonde stelen (2 vruchten bij 2de oksel), 3: 10 gezonde stelen (1 vrucht bij 2e oksel, 4: 10 gezonde stelen van hoger oksel
18-Mar	4	stelen ingesneden met en zonder ontsmet mes	visueel
18-Mar	6		
18-Mar	1		
22-Mar	1	Inventarisatie kas (plantbelasting, plant algemeen) en goede en slecht vruchten verzamelen	gewasanalyses van verschillende delen steel, brix, ds-gehalte steel, verhoudingen steel bepaald, Brix en DS bepaling stelen en vruchten brix, ds-gehalte steel, verhoudingen steel bepaald, Brix en DS bepaling stelen en vruchten
22-Mar	4		
24-Mar	2		
24-Mar	3		
25-Mar	5		
25-Mar	6		
28-Mar	9		
31-Mar	7		
31-Mar	8		
01-Apr	10		
april	11	Proef ingezet: rot opwekken: vruchten verzwaren, planten inpakken, vruchten verbranden, EC verlagen mat	Foto's map: foto's praktijkproeven
april	4		
april	8		
mei	4	5 slechte en 5 gezonde vruchten verzameld	gewasanalyse stelen en vrucht, brix en ds-meting
mei	11		
mei	1		
mei	8		
mei	9		
juli	1	Voedinganalyses verzameld	inventarisatie
juli	3		
juli	4		
juli	6		
juli	7		
juli	8		
juli	10		
augustus	11		
sugustus	12		

Bijlage 2: Verdeling kaliumgehalte in stelen met en zonder droog steelrot

Tabel 16: Verdeling kaliumgehalte in de bovenkant en onderkant van de vruchtsteel bij het snijvlak (mmol/kg drogestof) in goede en rotte paprikastelen van het eerste zetsel op 5 bedrijven. (Droog steelrot begint aan de onderzijde van de steel.)

ras	teler	geen steelrot			Steelrot	
		boven	heel	onder	Boven	Onder
Orange Glorie	2	2737			2498	2192
Stayer	1	2556			2195	2123
Veyron	3	2637			2307	2176
7054	4	2781			2425	2192
Preludium	11	2973	3087	3206	2583	2074

Tabel 17: Verdeling kaliumgehalte in de vruchtsteel aan de zijde van de vrucht of snijvlak (mmol/kg drogestof) in goede en rotte paprikastelen van het eerste zetsel op 2 bedrijven. (Droog steelrot treedt op bij het snijvlak)

