



Teelt van zetmeelaardappelen

Samenstelling: Ir. C.D. van Loon, ir. C.B. Bus, dr.ir. A. Veerman, dr.ir. A. Mulder
en dr.ir. L.J. Turkensteen

© 2003 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Sector AGV

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 - 29 11 11
Fax : 0320 - 23 04 79
E-mail : infoagv.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	MORFOLOGIE (BOUW) VAN DE AARDAPPELPLANT	7
1.1	Loof.....	7
1.2	Knollen.....	7
1.3	Wortels	8
1.4	Bloei en besvorming	8
2	FACTOREN DIE DE PRODUCTIESNELHEID BEÏNVLOEDEN.....	9
2.1	Productie van droge stof	9
2.1.1	Fotosynthese (= assimilatie)	9
2.1.2	Ademhaling (= dissimilatie)	9
2.2	Factoren die productie van droge stof beïnvloeden.....	9
2.2.1	Lichtintensiteit	9
2.2.2	Water.....	10
2.2.3	Temperatuur	10
2.2.4	Kooldioxide	10
2.2.5	Leeftijd van het blad.....	10
2.2.6	Nutriënten	11
3	HOE KOMT DE KNOLOPBRENGST VAN EEN GEWAS TOT STAND?	12
3.1	Groeipatroon	12
3.2	Periode tussen poten en opkomst.....	12
3.3	Periode van loof- en knolgroei.....	12
3.4	Factoren die het groeipatroon beïnvloeden	13
3.4.1	Periode tussen poten en opkomst.....	13
3.4.2	Periode van loof en knolgroei.....	13
3.5	Dagelijkse productie van droge stof	14
3.6	Seizoensproductie van droge stof.....	15
3.7	Droge-stofverdeling.....	15
3.8	Droge-stofgehalte van de knollen	15
3.9	Potentiële productie	15
4	VRUCHTOPVOLGING	17
4.1	Teeltfrequentie	17
4.2	Voorvrucht	17
5	RASSENKEUZE.....	19
6	POOTGOEDBEHANDELING.....	20
6.1	Fysiologie van de knol	20
6.2	Factoren die de lengte van de kiemrust bepalen.....	20
6.3	Factoren die de kiemgroei beïnvloeden.....	20
6.4	Fysiologische leeftijd van de knol en groeiverloop van het gewas.....	21
6.5	Pootgoedvoorbehandeling	21
6.5.1	Goed of beperkt voorkiemen?	21
6.5.2	Hoe voorbehandelen?	22
6.5.3	Voorkiemen	22
6.5.4	Voorkiemen in bakjes, zakken of kisten.....	22

7	STANDDICHTHEID.....	24
7.1	Opbrengst.....	24
7.2	Sortering.....	24
7.3	Pootgoedbehoefte per ha.....	24
7.4	Standdichtheid en rijenafstand	25
7.5	Standdichtheid en knolkwaliteit.....	25
7.6	Potermaat en gewasontwikkeling	25
7.7	Snijden van pootgoed.....	25
8	BEMESTING	26
8.1	Stikstof.....	26
8.1.1	Effecten op gewas en omgeving	26
8.1.2	Richtlijnen.....	27
8.1.3	Bijzondere situaties.....	28
8.1.4	Aftrekposten.....	28
8.1.5	Optimale stikstofbemesting	29
8.1.6	Rijenbemesting	29
8.1.7	Toediening	29
8.2	Fosfaat	31
8.2.1	Toediening	31
8.3	Kali en chloor	31
8.4	Magnesium	32
8.5	Kalk – pH.....	32
8.6	Zwavel.....	32
8.7	Sporenelementen.....	33
9	POOTBEDBEREIDING EN POTEN.....	34
9.1	Pootbedbereiding	34
9.2	Poten.....	34
10	RUGOPBOUW.....	36
10.1	Rugvorm en ruggrootte	36
10.2	Tijdstip van rugopbouw	36
10.3	Wijze van rugopbouw	36
11	ONKRUIDBESTRIJDING.....	37
11.1	Klassieke systeem.....	37
11.2	Nieuwe systemen	37
11.3	Onkruidbestrijding later in het groeiseizoen.....	38
12	ZIEKTEN EN PLAGEN.....	39
12.1	Ziekten veroorzaakt door schimmels, bacteriën en virussen.....	39
12.1.1	Phytophthora.....	39
12.1.2	Alternaria	42
12.1.3	Rhizoctonia	43
12.1.4	Gewone schurft	44
12.1.5	Netschurft.....	45
12.1.6	Poederschurft.....	45
12.2	Door schimmels veroorzaakt droogrot	46
12.2.1	Fusariumdroogrot	46
12.2.2	Phoma of gangreen	46
12.3	Door schimmels veroorzaakt natrot.....	47
12.3.1	Waterrot of Pythium-rot	47
12.3.2	Roodrot	47
12.4	Overige schimmelziekten.....	48

12.4.1	Verticillium of verwelkingsziekte	48
12.4.2	Sclerotinia of rattekeutelziekte	49
12.4.3	Wratziekte	49
12.5	Bacterieziekten	50
12.5.1	Erwinia's	50
12.5.2	Bruinrot	50
12.6	Virusziekten	51
12.6.1	Aantastingsbeeld	51
12.6.2	Voorkómen	51
12.7	Aantastingen door nematoden (aaltjes)	51
12.7.1	Aardappelvysteaaltjes, <i>Globodera rostochiensis</i> en <i>Globodera pallida</i>	52
12.7.2	Wortelknobbelaaltjes	54
12.7.3	Vrijlevende aaltjes	56
12.7.4	Vrijlevende wortelaaltjes, Trichodorus- en Paratrichodorus-soorten	57
12.7.5	Veenkoloniale aardappelaaltje of destructoraaltje (<i>Ditylenchus destructor</i>)	58
12.7.6	Stengelaaltje (<i>Ditylenchus dipsaci</i>)	59
12.8	Bladluizen	60
12.8.1	Zuigshade	60
12.8.2	Voorkomen/bestrijden	60
12.9	Coloradokever	61
12.9.1	Levenswijze/aantastingsbeeld	61
12.9.2	Voorkomen/bestrijden	61
12.10	Ritnaalden, engerlingen, emelten	61
12.11	Aardappelopslag	61
12.11.1	Aardappelopslag uit knollen	61
12.11.2	Aardappelopslag uit zaad	62
13	BIJZONDERE VERSCHIJNSELEN	63
13.1	Onderzeeërs	63
13.1.1	Voorkomen/bestrijden	63
13.2	Holheid	63
13.2.1	Voorkomen/bestrijden	63
13.3	Groeischeuren	63
13.3.1	Voorkomen/bestrijden	64
13.4	Zwarte harten	64
13.4.1	Voorkomen/bestrijden	64
14	BEREGENING	65
14.1	Berekening en opbrengst	65
14.2	Berekening en kwaliteit	65
14.3	Wanneer beregenen?	65
14.4	Hoe beregenen?	66
15	LOOFVERNIETIGING	67
15.1	Loofklappen	67
15.2	Doodspuiten	67
15.3	Loofbranden	68
16	OOGST	69
16.1	Rooibeschatiging	69
16.2	Rooiverlies	70
16.3	Moederknollen	70
16.4	Spuitsporen	70
17	BEWARING	71

17.1	Inleiding	71
17.1.1	Verdamping.....	71
17.1.2	Ademhaling	71
17.1.3	Schimmel en bacterieziekten	71
17.2	Drogen van aardappelen	72
17.2.1	Wanneer is buitenlucht drogend?	72
17.2.2	Koude nachten benutten om te drogen?	72
17.2.3	Lucht opwarmen?.....	73
17.2.4	Wanneer droog?.....	73
17.3	Wondheling	73
17.4	Koelen en bewaren	74
17.5	Bewaring van zetmeelaardappelen	74
17.5.1	Gewenste bewaartemperatuur	74
17.5.2	Hoe ventileren als het gewenste temperatuurniveau is bereikt?	74
17.6	Eisen en specificaties voor bewaarinrichtingen van zetmeelaardappelen.....	75
17.6.1	Bewaring in kuilen	75
17.6.2	Bewaring in sleufsilos	75
17.6.3	Schuurbewaring.....	76
17.7	Bewaarverliezen	76
17.8	Optreden van ziekten en gebreken tijdens de bewaring.....	77
17.8.1	Ziekten.....	77
17.9	Probleempartijen	77
17.9.1	Erg natte partijen met veel grond	77
17.9.2	Partijen met natrot.	78
17.9.3	Partijen met 'jong ziek'.	78
17.9.4	Natgeregende partijen.....	78
18	KWALITEITSEIGENSCHAPPEN.....	79
18.1	Uitwendige eigenschappen en gebreken	79
18.1.1	Knolgrootte	79
18.1.2	Vuilinsluiting.....	79
18.2	Inwendige eigenschappen en gebreken	79
18.2.1	Drogestofgehalte	80
18.2.2	Gehalte aan suikers.....	80
18.2.3	Eiwit	81
18.2.4	Viscositeit en korrelgrootte van zetmeel	81
18.2.5	Amylose / amylopectine	81
18.2.6	Gehalte aan glycoalkaloiden.....	81
18.2.7	Stootblauw	82
18.2.8	Holheid	82
18.2.9	Uitbetaling naar kwaliteit.....	82
18.2.10	Pootgoedteelt voor eigen gebruik	82
18.3	Pootgoedvoorbehandeling	83
18.3.1	Poten.....	83
18.3.2	Bestrijding virusziekten.....	83
18.4	Loofvernietiging en oogst	84
18.5	Bestrijding bewaarziekten.....	84
18.6	Bewaring.....	84

1 MORFOLOGIE (BOUW) VAN DE AARDAPPELPLANT

De aardappel maakt, evenals tomaat, aubergine, tabak, Spaanse peper en petunia, deel uit van de Solanaceafamilie. De geslachtsnaam waaronder de aardappel thuishoort, is Solanum. Tot dit geslacht behoren ook tomaat en bitterzoet. De volledige soortnaam van de cultuuraardappel is Solanum tuberosum L. De aardappelplant bestaat uit stengels, wortels en knollen.

1.1 Loof

De stengels van de aardappel zijn driekantig en hol, behalve het onderste deel dat rond en massief is. Op elke knoop staat een blad met enkele okselknoppen ingeplant. Een hoofdstengel is een knoldragende stengel die rechtstreeks uit de moederknol is gegroeid of hiervan een ondergrondse zijstengel is. Ook uit bovengrondse okselknoppen kunnen zijstengels ontstaan.

De bladeren zijn samengesteld en bestaan uit een bladsteel met daaraan de zijblaadjes en een topblaadje. Tussen de blaadjes worden secundaire en soms tertiaire blaadjes gevormd waarvan de grootte afhankelijk is van het ras. Zowel aan de boven als onderzijde van de blaadjes zitten huidmondjes. Het overgrote deel zit evenwel aan de onderkant. De huidmondjes dienen voor de uitwisseling van gassen, waarvan kooldioxide en zuurstof de belangrijkste zijn, en van waterdamp.

Nadat een aardappelstengel ongeveer 17 bladeren heeft gevormd, wordt aan de top een bloemtros gevormd. Twee vertakkingen uit de okselknoppen van de bladeren die het dichtst onder de bloem liggen, nemen dan de loofgroei over. Nadat aan de vertakkingen 5 à 8 bladeren zijn gegroeid, wordt ook aan deze vertakkingen een bloeiwijze gevormd. Er kunnen zo meerdere etages worden gevormd. Het aantal gevormde etages hangt onder andere af van het ras, de stengeldichtheid, de vochtvoorziening en de stikstofbemesting.

De bloeiwijze van de aardappel wordt gevormd door een tros van bloemen. De kleur van de bloemen kan variëren van wit tot diep of roodpaars. Na de bloei kunnen groene bessen met daarin zaden worden gevormd. Zowel de mate van bloei als de mate waarin na de bloei bessen worden gevormd, is sterk afhankelijk van het ras en de omstandigheden.

1.2 Knollen

Uit de okselknoppen van het ondergrondse deel van de stengels kunnen stolonen groeien. Stolonen zijn stengeldelen die in het donker horizontaal groeien en zich, net als stengels, vertakken.

Aan de uiteinden van de stolonen worden de knollen aangelegd. We spreken van knolaanleg zodra de zwelling aan het uiteinde van de stoloon twee maal zo dik is als de stoloon zelf. Het uiteinde van de knol dat is verbonden met de stoloon heet het navelind, het andere uiteinde met de meeste ogen heet het topeind. Op de knol zijn de onontwikkelde blaadjes en okselknoppen te herkennen als de oogwallen en de ogen. In ieder oog zijn een hoofdknop en twee bijknoppen aanwezig. Voor de gasuitwisseling zitten er lenticellen in de schil, die vergelijkbaar zijn met de huidmondjes van het blad. Met name onder natte omstandigheden zijn de lenticellen goed te zien als witte propjes op de knol.

In een dwarsdoorsnede van top naar navel zijn de inwendige onderdelen van de knol te herkennen. De buitenste schil bestaat uit een aantal lagen verkurkte cellen: het periderm. Deze verkurkte laag bestaat bij een afgerijpte knol uit 5 tot 15 cellagen en beschermt de knol tegen micro-organismen en vochtverlies. Vlak onder de verkurkte zone zit het delingsweefsel dat de verkurkte cellen heeft geproduceerd: het kurkcambium. Onder het kurkcambium ligt de schors en vervolgens de vaatbundelring. Deze ring loopt vanaf het navelinde door de hele knol en heeft vertakkingen naar alle ogen. Door de ring verloopt het transport van water, mineralen en koolhydraten. Tijdens de groei loopt het transport vanuit de stoloon de knol in, tijdens de kieming loopt het transport in de richting van de kiemen. Binnen de vaatbundelring ligt het merg. In de parenchymcellen van schors en merg wordt het zetmeel opgeslagen.

Wanneer een knol wordt beschadigd, wordt op de plaats van de beschadiging een nieuwe kurklaag (wondkurk) gevormd om de bescherming van de knol te herstellen.

Een aardappelknol die in licht te kiemen wordt gezet, vormt zogenaamde lichtkiemen. De kiemen zijn het begin van de stengels en bezitten reeds de meeste onderdelen en eigenschappen van een stengel. Zo zijn op een lichtkiem reeds kleine blaadjes met daarin okselknoppen zichtbaar. Aan de basis van de kiem kunnen de wortelprimordia, waaruit de wortels zich ontwikkelen, zichtbaar worden. Lichtkiemen bezitten een aantal per ras kenmerkende eigenschappen. Dit zijn onder andere de kleur, de mate van beharing en de mate waarin knoppen en blaadjes uitgroeien. Aan de hand van de kenmerken van de lichtkiem zijn de knollen van verschillende rassen van elkaar te onderscheiden.

1.3 Wortels

Uit de okselknoppen van de ondergrondse delen van de stengels en stolonen ontstaan bijwortels. Alleen een plantje dat uit zaad opgroeit, heeft ook een hoofdwortel.

Het wortelstelsel van de aardappelplant is relatief zwak ontwikkeld. Vaak is de bewortelingsdiepte beperkt tot 40 à 50 cm. De bewortelingsdiepte wordt sterk beperkt door storende lagen of scherpe overgangen in het profiel. Wanneer die lagen en overgangen er niet zijn, kan de aardappel tot tenminste een meter diep wortelen.

1.4 Bloei en besvorming

In welke mate een gewas bloeit, verschilt sterk van ras tot ras. Daarnaast wordt de mate van bloei beïnvloed door klimaatsomstandigheden. In de eerste plaats wordt de bloei gestimuleerd door een lange daglengte. Dit betekent dat in Nederland de omstandigheden gunstig zijn voor bloei. Daarnaast speelt de temperatuur een rol: met name wanneer bij hoge temperaturen doorwas optreedt, gaat dit vaak gepaard met een meer dan normale

bloei. Ook rassen die normaal gesproken geen bloemen vormen, kunnen dan uitbundig gaan bloeien. Naast haar invloed op het optreden van bloei kan de temperatuur een sterke invloed uitoefenen op het afvallen van de bloemen. Enkele dagen met hoge temperaturen ($>25^{\circ}\text{C}$) tijdens de bloei kunnen er bij sommige rassen voor zorgen dat een groot deel van de bloemen afvalt, waardoor zich dan geen of weinig bessen meer kunnen ontwikkelen.

Of na de bloei bessen met kiemkrachtig zaad worden gevormd, is eveneens een genetisch bepaalde eigenschap. Zowel voor het optreden van bloei als het vormen van bessen is in de beschrijvende rassenlijst een cijfer vermeld. Sommige rassen vormen veel bessen. In verband met de problemen die opslag uit zaad kan veroorzaken, wordt in het hoofdstuk 'Ziekten en plagen' verder ingegaan op besvorming en voorkoming daarvan.

2 FACTOREN DIE DE PRODUCTIESNELHEID BEÏNVLOEDEN

De droge-stofproductie van een gewas wordt gevormd door de productie per dag maal het aantal groeidagen. Voor de knolopbrengst zijn de snelheid van fotosynthese en ademhaling, de verdeling van de droge stof over loof, wortels en knollen en het droge-stofgehalte van de knollen van belang. In dit hoofdstuk wordt besproken welke factoren van invloed zijn op de productiesnelheid van de aardappelplant.

2.1 Productie van droge stof

2.1.1 Fotosynthese (= assimilatie)

Het proces waar - zoals bij alle groene planten - alles om draait, is de fotosynthese of assimilatie. In de bladeren worden koolhydraten (suikers) en zuurstof geproduceerd uit kooldioxide en water. De drijvende kracht achter het proces is de energie uit (zon)licht. In een vereenvoudigde formule wordt het proces van fotosynthese weergegeven als:



Een deel van de in het loof geproduceerde koolhydraten wordt - hoofdzakelijk in de vorm van de transportsuiker sucrose - naar de knollen getransporteerd om daar voor het grootste deel in zetmeel te worden omgezet.

2.1.2 Ademhaling (= dissimilatie)

De ademhaling is het omgekeerde proces van fotosynthese en vindt - in tegenstelling tot de fotosynthese - plaats in alle plantendelen. In de ademhaling wordt energie vrijgemaakt door de verbranding van koolhydraten tot kooldioxide en water. Er zijn drie soorten ademhaling. De eerste treedt op tijdens het proces van fotosynthese. De tweede vindt plaats bij de vorming en groei van de verschillende plantendelen en de derde vorm is voor het onderhoud van diezelfde plantendelen. De bij de ademhaling vrijkomende energie is nodig voor de verschillende levensprocessen zoals de opname van nutriënten en de bouw en het onderhoud van de verschillende plantendelen.

Ademhaling betekent weliswaar een verlies van geproduceerde droge stof, maar dit verlies is onvermijdelijk en noodzakelijk voor de groei, ontwikkeling en instandhouding van de plant.

2.2 Factoren die productie van droge stof beïnvloeden

Veel factoren hebben een directe of indirecte invloed op de fotosynthese en ademhaling en de snelheid waarmee deze processen verlopen. In het navolgende wordt besproken op welke manier de belangrijkste factoren hun invloed uitoefenen.

2.2.1 Lichtintensiteit

Het is de energie uit het zonlicht die de fotosynthese mogelijk maakt. Slechts een deel van het spectrum van de zonnestraling (golflengte 400 - 700 nm) kan worden gebruikt voor de fotosynthese. In werkelijkheid wordt maar een klein deel, ongeveer 8%, van de bruikbare straling ook inderdaad voor de fotosynthese benut. Een groot deel van de energie uit de straling wordt gebruikt voor de verdamping van water uit de plant en een ander deel wordt door de bladeren gereflecteerd.

De fotosynthese-snelheid hangt af van de lichtintensiteit, maar het verband is niet recht evenredig. Naarmate de lichtintensiteit toeneemt, is de toename van de fotosynthese-snelheid minder groot (afnemende meeropbrengst).

Dit betekent in ons land dat op een zwaar bewolkte dag in de zomer de fotosynthese-snelheid ongeveer de helft bedraagt van die op een onbewolkte dag, ondanks het feit dat de lichtintensiteit veel minder dan de helft bedraagt.

2.2.2 Water

De beschikbaarheid van voldoende water is van groot belang voor een goede gewasgroei. Water wordt op verschillende manieren door de plant gebruikt.

We hebben in de formule van de fotosyntheseal gezien dat water direct nodig is om dit proces te kunnen laten verlopen. Samen met kooldioxide wordt water door de plant omgezet in koolhydraten, waarvan zetmeel in de knollen het grootste deel vormt.

Daarnaast is water het hoofdbestanddeel van zowel loof als knollen. Het loof bestaat voor ongeveer 90% uit water; voor de knollen is dit 75 à 80%. Een opbrengst van 50 ton aardappelen bevat dus ongeveer 40.000 liter water.

Het is echter de verdamping - ook wel transpiratie genoemd - die verreweg het meeste water vraagt. De verdamping van water heeft verschillende functies. De verdamping van water zorgt er voor dat de temperatuur van de bladeren niet te hoog oploopt en voorkomt daarmee beschadiging van het blad, hetgeen zou leiden tot productieverlies. Daarnaast zorgt de opwaartse stroom van water voor de opname en het transport van de voedingsstoffen die nodig zijn voor de opbouw en het functioneren van de plant. Op een zonnige, droge dag kan een gewas zonder watergebrek 4 à 5 mm water verdampen, hetgeen neerkomt op 40.000 à 50.000 liter water per hectare. Op één dag kan dus meer water worden verdampt dan er uiteindelijk in een heel seizoen in de knollen wordt opgeslagen!

Wanneer de aanvoer van water door de wortels te gering is om de verdamping te compenseren, worden de huidmondjes (gedeeltelijk) gesloten om uitdroging van de plant te voorkomen. Doordat de huidmondjes sluiten, kan echter minder kooldioxide worden opgenomen, waardoor de assimilatie-snelheid en dus de productie daalt.

2.2.3 Temperatuur

De optimale temperatuur voor de fotosynthese ligt tussen de 20 en 25°C. Het optimum hangt af van de lichtintensiteit: hoe hoger de lichtintensiteit, hoe hoger de optimumtemperatuur. Vooral boven de 30°C neemt de fotosynthese-snelheid sterk af.

De temperatuur heeft ook een grote invloed op de ademhaling. Bij dagtemperaturen van 20 - 25°C en nachttemperaturen van 10 - 12°C wordt al 20 tot 25% van de geproduceerde droge stof in de ademhaling weer verbruikt. Bij hogere temperaturen zijn de ademhalingsverliezen nog aanzienlijk groter.

2.2.4 Kooldioxide

Bij een hoger kooldioxidegehalte van de lucht neemt de assimilatie-snelheid van aardappelplanten toe. Het is in een open teelt echter niet mogelijk dit gehalte te verhogen, zoals in kas-teelten wel gebeurt. De concentratie van kooldioxide in de bladeren wordt echter ook beïnvloed door een aantal andere factoren. De plant moet kooldioxide opnemen door haar huidmondjes. De opening van de huidmondjes wordt in hoofdzaak bepaald door de watervoorziening en de lichtintensiteit.

Wanneer de watervoorziening van een gewas onvoldoende is, of wanneer de transpiratie zo hoog wordt dat de wortels niet voldoende water kunnen aanvoeren, worden de huidmondjes (gedeeltelijk) gesloten. Dit leidt tot een afname van het stomataire geleidingsvermogen. Dit betekent dat de aanvoer van kooldioxide geremd wordt en dat de productiesnelheid van het gewas afneemt. Daarnaast zijn bij een hogere lichtintensiteit de huidmondjes verder geopend dan bij een lagere.

2.2.5 Leeftijd van het blad

De oudere, dus lager gelegen, bladeren van de plant hebben een lagere maximale fotosynthese-snelheid dan de jonge bladeren bovenin de plant. De maximale fotosynthese-snelheid wordt door oudere bladeren bereikt bij een lagere lichtintensiteit dan bij jongere bladeren.

Voor een maximale productie van een gewas is het noodzakelijk dat tot 5 à 6 weken voordat de afrijping van het gewas begint, nieuw blad wordt gevormd, zodat bovenin het gewas blad aanwezig blijft met een hoge maximale fotosynthese-snelheid.

2.2.6 Nutriënten

De bovenstaande relaties tussen klimaatsfactoren en de aardappelplant zijn beschreven voor de situatie dat de plant naar behoren is voorzien van nutriënten. Wanneer echter een tekort aan één of meerdere voedingselementen optreedt, worden de relaties anders. Als bijvoorbeeld een tekort aan stikstof ontstaat, loopt de maximale fotosynthese-snelheid terug en wordt deze bereikt bij een lagere lichtintensiteit. Het effect is dus vergelijkbaar met veroudering van het blad. De voorziening van een aardappelgewas met nutriënten wordt uitvoeriger besproken in het hoofdstuk 'Bemesting'.

3 HOE KOMT DE KNOLOPBRENGST VAN EEN GEWAS TOT STAND?

De uiteindelijke knolopbrengst van een gewas zetmeelaardappelen wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid droge stof die het gewas in de loop van het seizoen produceert (productie per dag maal het aantal dagen), door de hoeveelheid die het gewas zelf verbruikt en door de manier waarop de geproduceerde droge stof wordt verdeeld over loof, wortels en knollen.

3.1 Groeipatroon

De groei van de verschillende delen van de aardappelplant gedurende het groeiseizoen is een voor de aardappelplant karakteristiek proces. Er kunnen drie fasen worden onderscheiden:

- de periode tussen poten en opkomst;
- de periode van loofgroei;
- de periode van knolgroei.

De laatste twee fasen overlappen elkaar gedeeltelijk: tijdens de het eerste deel van de knolgroei vindt nog loofgroei plaats.

De hier geschetste opeenvolging van perioden is slechts een kwalitatieve weergave van het groeipatroon. In welke kwantitatieve verhoudingen in bovengenoemde fasen de droge stof wordt verdeeld over de verschillende plantdelen (loof, wortels, stolonen en knollen) wordt mede bepaald door een groot aantal factoren: temperatuur, daglengte, vochtvoorziening, lichtintensiteit, stikstofvoorziening, fysiologische leeftijd van de moederknol en plantdichtheid. De reactie op de verschillende factoren verschilt bovendien per ras. De factoren die het groeipatroon van een aardappelgewas beïnvloeden, zijn in belangrijke mate bepalend voor opbrengstverschillen tussen percelen en regio's. Niet alle opbrengstverschillen kunnen namelijk worden verklaard uit verschillen in (netto) fotosynthese en de lengte van het groeiseizoen. Zo investeert bijvoorbeeld het ene ras een groter aandeel van de geproduceerde droge stof in de knollen dan het andere.

3.2 Periode tussen poten en opkomst

De vorming van kiemen, gevolgd door die van wortels en stengels gebeurt met behulp van de drogestofreserve van de moederknol. Bij een ongekiemde poter wordt eerst de kiem gevormd, daarna de wortels en vervolgens de stengel. Voor het uitgroeien van de kiem en de vorming van wortels is vocht nodig en moet de bodemtemperatuur minimaal 7 à 8°C zijn.

Door het pootgoed voor te kiemen, vindt een deel van de ontwikkeling van de stengels en wortels al voor het poten plaats. Na het poten kunnen dan de kiemen doorgroeien, maar kunnen ook de wortels meteen beginnen te groeien. De opkomst wordt hierdoor versneld.

3.3 Periode van loof- en knolgroei

Na de opkomst groeien zowel loof als wortels in een min of meer vaste verhouding. Afhankelijk van het ras en de omstandigheden begint twee tot vier weken na de opkomst de aanleg van de knollen, die vanaf dat moment ook een deel van de geproduceerde droge stof

opeisen. Na een langzame start blijft de groeisnelheid van de knollen lange tijd constant. Op groeizame dagen kan de groeisnelheid van de knollen meer dan 1000 kg per hectare bedragen.

We onderscheiden twee gewastypen, een vroeg en een laat type. Bij een vroeg type gewas neemt de groeisnelheid van de knollen na de knolaanleg al snel sterk toe en blijft de loofontwikkeling beperkt. Dit betekent dat al vroeg een groot aandeel van de droge stof die door het loof wordt geproduceerd naar de knollen gaat. De maximale loofontwikkeling wordt eerder bereikt dan bij een laat type gewas en bovendien sterft het loof eerder af. Bij het late type gewas komt de knolgroei langzamer op gang en wordt in het

eerste deel van het groeiseizoen een groter deel van de droge stof in het loof geïnvesteerd. Bij het late type gewas wordt in totaal meer loof gevormd dan bij het vroege type, bovendien gaat het late type langer door met het vormen van loof. Dit alles heeft tot gevolg dat het vroege type gewas al vroeg in het groeiseizoen een relatief hoge - hoger dan het late gewas - knolopbrengst heeft. Doordat het late gewas echter een langer groeiseizoen kan volmaken, kan dit gewas uiteindelijk een hogere knolopbrengst bereiken dan het vroege gewas.

Welk gewas de voorkeur heeft, hangt af van de bestemming (voormalers, lange bewaring) en de lengte van het groeiseizoen die het gewas maximaal tot haar beschikking heeft. Deze maximale lengte van het groeiseizoen kan door diverse factoren worden beperkt: vroegheid/laatheid van de grond, eventueel volggewas en optreden van droogteperioden of ziektedruk.

3.4 Factoren die het groeipatroon beïnvloeden

3.4.1 Periode tussen poten en opkomst

Hoge bodemtemperaturen en de beschikbaarheid van voldoende vocht zorgen voor een snelle opkomst. Een vochtige grond verhoogt ook de kans dat aanwezige kiemen inderdaad uitgroeien tot stengel. Dit laatste speelt vooral een rol in samenhang met de structuur van de grond. Wanneer de rug bestaat uit goed verkrumelde grond die de kiemen goed omsluit, kunnen de kiemen wortels vormen en uitgroeien. In een grofkluitige, droge grond is de aansluiting van de grond op de kiemen minder goed en is de kans groot dat een aantal kiemen niet uitgroeit, met een lager aantal stengels tot gevolg.

3.4.2 Periode van loof en knolgroei

Daglengte en temperatuur

Het groeipatroon van loof en knollen wordt in belangrijke mate beïnvloed door de daglengte en de temperatuur. Deze twee factoren worden samen behandeld, omdat ze een gecombineerd effect hebben op de groei van de aardappelplant.

Bij een korte daglengte wordt relatief weinig loof gevormd en worden knollen al snel na opkomst van het gewas aangelegd. Bij een lange daglengte vindt de knolaanleg later plaats en wordt meer loof gevormd. Onder welke condities een ras het best gedijt, hangt af van de gevoeligheid van dat ras voor daglengte. Ieder ras heeft een kritische daglengte. Dit betekent dat een ras alleen knollen gaat vormen wanneer de daglengte korter of gelijk is aan die kritische daglengte. Late rassen die in ons land (lange dag) worden geteeld, hebben een kortere kritische daglengte dan de vroegere rassen. Naarmate latere rassen bij kortere daglengte worden geteeld, gaan ze zich meer gedragen als vroege rassen. Sommige late rassen met een erg korte kritische daglengte vormen onder lange-dagcondities helemaal geen knollen.

Zoals gezegd speelt de temperatuur in het bovenstaande ook een belangrijke rol en bepaalt mede hoe het effect van een bepaalde daglengte er uitziet. In het algemeen vervroegen lage temperaturen, vooral lage nachttemperaturen, en een korte daglengte de knolaanleg. Omgekeerd vertragen een lange daglengte en hoge temperaturen de knolaanleg. Dit zorgde er bijvoorbeeld voor dat in de warme zomer van 1976 het ras Irene begin juli nog altijd geen knollen had gevormd. Dit effect wordt nog versterkt door een groot stikstofaanbod.

Het vervroegende effect van een kortere daglengte is bij lage en gematigde temperaturen (tot 20°C) bij late rassen sterker dan bij vroege rassen.