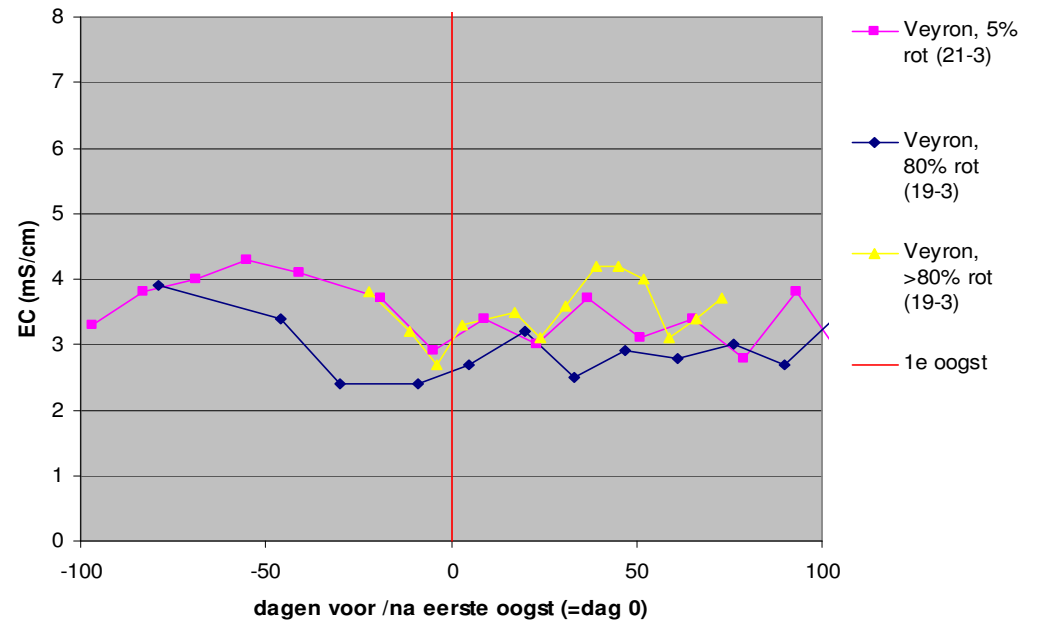
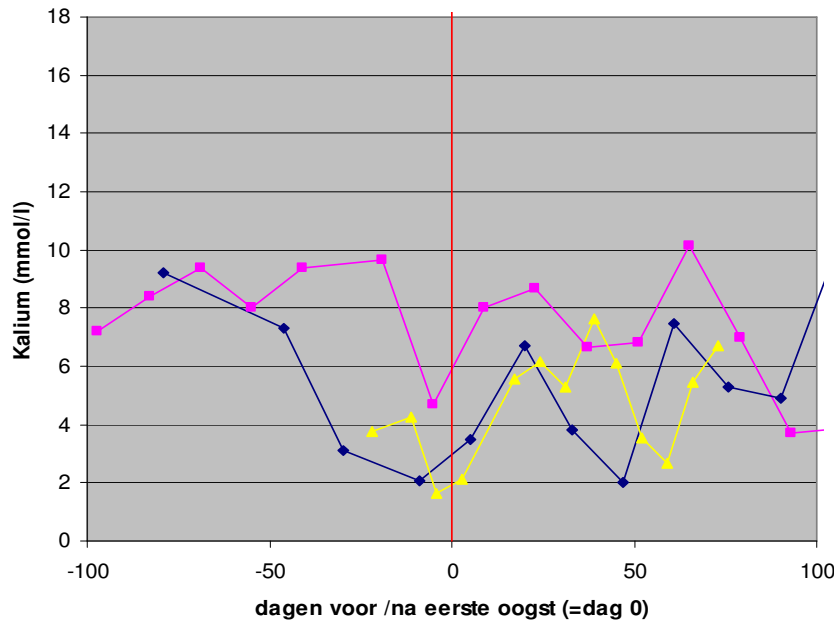
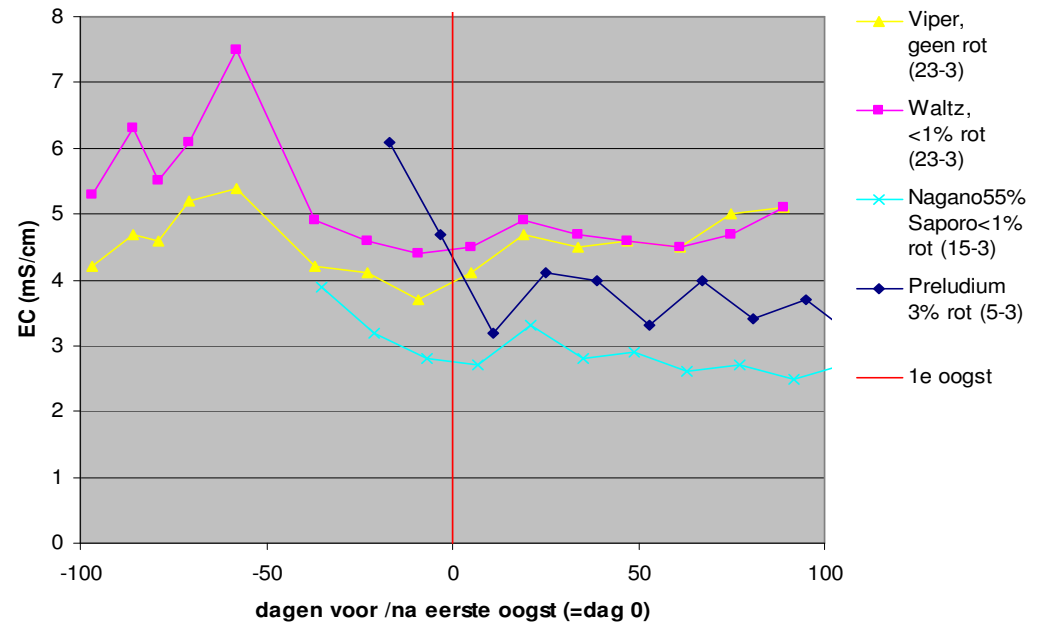
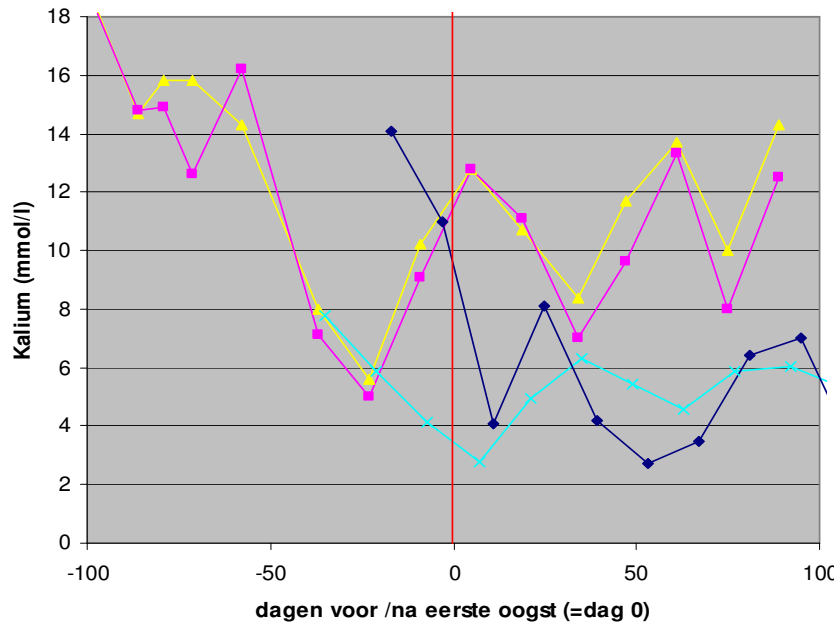
ras	teler	goed		rot	
		stengel	vrucht	stengel	vrucht
Orange Glorie	5	3032	2291	2244	2306
Veyron	6	2780	2129	2304	2038
gemiddeld		2906	2210	2274	2172