Wanneer de knollen eenmaal zijn gevormd, zijn de effecten van daglengte en temperatuur op het groeipatroon van het gewas minder groot. Extreem hoge temperaturen kunnen echter - vooral in combinatie met een nietoptimale vochtvoorziening - leiden tot vervroegd afsterven van het gewas.

Ras

Zoals hierboven is aangegeven, spelen de eigenschappen van een ras in combinatie met andere factoren een belangrijke rol. Bij rassen die bij een korte daglengte knollen vormen, wordt bij een lange dag de knolaanleg vertraagd of zelfs voorkomen. Rassen die zijn aangepast aan een lange- daglengte gedragen zich bij korte dagen als vroegere rassen.

Lichtintensiteit

Hoge lichtintensiteit zorgt voor relatief minder loofgroei en bevordert de knolaanleg. Dit werkt in de richting van een vroeg gewastype. De verhouding tussen de droge stof die in het loof en de knollen wordt geïnvesteerd, verschuift in de richting van de knollen.

Fysiologische ouderdom van de moederknol

Naarmate knollen worden gepoot die fysiologisch ouder zijn, wordt een vroeger type gewas gevormd. Wanneer echter poters worden gebruikt die sterk zijn verouderd, zijn opkomst en beginontwikkeling vertraagd.

Onder ongunstige bodem- en weersomstandigheden kan de opkomst zelfs geheel achterwege blijven en worden er aan de kiemen direct nieuwe knolletjes gevormd, zogenaamde onderzeeërs. Onder kortedagcondities, kan fysiologisch oud pootgoed aanleiding geven tot een te beperkte loofontwikkeling.

Stikstof

Wanneer een gewas royaal met stikstof is bemest, wordt er meer loof gevormd. Dit heeft als regel tot gevolg dat de groei van de knollen trager op gang komt. Dit komt doordat er in verhouding meer droge stof naar het loof gaat en er dus minder over blijft voor de knollen.

Het betekent dat de maximale groeisnelheid van de knollen later wordt bereikt en dat de achterstand in knolopbrengst die het gewas in het begin van het groeiseizoen oploopt, blijft bestaan totdat de productie van een matiger bemest gewas begint terug te lopen en het zwaar bemeste gewas de achterstand kan inhalen. Soms is er geen gelegenheid om de achterstand in te halen, omdat het loof met het oog op een tijdige oogst moet worden vernietigd. Vooral bij laatrijpende rassen is daarom een gematigde stikstofbemesting van belang. In de eerste plaats kan een hoge stikstofbemesting opbrengst kosten, in de tweede plaats moet een onrijp gewas worden gedood (dikwijls doodgespoten met behulp van veel actieve stof) hetgeen nadelig is voor de kwaliteit van de te oogsten aardappelen.

Bij het streven naar een matige stikstofbemesting kan deling van de stikstofgift in combinatie met het gebruik van de 'bladsteeltjesmethode' of het NBS-systeem een goed hulpmiddel zijn. Deze methoden worden beschreven in het hoofdstuk 'Bemesting'.

Water

Naarmate water gemakkelijker opneembaar is, is de loofgroei uitbundiger. Dit is één van de redenen waarom er op beregende en vochthoudende zand- en dalgrond vaak meer loof wordt gevormd dan op kleigronden. Hierin speelt echter ook stikstof een rol. Door de aanwezigheid van veel water is ook de aanwezige stikstof makkelijk opneembaar. Zoals hiervoor reeds is vermeld, zorgt ook stikstof voor de vorming van meer loof.

Plantdichtheid

Een hogere plantdichtheid en dus een hogere dichtheid van stengels stuurt in de richting van een vroeger gewas. Het gewas heeft de grond wat eerder volledig bedekt, de knolgroei komt sneller op gang en het gewas sterft ook iets eerder af. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het feit dat er per stengel wat minder stikstof beschikbaar is. Vandaar ook dat de stikstofbemesting - zonder nadelige gevolgen - iets hoger kan zijn op gewassen met een hogere stengel- of plantdichtheid.

3.5 Dagelijkse productie van droge stof

Voor een hoge dagelijkse droge-stofproductie is het in de eerste plaats noodzakelijk dat een zo groot mogelijk deel van het ingestraalde zonlicht wordt benut. Een volledige bedekking van de bodem met groen loof zorgt ervoor dat alle straling door het loof wordt onderschept. Om het loof de onderschepte straling zo goed mogelijk te laten benutten, moet de verzorging met water en nutriënten in orde zijn. Wanneer er bijvoorbeeld tekort aan water is, worden de huidmondjes gesloten. Hierdoor daalt de productie per dag. Het onderschepte licht kan dan niet maximaal worden benut. Naast water- en nutriëntenvoorziening moeten ook andere factoren, zoals de temperatuur, zich in de nabijheid van hun optimum bevinden. Alleen dan kan het

gewas een productie bereiken die in de buurt komt van de productie die op een dag maximaal mogelijk is.

3.6 Seizoensproductie van droge stof

De mate van grondbedekking en de duur van de periode waarin de grond bedekt is met groen loof, bepaalt de hoeveelheid straling die in een seizoen kan worden opgevangen. De uiteindelijke opbrengst van een gewas blijkt een sterk verband te vertonen met deze totale hoeveelheid onderschepte straling.

Voor een hoge seizoensproductie is het daarom nodig dat de bodem zo lang mogelijk volledig met loof wordt bedekt. Dit vraagt een snelle beginontwikkeling en lang groen blijven van het gewas.

Er zijn verschillende mogelijkheden om het groeiseizoen van een aardappelgewas te verlengen. Dit kan zowel aan het begin als aan het eind van het seizoen.

Een vroege start en een snelle beginontwikkeling kunnen worden bereikt door vroeg te poten en door het pootgoed voor te kiemen. Vroeg poten kan echter worden belemmerd door eigenschappen van ras en bodem en door de temperatuur. Sommige rassen verdragen het slecht om in een koude grond te worden gepoot. Wanneer een ras na voorkiemen niet meer in staat is om lang genoeg groen te blijven, gaat het voordeel van voorkiemen aan het eind van het seizoen weer verloren. Voorkiemen biedt ook de mogelijkheid om laatrijpende rassen eerder voldoende afgerijpt te oogsten. Bij voorkeur moet op het moment van loofdoding de grondbedekking met groen loof niet meer dan circa 40% bedragen. Dit komt de kwaliteit en ook de bewaarbaarheid ten goede.

Voor een voldoende lang groeiseizoen is het verder van belang dat de voorziening met nutriënten, in het bijzonder stikstof, en water toereikend is. Wanneer er aan één van de twee of beide een tekort ontstaat, kan de groeiperiode van het gewas ernstig worden bekort. De groeiperiode van een ras kan echter niet onbeperkt met stikstof worden verlengd. De rijptijd van het ras kan met extra stikstof één à twee weken worden verlengd.

3.7 Droge-stofverdeling

Voor een hoge knolopbrengst is het gunstig dat een groot deel van de geproduceerde droge stof in de knollen wordt geïnvesteerd. De verhouding tussen de hoeveelheid droge stof die uiteindelijk in de knollen wordt opgeslagen en de totale hoeveelheid droge stof in de hele plant wordt de oogstindex genoemd. Men zou kunnen zeggen dat het gewas efficiënter produceert naarmate de oogstindex hoger is. Wanneer meer droge stof in het loof wordt geïnvesteerd dan nodig is, gaat dat onnodig ten koste van de knolopbrengst en neemt de oogstindex af.

In het vorige hoofdstuk werd besproken welke factoren (de verhouding tussen) loof- en knolgroei beïnvloeden.

3.8 Droge-stofgehalte van de knollen

Het drogestofgehalte (onderwatergewicht) van de knollen verschilt per ras, per locatie en per jaar en wordt ook door (stikstof- en kali)bemesting beïnvloed. Wanneer bij dezelfde hoeveelheid droge stof per hectare het drogestofgehalte in de knollen lager is, dan zal de opbrengst hoger zijn, doordat de oogst meer water bevat. De invloed van teeltmaatregelen op het droge-stofgehalte en de consequenties daarvan worden uitgebreider besproken in het hoofdstuk over kwaliteitseigenschappen.

3.9 Potentiële productie

Om te bepalen of een zeker opbrengstniveau van een gewas aardappelen relatief goed of slecht is, moet bekend zijn wat de theoretisch maximaal haalbare productie in een bepaald gebied is.

Een definitie van de potentiële opbrengst is 'de opbrengst van een gewas dat dankzij een goede voorziening met water en nutriënten ongestoord kan produceren, dat niet is aangetast door ziekten en plagen en dat de

beschikbare groeiperiode ten volle benut'. Hiervoor is het nodig dat het gewas de bodem zo lang mogelijk volledig bedekt, zodat al het invallende zonlicht kan worden opgevangen. Daarnaast moet het aanwezige loof ongestoord kunnen functioneren.

Een gewas dat in ons land begin mei bovenkomt en tot eind september ongestoord kan produceren, is in staat om 22 ton droge stof in de knollen op te slaan. Omgerekend naar uitbetalingsgewicht betekent dit een knolopbrengst van ongeveer 100 ton. Om na te gaan in hoeverre het in het zetmeelaardappelteeltgebied mogelijk zou zijn om het niveau van de potentiële productie te halen, zijn omstreeks 1980 de zogenaamde 100-tonsproeven uitgevoerd. Dit is gebeurd op de proefboerderij Kooyenburg en de toenmalige proefboerderijen te Borgercompagnie en Emmercompasuum. Op de laatstgenoemde proefboerderijen lukte het om met het ras Astarte op een perceeltje van een halve hectare een opbrengst (uitbetalingsgewicht) te halen van 85 à 90 ton per ha. Deze proeven hebben laten zien, dat de potentiële productie dicht kan worden benaderd bij toepassing van de juiste teeltmaatregelen en voldoende regen. Er zijn verschillende redenen waarom de potentiële productie meestal niet wordt gehaald. Om te beginnen kan het voorkomen dat het maximaal aantal groeidagen niet kan worden bereikt, bijvoorbeeld door laat poten of een trage beginontwikkeling. Het loof moet gedurende de gehele periode gezond en onbeschadigd blijven. Door slecht pootgoed, gebrek aan nutriënten en door ziekten en plagen kan de oppervlakte en/of het functioneren van het loof verminderen, waardoor eveneens de hoeveelheid onderschepte en/of benutte straling afneemt. Een zeer belangrijke factor is de vochtvoorziening. Wanneer de hoeveelheid bodemvocht beperkt is, sluit de plant tegen uitdroging haar huidmondjes. Hierdoor neemt echter ook de productiesnelheid af, waardoor de maximale dagproductie niet wordt gehaald.

4 VRUCHTOPVOLGING

De van nature zure zand- en veenkoloniale gronden van Noordoost-Nederland zijn zeer geschikt gebleken voor de teelt van aardappelen. Bij de traditionele inrichting van het bouwplan, waarbij aardappelen worden afgewisseld met granen en/of suikerbieten is de teeltfrequentie van aardappelen niet van invloed gebleken op vruchtbaarheid en structuur van de bodem en heeft ze geen of althans geen meetbaar effect op opbrengst en kwaliteit van het geoogste product (Mulder e.a., 1990). Dit is echter niet het geval als andere gewassen in het bouwplan worden opgenomen, zoals bleek na de introductie in het gebied van erwten, slabonen, veldbonen, peen en andere grove groenten- en sierteeltgewassen.

4.1 Teeltfrequentie

Uit vruchtwisselingsonderzoek in de Veen-koloniën is gebleken dat, bij eenzelfde niveau van aardappelmoeheidsbesmetting de teeltfrequentie geen invloed heeft op de opbrengst (uitbetalingsgewicht) van zetmeelaardappelen. Bij het onderzoek op het langjarige vruchtwisselingsproefveld (AGM 600) op de A.G. Mulderhoeve te Emmercompasuum gaf alleen het object 1 op 1 aardappelen een duidelijk lager uitbetalingsgewicht. Het besmettingsniveau met aardappelcysteeltjes was op dit object echter twee maal zo hoog als op de objecten met een ruimere teeltfrequentie. Ook bij het Bedrijfssystemenonderzoek op "Borgerswold" bij Veendam was geen relatie tussen teeltfrequentie en opbrengstniveau aantoonbaar. Wel is het zo dat de kans op het optreden van sommige andere specifiek op de aardappel gerichte bodemziekten groter wordt naarmate de teeltfrequentie van aardappelen hoger is. Zo werd op het proefveld AGM 600 waargenomen dat, vooral bij een hoge stikstofgift, bij een toenemende teeltintensiteit stengelaantasting door *Rhizoctonia* toenam. Op langjarige vruchtwisselingsproefvelden van het HLB op de Geert Veenhuizenhoeve, Kooijenburg en op de A.G. Mulderhoeve met de voor het zetmeelaardappelgebied traditionele akkerbouwgewassen aardappelen, suikerbieten en granen werd geen verband gevonden tussen een intensievere aardappelteelt en de mate van aantasting door *Rhizoctonia*. Ook was op deze langjarige proefvelden geen verband aantoonbaar voor de mate van aantasting van het aardappelgewas door de verwelkingsziekte (*Verticillium dahliae*) en de intensiteit van de aardappelteelt. Er bleek geen verschil in aantasting tussen de 1:4-, de 1:3- en de 1:2-aardappelteelt; alleen bij de continueelten met aardappelen bleek het gewas zwaarder aangetast.

Naarmate een bodembehandeling met nematiciden minder vaak mag worden uitgevoerd zal de maximale teeltfrequentie meer en meer worden bepaald door de beschikbaarheid van rassen met een adequate resistentie tegen het dan overheersende type aardappelcysteeltje.

4.2 Voorvrucht

In het voor dit gebied traditionele bouwplan spelen bieten bij het tegengaan van aaltjesschade in aardappelen een cruciale rol. Deze plant is een zeer slechte waard voor zowel het noordelijk wortelknobbelaaltje als voor het wortellesie-aaltje, waardoor na de bietenoogst zeer lage, voor aardappelen niet schadelijke populaties van deze aaltjes in de grond achterblijven. Ook kruisbloemige gewassen als koolzaad, diverse koolsoorten en bladrammenas behoren tot de slechte waardgewassen voor deze aaltjes en passen goed in een bouwplan met aardappelen.

Uit een oogpunt van aaltjesbeheersing zijn vrijwel alle andere gewassen als voorvrucht voor aardappelen minder geschikt dan bieten. Onder granen en grassen neemt de populatie van het noordelijk wortelknobbelaaltje weliswaar sterk af, maar het zijn alle meer of minder goede waardgewassen voor wortellesie-aaltjes en voor de vrijlevende wortelaaltjes van de familie der *Trichodoridae*, de overbrengers van het tabaksratelvirus dat, afhankelijk van het aardappelras en de stam van het virus stengelbont en/of kringerigheid kan veroorzaken. Met name op maïs en Italiaans raaigras kunnen deze aaltjessoorten zich zeer sterk vermeerderen.

Alle vlinderbloemige gewassen, met name droge peulvruchten (erwten en veldbonen) en rode en witte klaver

zijn zeer goede waardplanten voor zowel het noordelijke wortelknobbelaaltje als het wortellesie-aaltje; aaltjes die afzonderlijk matig, maar gezamenlijk voor aardappelen zeer schadelijk kunnen zijn. Bovendien vermeerdert de schimmel *Verticillium dahliae* sterk op deze gewassen. In combinatie met het wortellesie-aaltje als wegbereider is deze schimmel zeer schadelijk voor de voor deze vaatbundelziekte gevoelige middenvroeg tot middenlate aardappelrassen. Vooral in warme zomers sterven deze rassen daardoor veel te vroeg af, wat een negatief effect heeft ten aanzien van de haalbare opbrengst. Wat betreft de beheersing van vooral vrijlevende aaltjes en een aantal schimmelziekten (met name *Verticillium* en gewone schurft) blijkt er voor de lichte gronden geen ideaal vruchtwisselingssysteem te bestaan.

Hoewel oud grasland, kunstweiden en graszaadgewassen in het algemeen bekend staan als goede voorvruchten voor aardappelen beïnvloeden ze wel het optreden van gewone schurft en poederschurft. Grasachtigen (granen en grassen) staan bekend als waardplanten van *Streptomyces scabies* en bouwen de populatie van dit organisme in de grond sterk op. Op gescheurd grasland worden soms onverwacht hoge knolaantastingen door poederschurft aangetroffen. Dit hangt mede samen met de levenswijze van *Spongospora subterranea*, die zich in stand kan houden op de wortelharen van onder andere grasachtigen en onkruiden zonder daarbij de karakteristieke wratjes met sporenballen te kunnen vormen. Om overdracht van besmetting van het gras naar het aardappelgewas te voorkomen, verdient het aanbeveling een voldoende lange periode (circa vijf maanden) aan te houden tussen het poten en het scheuren van de grasmat (dus voor de winter).

5 RASSENKEUZE

Belangrijke criteria voor rassenkeuze van zetmeelaardappelen zijn:

AM-situatie: Het meest bepalend voor de rassenkeuze van zetmeelaardappelen is de aardappelmoetheidssituatie: de mate van besmetting van het perceel en het type populatie van het aardappelcysteeltje. Het te kiezen ras zal bij voorkeur voldoende resistent moeten zijn tegen de op het perceel aanwezige populatie, zodat - zo mogelijk - geen verdere vermeerdering optreedt. Verder zal het te kiezen ras, met name bij zwaardere AM-besmettingen, voldoende tolerant moeten zijn. Dit betekent dat het ras ook bij een zware AM-besmetting een goede opbrengst kan geven.

Wratziektesituatie: In bufferzones, rondom besmette percelen, is uitsluitend de teelt van resistente rassen toegestaan. Om de wratziekte in het zetmeelaardappelteeltgebied te kunnen beheersen, wordt geadviseerd om alleen resistente of matig tot hoog veldresistente (resistentiecijfer 7 t/m 9) aardappelrassen te telen.

Grondsoort: Sommige zetmeelrassen leveren op dalgrond een hoger uitbetalingsgewicht dan op zandgrond en omgekeerd. Zo gedijen Elkana en Karida het beste op dalgrond, terwijl Seresta op zandgrond de hoogste zetmeelopbrengst geeft.

pH van de grond: Recent onderzoek heeft aangetoond, dat de pH van de grond bij bepaalde rassen in belangrijke mate bepaalt hoe groot de opbrengstschade bij een bepaalde aaltjesdichtheid is. Naarmate de pH hoger is, bleek de opbrengstschade doorgaans groter te zijn. Daarom speelt ook de pH van de grond een rol bij de rassenkeuze voor een bepaald perceel.

Gewenste rijptijd van het gewas: Voor aflevering als voormalers zijn uitsluitend vroeg(er) rijpende rassen met een vroege knolzetting geschikt.

Laat rijpende rassen geven in de periode half augustus tot half september niet alleen een te lage opbrengst, maar voldoen ook kwalitatief minder goed. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kwaliteit van het zetmeel: te kleine korrels en verontreiniging vanwege een grotere kans op beschadiging en daardoor vuilinsluiting.

Bewaarbaarheid: Lang niet alle rassen zijn geschikt voor langdurige bewaring. Dit kan worden veroorzaakt door te grote zetmeelverliezen of de vatbaarheid voor bewaarziekten zoals Fusariumdroogrot tijdens de bewaarperiode.

Erg laat rijpende rassen zijn in principe ook minder geschikt voor bewaring. Ze zijn eind september meestal nog onvoldoende afgerijpt om vóór half oktober met een goed afgeharde schil te kunnen worden gerooid. Rassen met een (vrij) goede bewaarbaarheid zijn ondermeer: Karida en Karnico.

6 POOTGOEDBEHANDELING

6.1 Fysiologie van de knol

Behalve onder extreme omstandigheden zal een pootaardappel direct na de oogst niet kiemen, ook niet onder voor kieming ideale omstandigheden. De knol is dan in kiemrust. Na de kiemrust, waarvan de lengte van ras tot ras sterk kan verschillen, treedt onder gunstige omstandigheden wel kieming op.

Eerst wordt slechts één kiem gevormd, de zogenaamde topspruit; daarna volgt een periode waarin meerdere kiemen uitgroeien. Bij oude knollen gaan de kiemen vertakken en tenslotte vormen zich kleine knolletjes aan de kiemen. De knol is dan 'versleten' en kan geen plant meer leveren. Dit verschijnsel kan zich ook in de grond voordoen. Na het poten groeien de kiemen dan niet uit, maar worden er knolletjes gevormd. We noemen dit verschijnsel 'onderzeeërvorming'.

Vanaf het tijdstip van knolaanleg tot onderzeeërvorming maakt de knol dus verschillende ontwikkelingsstadia door. Dit verschijnsel noemen we fysiologische veroudering. Het groeivermogen van een pootaardappel, gedefinieerd als het vermogen om onder gunstige omstandigheden te kiemen en een plant te produceren, wordt bepaald door de fysiologische leeftijd van de knol.

6.2 Factoren die de lengte van de kiemrust bepalen

De lengte van de kiemrust wordt ondermeer bepaald door de volgende factoren; de weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen inclusief de periode vanaf loofvernietiging tot oogst, de rijpheid van de knollen, de aanwezigheid van beschadigingen, de bewaartemperatuur en de bewaaratmosfeer. De kiemrustduur is bovendien rasafhankelijk. Zo kiemen rassen als Karida en Seresta veel sneller dan bijvoorbeeld Elles en Karnico. Na een warme zomer zijn aardappelen doorgaans kiemlustiger dan na een koel groeiseizoen. Rijpe of beschadigde (gesneden) knollen kiemen eerder dan onrijpe of onbeschadigde knollen.

Hoge temperaturen tijdens de bewaring stimuleren de kieming. Wisselende temperaturen tijdens de bewaring hebben bij rassen met een kortere kiemrustduur geen effect of verlengen de kiemrust. Bij rassen met een lange kiemrustduur kunnen temperatuurvariaties tot een geringe verkorting van de kiemrust leiden.

6.3 Factoren die de kiemgroei beïnvloeden

Het aantal kiemen dat zich op een knol ontwikkelt, is afhankelijk van de knolgrootte, maar ook van de fysiologische leeftijd van de knol op het moment dat de kiemgroei begint.

Direct na de kiemrust ontwikkelt zich meestal slechts één kiem per knol, de zogenaamde topspruit. Als deze kiem wordt afgebroken, gaan zich meer kiemen ontwikkelen.

Als de kieming pas op gang komt na een aantal maanden bewaring bij lage temperaturen, bijvoorbeeld 3-4°C, dan wordt de 'topspruitperiode' overgeslagen en ontwikkelen zich direct meerdere kiemen per knol. De groeisnelheid van kiemen wordt ondermeer bepaald door:

- de fysiologische leeftijd; fysiologisch erg jonge en erg oude knollen kiemen langzamer dan knollen in tussenliggende stadia;
- (diffuus) licht; dit remt de kiemgroei;
- kiemen; bij afkiemen in een jong stadium groeien de volgende kiemen sneller. Na herhaald afkiemen neemt de groeisnelheid van de kiemen echter weer af;
- de temperatuur; beneden 3-4°C treedt geen kiemgroei op. De optimumtemperatuur voor kiemgroei ligt rond de 20°C.

6.4 Fysiologische leeftijd van de knol en groeiverloop van het gewas

Aanvankelijk is het groeivermogen afwezig, de knol is in kiemrust; daarna volgt een langzame toename tot een maximum is bereikt, waarna het groeivermogen weer afneemt tot nul. Het blijkt dat de lengte van de periode met maximale groeikracht zowel ras als temperatuurafhankelijk is.

Planten uit fysiologisch ouder pootgoed kenmerken zich meestal door een snellere opkomst en beginontwikkeling, meer stengels, een vroegere knolaanleg, een matige loofontwikkeling en een eerdere afrijping in vergelijking met planten uit fysiologisch jong pootgoed.

Bij fysiologisch erg oud pootgoed kan het aantal stengels en knollen per plant weer afnemen. Bij dergelijk pootgoed kan ook zogenaamde onderzeeërvorming optreden. Er ontwikkelen zich dan geen stengels maar direct op de knol of aan de kiemen worden kleine knolletjes gevormd.

Dergelijk pootgoed wordt wel 'versleten' genoemd. Bij sommige rassen kiemen de onderzeeërknotjes soms na enkele dagen en kunnen alsnog een plant leveren. Onderzeeërvorming treedt bij fysiologisch oud pootgoed vooral op bij koud, nat weer na het poten of wanneer bijvoorbeeld direct na vroeg poten een volledige rug is gevormd. Daarom moet fysiologisch oud pootgoed van onderzeeërgevoelige rassen, zoals Astarte, Florijn en Seresta, bij voorkeur niet te vroeg worden gepoot.

Het ideale fysiologische ontwikkelingsstadium van een pootaardappel hangt vooral af van de lengte van het voor de teelt beschikbare groeiseizoen. Zo is voor zetmeelaardappelen, die volledig kunnen uitgroeien, fysiologisch jonger pootgoed gewenst dan voor pootgoedproductie van hetzelfde ras. Men kan ook zeggen: naarmate een bepaald gewas vroeger wordt geoogst moet het pootgoed - binnen de periode met maximaal groeivermogen - fysiologisch ouder zijn.

Verreweg de meeste in ons land gebruikte rassen bevinden zich - zelfs na koude bewaring - in april in het fysiologisch stadium van maximaal groeivermogen. Alleen rassen met een korte kiemrust, die bovendien fysiologisch snel verouderen of met een normale kiemrust maar een zeer snelle fysiologische veroudering, zoals Astarte, kunnen fysiologisch te oud zijn, zeker als pas laat kan worden gepoot. Dit kan bij ongunstige groeiomstandigheden tot onderzeeërvorming leiden.

Enkele rassen met een erg lange kiemrust zoals Elles en Karnico hebben na een koude bewaring vaak hun maximale groeivermogen bij het poten nog niet bereikt. Dit uit zich in een trage opkomst en langzame beginontwikkeling. Dergelijke rassen moeten bij 5 à 6°C worden bewaard in plaats van bij 3 à 4°C.

6.5 Pootgoedvoorbehandeling

6.5.1 Goed of beperkt voorkiemen?

De voorbehandeling van pootgoed moet in principe gericht zijn op een vlotte opkomst en een snelle begingroei van het gewas na poten. Dit kan het best worden bereikt door pootgoed zodanig voor te kiemen, dat bij het poten afgeharde kiemen, met een lengte van 1 à 2 cm en voorzien van wortelprimordia, aanwezig zijn. Afharden van de kiemen is nodig om kiembreuk en kiembeschadiging bij het poten zoveel mogelijk te beperken. Dergelijk pootgoed komt 7 - 10 dagen eerder op dan pootgoed dat bij het poten nog slechts heel korte kiempjes heeft van 1 - 2 mm lengte, de zogenaamde witte puntjes. Voorkiemen is vooral van belang om de afrijping van late en zeer late rassen te vervroegen.

Toch blijkt goed voorgekiemd pootgoed bij de teelt van zetmeelaardappelen niet altijd de hoogste opbrengst te leveren. Dit hangt af van ras, grondsoort en groei-omstandigheden.

Vooraf middenvroeg rijpende rassen sterven vaak te vroeg af als voorgekiemd pootgoed is gebruikt. Met pootgoed dat in het 'wittepuntjesstadium' wordt gepoot, worden in dergelijke gevallen dikwijls minstens zo goede resultaten bereikt.

In het algemeen geldt, dat voorkiemen van pootgoed voor de teelt van zetmeelaardappelen eerder zinvol is naarmate:

- het groeiseizoen korter is en derhalve onrijper moet worden geoogst (pootgoed, voormalers);
- rassen van nature later afrijpen;

- late rassen worden geteeld, die geruime tijd moeten worden bewaard; het voorkiemen leidt dan tot een beter afgerijpt gewas op het moment van loofdoding;
- het pootgoed op het tijdstip van poten zwakker is, bijvoorbeeld bij onderzeeërgevoelige rassen die één keer of vaker zijn afgekiemd.

Bij laatrijpende rassen kan voorkiemen de opbrengst gunstig beïnvloeden. Voorkiemen kan bij deze rassen vooral ook een positieve invloed hebben op de kwaliteit, vanwege een betere afrijping op het tijdstip van loofvernietiging. Dit geldt ondermeer voor kwaliteitseigenschappen als drogestofgehalte, suikergehalte en mate van vuilinsluiting in beschadigingen. Ook zal de bewaarbaarheid beter zijn. Een snelle beginontwikkeling van het gewas heeft verder het voordeel dat de grond in relatief korte tijd volledig is bedekt. Hierdoor krijgt het onkruid minder kans.

Bij het poten moet het pootgoed in elk geval 'wakker' zijn, dat wil zeggen er moeten kleine kiempjes ('witte puntjes') zichtbaar zijn. Is dit niet het geval, dan bestaat - vooral onder ongunstige groeiomstandigheden - het risico dat de periode tussen poten en opkomst erg lang wordt. Daardoor krijgen ziekten als Fusarium en Rhizoctonia meer kans om poten en kiemen aan te tasten. Dit kan leiden tot een holle, onregelmatige stand van het gewas.

6.5.2 Hoe voorbehandelen?

In de praktijk wordt nog niet altijd voldoende aandacht besteed aan de bewaring en de voorbehandeling van het pootgoed. Dit kan zich uiten in te lange kiemen en daardoor overmatig vochtverlies, in bevroren knollen of in het optreden van bewaarziekten zoals Fusarium en zilverschurft.

Pootgoed bestemd voor de teelt van zetmeelaardappelen kan zowel in een met buitenlucht als in een mechanisch gekoelde ruimte worden bewaard. Mechanische koeling maakt een bewaring bij 3 - 4°C mogelijk, waarbij kieming kan worden voorkomen. Bij vlot kiemende rassen zoals Karida en Producent, betekent buitenluchtcooling dat men soms in maart of april het pootgoed één of meer keren moet omstorten vanwege een te uitbundige kiemgroei.

Voor gezonde partijen, waarin geen rotte knollen voorkomen, is dit - behalve soms voor onderzeeërgevoelige rassen - geen bezwaar. Een ras als Karida verdraagt afkiemen echter slecht en kan daarom beter wat koeler worden bewaard, zodat afkiemen niet nodig is.

6.5.3 Voorkiemen

Als het pootgoed moet worden voorgekiemd, wordt het - na het zonnig verwijderen van de topspruit - eind januari (late rassen) of half februari (vroeg rassen) in kiembakken of kiemzakken gedaan. Als op dat moment verder nog geen kiemen aanwezig zijn, wordt meestal een 'warmtestoot' gegeven. Bij een warmtestoot wordt meestal gedurende enkele dagen een temperatuur van 15 - 20°C aangehouden in de bewaar ruimte totdat de kiemen een lengte hebben van ongeveer een halve cm. Daarna wordt het pootgoed in (diffuus) licht geplaatst om de kiemen te laten afharden. In plaats van een warmtestoot kan men het pootgoed ook bij een temperatuur van 8 - 10°C plaatsen. Uit PAV-onderzoek is gebleken dat er dan niet minder kiemen worden gevormd dan bij 15 - 20°C. Wel duurt het langer voordat de kiemen een lengte hebben van 0,5 cm.

Het afharden van kiemen kan binnen gebeuren bij kunst- of daglicht of buiten. Buiten worden doorgaans steviger kiemen verkregen, zeker ten opzichte van bewaring bij kunstlicht. Vooral als het poten langdurig moet worden uitgesteld, kan de kieming buiten beter in de hand worden gehouden. Voorwaarde is dan wel dat de pootaardappelen op de wind staan. Hierdoor wordt voorkomen dat de kiemen te lang worden en wortels gaan vormen.

'Witte puntjes'

Als in een met buitenlucht gekoelde bewaarplaats wordt bewaard en niet wordt voorgekiemd, zal het pootgoed een week voor het poten vaak kortere of langere kiemen hebben. Zeker als er sprake is van topspruiten dient er te worden afgekiemd. Door dan nog circa een week bij de omgevingstemperatuur te bewaren, ontwikkelen zich nieuwe kiempjes ('witte puntjes'). In een erg laat voorjaar kan men het afkiemen bij onderzeeërgevoelige rassen als Astarte en Karida echter beter achterwege laten.

6.5.4 Voorkiemen in bakjes, zakken of kisten

Het voorkiemen van pootaardappelen wordt nog veelvuldig uitgevoerd in kiembakjes met een inhoud van

circa 10 kg. Een nadeel van voorkiemen in kiembakjes is de bewerkelijkheid van deze methode. Dit leidt bijvoorbeeld tot vertraging bij het poten. Een mogelijkheid om de arbeidsbehoefte bij het voorkiemen aanzienlijk terug te dringen, biedt de voorkiemzak die een inhoud heeft van 125 kg. Deze methode, die een vergelijkbare investering vraagt als voorkiembakjes, voldoet goed in de praktijk. Het vullen van de pootmachine gaat aanmerkelijk sneller uit voorkiemzakken dan uit kiembakjes. Op beperkte schaal worden ook stapelbare voorkiembakken gebruikt met een inhoud van circa 600 kg (Systeem Germs). Steeds vaker worden bij de opslag van pootgoed voor de teelt van zetmeelaardappelen tons- en kuubskisten ingezet. Door de kisten tijdens de bewaarperiode enkele keren om te storten, blijven uiteindelijk enkele tamelijk stevige kiemen op de knol intact. Onderzoek heeft aangetoond, dat begin augustus een opbrengstniveau met deze voorbehandelingsmethode kan worden bereikt dat ligt tussen dat van goed voorgekiemd pootgoed en van pootgoed met witte puntjes. Voorwaarde voor de toepassing van deze methode is, dat de partij geen rotte knollen bevat.

7 STANDDICHTHEID

De standdichtheid van een gewas kan beter worden uitgedrukt in het aantal hoofdstengels dan in het aantal planten per m². Het maakt immers nogal wat uit of men planten heeft met gemiddeld zes of met slechts drie hoofdstengels. Hoofdstengels zijn stengels die knollen dragen. Daarnaast kunnen we soms boven en ondergrondse zijstengels onderscheiden. De standdichtheid van een gewas is in tweeërlei opzicht belangrijk. Ze is medebepalend voor zowel de opbrengst als de knolkwaliteit, in het bijzonder van de knolgrootte.

7.1 Opbrengst

Als de standdichtheid onvoldoende is als gevolg van te wijd poten, dan zal pas laat of zelfs helemaal geen volledige grondbedekking met groen loof worden bereikt. Een gewas produceert pas maximaal bij een volledige grondbedekking. Een te laat sluitend gewas kost daarom opbrengst. Bovendien kan zich bij een laat sluitend gewas meer onkruid ontwikkelen, waarvoor nog een extra bespuiting nodig is, wat tot extra opbrengstderving kan leiden. Tenslotte is in een laat sluitend gewas de kans op het optreden van doorwas groter.

7.2 Sortering

De standdichtheid bepaalt in hoge mate de sortering van de oogst, maar heeft ook invloed op het optreden van doorwas, knolmisvorming en holle harten. Naarmate bij een bepaald opbrengstniveau meer knollen per m² worden geoogst, zal de sortering fijner zijn. Het aantal knollen per m² hangt af van de standdichtheid (aantal hoofdstengels per m²) en van het aantal knollen per hoofdstengel. Het aantal hoofdstengels per m² tenslotte is afhankelijk van de potergrootte en van het aantal gepote knollen. Een groter aantal planten per m² leidt tot meer hoofdstengels per m², maar tot minder hoofdstengels per plant. Ook het aantal knollen per hoofdstengel neemt af bij toenemende standdichtheid; het aantal knollen per m² neemt echter toe. Aanvankelijk stijgt de opbrengst naarmate dichter is gepoot en neemt het knolgewicht per plant af. Het aantal hoofdstengels per poter kan bij een bepaalde potergrootte variëren, afhankelijk van ras, bodemomstandigheden, pootgoedvoorbehandeling en wijze van poten. Het aantal knollen per hoofdstengel hangt ook af van de vochttoestand van de grond tijdens de periode dat stolonen en knollen worden aangelegd. Bij een droge grond is het aantal aangelegde knollen geringer, met als gevolg een grovere sortering dan in een vochtige grond.

De belangrijkste instrumenten om de sortering te beïnvloeden, zijn plantafstand en potergrootte. Zo wordt om een fijne sortering te bereiken wel gebruik gemaakt van grote poters, bijvoorbeeld van de maat 50/60 mm. Dit heeft echter alleen effect als eenzelfde plantafstand wordt aangehouden als bij kleinere poters. Als gevolg van een groter aantal stengels per m² bij de grote poters zal dan de sortering fijner worden. Het gewenste aantal hoofdstengels per m² hangt af van het ras en van de gewenste sortering. Voor de pootgoedteelt zijn 25 - 35 stengels per m² gewenst.

Bij de teelt van zetmeelaardappelen is de standdichtheid vooral van belang voor het bereiken van een zo hoog mogelijke opbrengst. Het hiertoe benodigde aantal stengels per m² ligt ongeveer tussen de 14 en 20. Als gezond pootgoed wordt gebruikt, kan zeker bij de later rijpende rassen, waarvan het loof zich sterk vertakt, met circa 14 hoofdstengels per m² worden volstaan. Vroeger rijpende rassen en vooral pootgoed dat niet helemaal gezond is, moet dichter worden gepoot. Als men over ruim voldoende pootgoed beschikt, is het overigens zinvol om alles te gebruiken en dus wat dichter te poten.

7.3 Pootgoedbehoefte per ha

Om te kunnen uitrekenen hoeveel pootgoed van een bepaalde maat en van een bepaald ras per ha nodig is

om een bepaalde standdichtheid te bereiken, moet men ongeveer weten hoeveel stengels per knol kunnen worden verwacht en moet men de knolgewichten voor verschillende potergroottes kennen. Voor een gemiddeld ras wordt voor de maten 28/35, 35/45 en 45/50 mm gemiddeld een aantal van respectievelijk 3,5; 5 en 6 hoofdstengels per poter aangehouden. Is het pootgoed niet in maten gesorteerd, dan kan gemiddeld met 4,75 stengels per knol worden gerekend.

7.4 Standdichtheid en rijenafstand

Een grotere rijenafstand leidt bij eenzelfde stengeldichtheid tot een onregelmatiger stengelverdeling over het veld. Als gevolg van de grotere rijenafstand zal het gewas zich later sluiten. Hierdoor wordt de maximale productiecapaciteit van het gewas (bij volledige grondbedekking) pas later bereikt. Dit resulteert bij rijenafstanden van 90 en 105 cm tot enige opbrengstderving ten opzichte van 75 cm. Bij onderzoek in de jaren zeventig op zand en dalgrond met de rassen Prominent en Prevalent leverden rijenafstanden van 90 en 105 cm een opbrengstderving aan uitbetalingsgewicht op van respectievelijk 3 en 5%.

7.5 Standdichtheid en knolkwaliteit

Naarmate het aantal hoofdstengels per m² geringer is, wordt de sortering van de opbrengst grover. Hierdoor neemt de kans op knolbeschadiging bij de oogst en daarmee op vuilinsluiting en het optreden van rot toe. Dit pleit ervoor om bij grofgroeiende rassen wat dichter te poten dan voor een maximaal uitbetalingsgewicht nodig is. Het onderwatergewicht is doorgaans iets hoger naarmate de standdichtheid groter is.

7.6 Potermaat en gewasontwikkeling

Kleine poters hebben per gewichtseenheid meer ogen dan grote poters en leveren daardoor meer stengels. Stengels uit grotere poters groeien echter in het algemeen in het begin wat sneller dan die uit kleine poters. Dit geldt vooral bij ongunstige weersomstandigheden, zoals een koud, nat voorjaar. Bij zetmeelaardappelen die volledig kunnen uitgroeien, leidt dit echter doorgaans niet tot opbrengstverschillen van betekenis, mits het aantal hoofdstengels per m² in beide gevallen gelijk is.

7.7 Snijden van pootgoed

Als een pootaardappel wordt doorgesneden, leveren beide helften samen meer stengels (+ 10 à 20%) dan de hele poter. Hierdoor kan op pootgoed worden bespaard. Voor grote potermaten geldt verder, dat halve knollen een betere verdeling van de stengels over het veld geven dan hele knollen. Dit zal leiden tot een uniformere sortering van de oogst. Snijden houdt echter ook risico's in. Zo kunnen via het snijapparaat ziekten worden verspreid. Bij de thans beschikbare apparatuur is de kans hierop echter niet groot. Wel kunnen knolstukken na poten gemakkelijker door rot worden aangetast dan hele knollen. Partijen pootgoed, waarin nat of droogrot voorkomt, zijn daarom ongeschikt om te worden gesneden. Voor de pootgoedteelt wordt het snijden van pootgoed vanwege de bovengenoemde bezwaren afgeraden.

8 BEMESTING

Het doel van de bemesting van zetmeelaardappelen is het behalen van een zo hoog mogelijk uitbetalingsgewicht van hoge kwaliteit. Voor het bereiken van een financieel optimaal resultaat moeten de toegediende meststoffen zo efficiënt mogelijk worden gebruikt. Veel factoren zijn van invloed op het (financieel) slagen van de teelt van zetmeelaardappelen.

Voor het vaststellen van de optimale stikstofbemesting is lastig. Dit komt doordat er op de momenten waarop nutriënten moeten worden toegediend geen of weinig rekening kan worden gehouden met het nog onbekende weersverloop gedurende het groeiseizoen. Het weer bepaalt mede het verloop van processen zoals mineralisatie, denitrificatie, uitspoeling en immobilisatie. De resultante van deze processen en de bemesting is de voor het gewas beschikbare hoeveelheid stikstof. De mineralisatie is een belangrijke factor die altijd optreedt. De omvang ervan wordt bepaald door het organischestofgehalte van de grond, de teelt van groenbemestingsgewassen, het (langdurig) gebruik van organische mest en het weersverloop. Toch is het door gewas- en bodemanalyse wel mogelijk tijdens het groeiseizoen enige controle en bijsturing uit te oefenen. Daarnaast helpen eerder opgedane ervaringen bij het bepalen van de gewenste bemesting.

8.1 Stikstof

8.1.1 Effecten op gewas en omgeving

Opbrengst- uitbetalingsgewicht

De stikstofbemesting is van groot belang voor de opbrengst van alle gewassen en dus ook van het aardappelgewas. De productie van droge stof is direct afhankelijk van de beschikbaarheid van stikstof. Dit komt doordat stikstof een onderdeel is van de eiwitten in het bladgroen (chloroplasten). Deze eiwitten 'vangen' de energie uit het zonlicht en gebruiken die voor de productie van koolhydraten. Stikstof beïnvloedt ook indirect de productie van droge stof. Stikstof versnelt de loofgroei, waardoor ten opzichte van een lage stikstofbemesting eerder volledige grondbedekking en daardoor een maximale productie wordt bereikt. Daarnaast zorgt stikstof ervoor dat het loof langer groen blijft. Ook daardoor kan gedurende het seizoen meer licht worden onderschept, waardoor de droge-stofproductie hoger wordt.

Wanneer de stikstofgift echter te ver wordt opgevoerd, wordt er meer loof gevormd dan voor een maximale knolproductie noodzakelijk is. Dit leidt tot een geil gewas, dat gevoeliger is voor een aantasting door Phytophthora en dat soms te laat afrijpt. Bovendien komt de knolgroei later op gang en blijft het onderwatergewicht achter. Vooral als vroeg wordt geoogst, kan hierdoor het uitbetalingsgewicht lager zijn. Wanneer een hoge stikstofbemesting loofdoding in een onrijp gewas nodig maakt, is eveneens een lager uitbetalingsgewicht het gevolg.

Als een aardappelgewas is afgevroren, is een (te) ruime N-bemesting eveneens nadelig. De loofgroei van het zich herstellende gewas gaat dan te lang door, waardoor de knolproductie in het gedrang komt.

Kwaliteit

Te veel stikstof betekent dikwijls een te late afrijping van het gewas. Dit kan de kwaliteit van zetmeelaardappelen in verschillend opzicht negatief beïnvloeden:

Tabel 1. Richtlijnen voor de hoogte van de stikstofbemesting (kg N per ha) voor zetmeelaardappelen op zand en dalgrond bij gangbare en geïntegreerde teelt.

gangbaar		richtlijn
dalgrond		275 - 1.8 N-mineraal 0-30 cm
zandgrond		275 - 1.8 N-mineraal 0-30 cm
geïntegreerd		richtlijn
dalgrond	late rassen*	180
	overige	210
zandgrond	late rassen*	210 - N-mineraal 0-30 cm
	overige	240 - N-mineraal 0-30 cm
* Rassenlijstcijfer voor rijptijd: 2,5 - 4		

Meer beschadiging: als een onrijp gewas wordt geoogst, is de knolschil meestal onvoldoende afgehard. Hierdoor is de knol gevoeliger voor beschadiging. Als er bovendien laat in het seizoen wordt gerooid, kan de beschadiging als gevolg van een lage bodemtemperatuur nog extra toenemen. Beschadigingen hebben meestal vuilinsluiting tot gevolg, wat ten koste gaat van de kwaliteit (kleur) van het meel. Verder leidt beschadiging tot een verhoogde ademhalingsintensiteit van de knollen. Als gevolg hiervan nemen de bewaarverliezen toe.

Een hoger suikergehalte van de knol: naarmate het suikergehalte na bewaring hoger is, is het zetmeelrendement per kg uitbetalingsgewicht lager. Daarom moet suikervorming zoveel mogelijk worden tegengegaan. Naarmate onrijper wordt geoogst, is het suikergehalte van de knollen meestal hoger. Dit wordt nog versterkt door laat - bij lage bodemtemperaturen - rooien en door een lage bewaar temperatuur.

Milieu-aspecten

Wanneer zetmeelaardappelen behoorlijk zijn afgerijpt, kan het loof meestal alleen met loofklappen worden vernietigd. In een erg onrijp gewas is het moeilijk of onmogelijk om het loof geheel mechanisch te doden. Een hoge stikstofbemesting veroorzaakt op deze manier een hoger verbruik van chemische loof dodingsmiddelen. Hetzelfde geldt voor de inzet van Phytophthora-bestrijdingsmiddelen. Een erg loofrijk gewas is immers gevoeliger voor aantasting door Phytophthora. Hoge stikstofgiften leiden daarnaast tot het na de oogst achterblijven van grote hoeveelheden stikstof in de bouwvoor. Deze stikstof staat gedurende de winter bloot aan uitspoeling en kan daardoor grond- en oppervlaktewater belasten.

8.1.2 Richtlijnen

In onderstaande tabel 1 zijn economische richtlijnen voor de stikstofbemesting van zetmeelaardappelen op dal en zandgrond weergegeven. Deze richtlijnen zijn gebaseerd op een groot aantal proeven die in de jaren zeventig zijn uitgevoerd met late zetmeelrassen. Dat deze richtlijnen slechts een globale indicatie geven van de gewenste stikstofgift, blijkt ondermeer uit stikstofproeven die de laatste jaren op de proefboerderij 't Kompas zijn uitgevoerd. Bij slechts geringe verschillen in de hoeveelheid minerale stikstof in de bouwvoor (in het voorjaar) bleek de optimale N-gift voor het ras Elles te variëren van 50 - 185 kg N per ha.

In de tabel 1 is ook de richtlijn aangegeven die meer rekening houdt met een aantal van de eerder beschreven nadelige effecten die hoge stikstofgiften kunnen hebben op opbrengst, kwaliteit, inzet van bestrijdingsmiddelen en verliezen van stikstof.

In de richtlijnen wordt de voorraad minerale stikstof (N-mineraal) die in het voorjaar (februari/maart) in de bodem wordt aangetroffen, afgetrokken van de totaal benodigde hoeveelheid stikstof. Deze voorraad kan worden bepaald door een grondmonster te laten onderzoeken.

Bij gelijke voorvrucht en een winter met een normale hoeveelheid neerslag zal in het voorjaar meestal een bodemvoorraad worden aangetroffen die jaarlijks in dezelfde orde van grootte ligt. Het kan voorkomen dat de voorraad hoger is dan normaal. Dat kan het geval zijn na een droge winter waardoor minder stikstof uit de bemonsteringslaag is gespoeld dan in andere jaren. Ook door in het najaar toegediende dierlijke mest kan de bodemvoorraad hoger uitvallen.

8.1.3 Bijzondere situaties

De ervaring leert dat op bepaalde gronden de nalevering sterker of zwakker is dan het gemiddelde waarvan in de formule wordt uitgegaan. Zo is op gronden met een hoog organischestofgehalte de nalevering relatief hoog. De eigen ervaring is dan de beste bron om de richtlijn aan te passen.

Na zware regenval, al dan niet in combinatie met beregening, kan vooral op laaggelegen percelen denitrificatie optreden. Door denitrificatie kan in korte tijd een groot deel van de minerale stikstof verloren gaan. Bovendien wordt onder deze zuurstofarme omstandigheden het wortelstelsel aangetast. Dit alles veroorzaakt stikstofgebrek, wat in het gewas zichtbaar wordt door een lichte kleur van het loof.

Als aardappelen zijn afgevroren, is een extra stikstofbemesting uit den boze. Dit leidt tot overmatige loofgroei en uitstel van knolproductie, wat ten koste gaat van de opbrengst.

8.1.4 Aftrekposten

De richtlijnen voor zand- en dalgrond zijn vastgesteld zonder rekening te houden met de teelt van groenbemestingsgewassen, het onderploegen van bietenblad, het telen op gescheurd grasland, de uitvoering van een grondontsmetting en het gebruik van organische mest. Hiermee moet apart rekening worden gehouden.

Groenbemestingsgewas

Wanneer in het najaar de teelt van een groenbemestingsgewas plaatsvindt, mag hiervan in het volgende jaar een stikstofnalevering worden verwacht. Het groenbemestingsgewas neemt, afhankelijk van de stand van het gewas, een zekere hoeveelheid stikstof op. Van een goed geslaagd groenbemestingsgewas mag, afhankelijk van de zaaitijd bij onder werken in het voorjaar, een nalevering van 25 tot 50 kilo stikstof worden verwacht.

Suikerbietenblad

Als zetmeelaardappelen na suikerbieten worden geteeld, kan voor de uit het suikerbietenblad vrijkomende stikstof een aftrek van 30 kg N op de adviesgift worden toegepast.

Gescheurd grasland

Bij de teelt van zetmeelaardappelen op gescheurd grasland kan de stikstofgift, afhankelijk van het feit of het om tijdelijk of oud grasland gaat, met 30-50 % worden verlaagd.

Grondontsmetting

Na een grondontsmetting komt extra stikstof vrij in de bodem. In verband hiermee kan een aftrek van 30 kg N per ha worden toegepast.

Dierlijke mest

Tegenwoordig vervult dierlijke mest een belangrijke rol bij de bemesting van zetmeelaardappelen. Bij de werking van dierlijke mest moet onderscheid worden gemaakt tussen minerale stikstof (direct beschikbaar) en stikstof die in de loop van het seizoen door mineralisatie vrijkomt uit de organische stof van de dierlijke mest. Op zand en dalgrond verdient - met het oog op N-verliezen - voorjaarstoepassing verre de voorkeur boven toepassing in het najaar.

Bij voorjaarstoepassing moet het bodemmonster voor de bepaling van N-mineraal vóór het uitrijden van de mest worden genomen. De hoeveelheid die voor de dierlijke mest dan van de richtlijn moet worden afgetrokken, is de hoeveelheid minerale stikstof in de mest en de hoeveelheid die nog in het jaar van toedienen uit mineralisatie van de mest mag worden verwacht.

Het percentage minerale stikstof van het totale stikstofgehalte is 50 voor varkens-, kippen- en rundveedrijfmest.

Laatrijpende rassen

Het landelijk advies voor de stikstofbemesting van zetmeelaardappelen is indertijd vastgesteld aan de hand van rassen met een vroegrijpheidscijfer, volgens de Rassenlijst, van 4,5. Onderzoek en praktijkervaringen hebben aangetoond dat zetmeelrassen met een lagere stikstofgift toe kunnen, naarmate hun rijptijd later is. Voor ieder half punt dat het ras volgens de Rassenlijst een lager vroegrijpheidscijfer heeft dan 4,5 kan

ongeveer 20 kg stikstof worden afgetrokken.

8.1.5 Optimale stikstofbemesting

Een optimale stikstofbemesting is een bemesting, die zo goed mogelijk is afgestemd op de behoefte van het gewas. Vaststelling hiervan is niet eenvoudig, vooral niet op gronden waar veel stikstof in de grond kan mineraliseren. De beste kans op succes biedt stikstofdeling. Hierbij wordt slechts een deel van de stikstof voor het poten gegeven en wordt alleen bijbemest als het gewas extra stikstof nodig heeft. De hoeveelheid stikstof die voor het poten wordt gegeven, bedraagt ongeveer 60% van de hoeveelheid die op basis van het landelijk advies nodig is. Afhankelijk van de stikstofstatus van het gewas (te bepalen met de bladsteeltjesmethode) of de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem (te bepalen met het NBS-systeem) in de periode begin juli - begin augustus kan worden vastgesteld of het nodig is om het resterende deel van de berekende hoeveelheid alsnog toe te dienen. Eventueel kan een week na knolaanleg 20% van de adviesgift worden gegeven om pas daarna de stikstofstatus van het gewas of van de bodem als richtlijn te nemen. Naarmate de te verwachten mineralisatie een groter deel van de totale N-behoefte uitmaakt, zit er meer onzekerheid in de hoeveelheid stikstof die beschikbaar komt en wordt het aantrekkelijker om gebruik te maken van een stikstofsturingssysteem.

Bladsteeltjesmethode

De bladsteeltjesmethode maakt het mogelijk om gedurende de beginontwikkeling van het gewas te meten of het gewas over voldoende stikstof beschikt. De uitslag kan worden getoetst met behulp van een normlijn voor het nitraatgehalte. Wanneer de uitslag boven de normlijn valt, hoeft niet te worden bijgestrooid. Valt de uitslag onder de normlijn, dan moet wél stikstof worden bijgegeven. Als hoeveelheid wordt daarbij doorgaans 40-50 kg N per ha aangehouden. In veel gevallen blijkt het bijstrooien van stikstof niet nodig te zijn, zodat de totale stikstofgift lager kan blijven en op de kosten van stikstof wordt bespaard.

Droogte kan er de oorzaak van zijn dat het gewas niet in staat is om voldoende stikstof op te nemen, terwijl er in de bodem wel voldoende stikstof aanwezig is. Wanneer bij droogte lage stikstofgehalten in de bladsteeltjes worden gevonden, moet niet zonder meer stikstof worden bijgestrooid. Ter controle is het dan nuttig om een grondmonster op stikstof te onderzoeken. Wanneer de bodem voldoende stikstof blijkt te bevatten, hoeft geen stikstof te worden gestrooid. Er is dan alleen voldoende vocht nodig om de aanwezige stikstof voor het gewas beschikbaar te laten komen.

Als het gewas behoefte heeft aan een aanvullende stikstofgift en er binnen afzienbare tijd geen regen wordt verwacht en kunstmatige beregening niet mogelijk is, dan biedt bladbemesting door middel van een bespuiting met een oplossing van ureum of urean een alternatief.

De techniek en methodiek van de bladsteeltjesmethode wordt uitgebreid beschreven in de handleiding 'Bepaling van het nitraatgehalte in bladsteeltjes van aardappelen' van het IKC-agv.

Het stikstof-bijmest-systeem (NBS)

Het Bedrijfslaboratorium voor Grond en Gewasonderzoek te Oosterbeek heeft een systeem ontwikkeld dat is gebaseerd op grondmonsters. In dit systeem wordt vanaf 3 à 4 weken na opkomst een grondmonster onderzocht (of met tussenpozen enkele grondmonsters) op stikstof om vast te stellen of de bodem voldoende stikstof bevat om het gewas tot het eind van het seizoen voldoende groen te houden. Als er sprake is van een tekort, dan wordt aangegeven hoeveel moet worden bijbemest. Voor een goed inzicht kan meestal niet met één grondmonster worden volstaan.

8.1.6 Rijenbemesting

Bij het toepassen van rijenbemesting wordt bij het poten op 5 centimeter onder en ter zijde van de knollen een band van stikstofkunstmest aangebracht. Recent onderzoek heeft nog eens bevestigd dat rijenbemesting de benutting van stikstof doorgaans niet verhoogt.

8.1.7 Toediening

Meststoffen

Stikstof kan in verschillende vormen worden toegediend. Een deel van de stikstof kan worden gegeven in de vorm van dierlijke mest. De hoogte van de gift wordt echter beperkt door zowel de hoeveelheid fosfaat als

de hoeveelheid stikstof die met de mest wordt toegediend. Voor de optimale bemesting van zetmeelaardappelen kan dierlijke mest worden gebruikt als een gedeeltelijke vervanger van kunstmest. Varkens- en kippendrijfmest verdienen daarbij de voorkeur boven runderdrijfmest. Het relatief hoge chloorgehalte van runderdrijfmest kan tot een aanzienlijke daling van het onderwatergewicht leiden. Onderzoek op de proefboerderij 't Kompas heeft aangetoond, dat in het traject tot 60 kg chloor per ha er geen verlies aan onderwatergewicht als gevolg van chloor uit organische mest optreedt. Dit betekent dat er bij toepassing tot 20 ton varkensmest per ha geen negatief effect van chloor zal optreden. De mineralen die uit de mest voor het gewas beschikbaar komen, moeten volledig worden betrokken bij het vaststellen van de eerste en tweede gift. Met het zogenaamde 'resteffect' wordt geen rekening meer gehouden, omdat het onder de hoge niveaus van mineralenvoorziening in ons land niet meer wordt aangetroffen.

Wanneer kunstmest wordt gebruikt, is dat bij de eerste gift vaak in de vorm van een mengmeststof (bijvoorbeeld 23-23-0) of in de vorm van kalkammonsalpeter (kas). Deze eerste gift wordt bij voorkeur minimaal enige weken voor het poten toegediend. Een eventuele tweede gift zal vrijwel altijd in de vorm van kas worden gegeven.

Gedurende het groeiseizoen kan ook met stikstof worden bemest door bespuiting van het loof met ureum of urean. Dit kan zinvol zijn wanneer door droogte weinig stikstof kan worden opgenomen of een tweede gift niet tot werking zou komen. Aan dergelijke bespuitingen is het risico van bladverbranding verbonden. Er kan per bespuiting dan ook niet veel stikstof tegelijk worden toegediend: ongeveer 10 à 15 kilo stikstof per ha. Om deze reden zijn meestal meerdere bespuitingen nodig, die desgewenst gecombineerd kunnen worden met Phytophthorabespuitingen. Om het risico van bladverbranding te beperken, moet op een afgehard gewas worden gespoten. De eerste dagen na een flinke regenbui is het gewas het gevoeligst voor bladverbranding. Wanneer men over de mogelijkheid van beregening beschikt is een bijbemesting met kas, gevolgd door beregening een minstens zo goed alternatief.

Gestabiliseerde Nmeststoffen, die dicyaandiamide (Didin) bevatten als nitrificatieremmer, blijken volgens Nederlands en Duits onderzoek geen structureel verhogend effect te hebben op het uitbetalingsgewicht van zetmeelaardappelen. Dit geldt in het bijzonder ten opzichte van een gedeelde stikstofbemesting met kalkammonsalpeter.

Deling

Deling van de stikstofbemesting heeft doorgaans een positief effect op het uitbetalingsgewicht bij zetmeelaardappelen. Rekening houdend met de verschillende aftrekposten voor minerale stikstof en nalevering kan de nog toe te dienen hoeveelheid stikstof worden berekend. Met het oog op een ongeremde beginontwikkeling moet het gewas bij het poten kunnen beschikken over 150 kilo minerale stikstof. Bij zeer hoge bodemvoorraden kan het voorkomen dat volgens de richtlijn geen stikstof moet worden gestrooid. Omdat echter een deel van de stikstof zich onder in de bouwvoor bevindt en tijdens de eerste weken van de groei niet voor het gewas bereikbaar is, wordt geadviseerd om toch een startgift van 30 kilo te geven. Deze startgift kan in mindering worden gebracht op de tweede gift, maar het is beter om de tweede gift afhankelijk te stellen van de stikstofstatus van het gewas, die kan worden vastgesteld met behulp van de bladsteeltjesmethode of met het NBS-systeem.

Wanneer de hoeveelheid van de eerste gift boven de 150 à 200 kilo komt, is het met het oog op eventuele zoutschade beter om de gift te delen. Het restant kan dan 7 - 10 dagen na knolaanleg worden gestrooid of liever: afhankelijk worden gesteld van de stikstofstatus van het gewas. Deling met het oog op zoutschade is belangrijker naarmate de pootbedbereiding ondieper is, de stikstof korter voor het poten wordt gegeven en er in het voorjaar kali is gestrooid.

De voor het poten toe te dienen stikstof kan zowel met organische mest als met kunstmest worden toegediend. De organischemestgift mag echter niet de gewenste of wettelijk toegestane hoeveelheid fosfaat te boven gaan. De gift aan organische mest moet zodanig zijn dat het totaal aan (toegediende) minerale stikstof en te verwachten mineralisatie tenminste 40 kilo minder is dan de geplande totale gift. Met behulp van de bladsteeltjesmethode of het NBS-systeem kan worden vastgesteld of het nodig is om deze stikstof alsnog toe te dienen.

Wanneer de mineralisatie hoger is dan verwacht, zal het niet meer nodig zijn de stikstof bij te strooien. Wanneer de mineralisatie geringer is dan de verwachting, wordt het tekort tijdig opgemerkt en kan de benodigde stikstof worden bijgestrooid. Deze methode maakt het dus mogelijk om met een relatief lage

stikstofgift te beginnen en het risico van een lagere opbrengst als gevolg van een lagere gift te beperken.

8.2 Fosfaat

Het element fosfor is een belangrijk bestanddeel van eiwitten in de plant. Het speelt ook een rol in de overdracht van energie bij de fotosynthese en de ademhaling. De gift wordt uitgedrukt in kilogrammen fosfaat (P_2O_5).

Is er een tekort aan fosfaat dan kan het gewas wat donkerder, dofgroen, van kleur zijn en kunnen de planten kleiner blijven. Een gewas aardappelen stelt hoge eisen aan de fosfaatvoorziening, omdat aardappelen als gevolg van een relatief beperkt wortelstelsel niet zo gemakkelijk fosfaat opnemen. Daarom moet worden gezorgd voor voldoende opneembaar fosfaat in de omgeving van de wortels.

Er zijn twee soorten adviezen voor de fosfaatbemesting: een bodemgericht en een gewasgericht advies. Uit deze beide moet een keuze worden gemaakt. Hiervoor wordt verwezen naar de 'Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouwgewassen'.

Voor het handhaven van een bestaande toestand moet gemiddeld over het bouwplan minstens de onttrekking worden toegediend. De onttrekking kan met behulp van de mineralenbalans worden berekend. Is de onttrekking over het bouwplan niet bekend dan kan voor een bouwplan met goede opbrengsten als onttrekking 70 kg P_2O_5 per ha per jaar worden gehanteerd.

Is het Pw-getal hoger dan 50 dan dient de fosfaatbemesting, conform het advies, lager te zijn dan de onttrekking. Hiermee wordt voorkomen dat het fosfaat zich ophoopt in de bodem of uitspoelt.

8.2.1 Toediening

Fosfaat kan zowel in de vorm van dierlijke mest als kunstmest worden gegeven. Wanneer fosfaat als dierlijke mest wordt gegeven, moet rekening worden gehouden met de mestwetgeving. Wanneer fosfaat als kunstmest wordt toegediend, bestaat in ons land een voorkeur voor gemakkelijk oplosbare en snelwerkende fosfaatmeststoffen zoals die voorkomen in mengmeststoffen, superfosfaat en tripelsuperfosfaat.