Bijlage 3: Bedrijfskenmerken in relatie tot percentage droog steelrot eerste zetsel

% rot eerste zetsel	0	0.5	0.5	0.5	2	3	3	3	3	5	5	7	55	80	80
bedrijf	10	2	8	10	12	4	5	11	12	6	9	1	8	3	7
Ras	Viper	O Glorie	Sapporo	Waltz	Stayer	7054	O Glorie	Prelodium	Stayer	Veyron	7054	Stayer	Nagano	Veyron	Veyron
kleur	rood	oranje	rood	rood	geel	oranje	oranje	rood	geel	rood	oranje	geel	rood	rood	rood
zaadhuis	enza	de ruiters	rz	syngenta	rz	de ruiters	de ruiters	syngenta	rz	enza	de ruiters	rz	rz	enza	enza
zaaidatum	16-10	?	1-11	16-10	18-10	18-10	15-10	10-10	11-10	1-11	23-10	16-10	1-11	23-10	27-10
stengels/m ²	6.2	7.0	6.7	6.2		6.7	6.9	7.0		6.8	7.2	7.0	6.7	6.8	6.8
st/plant	2	3	4	2		2	3	2		3	3	3	3	3	3
Oksel 1e zetting	4-5	3-5	3-4	4-5	4-6	3-4	4-5	2	3	3	4-6	3-5	2-3	3-4	3
middelste oksel 1e zetsel	4.5	4.0	3.5	4.5	5.0	3.5	4.5	2.0	3.0	3.0	5.0	4.0	2.5	3.5	3.0
aantal oksels gezet	2.0	3.0	2.0	2.0	3.0	1.2	1.2	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	1.2	2.0	1.0
gem eerste zetsel/m ²	3.4	7.5	13.4	3.4		4.8	6.9	6.6		5.5	9.2	10.4	6.7	9.1	7.4
gem gezet/oksel/m ²	1.7	2.5	6.7	1.7		4.0	5.8	6.6		5.5	3.1	3.5	5.6	4.5	7.4
gem tweede zetsel/m ²	6.8	19.6		6.8		12.0	23.0	3.0		22.0	21.7	13.2		18.1	26.2
Eerste oogst	23-3	5-4	25-3	23-3	21-3	21-3	21-3	5-3	2-2	21-3	31-3	22-3	15-3	19-3	19-3
drooggewicht vruchtsteel	1.11	0.92	0.36	0.91		0.85	0.96			0.81	0.38	0.56	0.28	0.60	0.72
diameter vruchtsteel (mm)	11.8	12.0		10.8		10.8	12.2			11.5		10.3		10.7	11.6
lengte vruchtsteel (cm)	8.2	7.1		8.6		7.1	6.6			6.0		5.9		5.6	6.0
aantal bladeren onder splitsing		9.5				9.3	9.9			8.4		8.9		8.9	9.1
dikte stengel onder splitsing		16.0				13.8	16.9			15.0		14.7		15.4	17.2
dikte stengel tussen 3e-4e nodium		8.7				8.9	8.5			7.9		8.3		7.4	8.7
gewashoogte (cm)	160	150	165	160		160	150			130	160	145	140	155	140
leeftijd plant bij oogst (dagen)	158		144	158	154	154	157	146	114	140	159	157	134	147	143
gem lengtetoename (cm/week)	7.1		8.0	7.1		7.3	6.7			6.5	7.0	6.5	7.3	7.4	6.9
EC gift	2.8		3.1	2.8	3	2.7	2.9	3.3	3	3	2.8	3	3.1	3.5	2.9
gemiddeld Kali feb mrt	9.2	8.5	5.1	8.5	5.5	2.9	7.3	10.9	4.3	8.4	5.0	6.1	5.1	4.0	3.2
kalium laag feb mrt	5.6	7.4	2.8	5.0	3.0	0.3	4.9	4.1	0.5	4.7	2.9	4.7	2.8	2.1	1.6
EC gem mrt april	4.0	4.5	3.2	4.6	3.6	4.7	3.6	5.1	3.2	3.7	3.4	3.3	3.2	2.7	3.4
feb/mrt:verschil hoog/laag EC	0.3	0.6	1.2	0.5	0.8	2.5	0.5	2.1	1.0	0.8	0.2	0.4	1.2	0.9	0.7
K 1e oogst	11.87	3.81	3.44	11.48	4.00	1.81	5.06	9.52	3.70	5.89	4.70	6.60	3.44	3.00	1.91
ec 1e oogst	3.96	3.35	2.75	4.46	3.10	3.51	3.06	4.38	3.30	3.08	3.60	3.60	2.75	2.59	3.04
eerste gietbeurt (tijd)	10:30		10:00	10:30		9:15	8:30	9:30		9:30	8:30	9:39	10:00	9:00	8:30
aantal schermen	1	1	2	1	nb	1	2	1	nb	2	1	2	2	1	1
vast scherm	Formilux		doek	Formilux		LS10	Formilux			LS10	doek	Ph50	doek	LS10	LS10
plastic folie		folie	folie		nb		folie	folie	nb	folie		folie	folie		
systeem		trad.	V			V	trad.			V	trad.	trad.	trad.	V	trad.
l/cm ² gem 7-14 dagen voor oogst	795	1268	626	795	780	780	780	395	247	780	1195	753	968	918	918
l/cm ² gem 7-21 dagen voor oogst	853	1125	732	853	804	804	804	419	181	804	981	860	579	736	736
l/cm ² gem 7-28 dagen voor oogst	671	1001	665	671	625	625	625	379	167	625	925	637	571	622	622

Bijlage 4: Kaliumgehalte en EC in de mat voor en na oogst van de eerste vruchten.