Bij voorkeur moeten deze in water oplosbare fosfaatmeststoffen in het voorjaar voor het ploegen worden gestrooid. Bij toediening kort voor het poten werken deze meststoffen vaak minder goed, met name in geval van droogte, dan bij toepassing in februari.

8.3 Kali en chloor

Het element kalium speelt onder andere een belangrijke rol bij de waterhuishouding van de plant en bij enzymatische omzettingen en het transport van koolhydraten in de plant. Een overmaat aan kali heeft een negatieve invloed op het zetmeelgehalte en op het onderwatergewicht van zetmeelaardappelen en daarmee op het uitbetalingsgewicht. De dosering wordt uitgedrukt in kilogrammen kali (K_2O).

Voor de opbrengst van zetmeelaardappelen zijn twee kalibronnen van belang: de kali uit de grond en de kalibemesting die ten behoeve van het gewas wordt toegediend. Het streefgetal voor de kalitoestand op zand- en dalgrond is 11. Het traject van het kaligetel waarvoor wordt geadviseerd om de bestaande toestand te handhaven is 11 t/m 17. De kalitoestand van de grond is bepalend voor de hoeveelheid kali die moet worden gestrooid. Recent onderzoek op de proefboerderijen 't Kompas en Kooyenburg heeft nog eens bevestigd, dat het huidige kaliadvies correct is. Bovendien is bij dit onderzoek gebleken dat er geen verschillen in kalibehoeftes tussen rassen zijn. Wanneer de kalitoestand van de grond niet aan de streefwaarde voldoet, moet extra kali worden gestrooid om de kalitoestand richting streefwaarde te verhogen.

Zowel in natte als in zeer droge jaren treedt in het zetmeelaardappelgebied kaligebrek op. Dit uit zich in het loof als sterk glimmende, bronskleurige bladeren, met een bobbelig bladmoes tussen de nerven.

Chloor verlaagt het onderwatergewicht in nog sterkere mate dan kali. Recente proeven op de proefboerderijen Kooyenburg en 't Kompas, waarbij voorjaarstoepassing van het sterk chloorhoudende kali-60 werd vergeleken met chloorarme kalimeststoffen, hebben aangetoond dat een hoeveelheid van 50 kg chloor per ha al een onacceptabele daling van het uitbetalingsgewicht gaf. Er was geen onderling verschil tussen de werking van de chloorarme kalimeststoffen patentkali, zwavelzure kali en kali SF. Uit eerder

onderzoek op genoemde proefboerderijen is gebleken dat tot 60 kg chloor per ha uit organische mest geen negatief effect heeft op het uitbetalingsgewicht.

In droge jaren kan de kali-opname door het gewas onvoldoende zijn. Een aanvullende gift, in korrelvorm of als bladbemesting, kan dan tot half juli een gunstig effect hebben op de opbrengst. Bij spuiten met een kalisulfaathoudende meststof mag de concentratie, afhankelijk van de mate van afharding van het gewas, niet hoger zijn dan 7-10%. Hogere concentraties kunnen leiden tot bladverbranding.

8.4 Magnesium

Magnesium maakt evenals stikstof deel uit van de bladeiwitten die de fotosynthese verzorgen. Het is daarom een essentieel element voor het functioneren van de plant.

Magnesiumgebrek komt vooral voor op zand- en dalgronden met een lage pH. Een tekort aan magnesium wordt het eerst zichtbaar in de oudste bladeren. Het blad wordt tussen de nerven; vanuit het midden van het blad, lichtgroen. De rand van het blad blijft het langst groen. Bij ernstig gebrek vergeelt het blad snel en krijgt het dode plekken tussen de nerven; tenslotte sterft het blad geheel af. Gewassen kunnen als gevolg van magnesiumgebrek vervroegd afsterven.

Er zijn duidelijke rasverschillen in gevoeligheid voor magnesiumgebrek. Wanneer magnesiumgebrek vroeg in het seizoen wordt waargenomen, kan dit het best worden bestreden door een bespuiting van het gewas met 80 kg bitterzout per hectare, verspoten met minstens 600 liter water. Zonodig moet de bespuiting na 10 dagen worden herhaald. Bespuitingen met magnesiumchelaten hebben doorgaans te weinig effect. Als streefgetal voor de magnesiumtoestand van zand- en dalgronden wordt 75 mg MgO per kg grond aangehouden. Afhankelijk van de magnesiumtoestand van de grond, vast te stellen door middel van grondanalyse, moet jaarlijks of eenmaal in de 2-4 jaar een magnesiumbemesting van de grond worden uitgevoerd. Hiervoor kan kiesriet of een magnesiumhoudende mengmeststof worden gebruikt.

8.5 Kalk – pH

Het gehalte aan koolzure kalk van de grond bepaalt mede de pH. De productie van een gewas zetmeelaardappelen is vrij sterk afhankelijk van de pH. De optimale pH voor aardappelen op zand- en veenkoloniale gronden ligt rond de 4.7, iets hoger of iets lager in afhankelijkheid van het organischestofgehalte van de grond en van het bouwplan. Als suikerbieten in het bouwplan zijn opgenomen, worden hogere pH's geadviseerd.

Uit recent onderzoek is gebleken dat bij besmettingen met het aardappelpycnostenaaltje de schade toeneemt naarmate de pH hoger is. Daarbij bleek het effect van de pH groter naarmate de AM-besmetting zwaarder was. De mate waarin schade werd aangericht, bleek mede afhankelijk van het gehalte aan organische stof, dat in dit verband kennelijk een bufferende werking heeft.

In het algemeen is het calciumgehalte van pootaardappelen afkomstig van de zand en veenkoloniale gronden laag in vergelijking met pootgoed uit de kleigebieden (circa 5 mg per 100 gram ten opzichte van circa 15 mg per 100 gram knol). Volgens Amerikaans onderzoek kunnen dergelijk lage calciumgehalten het optreden van natrot, veroorzaakt door *Erwinia*-bacteriën, bevorderen. Lage calciumgehalten van het pootgoed kunnen een ongunstige invloed hebben op de kieming van de poters en op de uitgroei van het jonge gewas. Deze aspecten worden thans in het zetmeelaardappelteeltgebied onderzocht. Calciumgebrek in het gewas treedt zelden op.

8.6 Zwavel

Samenhangend met een door een schonere industrie snel afgenomen zwavelemissie naar de lucht en daardoor zwaveldepositie op het gewas, treedt in een aantal gewassen zwavelgebrek op. In vergelijking met koolzaad, granen en grassen is de aardappel echter weinig gevoelig voor zwavelgebrek. Toch worden soms nu reeds gedurende het groeiseizoen (te) lage zwavelconcentraties in het blad gemeten. Het is nog niet bekend wat dit voor de opbrengst betekent. Bij aardappelen kenmerkt zwavelgebrek zich door een geel

kleurzwem van de plant, alsmede een lichte opwaarts gerichte rolling van de blaadjes. Verder treedt bij de gehele plant chlorose (bleekgroene verkleuring) op. Symptomen van zwavelgebrek lijken zeer veel op die van stikstofgebrek en zijn daarvan alleen met behulp van chemische toetsen (onder andere bladsteeltjesonderzoek) te onderscheiden. Zwavelgebrek is te voorkomen door bemesting met zwavelhoudende meststoffen. Dit heeft als nevenvoordeel dat het enig schurftverlagend effect heeft.

8.7 Sporenelementen

Sporenelementen zoals borium, koper, molybdeen en mangaan zijn noodzakelijk voor de groei van aardappelen. Ze zijn slechts in zeer kleine hoeveelheden nodig en komen van nature veelal in voldoende mate in de bodem voor. Toch zijn voor het zetmeelaardappelgebied aanwijzingen verkregen dat bijbemesting met bepaalde sporenelementen tot hogere opbrengsten kan leiden. Koper en mangaangebrek staan als de zogenaamde ontginningsziekte en de veenkoloniale haverziekte van oudsher bekend als typische ziekten van de pas ontgonnen zand en veenkoloniale gronden.

Mangaan: Mangaangebrek wordt op veenkoloniale gronden en op zandgronden met een hogere pH dan 5,4 vaak waargenomen. Bij een pH lager dan 5 kan ook mangaanvergiftiging optreden als gevolg van een overmaat aan opneembaar mangaan. Dit komt in het zetmeelaardappelgebied echter zelden voor. In tegenstelling tot magnesiumgebrek wordt mangaangebrek het eerst zichtbaar in de top van de plant. Bij ernstig mangaangebrek krijgen de topblaadjes een dofgroene tint, waarin later kleine bruine vlekjes zichtbaar worden die vooral langs de bladnerven gelegen zijn.

Mangaangebrek wordt behalve door een hoge pH versterkt door lage of zeer hoge temperaturen, droogte, slechte bodemstructuur en door organische mest (eigenlijk door een rijk bacterieleven).

Opbrengstdepressies treden echter reeds op voordat de symptomen in het blad zichtbaar worden. Als nergens in het perceel symptomen van mangaangebrek worden waargenomen, is de kans dat de gewasgroei wordt belemmerd door mangaangebrek te verwaarlozen. Mangaangebrek kan worden bestreden door een bespuiting met 1000 liter van een 1,5%-oplossing van mangaansulfaat per hectare of 3 tot 5 liter mangaanchelaat per hectare in circa 600 liter water. Deze bespuiting moet worden uitgevoerd zodra het gebrek wordt gemeten of in het veld wordt waargenomen en moet na twee à drie weken worden herhaald. Een overmaat aan mangaan kan onder anaërobe omstandigheden, bijvoorbeeld als gevolg van een slechte bodemstructuur, optreden bij pHwaarden lager dan 5.

Borium: De aardappel wordt als weinig gevoelig voor boriumgebrek aangemerkt. Toch is in het zetmeelaardappelgebied op verscheidene percelen boriumgebrek geconstateerd in jonge gewassen. Later groeit het gebrek eruit. Of dit vroege boriumgebrek consequenties heeft voor het opbrengstniveau wordt nader onderzocht.

Symptomen van boriumgebrek zijn ondermeer het afsterven van de groeipunten, waardoor okselknoppen gaan uitlopen. Verder zijn de onderste bladeren leerachtig verdikt en vertonen een opwaartse rolling. Vooral het topblaadje van het eerstgevormde blad kan sterk vergroot en verdikt zijn. De opvallend sterke uitgroei van dit blad gaat samen met een stilstand in de lengtegroei van de stengels.

Op bedrijven met (ernstig) boriumgebrek verdient een bodembemesting vóór het pootklaar maken van de grond de voorkeur boven een bladbemesting. Met een bladbemesting kan men hoogstens voorkomen dat het gebrek erger wordt. Borium dient met de nodige voorzichtigheid te worden toegediend omdat de aardappel zeer gevoelig is voor een overmaat aan borium en de marge tussen te weinig en te veel borium gering is.

9 POOTBEDBEREIDING EN POTEN

9.1 Pootbedbereiding

Een juiste wijze van pootbedbereiding is voor een succesvolle teelt van zetmeelaardappelen een vereiste. Fouten die hierbij worden gemaakt, kunnen ondermeer leiden tot verdichting van de bouwvoor. Een onregelmatige en vertraagde opkomst alsmede een slechte gewasgroei kunnen daarvan het gevolg zijn. Aardappelen gedijen vanwege hun relatief zwakke wortelstelsel minder goed op grond met storende (verdichte) lagen. In de praktijk wordt hieraan vaak nog te weinig aandacht besteed. Men kan verdichtingen eenvoudig vaststellen door een pen in de grond te steken. Daarbij zal de weerstand groter zijn naarmate er sprake is van meer verdichting. Afhankelijk van de diepte van de verdichte laag kan men deze losmaken met een vastetandcultivator of een woeler.

Op zand en dalgronden wordt de hoofdgrondbewerking in het voorjaar uitgevoerd. Het is dan van belang dat de grond niet te los ligt bij het poten. Dit kan worden voorkomen door gebruik te maken van een vorenpakker achter de ploeg of de cultivator. Deze dient om de grond zodanig aan te drukken dat de overgang van de losse bovengrond naar de vaste ondergrond niet te groot is, zodat de opstijging van vocht zo min mogelijk wordt gehinderd en ook de plantenwortels bij de overgang van losse naar vaste grond zo min mogelijk hinder ondervinden.

Op dalgrond worden zetmeelaardappelen bij voorkeur gepoot in grond met rogge als stuifdek. Hiertoe wordt in het voorafgaande najaar rogge gezaaid. In het voorjaar wordt doorgaans organische mest geïnjecteerd, waarna de grond bouwvoordiep wordt losgemaakt met een vastetandcultivator en in dezelfde werkgang wordt aangedrukt met een vorenpakker. Deze dient om de grond zodanig aan te drukken dat de overgang van de losse bovengrond naar de vaste ondergrond niet te groot is, zodat de opstijging van vocht zo min mogelijk wordt gehinderd en ook de plantenwortels bij de overgang van losse naar vaste grond zo min mogelijk hinder ondervinden.

Op zandgrond wordt veelal in het voorjaar geploegd, waarbij de grond met een vorenpakker wordt aangedrukt. De bemesting wordt dan vóór het ploegen gegeven, in de vorm van organische mest al dan niet aangevuld met stikstof, fosfaat en kali in de vorm van kunstmest en vervolgens goed ingewerkt. De kunstmeststikstof wordt ook wel na het ploegen gestrooid en vervolgens ingewerkt.

9.2 Poten

De diepte waarop de poters bij het poten van aardappelen worden neergelegd, dient doorgaans zodanig te zijn dat de bovenkant van de poters net onder het maaiveld ligt. Alleen op droogtegevoelige zandgrond is het verstandig 2 à 3 cm dieper te poten. Bij zetmeelaardappelen worden de poters dikwijls slechts met een paar cm grond bedekt om schade door *Rhizoctonia* zoveel mogelijk te beperken. Aandrukrollen kunnen ervoor zorgen dat de poter, dankzij een goed contact met de ondergrond, minder snel droog komt te liggen. Een zo geringe bedekking vergroot echter de kans op blootstuiven in geval van harde wind en droge grond.

De afstand tussen de rijen moet bij het poten gelijk zijn, zodat bij latere bewerkingen zoals schoffelen, aanaarden, loofklappen en rooien geen planten en knollen worden beschadigd. Goed afstellen van de markeurs is een eerste maatregel om dit probleem te voorkomen. Om nauwkeurig te kunnen werken, dienen de werkbreedtes van de verschillende machines op elkaar te zijn afgestemd. Na tweerijig poten moet bij voorkeur tweerijig worden aangeaard en tweerijig worden loofgeklapt. Na vierrijig poten is twee- of vierrijig aanaarden en loofklappen mogelijk. Men moet daarbij steeds de werkgangen van de pootmachine volgen.

Bij de rugopbouw is het belangrijk dat de ruggen midden boven de gepote knollen worden opgebouwd. Gebeurt dit niet, dan groeien de planten aan de zijkant uit de rug en beschadigen de trekkerwielen loof en knollen. Ook kunnen de poters uit de rij worden gedrukt of onregelmatig worden verschoven als bij het

poten de toedekschijven te nauw zijn afgesteld. Een krom gepote rij is bij het aanaarden niet te corrigeren! Het poten van in verschillende maten gesorteerd pootgoed leidt tot een uniformere standdichtheid. Zowel het optreden van 'dubbele' planten als van gaten kan hiermee grotendeels worden voorkomen. Poten kan met verschillende typen pootmachines worden uitgevoerd. De meest gebruikte zijn de volautomatische twee en vierrijige machines met pootbekers. In principe kunnen alle typen pootmachines goed werk leveren, al zal bij gelijke rijnsnelheid de kiembeschadiging bij de ene machine wat groter zijn dan bij de andere. Ook kan de regelmaat in afstand in de rij wat verschillen en de hoeveelheid pootgoed die in een werkgang kan worden meegenomen. Wat betreft de kiembeschadiging bij het poten is vooral de wijze waarop de pootmachine wordt gevuld van belang. Daarnaast is de mate waarin de poters in de pootmachine langs elkaar bewegen belangrijk. Voor het poten van goed voorgekiemd pootgoed verdienen systemen als die van Structural en Koningsplanter de voorkeur.

10 RUGOPBOUW

De teelt van aardappelen op ruggen biedt verschillende voordelen ten opzichte van vlakvelds telen.

- Het rooien is eenvoudiger omdat er minder grond hoeft te worden opgenomen en uitgezeefd.
- Mechanische onkruidbestrijding is effectiever. Ook wat grotere onkruiden kunnen tijdens de rugopbouw met grond worden bedekt.
- Bij wateroverlast is er een geringere kans dat de knollen gaan rotten. Vooral snelgroeiende knollen kunnen bij temperaturen boven 18°C en onder zuurstofarme omstandigheden binnen één of enkele dagen verrotten.

10.1 Rugvorm en ruggrootte

Ruggen moeten uniform van grootte en vorm zijn. De flanken van de rug moeten bol zijn opdat de rug niet gemakkelijk afspoelt. De top moet vlak of iets puntig zijn, niet komvormig, zodat sporen van ziekteverwekkers, zoals *Phytophthora*, minder gemakkelijk met regenwater in de rug spoelen en de knollen besmetten.

10.2 Tijdstip van rugopbouw

Zetmeelaardappelen worden meestal pas na opkomst aangeaard, vanaf een gewashoogte van circa 30 cm (zandgrond) tot kort voor het sluiten van het gewas. Dit hangt samen met de rol van het aanaarden in de onkruidbestrijding (zie het betreffende hoofdstuk) en met mogelijke schade door *Rhizoctonia*. Bij een rugopbouw direct na het poten wordt de opkomst vertraagd. In het bijzonder op zand en dalgrond, met een relatief hoge *Rhizoctonia*-druk vanuit de grond, vergroot dit de kans op aantasting van de kiemen door *Rhizoctonia*. Dit kan leiden tot een onregelmatige opkomst, minder stengels per plant en meer krielnesten. Een bezwaar van laat aanaarden, vooral op droogtegevoelige grond, is de aanzienlijke wortelbeschadiging die dit met zich meebrengt. Onder droge omstandigheden kan dit opbrengstschade veroorzaken. Mede hierom is er in de praktijk een tendens naar vroeger aanaarden, namelijk kort voor opkomst. Zonodig wordt dan een paar weken na opkomst een chemische onkruidbestrijding over het gewas uitgevoerd.

10.3 Wijze van rugopbouw

In tegenstelling tot kleigrond is een aangedreven werktuig voor de rugopbouw op zand en dalgrond niet nodig. Hier kan van aanaarders of vóór opkomst van zandrugvormers gebruik worden gemaakt. Bij toepassing van zandrugvormers wordt de grond losgemaakt door één of meer tanden per geul. Als ruggen op lichte gronden in meerdere werkgangen worden opgebouwd, moet erop worden gelet dat de basis van de ruggen voldoende breed is zodat later opgebrachte losse grond niet terugzakt in de geul.

Het aantal elementen van aanaardgarnituren moet passen bij het aantal rijen van de pootmachine. Na twee- of vierrijig poten passen aanaarders met respectievelijk drie en vijf elementen. Gebruikt men rugvormers dan moet het aantal ruggen dat in een werkgang wordt gevormd gelijk zijn aan het aantal rijen van de pootmachine. Hierbij moet ook steeds door dezelfde geulen wordt gereden. Tenslotte is het belangrijk dat er bij de rugopbouw op wordt gelet dat de ruggen midden boven de poters komen.

11 ONKRUIDBESTRIJDING

Onkruiden zijn in aardappelen ongewenst, omdat deze met het gewas concurreren om licht, vocht en voedingsstoffen. Ook kan het een waardplant zijn, die pathogenen instandhoudt. Tenslotte kan onkruid bij het rooien ernstige hinder veroorzaken en tot verontreiniging en beschadiging van de oogst leiden. Zand- en dalgronden worden gekenmerkt door een relatief zware onkruidbezetting. Op gronden met hogere organische-stofgehalten is de werking van bodemherbiciden dikwijls onvoldoende. Op deze gronden met een relatief groot nachtvorstschade- en winderosierisico is mechanische onkruidbestrijding behoorlijk riskant. Ook kan bij elke grondbewerking vochtverlies en/of beschadiging van wortels ontstaan. Dit kan op droogtegevoelige grond de gewasgroei vertragen.

11.1 Klassieke systeem

Het klassieke systeem van onkruidbestrijding in het zetmeelaardappelteeltgebied bestaat uit een bespuiting met een contactherbicide bij opkomst van de aardappelen, een schoffelbewerking met visgraatschoffels als het grootste gevaar voor nachtvorst geweken is en aanaarden kort voor het sluiten van het gewas. Een volledig mechanische onkruidbestrijding wordt in de Veenkoloniën, (nog) weinig toegepast vanwege het verhoogde risico op nachtvorstschade. Recent onderzoek op de proefboerderij 't Kompas heeft nog eens bevestigd, dat (kort) na eggen of schoffelen de kans op nachtvorstschade groter is.

11.2 Nieuwe systemen

De laatste jaren komt er in de Veenkoloniën en in het aangrenzend zandgebied meer belangstelling voor gecombineerde mechanisch/ chemische onkruidbestrijdingssystemen. Op het gebied van mechanische onkruidbestrijding met behulp van eggen, schoffels, aanaarders en dergelijke zijn er de laatste jaren duidelijk nieuwe ontwikkelingen. De moderne, goed instelbare eggen zoals veertand- en neteggen, geven weinig beschadiging aan de opkomende aardappelplanten. Voorwaarde voor een goede mechanische onkruidbestrijding is dat de poters voldoende diep en middenin de rug liggen.

Dalgrond: Met rogge als stuifdek vraagt de bestrijding van de rogge kort voor of bij de opkomst aandacht. Meestal wordt dan gespoten met een middel dat paraquat bevat. Vervolgens kan het gewas dan worden schoongehouden door middel van een of meer bespuitingen met een lage dosering van een naopkomstmiddel. Later als het grootste gevaar voor nachtvorst voorbij is, kan een bespuiting ook worden vervangen door een schoffelbewerking gevolgd door aanaarden. Een alternatief voor de bovengenoemde werkwijze is bijvoorbeeld een bespuiting vóór opkomst met een lage dosering Roundup, waarbij rogge en onkruid worden gedood. Daarna wordt het jonge onkruid afgebrand met een na-opkomstmiddel, gevolgd door schoffelen met een visgraatschoffel en - kort voor het sluiten van het gewas - aanaarden.

Zandgrond: De onkruidbestrijding van zetmeelaardappelen op zandgrond komt in grote lijnen overeen met die op dalgrond. Ook hier bepaalt het gevaar voor nachtvorstschade mede de strategie voor de onkruidbestrijding. De geringere onkruiddruk op zandgrond ten opzichte van dalgrond maakt dat een doelmatige onkruidbestrijding wat gemakkelijker is te realiseren. Bij het traditionele systeem wordt bij opkomst gespoten met contactmiddelen. Na de periode met verhoogd nachtvorstisico wordt geschoffeld met visgraatschoffels waarna in het algemeen bij een gewashoogte van circa 30 cm wordt aangeaard. Als alleen zaadonkruiden aanwezig zijn, wordt wel Sencor of Titus in lage dosering toegepast: bijvoorbeeld één à twee keer spuiten op jong onkruid, later gevolgd door schoffelen en aanaarden.

11.3 Onkruidbestrijding later in het groeiseizoen

Als noodmaatregel kan na de bloei van de aardappelen een volveldsbespuiting tegen onder andere distels, melganzevoet en perzikkruid worden uitgevoerd. Het wordt een noodmaatregel genoemd, omdat vaak ook het gewas onder de bespuiting lijdt. Een dergelijke bespuiting is daarom alleen zinvol als er sprake is van een aanzienlijke onkruidbezetting.

Kweekgras kan in laat te oogsten aardappelgewassen chemisch worden bestreden ruim voor het sluiten van het gewas, als dit onkruid minstens 20 cm hoog is. Ook bestaat er nog een mogelijkheid kweekgras en ander onkruid chemisch te bestrijden zodra het loof van de aardappelen volledig is afgestorven.

12 ZIEKTEN EN PLAGEN

12.1 Ziekten veroorzaakt door schimmels, bacteriën en virussen

12.1.1 Phytophthora

De belangrijkste ziekte in aardappelen, de aardappelziekte, wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora infestans*. Deze ziekteverwekker kan bij vatbare rassen in een tijdsbestek van één à twee weken het loof volledig vernietigen. Ook de knollen kunnen worden aangetast, waardoor deze verrotten. Sinds enige jaren is een nieuwe populatie van deze ziekteverwekker actief die aanmerkelijk agressiever is dan de vorige. Bovendien is deze populatie in staat om oösporen te vormen; rustsporen die langdurig in de grond kunnen overleven. Op enkele gevoeligere rassen na zijn de meeste zetmeelaardappelrassen matig resistent.

Aantastingsbeeld

De aardappelziekte kan bovengronds zowel het blad als de stengel aantasten. Op de blaadjes ontstaan waterige, niet scherp begrensde vlekken van 1 à 2 cm doorsnede. Op deze vlekken kan bij hoge relatieve luchtvochtigheid binnen enkele uren een dunne laag wit schimmelpluis van sporendragers ontstaan, meestal aan de onderzijde van het blad. Binnen een dag wordt dit gedeelte van de vlekken bruin. Aan de randen van de vlekken groeit de schimmel op dezelfde wijze verder totdat het hele blaadje is aangetast of het blad afsterft. Op de grens tussen groen en bruin blad is vaak een lichtgroene zone zichtbaar. Droogt een aangetaste plek op dan is de ziekte lastig te onderscheiden van bijvoorbeeld Botrytis. Een eenvoudige test, die een grote mate van zekerheid kan verschaffen of het werkelijk om *Phytophthora* gaat, is de volgende: stop enkele aangetaste blaadjes in een plastic zak, voeg er een paar druppels water bij en leg het afgesloten zakje bij kamertemperatuur (20 - 22°C) weg. De volgende dag kan *Phytophthora* worden herkend als zich aan de onderkant van de aangetaste blaadjes wit schimmelpluis heeft gevormd.

Op een aangetaste stengel komen grote, langwerpige, grauwbroune tot bruinzwarte vlekken voor die later vaak de hele stengel omringen. Deze stengels zijn op de plaats van aantasting zeer gevoelig voor breuk. Stengelaantasting komt relatief vaak voor in jonge, nog niet gesloten gewassen. In tegenstelling tot aangetast bladweefsel kan de schimmel in aangetast stengelweefsel lange tijd actief blijven en bij gunstige omstandigheden weer gaan sporuleren. Aantasting van de spruit kan ook vanuit een aangetaste moederknol ontstaan.

Sporen kunnen in vochtige grond enige weken overleven. Via regenwater of beregening kunnen ze naar de knollen worden gespoeld. Vanuit kiemende sporen kan de schimmel via lenticellen en beschadigingen de knol binnendringen. Op de knollen is een beginnende aantasting zichtbaar als blauwachtige, door de schil schemerende vlekken. Het onderliggende knolweefsel is oppervlakkig aangetast en licht roestbruin van kleur. Een dergelijke aantasting wordt 'jong ziek' genoemd. Bij voortschrijdende aantasting droogt het knoloppervlak op onregelmatige wijze meer of minder in waardoor een bobbelig oppervlak ontstaat. Bij doorsnijden is het aangetaste weefsel gekenmerkt door strengen roodbruin verkleurd weefsel die op het oog gezond weefsel omsluiten. Knolaantasting komt meer voor naarmate de grondsoort vochtiger is. Op de in het algemeen drogere zand- en dalgronden komt knolaantasting relatief minder voor dan op klei.

Bij hoge luchtvochtigheid vormt zich op aangetaste knollen sporulerend schimmelpluis waardoor de ziekte zich tijdens de bewaring in kuil of schuur verder kan ontwikkelen. Aantasting door de aardappelziekte wordt vaak gevolgd door secundair optredend natrot, waardoor de ziekteproblemen in de partij verergeren.

Levenswijze

Op aangetaste bladeren en stengels worden in grote aantallen sporen gevormd die worden verspreid door de wind of met opspattende waterdruppels. Kieming van sporen en infectie gebeurt alleen in water. Er is dus dauw of regen nodig. Voorts zijn kieming en infectie afhankelijk van de temperatuur. Er wordt vanuit gegaan dat de kieming van de spore plus de binnendringingstijd bij 12 tot 18°C voor een vatbaar ras

minimaal twee uur duurt. Na binnendringen duurt het tenminste drie dagen voordat de schimmel weer naar buiten komt en sporendragers met sporen vormt. Om tot sporenvorming te komen, moet er in het gewas gedurende langere tijd een relatieve luchtvochtigheid van meer dan 90% heersen. Voor de oude schimmelpopulatie was dat minimaal 10 uur; voor de nieuwe populatie is dat nog niet bekend maar gezien de sterk verhoogde agressiviteit mag er van worden uitgegaan dat deze periode tenminste 20 tot 30% korter zal kunnen zijn. Bij 15 tot 20°C duurt de cyclus van spore via een aangetaste plek tot een nieuwe generatie sporen drie tot vier dagen, mits de omstandigheden daarvoor gunstig zijn. Bij temperaturen boven de 27°C en beneden circa 2°C staat de groei van de schimmel stil.

De ontwikkelingsgang van de aardappelziekte wordt gelukkig vaak onderbroken: bij droog weer (relatieve vochtigheid < 90%) kunnen geen sporendragers en sporen worden gevormd; als geen vrij water op de plant aanwezig is, kunnen de sporen niet kiemen en binnendringen. Zijn er wel sporen gevormd, maar schijnt de zon overdag enkele uren, dan zullen veel sporen door ultraviolet licht en door de droogte worden gedood. Op dit soort gegevens zijn teelbegeleidings- en ziektebeheersingssystemen geënt.

Phytophthora overwintert als schimmeldraden in aangetaste knollen. De kans dat de ziekteverwekker in de winter in het veld in knollen overleeft, is klein omdat aangetaste knollen onder die omstandigheden gemakkelijk weggroten. In de bewaarplaats is de kans op overleven voor de schimmel veel groter. De schimmel kan ook als oospore in de grond overleven. Oösporen bleken in kleigrond tenminste twee jaar en in zandgrond tenminste drie jaar nog infectieus te zijn. Gebleken is dat overwinterende oösporen infecties in een volggewas kunnen veroorzaken, zodat ook vanuit de bodem onverwacht infecties kunnen optreden. Voor de vorming van oösporen zijn de paringstypen A1 en A2 nodig. Bij de oude populatie van de schimmel kwam alleen het paringstype A1 voor en ontstonden dus geen oösporen. Thans ontstaan oösporen veelvuldig en des te meer naarmate de temperatuur lager is en het ras in enigermate resistent is. Naarmate het resistentieniveau van het ras verder toeneemt, neemt de kans op oösporenvorming eveneens toe, maar neemt het aantal gevormde oösporen zeer sterk af.

De schimmel kan vanuit een aangetaste knol mee door de plant omhoog groeien, waarbij onder voor de schimmel gunstige omstandigheden (relatieve luchtvochtigheid > 90%) sporendragers met sporen op stengels en/of bladeren worden gevormd. Deze sporen kunnen andere planten infecteren, waardoor de ziekte zich kan verspreiden. Afvalhopen, waarin aangetaste knollen terecht komen, vormen een groot gevaar voor het vroeg optreden van de aardappelziekte.

Voorkomen/bestrijden

Zolang er geen volledig resistente rassen zijn of betrouwbare chemische middelen met een curatieve (genezende) werking, zal de bestrijding moeten worden gericht op het voorkómen van de aantasting. Hiertoe zijn zowel bedrijfshygiënische als teelttechnische maatregelen en preventieve bespuitingen onmisbaar.

Teeltmaatregelen

Bedrijfshygiëne. Phytophthora kan alleen optreden bij aanwezigheid van infectiebronnen. Hierbij kan worden gedacht aan aantasting in aardappelafvalhopen, aardappelopslag, buurpercelen, aangetaste knollen in het pootgoed en oösporen in de grond. Goede preventieve maatregelen, zoals het afdekken van afvalhopen met zwart plastic, controle van pootgoed op de aanwezigheid van door Phytophthora aangetaste knollen en het voorkomen en bestrijden van opslag, zijn de eerste stappen waarmee het optreden van de ziekte kan worden tegengegaan.

Rassen. Tussen de aardappelrassen komen zowel betreffende het loof als de knol grote verschillen voor in vatbaarheid voor Phytophthora. Geen enkel ras is blijvend volledig resistent. Naarmate de resistentie in het loof beter is, verloopt de binnendringing moeilijker, groeit de schimmel trager door het blad en worden minder sporen gevormd en ontwikkelt de epidemie langzamer. Naarmate de knolresistentie beter is, worden de knollen minder gemakkelijk aangetast. Loof- en knolresistentie zijn lang niet altijd aan elkaar gekoppeld. In de Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen is voor de schimmel de mate van resistentie van loof en knol aangegeven. Door de andere eigenschappen van de nieuwe Phytophthora-populatie ten opzichte van resistentie zijn deze cijfers niet betrouwbaar meer en moeten dan ook worden aangepast.

Matige stikstofbemesting. De kans op infectie wordt behalve door het ras ook bepaald door de zwaarte van het loof. Bij veel loof droogt het gewas langzamer op waardoor de omstandigheden voor Phytophthora gunstiger worden en de ziekte meer kans krijgt zich uit te breiden. Het is dan ook niet wenselijk om meer stikstof te geven dan nodig is om het gewas gedurende het hele seizoen groen te houden. Stikstofdeling waarbij het laatste deel van de gift afhankelijk wordt gesteld van de hoogte van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes of in de grond (NBS) kan hierbij een hulpmiddel zijn.

Tijdige loofvernietiging bij loofaantasting door Phytophthora. Als de grond vochtig is bij het optreden van sporulatie kan knolaantasting plaatsvinden. In dat geval kunnen de sporen in de grond overleven en door regen naar de knollen worden gespoeld. Vooral bij aanhoudend nat weer moet het loof van vatbare rassen met een snelwerkend middel worden vernietigd, zodra bij 20% of meer van de planten een of meer blaadjes is aangetast.

Als het loof aan het eind van het groeiseizoen al voor een aanzienlijk deel is afgestorven, neemt de opbrengst nauwelijks meer toe, terwijl de kans op aantasting door Phytophthora blijft bestaan. In zulke gevallen is het verstandig om het loof te vernietigen. Hierdoor kan een aantal bespuitingen worden uitgespaard en wordt ook de kans op oösporenvorming verminderd.

De wijze van rooien. Als het loof tijdens het groeiseizoen is aangetast door Phytophthora, kan het best worden gerooid als de grond droog is. Het is belangrijk dat de knollen goed zijn afgehard en dat knolbeschadiging tijdens het rooien zoveel mogelijk wordt vermeden. De levensduur van sporen is in vochtige zandgrond ongeveer vier weken. In droge grond sterven de sporen snel af. Door een aangetaste partij zo snel mogelijk droog te blazen, kan uitbreiding van het aantal aangetaste knollen worden beperkt en daarmee de uitbreiding van secundair natrot.

Preventieve bespuitingen

Er is een aantal middelen dat, mits tijdig en voldoende vaak toegepast, in belangrijke mate infectie kan voorkomen. Belangrijke vragen in dit verband zijn: wanneer moet de eerste bespuiting worden uitgevoerd; wanneer zijn verdere bespuitingen nodig en welke middelen verdienen de voorkeur?

Tijdstip eerste bespuiting. De oude stelregel is om op vatbare rassen met de eerste bespuiting te beginnen zodra het gewas 20 cm hoog is. Voorkomen moet echter worden dat het gewas al vroeg wordt aangetast en er daardoor het gehele seizoen extra bespuitingen nodig zijn om verdere uitbreiding tegen te gaan! Een betere stelregel is daarom te beginnen met preventieve bespuitingen zodra het optreden van de ziekte in de omgeving of in het eigen perceel wordt verwacht, bijvoorbeeld bij voortdurend nat weer. Zolang de ziekte nog niet in het gebied is gesignaleerd, is de kans op aantasting klein. Uitstel van de eerste bespuiting is riskanter naarmate de loofresistentie van het gewas geringer is.

Tijdstip vervolgbespuitingen. Of het uitvoeren van een preventieve vervolgbespuiting nodig is, hangt af van het infectiegevaar. Dit gevaar is afhankelijk van de aanwezigheid van de ziekte in de omgeving (in of buiten het perceel), van de weersomstandigheden, van de vatbaarheid van het ras en de mate waarin het gewas nog door een fungicide wordt beschermd. Dit laatste is weer mede afhankelijk van de groeisnelheid van het gewas (vorming van nieuw blad) en de verwerking en afspoeling van het middel.

Er wordt dikwijls vanuit gegaan dat een Phytophthora-middel 7 - 10 dagen na de bespuiting is uitgewerkt. Heeft het na de bespuiting geregend, dan kan het middel versneld zijn afgespoeld. Na een flinke bui van 10 - 15 mm wordt aangenomen dat de bescherming van het loof met één dag is afgenomen. Door de ontwikkeling van nieuwe bladeren neemt de bedekkingsgraad van het gewas navenant af; het kan dan - indien er sprake is van Phytophthora-druk - bij voor de ziekte gunstige omstandigheden, nodig zijn om reeds binnen vijf dagen een vervolgbespuiting uit te voeren. Indien de beschermingstoestand te ver is afgenomen, is een vervolgbespuiting echter niet nodig zolang de weersomstandigheden voor Phytophthora ongunstig zijn, dus droog weer met dauwloze nachten. Als zo'n spuitvrije periode langer dan 14 dagen duurt of wanneer een weersomslag dreigt, wordt aanbevolen een vervolgbespuiting uit te voeren. De kans op gunstige omstandigheden voor de schimmel is het grootst in het tweede deel van het groeiseizoen en vooral na half augustus. Als voor de ziekte gunstige omstandigheden worden verwacht en het gewas niet

meer voldoende door fungiciden wordt beschermd, is een vervolgbesputting geboden. Bovendien neemt bij bladeren de vatbaarheid toe naarmate ze ouder worden. Belangrijk is dat met de *Phytophthora*-bestrijding wordt doorgegaan tot en met de loofvernietiging. Bij beregenen verdient het de voorkeur kort na het beregenen een besputting uit te voeren. Als dit op slecht berijdbare gronden niet mogelijk is dan dient, als de vorige besputting vier dagen of langer is geleden, daags voor het beregenen een besputting te worden uitgevoerd met het tegen afregenen meest resistente fungicide.

Uit ondermeer Amerikaans onderzoek zijn er aanwijzingen, dat bij eenzelfde spuitfrequentie met lagere doseringen kan worden volstaan naarmate het geteelde ras meer veldresistentie bezit. Onderzoek heeft aangetoond dat zelfs bij vatbare rassen een verlaging van de normaal geadviseerde dosering met 25% mogelijk is, mits goede spuitapparatuur wordt gebruikt.

Curatieve besputtingen

Behalve de chemische middelen die *Phytophthora* preventief kunnen bestrijden, zijn er ook middelen met een curatieve werking; zoals cymoxanil en propamocarb. Cymoxanil kan de schimmel nog onschadelijk maken wanneer binnen 48 uur na de infectie een besputting wordt uitgevoerd. Het gewas moet dan wel voldoende vitaal, in de groei, zijn omdat het middel anders niet wordt opgenomen.

Metalaxyl heeft een volledig curatieve werking, wat betekent dat de schimmel in alle stadia in het loof wordt gedood. Het middel is op dit moment niet toegelaten in de teelt van aardappelen maar er wordt gewerkt aan een nieuwe toelating. Nadeel van metalaxyl is het optreden van resistentie van *Phytophthora*-stammen.

Waarschuwingssystemen.

Er zijn en worden systemen ontwikkeld die waarschuwen wanneer een gevaarlijke periode voor *Phytophthora* dreigt of heeft plaatsgevonden. Ze maken meestal gebruik van weersgegevens, die op of in de nabijheid van het betreffende perceel zijn verzameld, in combinatie met de weersverwachting en gegevens over eerder uitgevoerde besputtingen, het gewasstadium en de *Phytophthora*-druk in de omgeving van het perceel. Als men er zeker van kan zijn dat het betreffende perceel binnen 24 uur na een kritieke periode berijdbaar is om te spuiten, dan kan in principe na zo'n kritieke periode worden gespoten met een werkzaam middel met een curatieve werking.

Thans vormen deze systemen vooral een hulpmiddel voor het vaststellen van het tijdstip en de frequentie van besputtingen voor een optimale ziektebeheersing.

12.1.2 Alternaria

De laatste jaren is er sprake van aantastingen door *Alternaria solani*. Tot voor enkele jaren was deze schimmel in Nederland op aardappelgewassen vrijwel onvindbaar, wat samenhangt met de strikt en frequent uitgevoerde bestrijding van de aardappelziekte met breedwerkende middelen die ook deze ziekte doeltreffend bestrijden. Thans worden frequent ook veel minder breed werkende fungiciden gebruikt die tegen *Alternaria* minder tot niet effectief zijn waardoor deze schimmel nieuwe kansen krijgt. Bovendien houdt spuiten tegen de aardappelziekte naar behoefte in (dit betekent mede gestuurd door de weersomstandigheden), dat er in warmere perioden minder frequent wordt gespoten. Juist deze perioden zijn zeer gunstig voor infectie door *Alternaria solani*. Een opvallend verschijnsel hierbij is dat infecties door *Alternaria* het gehele groeiseizoen kunnen optreden, maar dat de uitgroei tot bladvlekken van halverwege het groeiseizoen tot het eind hiervan plaats vindt. Dit kan tot gevolg hebben dat zich ongemerkt reeds veel van deze nog onzichtbare infecties hebben opgebouwd die dan in een relatief korte periode van één à twee weken tot volle wasdom komen. De op deze vlekken gevormde sporen kunnen dan tot een zodanig snelle uitbreiding van de ziekte leiden dat het gewas te gronde gaat.

Aantastingsbeeld

De ziekte wordt gekenmerkt door aanvankelijk kleine olijfgroene tot bruinzwarte vlekjes die uitgroeien tot hoekig afgeronde, door de bladnerven ingeperkte bladvlekken met daarin concentrische, min of meer duidelijk zichtbare groeiringen. Bij zeer vatbare rassen groeien deze lesies vrij snel tot ongeveer 1 cm of meer in doorsnede en hebben bij droog en winderig weer een sterke neiging om te scheuren en als het ware uit het blad te vallen.

Levenswijze

Deze schimmel is sterk gebonden aan aardappel en tomaat als waardplant en doet vooral schade in warmere klimaatgebieden. De ziekte overwintert als mycelium en als sporen op gewasresten in de grond en kan daar als zodanig vele jaren overleven. Bij neerslag en voldoende hoge temperaturen wordt de schimmel weer actief. Reeds aanwezige en nieuw gevormde sporen kunnen door de wind naar nieuwe waardgewassen worden gevoerd waarna infecties tot stand kunnen komen. Daarmee is de cyclus rond.

Voorkomen/bestrijden

Belangrijk bij het voorkomen van *Alternaria*-aantastingen is er zorg voor te dragen dat de minerale voeding van het gewas in goede balans is; vooral een optimale voorziening met de elementen mangaan en magnesium speelt hierbij een cruciale rol.

In gebieden met een *Alternaria*-geschiedenis dienen de daarvoor gevoelige aardappelrassen op de daartoe geëigende tijdstippen (rond de bloei en daarna om de twee weken) bespoten te worden met een *Alternaria*-bestrijdend middel. Deze middelen zijn chloorthalonil, maneb, zineb, mancozeb en tin of koper bevattende middelen, die ook effectief zijn tegen de aardappelziekte.

12.1.3 Rhizoctonia

De veroorzaker van de ziekte die in de praktijk veelal als *Rhizoctonia* wordt aangeduid, is de schimmel *Rhizoctonia solani*. Het is een schimmel die algemeen in de grond voorkomt, ook op de zand- en veenkoloniale gronden in Noordoost-Nederland. De schimmel tast alle ondergrondse stengeldelen van de aardappelplant aan, inclusief de knollen.

Voor de aardappel zijn twee aspecten van belang. Het eerste is dat binnen deze schimmelsoort verschillende groepen bestaan, die binnen die groep op asexuele wijze genetische informatie kunnen uitwisselen via de zogenaamde anastomosen. Daarom wordt er wel van anastomosegroepen gesproken. Eén van deze groepen, de anastomosegroep 3 (AG 3), is specifiek ziekteverwekkend voor aardappel, en is verantwoordelijk voor spruit-, stengel- en stolonaantasting.

Een tweede aspect is dat zogenaamde lakschurft door meerdere anastomosegroepen wordt gevormd. Dit heeft als consequentie dat lakschurft op de knollen niet altijd hoeft te leiden tot aantasting van de spruit.

Aantastingsbeeld

Knollen kunnen bezet zijn met lakschurft, de korstvormige bruinzwarte ruststructuur van de schimmel. Deze lakschurft is vooral na wassen van de knollen goed zichtbaar.

Voornamelijk vanuit deze ruststructuur kunnen kiemen en jonge stengels worden aangetast. De aantasting is te herkennen aan licht tot donkerbruin gekleurde ingezonken plekken op de ondergrondse stengeldelen.

Oudere stengels en stolonen kunnen ook vanuit de grond worden aangetast. De ontstane lesies kunnen de jonge stengels en stolonen helemaal omringen waardoor deze afsterven. In het veld is een aantasting vanuit besmet pootgoed gekenmerkt door een onregelmatige opkomst en een holle stand. Latere aantastingen vanuit de grond uiten zich vooral door verwelkingsverschijnselen en de 'knijpende' toppen van planten, waarbij de topblaadjes zich min of meer opvouwen. Later in het groeiseizoen ontstaan de voor deze schimmel kenmerkende witte schimmelmanchetten aan de basis van de stengels en andere plantendelen die contact met de bodem maken.

Als een lesie een stengel omringt, wordt de afvoer van koolhydraten naar de stolonen sterk belemmerd en ontstaan bovengrondse knollen in de bladoksels langs de stengels (luchtknollen). Aantasting van de stolonen heeft afsterving van de uiteinden tot gevolg met een verminderd knolaantal als resultaat. Door herhaalde vertakking van de stolonen ontstaan dicht bij de stengel vlak onder of aan het grondoppervlak talrijke kleine misvormde knollen (krielnesten).

Als groeiende knollen worden aangetast kunnen grote schurftachtige lesies ontstaan. Op de plaats van de aantasting wordt de groei geremd, waardoor misvormde knollen en groeischeuren worden gevormd. Daarnaast kunnen knollen met zogenaamde blinde ogen voorkomen, die kiemaanlegsels missen.

Voorkomen/bestrijden

Schade door *Rhizoctonia* bij aardappelen uit zich in een lagere knolopbrengst, een lager onderwatergewicht, krielnesten (bron voor aardappelopslag), misvormde knollen en een doorgaans wat grovere sortering.

Door teeltmaatregelen is het mogelijk de schade door *Rhizoctonia* te beperken. In de meeste gevallen is dit

echter onvoldoende, zodat veelal gebruik wordt gemaakt van chemische middelen voor pootgoed- en grondbehandeling.

Vruchtwisseling. Rhizoctonia komt op zand en veenkoloniale gronden algemeen voor. In aanwezigheid van de waardplant (aardappel) bouwt de schimmel zeer snel zeer hoge populatiedichtheden op. Bij afwezigheid van de waard stort deze populatie reeds binnen een half jaar zeer snel in tot zeer lage dichtheden, die in volgende jaren nog slechts zeer weinig teruglopen. Als weer aardappelen worden geteeld, bouwt de populatie zich weer zeer snel op tot schadelijke niveaus. Vruchtwisseling blijkt als beheersmaatregel dan ook niet te voldoen.

Voorvrucht. In het zetmeelaardappelgebied zijn geen consistente verschillen waargenomen tussen de verschillende voorvruchten of groenbemestingsgewassen bij het beheersen van Rhizoctonia.

Voorkiemen, pootdatum en rugopbouw. Met de vorming van groen loof neemt de gevoeligheid van de plant voor Rhizoctonia snel af. Daarom is het van belang dat het gewas snel bovenkomt. Dit kan worden gestimuleerd door het pootgoed voor te kiemen, door niet te vroeg te poten en door niet direct vroeg in het voorjaar een grote rug op te bouwen.

Rasverschillen. Er zijn verschillen in tolerantie tussen de rassen, die echter niet of onvoldoende zijn onderzocht.

Lakschurftbezetting pootgoed en vitaliteit van de sclerotiën. Naarmate het pootgoed meer is bezet met vitale sclerotiën van lakschurft is de kans op schade aan het gewas groter. De sclerotiën kunnen in vitaliteit verschillen als gevolg van de activiteit van natuurlijke antagonisten die in de grond voorkomen en Rhizoctonia doden. Met behulp van een laboratoriumtest is het mogelijk de vitaliteit van sclerotiën vast te stellen.

Knolbehandeling. Op pootgoed voor de zetmeelrassen komt altijd Rhizoctonia voor, niet alleen in de vorm van goed zichtbare lakschurft maar ook in de vorm van met een loupe duidelijk zichtbare lange gladde roodbruine schimmeldraden en miniem kleine lakschurftafzettingen. Gebleken is dat een pootgoedbehandeling met een daarvoor toegelaten fungicide (zie de handleiding Gewasbescherming) de aantasting beperkt en de opbrengst verhoogt.

12.1.4 Gewone schurft

Gewone schurft wordt veroorzaakt door *Streptomyces scabies* en andere *Streptomyces*-soorten die algemeen in de bodem voorkomen. Het is een veel voorkomende ziekte die de opbrengst niet beïnvloedt, maar wordt beschouwd als een kwaliteitsziekte. Schurft verhoogt de tarra in de vorm van aanhangende grond.

Het ziektebeeld kan afhankelijk van de *Streptomyces*-soort en het aardappelras sterk uiteenlopen. Een groot probleem hierbij is dat poederschurft die in het zetmeelaardappelgebied veel voorkomt, ook schurftachtige symptomen veroorzaakt die veelal met die van gewone schurft worden verward. In de praktijk onderscheidt men oppervlakkige schurft, diepe schurft en knobbel- of pokschurft. Deze ziektebeelden komen vaak op dezelfde knol voor en gaan in elkaar over. Het optreden van gewone schurft wordt in sterke mate beïnvloed door het weer, de zuurgraad van de grond (een hoge pH) en de vochtigheid van de grond tijdens de knolaanleg.

Aangezien *Streptomyces scabies* zich vooral vermeerdert op granen en grassen is de bijdrage van aangetast pootgoed niet van betekenis.

Voorkomen/bestrijden

Beregening. Alleen de jonge lenticellen zijn vatbaar voor aantasting door gewone schurft, en dan alleen onder droge omstandigheden.

Een aantasting kan grotendeels worden voorkomen door vanaf het begin van de knolaanleg de grond gedurende drie weken vochtig te houden. De knolaanleg komt meestal twee tot drie weken na opkomst op gang.

Bekalking/verzuring. *Streptomyces scabies* groeit optimaal bij een pH van 6,5 tot 8. Aangezien in het zetmeelaardappelgebied een pH wordt geadviseerd van 4,8 tot 5,4 zijn de omstandigheden voor deze ziekteverwekker daar aanmerkelijk minder gunstig. Voor de beheersing van deze ziekte is het daarom weinig zinvol de pH nog verder te verlagen (zie pagina 48).

Rasverschillen. Tussen aardappelrassen zijn er vrij grote verschillen in de mate waarin aantasting plaatsvindt (zie Rassenlijst). Op schurftgevoelige percelen teelt men bij voorkeur minder vatbare rassen.

12.1.5 Netschurft

Netschurft wordt veroorzaakt door een niet gedetermineerde *Streptomyces*-soort. Aangezien alle zetmeelrassen volledig resistent zijn tegen deze ziekteverwekker wordt netschurft hier verder niet behandeld.

12.1.6 Poederschurft

Poederschurft wordt veroorzaakt door *Spongospora subterranea*. Deze ziekte komt veelvuldig voor, veel meer dan in het algemeen wordt aangenomen. Dit komt doordat de minder typische symptomen gemakkelijk worden verwisseld met die van gewone schurft, veroorzaakt door *Streptomyces scabies*, maar ook doordat in oudere en nieuwere leerboeken symptomen worden beschreven en afgebeeld als zijnde gewone schurft, die in feite aan poederschurft moeten worden toegeschreven.

Levenswijze

Uit kiemende sporen van de overwinteringsstructuren (sporenballen) komen zwemsporen vrij, die binnen enkele uren wortelharen kunnen infecteren. *Spongospora subterranea* tast de wortelharen van vrijwel alle gewassen en onkruiden aan. Na ongeveer vier dagen ontstaan in de aangetaste wortelharen opnieuw zwemsporen die vervolgens weer andere wortelharen aantasten. Dit proces herhaalt zich voor de meeste plantensoorten zolang er wortelharen beschikbaar zijn. Bij aardappelen worden behalve wortelharen ook andere ondergrondse plantendelen aangetast. Hierbij ontstaan de bekende galletjes op wortels en stolonen en worden in knollen sporenballen gevormd. Sporenballen zijn rustsporen die vele jaren in de bodem overleven. Aangezien deze ook de passage door het spijsverteringskanaal van rundvee, paarden en schapen overleven, moet rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat de ziekteverwekker met mest wordt verspreid (met uitzondering van varkens en kippenmest). Een opvallende eigenschap van deze ziekte is verder dat ze zich, in tegenstelling tot gewone schurft, na loofvernietiging plotseling sterk op de knollen kan uitbreiden.

Aantastingsbeeld

Aantasting van de wortelharen is met het blote oog niet zichtbaar. De aantasting van ondergrondse plantendelen is aanvankelijk zichtbaar als kleine pukeltjes die zich binnen één à twee weken ontwikkelen tot aanvankelijk licht gekleurde wratachtige galletjes. In tegenstelling tot wratziekte komen de wratjes van poederschurft voor op wortels. Binnen enkele dagen kleuren de galletjes bruin, waarbij de inhoud in korte tijd uiteen valt in een bruin poeder. Op de knol ontstaan pokken, die op een gegeven moment openspringen, doordat de over de lesie liggende huid (vaak stervormig) inscheurt. Overblijfselen van dit huidje blijven lange tijd als vliezige resten aan de randen van de lesies aanwezig. Door het snelle rijpen van de lesies na loofvernietiging zijn na het rooien vaak alleen nog de resterende leeggelopen kratervormige lesies met deze typische huidrestanten zichtbaar. Ook kunnen wratachtige uitsteeksels op de knollen voorkomen.

Voorkomen/bestrijding

Er bestaan grote verschillen in resistentie tussen de rassen. Resistentie biedt goede mogelijkheden tot beheersing van de ziekte. Helaas zijn veel moderne rassen aanmerkelijk vatbaarder dan gemiddeld geldt voor de oudere rassen.

Naast resistentie zijn het gebruik van schoon pootgoed, een ruime vruchtwisseling (1:7 en ruimer) en zorg voor een goede structuur van de grond mogelijkheden om aantasting van de knollen tegen te gaan. Verder dient voorzichtigheid te worden betracht betreffende hoeveelheden van beregening. Voor risicopercelen wordt geadviseerd om de grond niet vochtiger te maken dan 75% van de veldcapaciteit van de grond. De

effecten van deze maatregelen zijn merkbaar maar niet afdoende. In alle gevallen is het van zeer groot belang om de overgang van zoösporen, die zich ontwikkelen en in stand houden op de wortelharen van vruchtwisselingsgewassen en onkruiden, naar het volggewas aardappel te voorkomen. Daartoe dient tussen het voorlaatste gewas en het aardappelgewas een voldoende ruime periode (enkele maanden) van zwarte braak te worden aangehouden. Vooral gescheurd grasland heeft wat poederschurft betreft als voorvrucht een slechte naam. De consequentie hiervan is dat vóór een aardappelteelt het gras voldoende vroeg in het najaar moet worden gedood en voor de winter moet worden ondergeploegd, zodat de wortels van de graszode op het tijdstip van poten voldoende lang dood zijn.

12.2 Door schimmels veroorzaakt droogrot

12.2.1 Fusariumdroogrot

Fusarium-droogrot is niet alleen een typische bewaarziekte, maar ook te velde een veroorzaker van moederknolrot en wegblijvende en in groei meer of minder sterk achterblijvende planten. Dit laatste verschijnsel wordt de laatste jaren steeds meer waargenomen in samenhang met bewaring van pootgoed met mechanische koeling, waardoor geïnfecteerde poters pas kort voor of na het poten tot ziekteontwikkeling komen. Beschadigingen die door afkiemen ontstaan, leiden tot aanzienlijk meer infecties en hieruit voortvloeiend moederknolrot. Dit komt vooral naar voren bij laat poten, wat vaak gepaard gaat met herhaaldelijk omstorten van het pootgoed. Meer besmetting met Fusarium leidt vaak tot meer natrot. Meerdere Fusarium-soorten kunnen droogrot veroorzaken. De twee belangrijkste zijn *Fusarium sulphureum* en de iets minder agressieve *Fusarium solani* var. *coeruleum*. Bij zetmeelaardappelen komt ook vaak *Fusarium avenaceum* voor, die wat zwaardere beschadigingen nodig heeft om te kunnen binnendringen. Deze soorten komen algemeen voor op zowel het pootgoed als in de grond. Het zijn wondparasieten. De verwondingen die ontstaan bij bewerkingen zoals rooien, sorteren en poten (huidbeschadiging, afgebroken kiemen) zijn invalspoorten voor de schimmel. Maar ook beschadigingen veroorzaakt door ziekten zoals *Phytophthora infestans* en poederschurft en aantasting door aaltjes en insecten bieden Fusarium een kans om de knol binnen te dringen. Tussen de aardappelrassen zijn duidelijke verschillen in vatbaarheid, waarbij een ras resistent kan zijn voor de ene droogrotveroorzaker en gevoelig voor de andere. De vatbaarheid van de knollen voor *Fusarium solani* var. *coeruleum* neemt toe naarmate de aardappelen langer worden bewaard. Aantasting door *Fusarium sulphureum* kan al binnen enkele weken na het rooien zichtbaar worden. Aantaste knollen vertonen uitwendig iets ingezonken plekken, waarop talrijke witroze (*Fusarium sulphureum*) of wit tot bleekblauwe (*Fusarium solani* var. *coeruleum*) schimmelkussentjes kunnen voorkomen. Door het ter plaatse van het rot ineenschrompelen van de schil ontstaan de min of meer concentrische ringen, die typisch zijn voor Fusariumdroogrot.

Voorkomen/bestrijden

In de eerste plaats moet knolbeschadiging bij het rooien en sorteren zoveel mogelijk worden voorkomen. Daartoe moeten de knollen bij het rooien voldoende zijn afgehard en dient voorzichtig te worden geroid. Hierbij moeten rijpsnelheid en valhoogte zo goed mogelijk aan de omstandigheden worden aangepast. Direct na het oogsten moet worden gezorgd voor een goede wondheling. Als ontstane wondjes niet vlot helen, kan de ziekte zich snel uitbreiden. De aardappelen dienen verder koel en droog te worden bewaard. Groenrooien heeft voor infectie door Fusarium-soorten een sterk ziekteverwendend effect getoond. Wanneer bij controle in de herfst reeds Fusarium van betekenis wordt aangetroffen, verdient het de voorkeur deze partij niet langer te bewaren. Fusarium in het pootgoed leidt tot een onregelmatige opkomst, zwakke planten en een holle stand. Chemische bestrijding van de genoemde Fusarium-soorten is goed mogelijk. Bij *Fusarium sulphureum* komt algemeen resistentie tegen thiobendazolen voor. Bij de bestrijding moet hiermee rekening worden gehouden.

12.2.2 Phoma of gangreen

Zetmeelaardappelrassen zijn weinig of niet gevoelig voor aantasting door *Phoma foveata*, zodat deze ziekte voor de zetmeelaardappelteelt van weinig belang is en daarom hier niet wordt behandeld.

12.3 Door schimmels veroorzaakt natrot

12.3.1 Waterrot of Pythium-rot

De indruk bestaat dat waterrot bij de zetmeelaardappelteelt vrij vaak voorkomt, maar veelal met roodrot, bacterieel natrot en Phytophthora wordt verward. De bij waterrot betrokken schimmels (*Pythium debaryanum*, *Pythium splendens* en *Pythium ultimum*) komen algemeen in de grond voor en veroorzaken bij veel waardplanten rot en verwelking. Bij aardappelen is vooral de aantasting van de knol bekend. Aantasting treedt op na de vorming van vrij zware wonden en kneuzingen, zoals die ontstaan bij het rooien van onvoldoende afgeharde knollen, of in het algemeen door ruw rooien. Ook contact met erg warme grond en 'zonnebrand' bij rooien bij heet zonnig weer schept gunstige condities voor aantasting. In de meeste gevallen begint de aantasting aan de oppervlakte van de knol om daarna via de schors in het mergweefsel binnen te dringen. Aangezien het mergweefsel veel vatbaarder is dan het schors- en vaatweefsel breidt de ziekte zich aanvankelijk in het mergweefsel het sterkst uit.

Ter voorkoming van waterrot dient het rooien bij te hoge temperaturen te worden vermeden. Dit geldt ook voor het rooien van een onvoldoend afgehard product en/of te ruw rooien.

In dit verband moet ook worden bedacht dat bij zonnig, warm weer de temperatuur in de ruggen na loofvernietiging door het ontbreken van een beschaduwend gewas zodanig sterk kan oplopen dat de knollen door de hitte worden beschadigd. Deze beschadigingen bieden Pythium de mogelijkheid binnen te dringen en op uitgebreide schaal rot te veroorzaken. Bij pootgoed komt dit veelal tot uiting bij het rooien of kort daarna (binnen enkele weken) in de bewaring.

Aantastingsbeeld

Pythium- of waterrot is zalfachtig van textuur, en wordt gekenmerkt door donkerverkleuring van het knolweefsel na doorsnijden, soms voorafgegaan door een min of meer duidelijke roodverkleuring. Vaak zijn smalle donkere zones aanwezig die als donkere banden door de schil zichtbaar zijn. In latere stadia vervloeit de knol helemaal en blijft uiteindelijk alleen de schil over. Dit type rot gaat vaak over in secundair bacterieel natrot. Door het lekken van de zieke knollen kan de ziekte zich tijdens de eerste weken van de bewaring sterk uitbreiden.

Voorkomen/bestrijden

Voorkom knolbeschadiging zoveel mogelijk bij het rooien. Als de knolschil nog niet goed is afgehard, kan beter niet bij warm weer worden gerooid.

12.3.2 Roodrot

Roodrot wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora erythroseptica* die algemeen in grond voorkomt.

Levenswijze

De schimmel komt in de grond voor in de vorm van oösporen en kan als zodanig lange tijd in de bodem overleven. De meest voorkomende wijze van aantasting is dat de schimmel via de wortels de plant binnendringt, wat reeds vroeg in het groeiseizoen kan plaats vinden. Vanuit de geïnfecteerde wortels worden de stengels aangetast, waarna de schimmel via de stolonen de knollen binnengroeit. De aantasting kan hier tot stilstand komen of zich tot een typisch roodrot ontwikkelen. In het geval van een stagnerende aantasting kan de schimmel met de poter overwinteren en in de vorm van rustend mycelium en/of de er door gevormde oösporen overgaan naar de volgende teelt. Ook directe aantasting van de knollen vanuit de grond kan optreden, maar dit komt minder vaak voor dan via de plant.