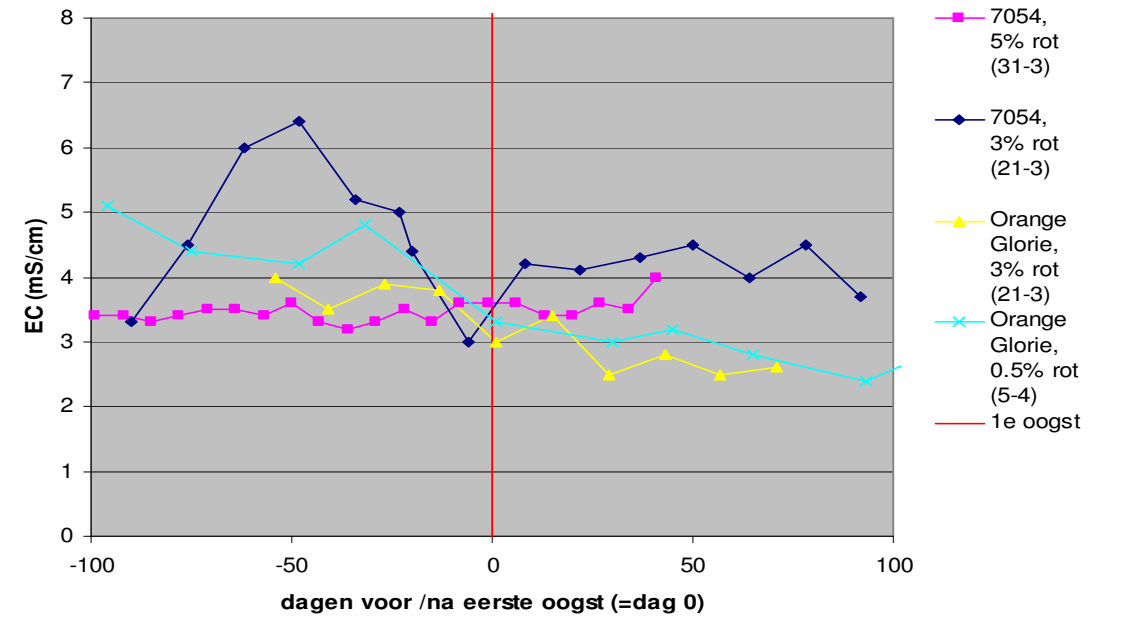
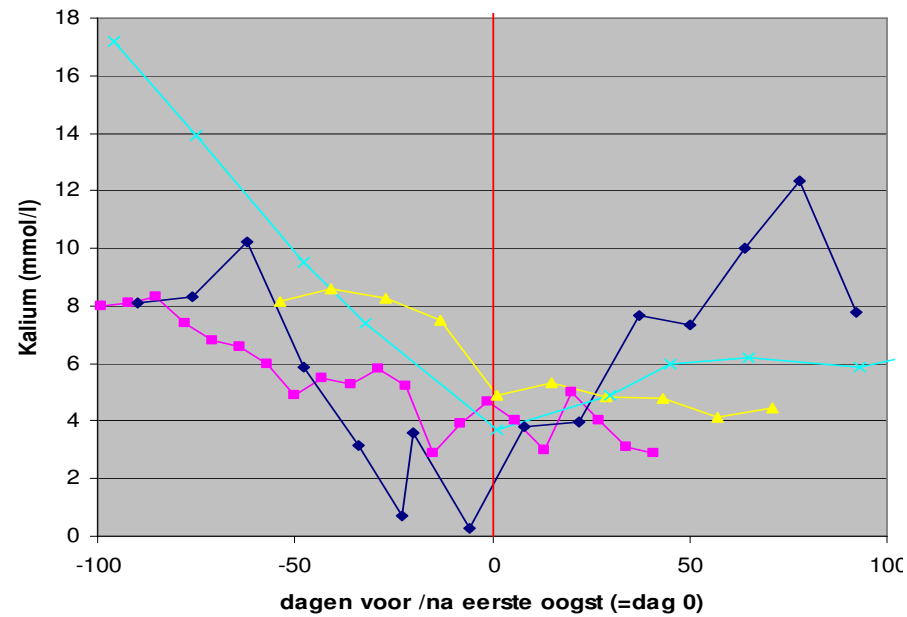
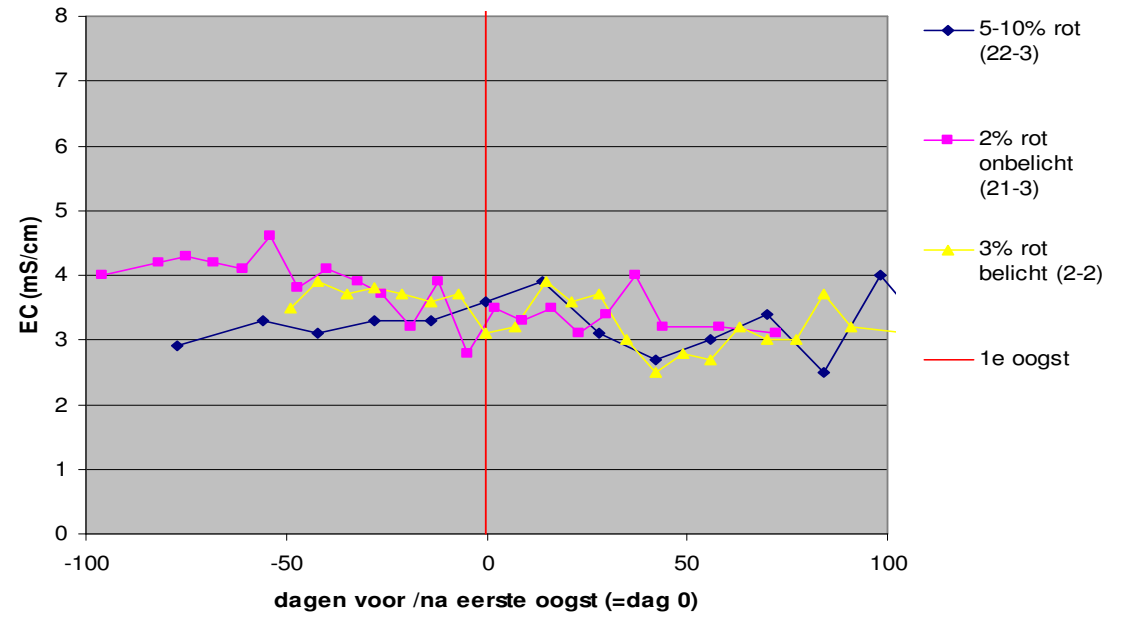
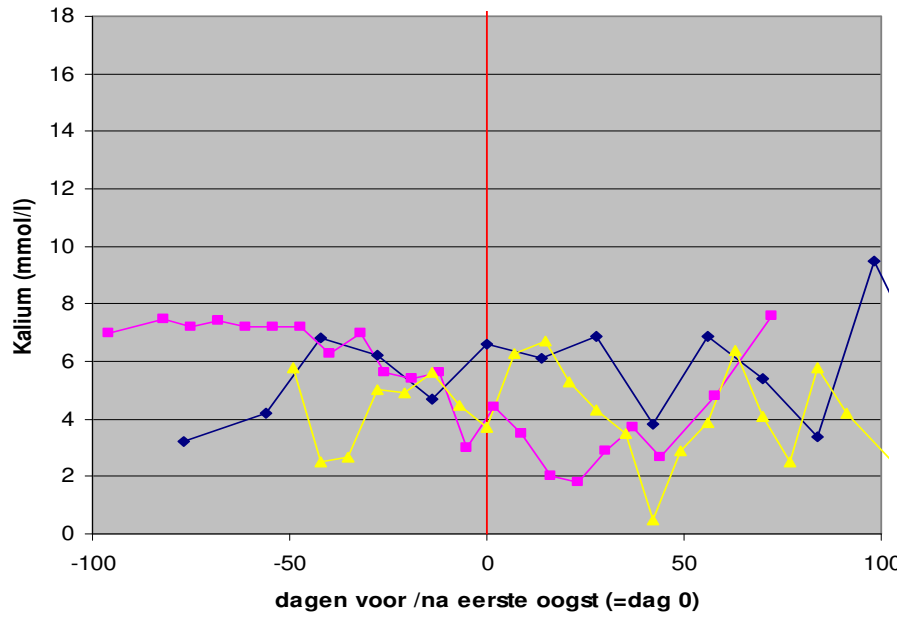
Bij de grafiek is weergegeven: Ras, % droog steeltrot bij het eerste zetsel en de datum waarop de eerste vruchten rood geoogst zijn



- ▲ Viper, geen rot (23-3)
- Waltz, <1% rot (23-3)
- × Nagano55 Sapiro <1% rot (15-3)
- ◆ Preludium 3% rot (5-3)
- 1e oogst

- Veyron, 5% rot (21-3)
- ◆ Veyron, 80% rot (19-3)
- ▲ Veyron, >80% rot (19-3)
- 1e oogst

Bij de grafiek is weergegeven: Ras, % droog steelrot bij het eerste zetsel en de datum waarop de eerste vruchten rood geogst zijn



Bijlage 5: Regressieanalyse % droogrot K, EC en zetselgrootte bedrijven

***** Regression Analysis *****

Response variate: %_rot_eerste_zetsel

*** Accumulated analysis of variance ***

Change	d.f.	s.s.	m.s.	v.r.	F pr.
+ EC_gem	1	3648.4	3648.4	28.49	<.001
+ Kali_gem	1	1077.3	1077.3	8.41	0.020
+ EC_gem.Kali_GEM	1	2975.6	2975.6	23.23	0.001
+ gem_eerste_zetsel_m	1	2702.3	2702.3	21.10	0.002
Residual	8	1024.6	128.1		
Total	12	11428.2	952.3		

*** Correlations between parameter estimates ***

estimate	ref	correlations				
Constant	1	1.000				
EC_gem	2	-0.968	1.000			
Kali_GEM	3	-0.856	0.840	1.000		
EC_gem.Kali_GEM	4	0.881	-0.895	-0.985	1.000	
gem_eerste_zetsel_m	5	-0.618	0.476	0.253	-0.276	1.000
		1	2	3	4	5