Voor infectie van de plant zijn natte anaërobe condities nodig, zoals zich vooral voordoen na hevige (onweers)buien. Speciaal als deze natte omstandigheden optreden na een droge warme periode komen massaal zwemsporen vrij die bij de dan ontstaande zuurstofarme omstandigheden de wortels kunnen binnendringen.

Aangetaste knollen vormen een zeer belangrijke bron van besmetting tijdens de bewaring, vooral als de aantasting nog jong is. De ziekteverwekker is een van de weinige die in staat is om vanuit een aangetaste knol de gezonde buurknollen aan te tasten. Aangezien iedere knol in de bewaring ten minste 10 tot 12

buurknollen heeft, kunnen vanuit een zieke knol dus 10 tot 12 knollen worden aangetast. Door het lekken van de aangetaste knollen ontstaat ook op uitgebreide schaal bacterieel natrot.

Aantastingsbeeld

In de stengelbasis ontstaat een enigszins op zwartbenigheid gelijkende, traag verlopende aantasting, waarbij de weefsels beige tot lichtbruin verkleuren. Met de toenemende aantasting van de onderste stengeldelen vormen zich op opvallende wijze luchtknolletjes in de ondergrondse en bovengrondse oksels soms tot in de bloeiwijzen toe. Met het voortschrijden van de ziekte raken vanuit de stengelbasis ook de stolonen aangetast. Rond dit stadium treedt verdorring op, gekenmerkt door grote roodbruine tot later donkerbruine vlekken, die meestal begint aan de bladtoppen en bladranden. Deze vlekken kunnen gemakkelijk verward worden met die van de aardappelziekte. Aangetaste planten steken vaak boven het (gestreken) gewas uit en kunnen de eerste symptomen van verwelking vertonen of - in een later stadium - van verdorring. In verreweg de meeste gevallen dringt de ziekteverwekker via de bruin tot roodbruin verkleurde zieke stoloon de knol binnen. Aanvankelijk is alleen een lichtbeige tot bruine verkleuring van het weefsel rond het navelind aanwezig. Binnen enkele dagen kan het lichtbruin gekleurde (vaak met de aardappelziekte verwarde) rot zich snel in de knol uitbreiden.

Het aangetaste weefsel voelt bij knippen hard rubberachtig aan (dat wil zeggen het weefsel veert na knippen terug in zijn oude vorm). Bij doorsnijden verkleurt het aangetaste weefsel na enige tijd (binnen een kwartier) licht rood tot steenrood, en na enkele uren zwart. Het zieke weefsel is verder gekenmerkt door een terpentijnachtige geur en druipt bij stevig knippen.

Voorkomen/bestrijden

Stagnerende afvoer van water door een slechte structuur van de bouwvoor en/of verdichte lagen (ploegzool, leemhoudende ondergrond, oerbanken) bevorderen het optreden van roodrot. Roodrot kan dan ook in belangrijke mate worden voorkomen door er voor te zorgen dat water niet stagneert. Naast een goede egalisatie dient het drainerend vermogen van de grond in orde te zijn. Pootgoed afkomstig van partijen met roodrot is verdacht in verband met de aanwezigheid van oösporen. Aangetaste partijen dienen bij het inschuren zo snel mogelijk te worden gedroogd en gekoeld. Het verdient daarbij geen aanbeveling om partijen met meer dan 1% rotte knollen in te schuren. Dergelijke partijen zijn niet snel genoeg droog te blazen om de explosieve uitbreiding van de ziekte te voorkomen.

Zetmeelaardappelgewassen met roodrot moeten zo kort mogelijk voor aflevering worden gerooid en niet in de kuil of de schuur worden opgeslagen, omdat de ziekte zich in het veld van plant tot plant minder snel verspreidt dan van knol tot knol in de bewaring. Percelen waarin een vroege aantasting voorkomt, kan men laten uitzieken, zodat de rotte knollen de schone niet meer versmeren.

De meeste aantasting komt voor op de wendakkers, in spuitsporen en op natte perceelsgedeelten. De betreffende aardappelen dienen dan ook als eerste te worden gerooid en moeten zo snel mogelijk worden afgevoerd en verwerkt.

Er zijn in de praktijk opmerkelijke rasverschillen in de mate van aantasting geconstateerd. Bij percelen of bedrijven met een roodrothistorie verdient het aanbeveling om minder vatbare rassen te gebruiken.

12.4 Overige schimmelziekten

12.4.1 Verticillium of verwelkingsziekte

De verwelkingsziekte bij aardappelen wordt veroorzaakt door de schimmel *Verticillium dahliae*. Deze ziekte uit zich door een vervroegd afsterven van het gewas. Kenmerkend daarbij is vaak het eenzijdig afsterven van een bladheft. Omdat dit soms vier à zes weken voor het normale tijdstip van afsterven kan optreden, kan een aanzienlijke opbrengstreductie het gevolg zijn. Het zijn vooral de vroege en middenvroegere rassen die hiervan te leiden hebben. De schade veroorzaakt door de verwelkingsziekte wordt verergerd door stressfactoren zoals hitte, droogte, waterovermaat en een te gering aanbod van stikstof.

Aaltjes, vooral het wortellessieaaltje *Pratylenchus penetrans*, bevorderen de infectie door *Verticillium dahliae*. De meest kenmerkende symptomen voor deze ziekte zijn de eenzijdige bladverkleuring tijdens het afsterven van de bladeren en de loodgrijze verkleuring van de afgestorven stengels. De schimmel heeft een

uitgebreide waardplantenreeks en kan in de vorm van microsclerotiën ten minste zes jaar in de grond overblijven.

Voorkomen/bestrijden

Binnen de rijpheidsgroepen zijn er verschillen in tolerantie tussen de rassen. Van de zetmeelaardappellrassen is onder andere het ras Element gevoelig voor vervroegd afsterven. Op besmette grond kan schade worden beperkt door een evenwichtige bemesting en voldoende vocht gedurende het gehele groeiseizoen. Bepaalde voorvruchten, zoals veldbonen, droge erwten en blauwmaanzaad, zorgen voor meer infectie-materiaal in de grond dan andere. Daarom dienen dergelijke gewassen als directe voorvrucht voor aardappelen te worden vermeden. Opbouw van inoculum kan worden beperkt door de wijze van loofdoding. In volgorde van de hierna genoemde methoden neemt de vorming van microsclerotiën op ondergrondse en bovengrondse plantendelen toe: groenrooien, looftrekken, klappen en spuiten en volvelds spuiten.

12.4.2 Sclerotinia of rattekeutelziekte

Sclerotinia wordt veroorzaakt door de schimmel *Sclerotinia sclerotiorum*, een schimmel die praktisch alle breedbladige gewassen en onkruiden tot waardplant heeft en in ernstige mate kan aantasten. In bouwplannen waarin veel breedbladige gewassen voorkomen kan Sclerotinia tot economische schade in aardappelen leiden. Voor aantasting heeft de schimmel beschadigd weefsel nodig zoals ontstaat na hagel en harde wind. Daarnaast dienen op dat moment sporulerende paddestoeltjes van de schimmel aanwezig te zijn. Deze sporulatie treedt alleen in voldoende mate op tijdens neerslag na een voldoende langdurige droge periode.

De schade bestaat uit breken en vervroegd afsterven van aangetaste stengels. In deze stengels, die opvallen door een witte kleur en een enigszins opgeblazen uiterlijk kunnen zoveel sclerotiën worden aangetroffen dat de stengel bij schudden een rammelend geluid maakt. Deze sclerotiën, in de volksmond rattekeutels genoemd, kunnen jarenlang in de grond overblijven. Vermindering van het aandeel granen en grassen in het bouwplan kan er de oorzaak van zijn dat Sclerotinia de laatste jaren meer optreedt. Ook de knollen kunnen ernstig worden aangetast wat gepaard gaat met een zich snel ontwikkelend lekkend rot. Dit type aantasting komt echter zeer zelden voor.

Voorkomen/bestrijden

Een bouwplan met veel gramineeën gaat het optreden van de ziekte tegen. Chemische bestrijding van de ziekte in het veld is mogelijk, maar lang niet altijd lonend. Zie voor toegelaten middelen de handleiding Gewasbescherming in de Akkerbouw. In geval van zware wind- en/of hagelschade na een langdurige droge periode in een vitaal gewas kan op een dermate grote schaal Sclerotinia optreden dat chemische bestrijding zinvol is. Deze dient direct te worden uitgevoerd, vóór de symptomen van een Sclerotinia-aantasting tot ontwikkeling komen. Bij ontwikkeling van Sclerotinia in aardappelen, gepaard gaand met de vorming van sclerotiën dient rekening te worden gehouden met ernstige schade in een gevoelig volggewas.

12.4.3 Wratziekte

Wratziekte wordt veroorzaakt door het organisme *Synchytrium endobioticum*. Wratziekte vormt wratten op alle ondergrondse en bovengrondse plantendelen, behalve wortels. Wratziekte is een ziekte van koele en neerslagrijke klimaatgebieden met jaarlijks meer dan 700 mm neerslag en met een voldoende lange winter met temperaturen < 5°C. Van deze ziekteverwekker komt in Europa een groot aantal fysio's voor waarvan er voor zover bekend twee in het Nederlandse zetmeelaardappelgebied aanwezig zijn, te weten de fysio's 1 en 2.

Aantastingsbeeld

De veroorzaker van wratziekte verandert zowel ondergronds als bovengronds stengeldelen (stolonen, knollen, scheuten en blad) in wrachtige woekeringen. Ondergrondse stengeldelen veranderen in bloemkoolachtige structuren die licht gekleurd zijn of groen kleuren als ze bovengronds geraken. Bij aantasting van bovengrondse stengeldelen en blaadjes blijft de oorspronkelijke structuur meestal beter herkenbaar. Na verloop van tijd worden deze wratten bruin tot zwart en vallen uiteindelijk als een donkere (sporen)massa uiteen.

De schimmel tast knollen aan via lenticellen en ogen, die naar het lijkt uit hun rust worden gehaald en zich woekerend tot wratten ontwikkelen, waarvan de grootte mede wordt bepaald door de mate van resistentie van het ras. De grootte van de wratten kan in doorsnede variëren van enkele mm's tot meer dan de omvang van de knol.

Voorkomen/bestrijden

De dikwandige wintersporangiën zijn zeer persistent en kunnen in de grond tientallen jaren infectieus blijven. Daardoor heeft vruchtwisseling weinig of geen effect op de beheersbaarheid van de ziekte. Controle van dit quarantaine-organisme heeft plaats door uitsluiting van de teelt van gevoelige rassen op besmet bevonden percelen en door het gebruik van resistente rassen. Daarbij dient te worden bedacht dat resistentie tegen fysio 1 in voldoende mate in de beschikbare rassen aanwezig is, maar dat resistentie tegen fysio 2 in slechts een beperkt aantal rassen voorkomt. Behalve dat rassen al dan niet vatbaar zijn voor een fysio komen ook verschillen in gevoeligheid voor. Een gevoelig ras vormt veel wratten en daardoor een hoge besmetting in de grond; weinig gevoelige rassen vormen weinig heel kleine wratjes en bouwen weinig tot zeer weinig inoculum op. Aanbevolen wordt om uitsluitend rassen te telen met een resistentieniveau van tenminste matig veldresistent, resistentiecijfer 7 en hoger.

12.5 Bacterieziekten

12.5.1 Erwinia's

De meest voorkomende bacterieziekten die in Nederland aardappelplanten aantasten, worden veroorzaakt door bacteriën van het geslacht *Erwinia*. Kenmerkend bij aantasting is een waterig geurloos rot dat door de invloed van secundaire bacteriën in een slijmerig, stinkend rot kan overgaan. Deze bacterieziekten worden afhankelijk van de verschijnselen die zij in het veld laten zien zwartbenigheid (veroorzaakt door *Erwinia carotovora* var. *atroseptica*) of stengelnatrot (veroorzaakt door *Erwinia chrysanthemi*) genoemd. Beide ziekten kunnen in de knollen natrot veroorzaken. Natrot veroorzaakt door een derde *Erwinia*-soort treedt ook vaak secundair op na bijvoorbeeld een *Phytophthora*-aantasting van de knollen, na roodrot, na *Pythium* en ook na wateroverlast of bevroering.

Voorkomen/bestrijden

Bacterieziekten kunnen alleen indirect worden bestreden. Zwartbenigheid en stengelnatrot gaan met het pootgoed over. Daarom is het van groot belang om gezond pootgoed te gebruiken. Het snijden van pootgoed is in verband met de verspreiding van bacterieziekten een riskante bezigheid. Voorts zijn van belang: een goede structuur en ontwateringstoestand van de grond, het voorkómen dat knollen natregenen bij het rooien en bewaring onder droge en koele omstandigheden.

Bij de oogst van pootgoed moeten rotte knollen in een zo vroeg mogelijk stadium worden verwijderd om versmering tegen te gaan. Ook moeten beschadigingen, overmatig vocht en hoge temperaturen tijdens de bewaring worden vermeden om optreden en uitbreiden van bacterieziekten te beperken.

12.5.2 Bruinrot

Bruinrot is een quarantaineziekte die soms ook in Nederland voorkomt. Ze wordt veroorzaakt door de bacterie *Ralstonia solanacearum*. Instandgehouden door de bitterzoetplant kan de bacterie in oppervlaktewater blijvend overleven. Het gebruik van oppervlaktewater voor beregening en bespuitingen brengt daarom op veel locaties onaanvaardbare risico's met zich mee.

Aantastingsbeeld

De ziekte wordt in het veld gekenmerkt door een plotseling optredende verwelking van één of meer stengels zonder voorafgaande verkleuring of andere verschijnselen. Binnen enkele dagen wordt de gehele plant aangetast en gaat te gronde. Zieke knollen worden bij het oprooien gekenmerkt door de zogenaamde vuile ogen. Deze ontstaan doordat uit de gedode kiemaanlegsels in de ogen bacterieslijm lekt dat zich met de aanhangende grond mengt en aan de knol blijft plakken. Bij doorsnijden kan de vaatbundelring in meer of mindere mate zijn aangedaan. Dit kan variëren van de uitstoot van een enkel pareltje bacterieslijm tot

lichtbruine verkleuring van de vaatbundelring en op uitgebreide schaal uittreden van bacterieslijm.

Voorkomen

Vermijd het gebruik van oppervlaktewater voor bespuitingen en beregening. Voorkom de introductie van besmet pootgoed op het bedrijf; zorg dus voor een betrouwbare bron voor pootgoedvoorziening.

12.6 Virusziekten

Een virus is een elektronenmicroscopisch kleine ziekteverwekker. Het heeft geen eigen stofwisseling maar kan wel de stofwisseling van planten en dus ook van aardappelen beïnvloeden. Het gevolg is dat aangetaste planten minder goed groeien en minder opbrengen. Bovendien kan de kwaliteit van de knol worden beïnvloed door misvormingen en necrosen (onder andere kringrigheid). Virussen zijn besmettelijk; ze kunnen dus van zieke op gezonde planten overgaan of worden overgebracht. Om de opbrengst van aardappelen op peil te houden, is daarom gezond pootgoed van groot belang.

De belangrijkste in Nederland voorkomende virussen zijn: Y-virussen (Yn, Yo, Yc) en bladrolvirus. Minder belangrijke zijn onder andere A-, X- en S-virus en het tabaksratelvirus.

Virussen kunnen op verschillende wijzen worden verspreid:

- door contact tussen zieke en gezonde plantendelen, zoals bij X- en S-virus het geval is;
- door bladluizen; het bladrolvirus wordt uitsluitend door bladluizen overgebracht en de Y- en A-virussen worden vooral door bladluizen overgebracht;
- door nematoden; het tabaksratelvirus, dat in Nederland op zand- en zavelgronden voorkomt, kan door aaltjes van de geslachten *Trichodorus* en *Paratrichodorus* van plant op plant worden overgebracht; ratelvirus kan stengelbont in het loof en kringrigheid in de knollen veroorzaken;
- door schimmels; de ABC-ziekte, veroorzaakt door het tabaksnecrosevirus, wordt overgebracht door *Oplidium brassicae*.

12.6.1 Aantastingsbeeld

De mate waarin de symptomen van een virusaantasting zichtbaar zijn, is afhankelijk van: het soort virus waarmee de plant is besmet, de mate waarin de plant is besmet, het aardappelras, het type aantasting, primair dan wel secundair en van de groei-omstandigheden. We spreken van een primaire aantasting als een gezonde plant tijdens het groeiseizoen besmet raakt. Een secundaire aantasting, dat wil zeggen een aantasting vanuit een besmette poter, is bij bladrol vaak zichtbaar aan het rollen van vooral de onderste bladeren en het achterblijven in groei. Bij de andere virusziekten blijkt een aantasting uit min of meer duidelijk zichtbare vlekjes op de bladeren, vaak als 'bont' aangeduid, en eveneens uit achterblijven in groei. Secundair aangetaste planten blijven duidelijker achter in groei en produceren minder dan primair aangetaste planten. Tussen de verschillende aardappelrassen zijn er grote verschillen in vatbaarheid voor virusziekten. Zie voor het vatbaarheidscijfer van de belangrijkste virusziekten de Rassenlijst.

12.6.2 Voorkómen

Virusziekten kunnen niet worden bestreden. Problemen met virusziekten kunnen wel worden voorkómen door het gebruik van gezond, NAK-gekeurd, pootgoed. Als het pootgoed in meer of mindere mate besmet is met virusziekten, is het extra van belang om te zorgen voor gunstige groei-omstandigheden voor het gewas: een goede structuur en bemestingstoestand van de grond en voldoende vocht.

12.7 Aantastingen door nematoden (aaltjes)

Aardappelgewassen kunnen door vele soorten nematoden worden aangetast, die zowel tot cystenvormende of wortelknobbelvormende soorten kunnen behoren, als tot vrij in de wortel of grond levende soorten. Voor de zand en veenkoloniale gronden geldt dat alle gewassen en onkruiden worden aangetast door een scala aan plantenparasitaire aaltjes-soorten. Met uitzondering van de aardappelcyste-aaltjes hebben deze ook vele andere gewassen en onkruiden als waardplant. Vruchtwisseling ter beheersing van alle aaltjessoorten is

daardoor niet mogelijk gebleken.

Bovengrondse symptomen als gevolg van aaltjesaantastingen zijn weinig specifiek. Het gaat vooral om pleksgewijs achterblijven in groei, verminderde bodembedekking, verlate bloei en vervroegde afsterving. Behalve bovengenoemde schadebeelden veroorzaken vrijlevende wortelaaltjes van de familie der Trichodoridae bij aardappel schade door het overbrengen van het tabaksratelvirus (TRV) dat stengelbont in het loof en kringrigheid in de knollen kan veroorzaken. Ook het recent in het gebied ontdekte maïswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne chitwoodi*, kan de knollen aantasten en de knolkwaliteit sterk negatief beïnvloeden.

12.7.1 Aardappelcyste-aaltjes, *Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*

Cyste-aaltjes zijn genoemd naar hun duurzame overlevingsstructuur, de cyste. Van het aardappelcyste-aaltje (a.c.a.) zijn meldingen bekend dat dertig jaar na de laatste aardappelteelt nog levenskrachtige eieren binnen de cysten werden aangetroffen. De cyste bestaat uit de gelooide huid van het afgestorven vrouwtje, waarbinnen de eieren en larven goed beschermd zijn tegen uitwendige invloeden zoals overstroming, extreme droogte en extreme koude (30°C). Het wortelstelsel van de aardappel kan ernstig worden beschadigd door de twee soorten aardappelcyste-aaltjes, het gele aardappelcyste-aaltje, *Globodera rostochiensis*, en het witte aardappelcyste-aaltje, *Globodera pallida*.

Levenswijze

Het aardappelcyste-aaltje is een gespecialiseerde parasiet die alleen ondergrondse delen van de aardappel aantast. Uit de binnen de cyste gelegen eitjes worden de in rust verkerende jonge aaltjes (larven) gewekt door specifieke door de groeiende wortels van jonge aardappelplanten afgescheiden stoffen, waarna de larven de cyste verlaten en de wortels binnendringen. Een spoor van vernietigde cellen achterlatend bewegen ze zich door de wortelschors naar de vaatbundels, waar ze de plant prikkelen tot het vormen van de zogenaamde reuzencel. Daaruit voeden ze zich de rest van hun leven. Na een drietal vervellingen worden de jonge vrouwtjes omstreeks de langste dag op de wortels zichtbaar als speldeknoopgrote witte bolletjes. Het gele a.c.a. is actief bij temperaturen van 10 tot 25°C; voor het witte a.c.a. ligt het temperatuurbereik enkele graden lager. Zowel het gele als het witte a.c.a. voltooien slechts één generatie per teelt. De uitgangsbesmetting (Pi) is zeer bepalend voor de potentiële vermeerderingscapaciteit van de aaltjespopulatie. Bij zeer lage besmettingen (ver beneden de aantoonbaarheidsgrens) kan deze 50 tot 60voudig en hoger zijn. Op zand- en veenkoloniale gronden is bij de teelt van vatbare rassen de vermeerdering van het a.c.a. bij lichte en matige besmettingsniveaus vrij constant; voor het gele a.c.a. is deze 20 à 30 maal. Voor het witte a.c.a. wordt een aanmerkelijk geringere vermeerdering gemeten van 10 à 15 maal. De zuurgraad van de bodem, die wel invloed heeft op de mate waarin het aardappelgewas wordt geschaad, heeft geen direct effect op de vermeerdering van beide aaltjessoorten.

Voorkomen/bestrijden

Mogelijkheden tot beheersing worden geboden door de vruchtwisseling, de inzet van resistente rassen, afgestemd op de in het perceel aanwezige populatie, en de grondbehandeling met nematiciden te combineren tot geïntegreerde bestrijdingsschema's.

Vruchtwisseling. In theorie is het mogelijk deze plaag met vruchtwisseling in de hand te houden, maar gezien de lange periode (gemiddeld acht jaar of meer) is dit noch bedrijfsmatig noch economisch haalbaar.

Aardappelopslag. Door rooiverliezen blijven veel, vooral kleine, maar ook grote knollen na de oogst op het land achter. Als gevolg daarvan kunnen in volggewassen als bieten en granen (nietwaardplanten) per ha tot 400.000 aardappelplanten als onkruid voorkomen. Ten onrechte wordt vaak gedacht dat aardappelopslag alleen een probleem is in het eerste jaar na het laatste aardappelgewas. Ook opslagplanten vormen echter nieuwe knollen, waardoor het probleem in de volgende jaren eerder zal toenemen dan afnemen. Door aardappelopslag van vatbare rassen in de volggewassen wordt het vruchtwisselingseffect geheel te niet gedaan; in plaats van een afname van de populatie zal deze in dat geval verder toenemen.

Tabel 2. Aardappelcyste-aaltjes en hun pathotypen met hun benamingen.

soort	officiële internationale benaming	oude Nederlandse benaming
<i>G. rostochiensis</i>	Ro1	A
	Ro2/3	B/C
	Ro4	F(A)
	Ro5	G
		D
<i>G. pallida</i>	Pa2	D
	Pa3	E

Hoe sterk de toename van de aaljespopulatie zal zijn, is afhankelijk van het aantal opslagplanten per m² en van de mate waarin deze al dan niet door het hoofdgewas worden overschaduwd. Voor het witte a.c.a. werden in tarwe- en haverpercelen met aardappelopslag drievoudige vermeerderingen van het aaltje gemeten en in percelen met het (te) laat sluitende gewas maïs twaalfvoudige vermeerderingen, dus even hoog als bij een aardappelgewas. Aardappelopslag van vatbare rassen doet, evenals de aanwezigheid van vatbare planten in een resistent aardappelgewas, het sanerend effect van dat resistente gewas geheel of gedeeltelijk teniet. De mate van loofontwikkeling, en dus de concurrentiekracht van het hoofdgewas vroeg in het seizoen ten opzichte van de opslagplanten is bepalend voor de mate waarin het sanerend effect van het resistente gewas nadelig wordt beïnvloed.

Aardappelopslag van resistente rassen werkt versnellend op de ontwikkeling van resistentie-doorbrekende populaties van het aardappelcyste-aaltje en doet het sanerend effect van de vruchtwisseling en van de teelt van een resistent ras geheel teniet (zie ook onder het hoofdstuk "Aardappelopslag").

Resistente rassen en tolerantie. In het geval van aaltjes wordt over resistente en tolerante rassen gesproken. Bij gebruik van resistente rassen neemt de aaltjespopulatie af, maar kan het gewas sterk worden geschaad. Bij gebruik van vatbare tolerante rassen neemt de populatie wel toe maar ondervindt het gewas weinig schade. Om met succes te worden ingezet, moeten resistente rassen tenminste ook in zekere mate tolerant zijn. In nieuwe zetmeelrassen komen resistentie en tolerantie dan ook gecombineerd voor.

Door het inzetten van resistente rassen worden resistentie-doorbrekende aaltjes uitgeselecteerd en vermeerderd, zodat veranderde populaties ontstaan. Hoewel eigenlijk niet terecht wordt dan gesproken van een "nieuw" pathotype van het aardappelcyste-aaltje. Momenteel worden voor de twee soorten aardappelcyste-aaltjes totaal 7 à 8 pathotypen onderscheiden.

Anders dan de rassen met resistentie tegen *Globodera rostochiensis* reageren rassen met resistentie tegen *Globodera pallida* als "slechte waard"; dat wil zeggen dat hoge besmettingsniveau's door de teelt van dergelijke rassen worden verlaagd, en lage besmettingsniveau's juist enigszins toenemen. Als gevolg daarvan daalt de aaltjespopulatie door de teelt van dergelijke rassen niet tot beneden het waarnemingsniveau, maar stelt zich een evenwichtsdichtheid in rond een restpopulatie van 500 tot 1000 levende eieren en larven per 200 cc grond.

Tolerante rassen zijn zeer geschikt om te worden ingezet op zwaarder besmette percelen waar de wortelstelsels van zowel vatbare als resistente rassen zwaar worden beschadigd. Voor de mate van tolerantie zijn grote rasverschillen aangetoond.

De beste resultaten bij de beheersing van de cyste-aaltjes zijn te verwachten als kan worden beschikt over rassen die zowel tolerant als resistent zijn. Dergelijke rassen brengen het besmettingsniveau van de grond sterk naar beneden zonder daarbij bij hogere besmettingsniveaus veel schade te ondervinden. Daardoor kunnen in een volgende teelt ook weer gevoeliger rassen worden verbouwd. Het verdient dus aanbeveling beide eigenschappen in voldoende mate in aardappelrassen te combineren.

Huidige toestand in het zetmeelaardappelteeltgebied in NoordoostNederland

Doordat in de periode 1970 tot 1990 vrijwel uitsluitend aardappelrassen zijn geteeld met resistentie tegen de voorkomende pathotypen van *Globodera rostochiensis* komt nu vrijwel uitsluitend *Globodera pallida* voor. Door de komst van goede Pa3-resistente rassen met een Relatieve Vatbaarheid (RV) van minder dan 10% is het aardappelcyste-aaltjes-probleem in het zetmeelaardappelgebied thans goed beheersbaar.

Onder Relatieve Vatbaarheid wordt verstaan de maximale vermeerdering, bij een zeer lage beginpopulatie, van de aaltjespopulatie op een resistent ras ten opzichte van de vermeerdering op een volledig vatbaar standaardras, uitgedrukt als percentage.

$$\text{Relatieve Vatbaarheid} = \frac{\text{maximale vermeerdering resistent ras}}{\text{maximale vermeerdering vatbaar ras}} \times 100\%$$

Bij een vermeerdering op het resistente ras van bijvoorbeeld 25x en op het resistente ras van 5x, bedraagt de Relatieve Vatbaarheid 20%. De Relatieve Vatbaarheid is een hulpmiddel om te bepalen welk ras bij een bepaalde populatiedichtheid het best kan worden ingezet.

De huidige populaties van *Globodera pallida* (type Pa3) blijken zich op Pa3-resistente rassen met een RV kleiner dan 10% in een 1:2-teelt nauwelijks te kunnen vermeerderen. De besmettingen worden door deze rassen teruggebracht tot een niet schadelijk niveau van circa 1000 levende larven en eieren per 200 ml grond.

De RV van de Pa2-resistente rassen ligt veelal aanzienlijk hoger en kan van populatie tot populatie (en dus van perceel tot perceel) sterk verschillen. Om tot een juiste rassenkeuze te komen, is daarom de zogenaamde agressiviteitstoets ontwikkeld. Dit is een eenvoudige, zogenaamde closed-container-toets, waarmee globaal de RV van een aantal rassen kan worden bepaald voor de aaltjespopulatie die op een bepaald perceel aanwezig is. Uit een grondmonster van het betreffende perceel worden de cysten verzameld. Na wekking worden 5 larven per gram grond toegevoegd aan grond in een 5-container van 55 cc. De vermeerdering van het aardappelcyste-aaltje wordt bij 3 tot 5 rassen in 5-voud vergeleken met die van een vatbaar standaardras. Voor elk ras is nu de RV te berekenen. Op basis hiervan wordt een beeld verkregen van de agressiviteit van de populatie en kan een ras worden gekozen met een voldoende resistentieniveau.

vijf jaar op hetzelfde perceel worden uitgevoerd, eveneens na het verkrijgen van een vergunning daartoe van de PD. Voor een effectieve grondbehandeling met een fumigant is de bodemconditie qua vochtgehalte en temperatuur doorslaggevend. Voor een goede penetratie van de werkzame stof moet de structuur van de grond los en kruimelig zijn, zonder harde, ondoordringbare kluiten of lagen en moet de grond matig vochtig zijn. Een vuistregel hiervoor is dat de grond goed bewerkbaar moet zijn (dus ook vrij van lange loof en stroresten en wortelstukken van onkruiden) en feitelijk geschikt is om in te zaaien. De bodemtemperaturen, rond één uur in de middag gemeten op 15 cm diepte, moeten liefst niet lager zijn dan 5°C en niet hoger dan 20°C. Na het inbrengen van het middel moet de bovenlaag van de grond goed worden geëgaliseerd, verdicht en met behulp van één of twee aangedreven rollen goed worden afgedicht, zodat het ontwijken van de gasvormige nematiciden naar de lucht zoveel mogelijk wordt vertraagd.

12.7.2 Wortelknobbelaaltjes

Wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne spp.*) zijn zeer polyfaag (hebben veel waardplanten) en zijn in zowel vollegrondsgroente- als akkerbouwgewassen zeer schadelijk. Voor de zetmeelaardappelteelt gaat het om het van oudsher aanwezige noordelijk wortelknobbelaaltje, *Meloidogyne hapla*, dat vrijwel alle breedbladige planten aantast, en het sinds kort aangetroffen maïswortelknobbelaaltje, *Meloidogyne chitwoodi*, dat zowel monocotylen als dicotylen aantast.

Deze wortelknobbelaaltjes overwinteren als ei (in eiproppen) in de grond en/of als jonge niet geslachtsrijpe dieren in wortels en wortelresten van waardplanten.

Gewassen die gevoelig zijn voor schade kunnen beter niet als eerste volggewas na aardappelen worden verbouwd.

Noordelijk wortelknobbelaaltje (*Meloidogyne hapla*)

Vrijwel alle tweezaadlobbige gewassen en onkruiden behoren tot de waardplantreeks van het noordelijke wortelknobbelaaltje. Het kan aan veel gewassen ernstige schade aanrichten.

Tot de zeer goede waardplanten waarop het aaltje zich sterk kan vermeerderen behoren behalve de aardappel ook erwt, veldboon, lucerne, rode en witte klaver, witlof en schorseneer, evenals vele breedbladige onkruiden. Matig tot goed als waardplant zijn slaboon, peen, (knol)selderij en bladrammenas; tot de matig tot slechte waardplanten behoren onder andere biet, spinazie, zomer- en winterkoolzaad, de meeste koolsoorten, prei, ui, vlas en gele mosterd. Granen en grassen worden niet aangetast. Bij de

beheersing van dit aaltje spelen granen, grassen en bieten een belangrijke rol.

Levenswijze

Het noordelijk wortelknobbelaaltje wordt actief bij bodemtemperaturen van even boven 8°C en infectieus bij 10°C en hoger. Alleen de uit de eieren komende larven bewegen zich vrij in de grond. Nadat deze de wortel zijn binnengedrongen, zetten ze de plant aan tot het vormen van de voor *Meloidogyne*-aantasting karakteristieke wortelknobbeltjes. Hierin ontwikkelen ze zich tot volwassen dieren, waarbij de vrouwtjes vrijwel bolrond opzwellen.

De vrouwtjes produceren 200 - 500 eieren die buiten het lichaam in een gelatineachtige massa worden afgezet, de eiprop. De zich hierin ontwikkelende infectieuze larven kunnen de wortels direct weer aantasten en geven de aanzet tot een tweede generatie dieren binnen hetzelfde groeiseizoen.

Aantastingsbeeld

Bovengronds zijn de symptomen niet specifiek. Aangetaste planten blijven achter in groei en ontwikkeling en verwelken op warme dagen makkelijk, wat aanvankelijk omkeerbaar is. Kenmerkend voor *Meloidogyne hapla* is dat ze voornamelijk op zijwortels parasiteert en daar kleine wortelknobbeltjes (galletjes) vormt waaruit weer een aantal bijworteltjes groeit (spinvorming).

De door de vrouwtjes afgezette eiproppen zijn aanvankelijk als kleine vuilwitte stipjes op de wortelknobbeltjes zichtbaar en later als bruine 'speldeknooppes'. De aaltjes kunnen zich ook op stolonen en knollen ontwikkelen, maar daarop ontwikkelen zich geen knobbels of gallen.

Voorkomen/bestrijden

Schade bij aardappel wordt voorkomen door het inzetten van granen en grassen en slechte-waardgewassen zoals biet en koolzaad als voorvrucht. Daarbij is een goede onkruidbestrijding onontbeerlijk.

Uit onderzoek aan een viertal zetmeelaardappelsrassen is gebleken dat er aanzienlijke verschillen in gevoeligheid voor schade door *Meloidogyne hapla* bestaan.

Behalve deze verschillen in tolerantie is in wilde *Solanum*-soorten resistentie aangetoond, maar nog niet in het assortiment van praktijkrassen geïntroduceerd. In tegenstelling tot wat door sommige telers wordt aangenomen, moet worden bedacht dat resistentie tegen verschillende pathotypen van de aardappelcysteaaaltjes geen effect heeft op de aantasting door en de vermeerdering van *Meloidogyne hapla*. Wanneer het voorkomen van schade door gewas en/of raskeuze niet mogelijk is, kan corrigerend worden opgetreden door de inzet van nematiciden. Daartoe kan na de oogst in nazomer en/of herfst een fumigant worden gebruikt, of kan kort voor of tijdens het poten respectievelijk zaaien een voorjaarsbehandeling worden uitgevoerd met een van de toegelaten nietvluchtige nematiciden.

Maïswortelknobbelaaltje, (*Meloidogyne chitwoodi*)

Dit wortelknobbelaaltje, dat pas in 1980 werd beschreven en benoemd, wordt sinds 1990 ook in Zuid-Nederland aangetroffen en sinds 1996 in het zetmeelaardappelgebied. Het aaltje heeft een zeer uitgebreide waardplantreeks, waartoe naast zeer veel twee-zaadlobbige gewassen en onkruiden ook monocotyle gewassen en sommige grassen en onkruiden behoren. De zeer goede en goede waardgewassen worden gevonden bij aardappel, biet, alle granen, de raaigrassen, erwt en slaboon, koolzaad, gele mosterd en schorseneer. Voor een aantal van deze gewassen worden tussen de rassen grote verschillen in waardplantgeschiktheid gevonden, onder andere bij maïs, klaver, erwt, slaboon, bladrammenas en gele mosterd. Slechte-waardgewassen zijn onder andere rode en witte klaver, veldboon, bladrammenas, prei en ui. Het aaltje vermeerdert zich niet op spinazie en witlof.

In tegenstelling tot *Meloidogyne hapla* veroorzaakt *Meloidogyne chitwoodi* bij aardappel niet alleen schade door opbrengstvermindering, maar heeft door vorming van gallen op de knollen die gepaard gaan met tot diep in de knol voorkomende necrotische vlekjes, ook een sterk negatief effect op de kwaliteit. Dit kan zodanige vormen aannemen dat partijen aardappelen onverkoopbaar worden.

Levenswijze

Maïswortelknobbelaaltjes overwinteren in de grond als eipakketjes of als vrije larven en overleven in de wortels van overwinterende gewassen in alle stadia van ontwikkeling. *Meloidogyne chitwoodi* is reeds

infectieus bij 5°C en veroorzaakt daardoor vroeger in het seizoen en gedurende langere tijd schade dan *Meloidogyne hapla*, die eerst vanaf 10°C infectieus is.

Evenals bij *Meloidogyne hapla* bewegen alleen de uit het ei komende larven zich vrijelijk naar de wortels en dringen deze meestal bij vertakkingen binnen. Het vrouwtje produceert 200 tot 1000 eitjes, die worden afgezet in een gelatine-achtige eiprop. De in deze eieren tot ontwikkeling komende larven kunnen zonder voorafgaande rustperiode de wortels direct weer aantasten en de aanzet geven tot een volgende generatie. Onder de klimatologische condities van het zetmeelaardappelgebied kunnen per teeltseizoen drie generaties tot ontwikkeling komen. Knollen worden via de nog niet verkurkte schil en lenticellen geïnfecteerd.

De aaltjes kunnen tot diep in de knollen doordringen, maar verblijven bij voorkeur in de weefsels onder de schil en rond de vaatbundelring. De zich binnen de knol ontwikkelende vrouwtjes zetten ook hier hun eieren af. Binnen beschermende kapsels van verkurkte cellen ontwikkelen de eieren zich tot infectieuze larven, die daar gedurende langere tijd in leven kunnen blijven, ook als de knol verdroogt en geheel verschrompelt. Ook na strenge winters kunnen in het voorjaar nog hoge besmettingen van *Meloidogyne chitwoodi* in de grond aanwezig zijn, wat mogelijk samenhangt met de eigenschap dat dit aaltje zich aan koude onttrekt door dieper in de grond te dringen. Door haar grote verticale beweeglijkheid, waarbij dieptes van 1,80 meter zijn genoemd, kan dit aaltje aan strenge vorst ontsnappen.

Aantastingsbeeld

De eerste zichtbare symptomen in het gewas treden meestal pleksgewijs op als gevolg van plaatselijk zware besmettingen. De niettypische symptomen zijn vertraagde groei en verlate bloei. Bij een lichte aantasting van de wortel is het door de wortelschors naar buiten gebarsten opgezwollen vrouwtjeslijf met de eiprop het enig zichtbare teken van aantasting. Zwaar aangetaste wortels vertonen kleine, enigszins langwerpige, knotsvormige wortelknobbeltjes zonder zijworteltjes.

In het knolweefsel zijn kenmerkende bruine vlekjes zichtbaar die tot vrij diep onder de schil kunnen voorkomen. Ook kunnen gallen ontstaan waarin zich aaltjes en eieren bevinden. Deze ontstaan meestal pas tijdens de bewaring. Dit symptoom wordt gemakkelijk verward met zich ontwikkelende pukkels van poederschurft.

Voorkomen/bestrijden

Voor de beheersing van *Meloidogyne chitwoodi* biedt vruchtwisseling vooralsnog weinig perspectief, gezien het kleine aantal slechte-waardgewassen en hun beperkte inzetbaarheid. Het is nog te vroeg om een uitspraak te kunnen doen over verschillen tussen rassen en de mogelijkheden daarvan gebruik te maken; de kennis hierover ontbreekt nog grotendeels. Hetzelfde geldt voor de mogelijkheden die ontsnapping biedt door de teelt van laat te zaaien/poten/planten gewassen zoals stamslabonen en spruitkool.

Evenals *Meloidogyne hapla* is *Meloidogyne chitwoodi* zeer gevoelig voor grondbehandelingen met zowel vluchtige als niet-vluchtige nematiciden. Wanneer schade niet door gewas en/of rassenkeuze kan worden voorkomen, kunnen deze middelen corrigerend worden ingezet.

12.7.3 Vrijlevende aaltjes

Hiertoe worden aaltjes gerekend waarvan ook de vrouwtjes hun hele leven de slanke aaltjesvorm handhaven en zich dus vrijelijk kunnen bewegen.

Sommige geslachten leven voornamelijk binnen de plant, andere geslachten leven geheel buiten de plant in de rhizosfeer (de grond direct rond de wortels) en gebruiken de plant alleen als voedselbron.

Wortellesie-aaltje, *Pratylenchus penetrans*

Wortellesie-aaltjes ontleen hun naam aan de vorming van bruine vlekjes op de wortels, die ook wel lesies worden genoemd. Er bestaan diverse soorten van, waarvan *Pratylenchus penetrans* als de meest schadelijke wordt beschouwd. Deze aaltjes komen in het teeltgebied van zetmeelaardappelen algemeen verbreid voor.

Wortellesie-aaltjes hebben zowel bij akkerbouwmatig geteelde gewassen als bij onkruiden uitgebreide waardplantreksen. Tot de goede en zeer goede waarden voor *Pratylenchus penetrans* behoren aardappel, granen inclusief maïs, vlinderbloemigen (klavers, erwten, bonen, veldbonen), schermbloemigen (peen, karwij, selderij) en bolgewassen (prei, ui, lelies). Tot de slechte-waardplanten behoren kruisbloemige

gewassen (koolzaad en koolsoorten, mosterd) en de ganzevoetachtigen (bieten en spinazie). Tot de goede waardplanten onder de onkruiden behoren onder andere de veel voorkomende soorten melganzevoet, muur, straatgras, kweekgras en knopkruid. Behalve dat het aaltje zich op deze slechte waarden slecht vermeerdert, zijn deze gewassen ook ongevoelig voor schade bij hoge populatiedichtheden van het aaltje na de teelt van goede waardgewassen. Door de beperkte inzetbaarheid van de slechte-waardgewassen zijn de mogelijkheden van vruchtwisseling ter beperking van schade in aardappelen en andere gewassen gering.

Behalve directe schade door beschadiging van de wortels kan aanzienlijke extra schade optreden doordat via lesies op de wortels de planten aanmerkelijk vroeger gekoloniseerd kunnen worden door de schimmel *Verticillium dahliae*, de veroorzaker van de verwelkingsziekte, en daardoor vervroegd afrijpen.

Levenswijze

Wortellesie-aaltjes brengen vrijwel hun gehele leven binnen een waard door. Bij aardappel leven ze voornamelijk in de wortels, maar ook stolonen en knollen kunnen worden aangetast. Vergeleken met andere aaltjes hebben wortellesie-aaltjes een eenvoudige levenscyclus.

Bevruchte vrouwtjes leggen 1 tot 2 eitjes per dag. In de eitjes ontwikkelen zich de infectieuze larven, die binnendringen in gezond weefsel en zich daar verder ontwikkelen. Afhankelijk van de temperatuur en de lengte van het groeiseizoen kunnen tot zes van deze levenscycli per jaar plaats vinden. Het aaltje kan in alle levensstadia van ei tot volwassene overwinteren, zowel vrij in grond als in aangetaste plantenweefsels en in gewasresten. Als het weefsel te gronde is gegaan, migreren de aaltjes via de grond naar gezonde plantendelen.

Symptomen

Symptomen zijn in vroege aantastingsstadia vooral zichtbaar aan de wortels. Deze vertonen aanvankelijk oppervlakkige necrosen in de vorm van bruine vlekjes. Later kunnen de aangetaste worteldelen geheel verrotten. Als respons hierop worden nieuwe zijwortels gevormd, waardoor het wortelstelsel een bossig uiterlijk krijgt. Bij sterke aantasting kan het gehele wortelstelsel te gronde gaan. Behalve op wortels kunnen ook symptomen voorkomen op stolonen en knollen. De symptomen op stolonen lijken op die van de wortelaantasting, terwijl de knolsymptomen de meeste overeenkomst tonen met een lichte vorm van oppervlakkige gewone schurft.

Bovengrondse symptomen zijn aanvankelijk een achterblijven in groei, gevolgd door verdorren en een vervroegd afsterven. Deze ziekte komt vaak pleksgewijs voor en kan in het laatste stadium makkelijk worden verward met door *Phytophthora infestans* veroorzaakte haarden van afstervende planten.

Bestrijding

Beheersing van wortellesie-aaltjes is mogelijk indien in het teeltplan in voldoende mate bieten en kruisbloemigen kunnen worden opgenomen. Mogelijkheden hierbij van de inzet van kruisbloemigen als groenbemestingsgewas (onder andere bladrammenas, bladkool, stoppelknollen, gele mosterd) worden momenteel onderzocht. Aangezien dit niet altijd tot het gewenste effect leidt, zijn bij het optreden van schadelijke populatiedichtheden naast vruchtwisseling andere beheersmethoden noodzakelijk. In alle gevallen is een effectieve onkruidbestrijding zowel tijdens als na het groeiseizoen noodzakelijk. Deze aaltjes zijn gevoelig voor grondbehandeling met vluchtige nematiciden (fumigantia). Sinds het vervallen van de verplichting tot grondontsmetting in 1988 wordt nog maar weinig ontsmet. Als gevolg daarvan nemen en nemen de populatiedichtheden van deze aaltjes gestadig toe en neemt de schade aan de gewassen als gevolg daarvan steeds grotere vormen aan.

12.7.4 Vrijlevende wortelaaltjes, Trichodorus- en Paratrichodorus-soorten

Van de vele geslachten vrijlevende wortelaaltjes zijn voor het aardappelgewas met name de Trichodoride-aaltjes van belang. Voor de zetmeelaardappelteelt zijn vooral *Paratrichodorus pachydermus*, *Paratrichodorus viruliferus* en *Trichodorus similis* van belang.

Deze strikt ectoparasitaire levende aaltjessoorten ontleen hun naam aan hun levenswijze buiten de waardplant. De gehele levenscyclus van ei tot volwassen aaltje voltrekt zich in de grond. Behalve directe schade door het aanpakken van en voeden op ondergrondse plantendelen kan een aanzienlijke secundaire schade worden aangericht doordat deze aaltjes het tabaksratelvirus overbrengen dat stengelbont en

kringerigheid veroorzaakt. Dit virus komt algemeen voor bij onkruiden, zoals muur, akkerviooltje, driekleurig viooltje en zwarte nachtschade en gaat over met het zaad. Het kan ook via besmet pootgoed overgaan naar de volgende teelt.

Levenswijze

Trichodorideaaltjes kunnen vrijwel alle gewassen en onkruiden als voedingsbron gebruiken. Gewasvrije perioden worden voornamelijk overbrugd in het eistadium. Deze aaltjessoorten blijven hun hele leven (bij 15 tot 20°C zeven tot acht weken) mobiel en kunnen daardoor op meerdere plaatsen aan de plant schade veroorzaken. Gedurende haar leven legt het vrouwtje gemiddeld 40 eieren, die gedurende het groeiseizoen binnen tien dagen tot een nieuwe generatie aantastende aaltjes leiden. Per teeltseizoen kunnen zich drie tot vijf generaties ontwikkelen.

De aaltjes zijn tot op een diepte van 1 meter gevonden.

Symptomen van de aaltjesaantasting

Deze aaltjes voeden zich door ondergrondse plantendelen met hun lange mondstekel aan te prikken, bij voorkeur de wortelpunten vlak achter de wortelmutsjes. Daardoor stopt de lengtegroei van de wortel, maar gaat de diktegroei nog enige tijd door terwijl de wortelpuntjes bruin verkleuren. Ernstige aantasting door deze aaltjes is gekenmerkt door verdere verbruining van de wortels en streepachtige verbruiningen op ondergrondse stengeldelen. Deze stengelverbruining gaat vaak gepaard met ondergronds lokaal kromgroeien van de spruiten, veroorzaakt door eenzijdige groeiemming ter plaatse van de aantasting. In zeer ernstige gevallen komen de spruiten niet of zeer vertraagd boven de grond. Aangezien dit vaak pleksgewijs optreedt, geeft dit aanleiding tot zogenaamde valplekken in het gewas.

Symptomen van de virusaantasting in het loof. Afhankelijk van het aardappelras en de stam van het TRV kunnen symptomen in het loof en/of de knollen tot ontwikkeling komen. Daarbij worden primaire en secundaire aantastingen onderscheiden. Primaire aantasting komt voort uit het aanprikken van een gezonde plant. Opvallend is dan ook dat planten voorkomen waarvan een enkele stengel met het virus besmet is geraakt en afhankelijk van het ras met bont (stengelbont) reageert.

Doordat de gezonde stengels de zieke overgroeien, worden deze vrijwel onvindbaar en daardoor moeilijk uit te selecteren. Secundair zieke planten ontwikkelen zich uit geïnfecteerde knollen. Indien het betreffende ras reageert met stengelbont, vertonen alle stengels symptomen.

Symptomen van de virusaantasting in de knol. Zieke knollen van gevoelige rassen zijn gekenmerkt door de aanwezigheid van boogjes, ringen of vlekken van bruinverkleurd weefsel in het vruchtvlees (kringerigheid), die in een aantal gevallen ook op de schil zichtbaar zijn. Knollen van secundair zieke planten van daarvoor gevoelige rassen kunnen gekenmerkt zijn door misvormingen en inwendige necrosen.

Bestrijding

Gezien de zeer uitgebreide waardplantreeks draagt vruchtwisseling slechts in beperkte mate bij aan de beheersing van deze aaltjessoorten. Toch kan een doordachte gewasvolgorde de beheersbaarheid van het aaltje in positieve zin beïnvloeden. Een strikte en effectieve onkruidbestrijding is zinvol om het reservoir van TRV uit te putten.

Trichodorideaaltjes zijn gevoelig voor een intensieve grondbewerking, vooral als die onder droge omstandigheden plaatsvindt, zodat de grond uitdroogt. Dit heeft echter geen effect op het optreden van TRV, omdat hiervoor maar enkele aaltjes nodig zijn. Van alle maatregelen werkt een grondontsmetting met een vluchtig nematicide het best. Toegepast vóór een matig tot slechte waardplant als aardappel kan een gevoelig volggewas, zoals suikerbieten, hiervan ook nog profijt hebben.

12.7.5 Veenkoloniale aardappelaaltje of destructoraaltje (*Ditylenchus destructor*)

Ditylenchus destructor komt van oudsher voor in het teeltgebied van de zetmeelaardappelen. Het aaltje tast vooral de ondergrondse delen van vele plantensoorten aan, zoals knollen, bollen en ook vlezig wortels en wortelstokken.

In het Nederlandse zetmeelaardappelgebied heeft dit aaltje in het verleden zeer veel schade veroorzaakt in aardappelen die te velde in kuilen werden bewaard.

Ditylenchus destructor heeft een uitgebreide reeks van één- en tweezaadlobbige waardplanten. Naast aardappel en een aantal andere knol- en bolgewassen (onder andere lis, dahlia, gladiool, hop, rabarber) behoren daartoe ook groenbemestingsgewassen als rode en witte klaver en vele onkruiden, zoals akkermunt, melkdistel, paardebloem, ridderzuring, akkermelkdistel, akkerdistel, moerasandoorn, klein hoefblad, kweekgras, leeuwebek en smeewortel.

Als er geen waardplanten of resten daarvan aanwezig zijn, kan dit aaltje op een aantal veelvoorkomende bodemschimmels als *Fusarium oxysporum* en *Fusarium solani*, *Botrytis spp.*, *Alternaria solani* en *Phoma spp* overleven.

Levenswijze

De nematode kan knollen alleen door de epidermis, door de ogen en via de lenticellen aantasten als deze nog jong zijn. Via de verkurkte schil van afgeharde knollen is infectie niet mogelijk, wel echter via verwondingen. Aantasting is het hele jaar mogelijk, zowel te velde als in de bewaring. De ziekte kan via besmet pootgoed op het bedrijf ongewild in stand worden gehouden, maar ook over grote afstanden worden verspreid.

Symptomen

Destructoraaltjesrot is aanvankelijk een oppervlakkig rot dat enigszins aan Phytophthora doet denken en is aanvankelijk moeilijk te onderscheiden van dat van stengelaaltjes. Later wordt de schil papierachtig en toont vaak scheuren en stervormige barsten. In het aangetaste weefsel zijn witte kalkachtige stipjes zichtbaar waarin in grote getale levende alen aanwezig zijn.

Het destructoraaltje veroorzaakt bij de aardappelplant geen bovengrondse symptomen.

Bestrijding

Schadelijk optreden van dit aaltje in akkerbouwgewassen is in Nederland alleen bekend bij aardappel die ook een goede waardplant voor dit aaltje is. Deze ziekte is bij aardappelen de laatste tientallen jaren niet meer waargenomen. De reden hiervoor is niet bekend, maar vermoed wordt dat drogere bewaaromstandigheden en een betere onkruidbestrijding hierbij een belangrijke rol hebben gespeeld. Omdat dit aaltje zich op onkruiden zeer sterk kan vermeerderen lijkt blijvende aandacht voor een effectieve onkruidbestrijding een eerste vereiste. Indien zich toch problemen voordoen, verdient het aanbeveling om van gezond pootgoed uit te gaan.

12.7.6 Stengelaaltje (*Ditylenchus dipsaci*)

Van dit aaltje komen voor de verschillende gewassen gespecialiseerde typen voor. Voor de akkerbouw is het zogenaamde rogge/uien/ aardappeltype van belang. Dit type komt schadelijk voor bij erwten en tuinbonen. Van oudsher is het bekend als een schadelijke parasiet die in rogge het reup veroorzaakt en in uien het kroef.

Het aaltje komt zowel op zavel- en kleigronden als op zand- en dalgronden voor. In het algemeen is het aardappelgewas weinig gevoelig voor dit aaltje, maar de aardappel is een goede waardplant. Het aaltje kan zich op een aardappelgewas zodanig vermeerderen dat ui en rogge als volggewas ernstige schade ondervinden.

Levenswijze

Het stengelaaltje tast zowel boven als ondergrondse stengeldelen en knollen aan. In de wortels wordt het zelden aangetroffen. Infectie vindt altijd vanuit of via de grond plaats waarbij het aaltje door huidmondjes of lenticellen binnendringt. Het aaltje is reeds actief bij 1 à 2°C, de reproductie begint bij 5°C. Bij 15°C duurt de cyclus van ei tot ei 19 tot 23 dagen. Elk vrouwtje legt 200 - 500 eieren in de plant. Dit grote voortplantingsvermogen heeft tot gevolg dat dit aaltje reeds bij heel lage begindichtheden van enkele aaltjes per liter grond in gevoelige gewassen (bijvoorbeeld uien en rogge) en gevoelige aardappelrassen aanzienlijke schade kan aanrichten. Aan het eind van het groeiseizoen bevinden zich aaltjes in de jonge knollen, die daardoor ongeschikt zijn als pootgoed. De aantasting kan zich tijdens de bewaring sterk uitbreiden.

Bij het afsterven van de waardplant verlaten de aaltjes de plant en gaan op zoek naar een nieuwe geschikte waard. Jonge aaltjes kunnen zonder waard in normaal vochtige grond tot anderhalf jaar in leven blijven;

bovendien kunnen ze bij langzaam uitdrogen van de grond in 'anabiose' gaan. In deze staat van diepe rust kunnen ze ongunstige omstandigheden als droogte en strenge vorst jarenlang overleven.

Symptomen

Symptomen in het loof worden gekenmerkt door verkorting en verdikking van de internodiën en misvorming van stengels en bladeren. Typisch daarbij is een kroezig uiterlijk van de blaadjes en misvorming (knikken) van de hoofdnerf. Bij ernstige aantasting kan verwelking, en later verdorring optreden; de betrokken stengels zijn vaak hol.

Knolsymptomen lijken sterk op die veroorzaakt door het destructoraaltje, met als voornaamste verschillen dat dit aaltje vaak via de stolon binnendringt en daarbij diep in de knol optredend rot veroorzaakt, waarbij de voor *Ditylenchus destructor* typische witte 'kalkstipjes' ontbreken. Tenslotte ontstaat een bruinkorrelig droogrot, dat meestal overgaat in secundair droog of natrot.

Bestrijding

Rassen van het aaltje die aardappelen aantasten, kunnen zich ook vermeerderen op uien, rogge, erwten en veldbonen. De teelt van aardappelen op percelen waarop één van deze gewassen werd aangetast, kan dus een risico inhouden. De korte generatieduur, het grote aantal eieren per vrouwtje en de vorming van meerdere generaties per teeltseizoen heeft tot gevolg dat uitgaande van zeer lage aanvangsdichtheden (1 à 2 aaltjes per kg grond) uiteindelijk toch aanzienlijke schade kan optreden.

Dergelijke lage aaltjesdichtheden liggen bij de huidige detectiemethoden buiten het meetbereik. Het vruchtwisselingsstelsel moet er dus op gericht zijn om de aaltjespopulatie beneden deze zeer lage begindichtheden te houden. Dit kan worden bereikt door rotatie met nietwaardplanten. Verder dragen een goede

onkruidbestrijding en het gebruik van schoon uitgangsmateriaal (pootgoed en zaad) bij tot de bestrijding. Aangetaste partijen moeten zo snel mogelijk worden geruimd en verwerkt. Indien dergelijke partijen toch moeten worden opgeslagen, moeten ze zo snel mogelijk worden gedroogd en gekoeld tot beneden 5°C om uitbreiding van de aantasting te voorkomen of tenminste te vertragen.

12.8 Bladluizen

In principe kunnen bladluizen op vier manieren schadelijk optreden: virusoverdracht, zuigschade, opwekken van toprol en vorming van roetdauw. Roetdauw ontwikkelt zich doordat de luizen een overmaat aan suikers uit het blad opnemen en vervolgens een groot gedeelte daarvan als honingdauw weer uitscheiden. Deze honingdauw vormt een goede voedingsbodem voor veel schimmels. Omdat zich daarop ook veel zwartschimmels ontwikkelen (roetdauw) wordt de lichtopname sterk verminderd, waardoor de productiviteit van het blad afneemt, wat weer tot productieverlies leidt.

Overdracht van virussen is vooral schadelijk bij de pootgoedteelt. Schade door zuigen en roetdauw treedt vooral later in het seizoen op, en is daarom met name voor de latere consumptie- en zetmeelaardappelen van belang. Toprol, samenhangend met zuigschade door de aardappeltopluis en gekenmerkt door het rollen en anthocyaanvorming van de hogere bladstages, gevolgd door uitgebreide necrose van het blad, komt in het zetmeelaardappelgebied zelden voor.

12.8.1 Zuigschade

Zuigschade is tamelijk zelden van economische betekenis. Bladluizen houden zich voornamelijk op aan de onderzijde van de bladeren. Als er veel luizen zijn, kunnen als luizenkoppen bekend staande groei-afwijkingen ontstaan. Bladluizen kunnen zich onder gunstige omstandigheden zeer snel vermeerderen. In een week kunnen populaties vijf keer zo groot worden. Bij aanwezigheid van veel bladluisvijanden, zoals lieveheersbeestjes, zweef- en gaasvliegen, kan een populatie in één week echter ook weer zeer sterk afnemen. Ook zware neerslag kan de luizenpopulatie vrijwel elimineren.

12.8.2 Voorkomen/bestrijden

Bladluizen moeten alleen worden bestreden als er een gerede kans op opbrengstderving bestaat. Dit is het geval als er veel 'luizenkoppen' voorkomen of als op grote schaal honingdauw en roetdauw worden

gevormd, of als gemiddeld méér dan 50 bladluizen per volgroeid samengesteld blad voorkomen.

12.9 Coloradokever

De coloradokever is ongeveer 1 cm lang en 0,7 cm breed en is duidelijk te herkennen aan tien overlangse zwarte strepen op gele dekschilden (volksnaam "torretje tienstreep), vijf op elk schild. De kever overwintert in de grond op een diepte van 20 tot 50 cm op percelen waar aardappelen hebben gestaan. Het volgende groeiseizoen komen ze eind april/mei weer bovengronds om op zoek te gaan naar jonge aardappelgewassen en opslagplanten.

12.9.1 Levenswijze/aantastingsbeeld

Het vrouwtje legt oranje gekleurde eieren op de onderkant van de bladeren. Na de eilegperiode sterven vrijwel alle overwinterde kevers. De jonge grijsachtig rode larven vreten eerst de resten van de eischaal en worden na enkele dagen vleesrood tot donkerrood. Aan weerszijden van het lichaam hebben ze twee rijen zwarte stippen. De larven zijn in ongeveer drie weken volwassen, waarna zij zich in de grond verpoppen. In deze poppen ontwikkelen zich de kevers van de zomergeneratie die bij goed zomerweer voor een tweede generatie kunnen zorgen. Vanaf eind augustus verdwijnen de zomerkevers weer in de grond, waar ze zich gestuurd door de temperatuur en afhankelijk van de grondwaterstand en het al dan niet voorkomen van harde lagen ingraven tot een diepte van 20 tot 50 cm. De overwinterende kevers sterven als de temperatuur van de omgevende bodem lager dan -7°C wordt.

De schade wordt vooral veroorzaakt door de zeer vraatzuchtige larven die grote hoeveelheden bladgroen verslinden en alleen de wat grotere nerven en bladstelen laten staan. Bij grootschalig aantasting kan het gehele gewas worden kaalgevreten. Alleen stengels en bladstelen blijven dan over. Om deze reden wordt de coloradokever in vele landen gevreesd. In Nederland is schade van betekenis gemakkelijk te voorkomen, mits zonodig tijdig met de bestrijding wordt begonnen.

Om de belangen van de export te waarborgen, is de bestrijding wettelijk geregeld. Iedere aardappelteler is verplicht de coloradokever zo goed mogelijk te bestrijden; niet alleen in aardappelen, maar ook op aardappelopslag in andere gewassen.

12.9.2 Voorkomen/bestrijden

Het beste tijdstip voor de bestrijding is het moment waarop jonge larven de eieren beginnen te verlaten en op het gewas worden aangetroffen.

12.10 Ritnaalden, engerlingen, emelten

Deze bodembewoners zijn de larven van respectievelijk kniptorren en van mei-, rozen en junikevers en de made van de langpootmug. Ze vreten aan de wortels van planten en kunnen daardoor aanzienlijke schade aanrichten, aan aardappelen vooral in gescheurd grasland en na langjarige groene braak. Ze vreten ook aan de moederknollen en aan kiemen en jonge stengels, met als gevolg een onregelmatige gewasstand. Ritnaalden en engerlingen kunnen nog grotere schade aanrichten door gaten en gangen te vreten in de knollen waardoor de oogst onverkoopbaar kan worden. Een eventuele bestrijding dient voor het poten te worden uitgevoerd.

12.11 Aardappelopslag

12.11.1 Aardappelopslag uit knollen

Bij de oogst van aardappelen blijven vaak tussen de 20.000 en 400.000 knollen per hectare op het veld achter. Dit zijn grotendeels ondermaatse knollen maar er kan ook nog een aanzienlijk deel marktbaar

knollen bij zijn. Een ernstig probleem ontstaat wanneer deze achtergebleven knollen in de grond overwinteren. In het volgende gewas kunnen dan grote aantallen opslagplanten voorkomen. Deze opslagplanten vormen een lastig en hardnekkig onkruid dat het eigenlijke gewas beconcurrert. Veel ernstiger zijn echter de fyto-sanitaire consequenties van opslag. Vanwege de aardappelopslag kunnen allerlei ziekten, die in het gewas aardappelen problemen geven, zich veel gemakkelijker handhaven en zich soms zelfs uitbreiden. Dit is bijvoorbeeld het geval bij aardappelcyste-aaltjes en Rhizoctonia. Het effect van vruchtwisseling kan hiermee teniet worden gedaan. Voor het witte aardappelcyste-aaltje zijn in tarwe-en haverpercelen met aardappelopslag drievoudige- en in percelen met het laatsluitende gewas maïs twaalfvoudige vermeerderingen van het aaltje gemeten. Aardappelopslag van vatbare rassen doet, evenals vermenging van een vatbaar met een resistent ras, het sanerend effect van een AM-resistent ras geheel of gedeeltelijk teniet.

Ook Phytophthora en virusziekten kunnen zich verspreiden vanuit aardappelopslag. Daarom is het van groot belang opslag te voorkomen. Ten onrechte wordt vaak gedacht dat aardappelopslag alleen een probleem is in het eerste jaar na een aardappelgewas. Ook opslagplanten vormen echter knollen, waardoor het probleem in de volgende jaren soms minstens zo groot is.

12.11.2 Aardappelopslag uit zaad

Sommige rassen vormen veel bessen. Hiermee worden enorme hoeveelheden kiemkrachtig zaad gevormd. Bij rassen als Elles en Stabilo gaat het daarbij om aantallen van honderd tot tweehonderd miljoen zaden per hectare. Dit zaad blijft in de bouwvoor voor een deel minstens 10 jaar kiemkrachtig.

Eenzijds kan de zaadopslag in sommige gewassen een lastig te bestrijden onkruid zijn, anderzijds kunnen ziekten en plagen, in het bijzonder het aardappelcyste-aaltje, zich via opslag in stand houden en vermeerderen. Dit geldt ook voor de knolletjes die door de zaailingen worden geproduceerd.

Voorkomen/bestrijden

Bij het rooien moeten rooiverliezen worden voorkomen. Deze worden voor een deel veroorzaakt door fouten in de teelttechniek, zoals onjuiste rugopbouw, ongelijke rijenafstand, slecht geklapt loof, onkruid, te brede trekkerbanden of een onjuiste spoorbreedte tijdens het rooien. Ook kunnen tijdens het rooien verliezen optreden als gevolg van een te grote afstand tussen de spijlen van de zeefkettingen en van een onjuiste afstelling alsmede van lekken in de rooimachine.

Een manier om knollen te vernietigen, is ze in de winter te laten bevriezen. Het vriest echter niet iedere winter overal in Nederland voldoende om hierop volledig te kunnen vertrouwen. De kans is echter het grootst als de knollen zoveel mogelijk aan de oppervlakte blijven.

Mechanisch valt er in het volggewas na aardappelen weinig te doen tegen opslag. Afschoffelen of onderwerken vertraagt de groei, maar de plant komt weer terug. Tot wel zes keer toe.

Bij hakken is de beste methode om de planten boven de grond te halen. Chemisch, met glyfosaat, lukt het beter. Iedere bovenkomendestengel moet dan met middel worden aangestreeken. Hiervoor zijn onkruidstrijkers ontwikkeld die zowel in stroken als volvelds de opslagplanten kunnen raken en handmatige apparatuur om de planten individueel aan te stippen.

Verder is het van belang om de opslag afkomstig van zaad zo goed mogelijk te bestrijden in de volggewassen. In een vroeg stadium, liefst het kiemplantstadium, gaat dit het gemakkelijkst.

13 BIJZONDERE VERSCHIJNSELEN

13.1 Onderzeeërs

Onderzeeërs zijn poters die na het poten niet boven komen maar als gevolg van te sterke fysiologische veroudering direct knolletjes op de kiemen vormen. Soms gaan deze knolletjes weer kiemen en vormen alsnog vertraagd een stengel. Door onderzeeërvorming is in het veld veelal sprake van een vertraagde en onregelmatige opkomst van het gewas.

Te sterke fysiologische veroudering wordt veroorzaakt door een te warme bewaring, vaak in combinatie met te vaak afkiemen. Het verschijnsel wordt het meest waargenomen bij rassen met een korte kiemrust en een korte incubatieperiode.

13.1.1 Voorkomen/bestrijden

Problemen met onderzeeërs kunnen meestal worden voorkomen door hiervoor gevoelige rassen niet te warm te bewaren, niet te vaak af te kiemen en niet te vroeg in te koude grond te poten. Behalve door een koele bewaring kan de fysiologische veroudering ook enigszins worden tegengegaan door het pootgoed in het licht te plaatsen.

13.2 Holheid

Holheid is het verschijnsel waarbij midden in aardappelknollen een holte voorkomt die aan de buitenkant niet zichtbaar is. Holheid komt vooral voor op percelen met een te geringe standdichtheid. Het ontstaat als gevolg van onregelmatige groei van het gewas en treedt vooral op bij grote knollen. Er bestaan duidelijke rasverschillen in gevoeligheid voor holheid. Het verschijnsel komt meer voor op zandgronden dan op kleigronden. Holle knollen hebben een relatief laag onderwatergewicht en hebben daardoor een voor de zetmeelaardappelteler ongunstig effect op het uitbetalingsgewicht. Door op de knollen te kloppen, kan men soms vaststellen of een knol hol is of niet. Zekerheid verkrijgt men echter alleen door de knollen door te snijden. Soms gaat holheid over in rot.

13.2.1 Voorkomen/bestrijden

Het optreden van holheid kan worden beperkt door rassen te telen die weinig gevoelig zijn voor dit verschijnsel. Voorts dient men te zorgen voor een niet te hoog stikstofaanbod en een zo regelmatig mogelijke vochtvoorziening zodat het gewas regelmatig kan doorgroeien. Ook een grotere stengeldichtheid kan holheid tegengaan aangezien dan meer knollen worden gevormd, die daardoor minder grof zullen worden. Een grotere stengeldichtheid kan worden bereikt door meer poters en/of grotere poters te gebruiken.

13.3 Groeischeuren

Groeischeuren kunnen vuilinsluiting veroorzaken bij zetmeelaardappelen. Dit gebrek wordt vooral veroorzaakt door een onregelmatige groei van het gewas, meestal als gevolg van een onregelmatige vochtvoorziening. Groeischeuren kunnen ontstaan doordat bij droogte de groei stopt, de schil verkurkt en zijn elasticiteit verliest. Als vervolgens na neerslag nieuwe groei optreedt, kan de knol scheuren of barsten. Ook kunnen, onder vochtige omstandigheden tijdens een periode van snelle knolgroei, de knollen barsten als gevolg van een te hoge celspanning. Daarnaast kunnen ook aantastingen van *Rhizoctonia* en netschurft tot groeischeuren leiden. Naarmate groeischeuren vroeger in het seizoen ontstaan, zijn ze bij de oogst vlakker.

13.3.1 Voorkomen/bestrijden

Groeischeuren kunnen worden beperkt door een goede structuur van de grond, een regelmatige vochtvoorziening en een niet te zware stikstofbemesting.

13.4 Zwarte harten

Soms komt in het centrum van de knollen een donkergrijze tot zwarte vlek voor. Dit verschijnsel wordt zwarte harten genoemd.

Het wordt veroorzaakt door zuurstofgebrek binnenin de knol. Het kan ontstaan bij (vrijwel) luchtdichte bewaring van aardappelen (bijvoorbeeld onder plastic). De afwijking wordt echter meestal waargenomen na onjuist opwarmen van de aardappelen. Opwarmen met lucht van een te hoge temperatuur (> 25°C) en/of met onvoldoende aanvoer van zuurstof in de bewaarplaats is onjuist. Dit laatste gebeurt meestal wanneer het opwarmen plaatsvindt met een in de bewaarplaats geplaatste luchtverhitter zonder aanvoer van lucht van buiten. Er kan dan onvoldoende zuurstof worden aangevoerd om de sterk verhoogde ademhaling van de knol bij te houden. Zwarte harten kunnen soms ook optreden als de knollen bij zonnig en erg warm weer na het rooien te lang in het zwad liggen.

13.4.1 Voorkomen/bestrijden

Voorkom een langdurige blootstelling aan hoge buitenluchttemperaturen bij het op voorraad rooien. Als (poot)aardappelen bij warm weer worden geoogst en (vrij) sterk zijn ontveld, is het zaak om regelmatig, bijvoorbeeld om de paar uur, de lucht in de bewaarplaats te verversen.

14 BEREGENING

De aardappel is ondermeer vanwege zijn relatief zwakke wortelstelsel gevoelig voor droogte. Dit kan op droogtegevoelige gronden tot aanzienlijke opbrengstverliezen leiden. De vochtvoorziening van het gewas is bovendien medebepalend voor knolgrootte en kwaliteit. Het optreden van gewone schurft, knolmisvorming en holheid is afhankelijk van de vochtvoorziening van het gewas. Berekening van zetmeelaardappelen wordt (nog) slechts op beperkte schaal toegepast. Uit een recente studie is gebleken, dat op bedrijven met een Veenkoloniaal bouwplan berekening op zandgrond rendabel is. Daarentegen werd het bedrijfsresultaat op venige (dal) grond door berekening niet verbeterd.

14.1 Berekening en opbrengst

Een gewas zetmeelaardappelen heeft in ons land vanaf het poten 400 - 450 mm vocht nodig. Vanaf het begin van de knolaanleg vraagt het gewas voor een maximale productie ongeveer 300 mm. Daar er een nauwe relatie bestaat tussen gewasverdamping en opbrengst is het mogelijk globaal te berekenen hoeveel kilogram aardappelen er per mm water kan worden geproduceerd. Bij een maximale opbrengst per ha van 70 ton uitbetalingsgewicht bedraagt de productie per mm water: $70.000 : 300 =$ circa 230 kg. Dit geeft aan wat in principe het maximale rendement van beregenen kan zijn als al het toegediende water aan het gewas ten goede zou komen. Dit rendement wordt echter in de praktijk verlaagd doordat een deel van het gegeven water tijdens het beregenen verdampt of wegzijgt.

Bij beregeningsonderzoek in de jaren 1994-1996 op de proefboerderijen 't Kompas en Kooijenburg bleek berekening een verhoging van het uitbetalingsgewicht op te leveren van respectievelijk 10 en 9 ton per ha. Op Kooijenburg varieerde de opbrengstverhoging van 0 tot 19 ton per ha. In 1996 bedroeg de toename in uitbetalingsgewicht per mm beregeningswater op 't Kompas en Kooijenburg respectievelijk 110 en 140 kg.

14.2 Berekening en kwaliteit

Een regelmatige vochtvoorziening van het gewas met behulp van berekening kan het optreden van groeischeuren sterk beperken. Het knolaantal per plant neemt door berekening doorgaans toe, indien vanaf het tijdstip van stoloonaanleg tot het eind van de knolaanlegperiode wordt beregend. Hierdoor wordt de sortering van een partij fijner.

Gewone schurft, veroorzaakt door de actinomyceet *Streptomyces scabies*, kan goed worden bestreden door de grond in de rug vanaf het begin van de knolaanleg gedurende drie weken vochtig te houden.

Daarentegen kan het optreden van poederschurft door berekening worden bevorderd, vooral als overmatig wordt beregend of als kort na berekening een grote hoeveelheid natuurlijke neerslag valt.

Het onderwatergewicht van zetmeelaardappelen is als gevolg van een correcte berekening doorgaans iets hoger dan zonder berekening.

14.3 Wanneer beregenen?

Tenzij de grond erg ver is uitgedroogd, of men schurft wil bestrijden, moet niet met berekening worden begonnen vóór de knolgroei goed op gang is gekomen. Te vroeg beginnen beperkt de bewortelingsdiepte en kan - vooral op stikstofrijke gronden - leiden tot een te uitbundige loofgroei.

Om vast te stellen wanneer het gewas aan berekening toe is, worden de volgende methoden gehanteerd:

1. *Schatting van het vochtgehalte*, bijvoorbeeld onderin de rug. Dit vraagt ervaring en is niet erg nauwkeurig.
2. *Het opstellen van een vochtbalans*. Deze methode wordt ondermeer toegepast bij de CLMberegeningsplanner. In de vochtbalans worden betrokken: de vochtvoorraad in de bewortelde grond, de capillaire nalevering, de regenval en de gewasverdamping. Om de laatstgenoemde factor te

kunnen vaststellen, kan men gebruik maken van de referentiegewasverdampingscijfers die dagelijks onder andere door het KNMI worden verstrekt en van de zogenaamde ffactor voor aardappelen die afhankelijk is van het ontwikkelingsstadium van het gewas.

Verdamping aardappelgewas = f x referentieverdamping

3. *Het plaatsen van tensiometers.* Dit zijn instrumenten die informatie geven over de vochttoestand van de grond. Het ondereinde, de poreuze kop, wordt in de rug geplaatst op circa 35 cm onder de top van derug, midden tussen twee aardappelplanten. Op een manometer kan men de zuigspanning van de grond aflezen. Is deze hoger dan 0,3 à 0,4 bar, dan is de grond toe aan beregening. Voor een betrouwbare meting zijn minstens drie tensiometers per (homogeen) perceel nodig. Als de grond te ver uitdroogt (0,8 - 0,9 bar), kunnen de tensiometers 'doorslaan'. Na herbevochtiging van de grond moeten ze dan opnieuw gevuld en geplaatst worden.

14.4 Hoe beregenen?

Beregening gebeurt tegenwoordig meestal met haspelinstallaties die zijn uitgevoerd met een sproeikanon of een sproeiboom. Met het oog op een regelmatige verdeling van het beregeningswater over het gewas en een goede bevochtiging van de rug verdient de sproeiboom de voorkeur. Om op leemgronden structuurschade te voorkomen, moet - zeker zolang het gewas de grond nog niet volledig - bedekt de regenintensiteit niet hoger zijn dan 10 mm per uur.

De hoeveelheid water die per keer moet worden verstrekt, varieert meestal tussen 20 en 30 mm per keer. Bij het al eerder genoemde beregeningsonderzoek op 't Kompas en Kooyenburg leek het rendement van 20 mm per keer wat groter te zijn dan dat van 30 mm per keer. Ook met het oog op de bestrijding van schurft verdienen meerdere kleine giften de voorkeur boven enkele grote giften.

15 LOOFVERNIETIGING

Loofvernietiging van niet volledig natuurlijk afgerijpte gewassen is vooral nodig om knolbeschadiging bij het rooien tegen te gaan. Dit is in het bijzonder gewenst voor zetmeelaardappelen die langdurig moeten worden bewaard. Bij een ernstige aantasting van het gewas door *Phytophthora* is chemische loofvernietiging geboden om een verdere uitbreiding van de ziekte tegen te gaan en daarmee het risico van knolinfectie te beperken. In gewassen die al vroeg grotendeels natuurlijk zijn afgestorven, moet worden afgewogen of men nog voor de oogst loofvernietiging toepast of dat men het gewas volledig natuurlijk laat afsterven. Voordelen van loofvernietiging zijn in zo'n geval dat men enkele *Phytophthora* bespuitingen kan uitsparen en vroeg, onder dikwijls goede omstandigheden, met rooien kan beginnen. Het belangrijkste nadeel is dat men iets toegeeft op de opbrengst. Dit opbrengstverlies is bij een grondbedekking van 25% of minder echter niet groot.

Na loofvernietiging moet - afhankelijk van de rijpheid van het gewas - circa twee weken worden gewacht voordat met rooien kan worden begonnen. In deze periode moet de knolschil zich verdikken, zodat bij het rooien geen beschadiging optreedt.

Loofvernietiging gebeurde tot in het midden van de jaren negentig vrijwel uitsluitend chemisch. Onderzoek heeft echter aangetoond dat mechanische loofvernietiging uitstekend mogelijk is, mits een eventueel aanwezige *Phytophthora* aantasting geen gevaar kan opleveren.

15.1 Loofklappen

Loofvernietiging door uitsluitend loofklappen blijkt bij droge grond ook in de nog groene gewassen (70% grondbedekking met groen loof) goed mogelijk te zijn. Zelfs in dergelijke onrijpe gewassen treedt geen hergroei van het loof op. De mate van afharding van de schil bleek, uit onderzoek met consumptie-aardappelen, bij loofklappen gelijk te zijn aan die na doodspuiten. De eerste resultaten van onderzoek op de proefboerderij 't Kompas met het ras Karnico wijzen in een zelfde richting. Ook bleek er geen verschil tussen mechanische- en chemische loofdoding wat betreft het loslaten van de knollen van de stengel. In gewassen waarin een *Phytophthora*-aantasting van betekenis voorkomt en de grond aan de bovenkant van de rug vochtig is, moet loofklappen bij rassen met een minder goede knolresistentie worden afgeraden met het oog op de verspreiding van *Phytophthora* sporen.

Bij droge grond behoeft een *Phytophthora*-aantasting in het loof geen beletsel voor loofklappen te zijn omdat de sporen op droge grond snel afsterven.

15.2 Doodspuiten

Langzaamwerkende middelen hebben het nadeel, dat de periode tussen behandeling en het goed afgehard zijn van de knollen wat langer is. Als men op een bepaalde datum wil gaan rooien, zal men langzaamwerkende middelen wat eerder moeten toepassen dan snelwerkende. Hierdoor gaan enkele groeidagen verloren.

Als loofvernietiging wordt toegepast bij een droge grond en relatief hoge temperatuur, waardoor het gewas een vochttekort heeft, bestaat bij Reglone kans op het optreden van naveleinderot of vaatbundelverkleuring. Met langzaamwerkende middelen treedt dit probleem zelden of nooit op. De kans op het optreden van naveleinde-rot is bij zetmeelaardappelen voor bewaring, vanwege het relatief late tijdstip van loofdoding niet zo groot. Om problemen te vermijden, wordt wel gewerkt met een halve dosering van een langzaamwerkend middel, na drie tot vier dagen gevolgd door eveneens een halve dosering van een snelwerkend product.

Als uitsluitend langzaamwerkende middelen worden gebruikt, is een extra *Phytophthora* bestrijding nodig.

15.3 Loofbranden

Met name in de biologisch dynamische en de ecologische aardappelteelt wordt het loofbranden, al dan niet in combinatie met loofklappen, toegepast als methode van loofvernietiging. Een nadeel van deze werkwijze is de geringe capaciteit (circa 0,4 ha per uur bij een vierrijige machine). Daarbij zijn de kosten relatief hoog. Een pluspunt van loofbranden is dat een eventueel aanwezige Phytophthora-aantasting in het loof meteen onschadelijk wordt gemaakt.

16 OOGST

Wanneer de knollen, al of niet na loofvernietiging, voldoende huidvast zijn, kan worden begonnen met rooien. Huidvast zijn de knollen wanneer de schil niet zonder moeite met de duim van de knol is te wrijven. De voorbereidingen voor het oogsten van een schone, gezonde en minimaal beschadigde partij beginnen al ver voor de oogst. Deze voorbereidingen zijn in de voorgaande hoofdstukken besproken: gebruik van gezond pootgoed, zorgen voor een goede bodemstructuur, goed pootwerk, een goede rugopbouw, goede ziekte- en plaagbestrijding en een juiste loofvernietiging.

16.1 Rooibeschatiging

Het oogsten van aardappelen gaat gepaard met het optreden van knolbeschadiging. Daar knolbeschadiging aanleiding kan geven tot ondermeer vuilinsluiting, het optreden van rot en hogere bewaarverliezen, is het zaak om beschadiging zoveel mogelijk te beperken. Knolbeschadiging kan bij de oogst op veel plaatsen optreden. Zo kunnen te brede banden van trekker en rooimachine, in het bijzonder als ze niet midden door de geulen lopen, knollen uit de rug drukken en beschadigen. Wanneer smalle trekkerbanden onvoldoende draagkracht geven, kan dubbellucht op rijenafstand een oplossing zijn.

Er moet worden gezorgd voor een zodanige verhouding tussen rijsnelheid en zeefkettingsnelheid, dat pas aan het einde van de zeefketting de laatste grond wordt uitgezeefd. Door grond op de zeefketting te houden, worden de knollen beschermd tegen beschadiging. De aardappelen moeten nog juist door de ketting worden afgevoerd. De exacte verhouding tussen rijsnelheid en zeefkettingsnelheid die nodig is om dit te bereiken, hangt af van de toestand van de grond. In veel gevallen blijkt een verhouding van ongeveer 1 op 1 een goede te zijn. Bij deze verhouding is de rijsnelheid gelijk aan de snelheid van de zeefketting. Verder is het van belang om de rooimachine op de wendakker niet leeg te draaien.

Er moet worden voorkomen dat proppen loof en onkruid de machine verstoppen. Wanneer deze proppen door de loofrollen worden getrokken of er in vastlopen, raken er knollen beschadigd of worden door de machine verloren. Bovendien geeft het verwijderen van verstoppingen tijdsverlies en zorgt het jaarlijks voor enkele ernstige ongevallen. Wanneer volvelds is doodgespoten en de loofresten niet door de rooimachine kunnen worden verwerkt, moet vóór het rooien het loof worden geklapt.

De schudders van de machine zijn bedoeld om de zevende werking van de ketting te verhogen, maar dienen zo weinig mogelijk te worden gebruikt. Wanneer schudders worden gebruikt om kluiten te breken, kan dit veel knolbeschadiging tot gevolg hebben. De spijlen van de zeefketting moeten bij voorkeur bekleed zijn; hiervoor zijn diverse materialen beschikbaar.

Valhoogtes van meer dan 30 à 40 cm dienen in de gehele keten van rooien en inschuren te worden voorkomen. Daar waar grotere valhoogtes onvermijdelijk zijn, dient het oppervlak waarop knollen vallen, bijvoorbeeld de wagens, te zijn voorzien van valbrekers of bekleding. Ook bij kleinere valhoogtes, bijvoorbeeld bij de inschuurapparatuur, behoren harde oppervlakken waarop knollen kunnen vallen, te zijn bekleed.

De snelheid van transportbanden mag niet te hoog zijn. Om te hoge valsnelheden van de knollen te voorkomen, mag deze snelheid niet meer zijn dan 40 meter per minuut.

De stortbak dient men gevuld te houden door deze stil te zetten zodra de kipwagen leeg is. Hierdoor wordt voorkomen dat van iedere kipwagen aardappelen onder in de lege stortbak vallen.

Het ene ras is gevoeliger voor rooibeschatiging dan het andere. De Rassenlijst geeft hierover informatie. De mate waarin knollen beschadigd raken, hangt ook af van de temperatuur van de knollen op het moment dat ze geroid en ingeschuurd worden. Naarmate de temperatuur van de aardappelen lager is, zijn ze gevoeliger voor beschadiging. Vooral onder de 8°C wordt de mate van beschadiging een probleem. Vandaar dat algemeen wordt geadviseerd om geen aardappelen te rooien die kouder zijn dan 8°C. Afhankelijk van de omstandigheden en het ras, kan het nodig zijn deze grens naar boven bij te stellen. De knoltemperatuur volgt de bodemtemperatuur op de voet: wanneer na een koude nacht de grondtemperatuur weer 8°C is geworden, hebben ook de knollen deze temperatuur bijna bereikt.

16.2 Rooiverlies

De uitrusting en afstelling van de rooimachine hoort zodanig te zijn dat er zo min mogelijk knollen of delen daarvan op het perceel achterblijven. Openingen in de rooier waardoor knollen kunnen ontsnappen, moeten worden afgedicht.

In de eerste plaats blijft er met de verliesknollen een deel van de financiële opbrengst achter op het perceel. Verder leiden verliesknollen tot aardappelopslag in volggewassen. Hierdoor krijgt ondermeer het aardappelcyste-aaltje de kans om zich sneller te vermeerderen. De opslagplanten kunnen ook als infectiebron of overlevingsplaats dienen voor andere ziekten en plagen, zoals Phytophthora en virusziekten.

16.3 Moederknollen

Soms kan het, met name bij de pootgoedteelt, voorkomen dat de moederknollen op het moment van oogsten nog niet helemaal zijn weggerot of zelfs nog intact zijn. Het mee inschuren van moederknollen kan in de bewaring rot veroorzaken.

Wanneer de mogelijkheden ontbreken om de moederknollen te verwijderen, moet extra aandacht aan het drogen van de partij worden besteed en moet gedurende langere tijd gecontroleerd worden of de moederknollen droog blijven en niet gaan 'lekker'.

16.4 Spuitsporen

Door ongunstige omstandigheden kunnen de ruggen naast spuitsporen soms alleen met veel grond worden geoogst. Bovendien kunnen er in deze ruggen meer rotte knollen voorkomen dan in die van de rest van het perceel. In dat geval moeten de spuitspoorruggen zo mogelijk apart worden geoogst en opgeslagen en bij voorkeur niet langdurig worden bewaard.

17 BEWARING

17.1 Inleiding

Bij de oogst verkeert de zetmeelaardappel, mits onbeschadigd, doorgaans in een optimale toestand. Tijdens de bewaring zal er zowel verlies van gewicht als van kwaliteit optreden. Bij een goede bewaring kunnen deze verliezen echter sterk worden beperkt.

De aardappelknol is een levend organisme, dat voor 75 - 80% uit water bestaat. Tijdens de bewaring verliezen knollen gewicht als gevolg van vochtverlies (verdamping), verlies van droge stof (ademhaling) en door aantasting van ziekten.

17.1.1 Verdamping

Aardappelen verliezen vocht door verdamping, afhankelijk van:

- de dampdoorlatendheid van de schil;
- de producttemperatuur in combinatie met de relatieve vochtigheid en de temperatuur van de omgevingslucht;
- de aanwezigheid van kiemen.

De vochtdoorlaatbaarheid van de schil van een onrijpe knol is veel groter dan die van een goed afgerijpte knol. Nog groter is het vochtverlies dat optreedt via wonden en kiemen. De hoeveelheid vocht, die per eenheid van oppervlakte verloren gaat via schil, kiemen en wonden, verhoudt zich als 1:100:300.

Naarmate de relatieve vochtigheid van de omgevingslucht lager is, neemt het vochtverlies van de knollen toe. De relatieve vochtigheid geeft de hoeveelheid waterdamp in de lucht aan als percentage van de maximale hoeveelheid waterdamp, die de lucht bij die temperatuur kan bevatten. Daarom wordt voor de koeling van aardappelen bij voorkeur lucht gebruikt met een relatieve vochtigheid die zo dicht mogelijk bij de 100% ligt. Voor zetmeelaardappelen vormt enig vochtverlies van de knollen echter geen probleem. De gewichtsverliezen van onbeschadigde knollen tijdens de bewaring in een met buitenlucht gekoelde bewaarplaats, bedragen globaal gedurende de eerste maand circa 1 - 3%, afhankelijk van de schildichtheid, en daarna 0,5 - 0,6% per maand. Ook rasverschillen spelen hierbij een rol.

17.1.2 Ademhaling

Voor het op gang houden van zijn levensprocessen heeft de knol energie nodig, die vrijkomt door de verademing van suikers. Hiervoor is zuurstof nodig, terwijl er CO₂, water en warmte vrijkomen. De ademhalingsactiviteit van aardappelen is het laagst bij een temperatuur van 5 - 7°C en loopt zowel bij hogere als bij lagere temperatuur op. Zo is de ademhalingsintensiteit bij 0°C en 20°C ruim het dubbele van die bij 6°C. Onrijpe en beschadigde knollen hebben een veel grotere ademhalingsintensiteit dan rijpe, onbeschadigde aardappelen. Als onrijpe knollen (pootgoed) worden geoogst bij temperaturen van circa 25°C en hoger dan kunnen in de bewaarplaats bij onvoldoende luchtverversing zwarte harten ontstaan als gevolg van zuurstofgebrek.

17.1.3 Schimmel en bacterieziekten

Als met schimmel of bacterieziekten besmette knollen in een partij voorkomen, kan dit tot flinke verliezen leiden als gevolg van rot. Dit geldt bijvoorbeeld voor partijen met 'jong ziek' (Phytophthora), die tijdens de bewaring kunnen gaan rotten als niet snel genoeg wordt gedroogd. Natrot als gevolg van een besmetting met bacterieziekten kan zich tijdens de bewaring sterk uitbreiden. Een besmetting met Fusarium kan leiden tot droogrot. Het ontstaan en de uitbreiding van schimmel- en bacterieziekten kan worden beperkt door:

- het voorkómen van knolbeschadiging bij de oogst; veel bewaarziekten dringen de knol via wonden binnen;
- een snelle droging na binnenbrengen in de bewaarplaats of kuil en drooghouden van de partij gedurende de bewaarperiode;
- een goede en snelle wondheling;

- een zo laag mogelijke bewaartemperatuur.

17.2 Drogen van aardappelen

Een gezonde partij zetmeelaardappelen die onder droge omstandigheden is geoogst, hoeft niet speciaal te worden gedroogd. Dit is wel het geval als aardappelen met veel natte grond worden ingeschuurd of als 'jong ziek' of natrot in de partij voorkomen. Partijen zetmeelaardappelen met 'jong ziek' of (nat) rot moeten bij voorkeur niet worden opgeslagen, maar kunnen beter direct worden afgezet.

17.2.1 Wanneer is buitenlucht drogend?

- De temperatuur van de lucht is lager dan die van de aardappelen.
Lucht met een lagere temperatuur dan het product droogt altijd, ook als deze lucht met waterdamp is verzadigd en dus een relatieve vochtigheid heeft van 100%. Als lucht met een relatieve luchtvochtigheid van 100% en een temperatuur van 10°C door aardappelen met een temperatuur van 12°C wordt gevoerd, wordt de lucht opgewarmd. De lucht die bovenuit de hoop komt, heeft dan een temperatuur van 12°C. Daar warmere lucht meer vocht kan opnemen dan koude lucht zal droging optreden, zoals uit onderstaand voorbeeld blijkt.

Voorbeeld: Bij 10°C kan lucht maximaal 7,6 gram per m³ waterdamp opnemen en bij 12°C maximaal 8,8 gram per m³. Als de lucht tijdens haar gang door de partij wordt opgewarmd van 10 tot 12°C, zal per m³ ingeblazen lucht zelfs bij een relatieve luchtvochtigheid van de lucht van 100% toch nog 8,8 - 7,6 = 1,2 gram vocht worden afgevoerd.

Naarmate de relatieve vochtigheid van de ingeblazen lucht lager is, zal het drogend vermogen van de lucht groter zijn.

- De temperatuur van de lucht is hoger dan die van de aardappelen.
Als de temperatuur van de ingeblazen lucht hoger is dan die van de aardappelen is soms wel en soms geen droging mogelijk. Dit hangt af van de dauwpunttemperatuur van de ingeblazen lucht. (De dauwpunttemperatuur is de temperatuur waarbij waterdamp in de lucht begint te condenseren als diezelfde lucht wordt afgekoeld.) Bij welke temperatuur het dauwpunt wordt bereikt, hangt af van de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht. Als de dauwpunttemperatuur van de lucht hoger is dan de temperatuur van de aardappelen, zal bij ventileren waterdamp op de aardappelen neerslaan en wordt het product dus natter. Drogend ventileren is dan ook alleen mogelijk als de dauwpunttemperatuur van de lucht lager is dan de temperatuur van de aardappelen. Voor een drogend effect van betekenis moet de dauwpunttemperatuur tenminste 2°C lager zijn dan de producttemperatuur.

17.2.2 Koude nachten benutten om te drogen?

Het drogend effect van lucht die kouder is dan het product, is groter naarmate het verschil tussen lucht en producttemperatuur groter is. Het drogend ventileren met lucht die veel kouder is dan het product heeft echter het nadeel dat ook de producttemperatuur flink gaat dalen. Dit is zowel een gevolg van de lagere luchttemperatuur als van de verdamping van vocht. Daardoor zal het bijvoorbeeld overdag moeilijker worden om te drogen met lucht die warmer is dan het product.

Voorbeeld: Als de producttemperatuur bijvoorbeeld in september al gezakt is tot 10°C, moet de relatieve luchtvochtigheid van de lucht met een temperatuur van 18°C al lager zijn dan 59% om drogend te kunnen ventileren. Zulke lage waarden voor de relatieve luchtvochtigheid treden in de herfst zelden op. Zou daarentegen de producttemperatuur 15°C zijn dan kan met lucht van 18°C al drogend worden geventileerd bij een relatieve luchtvochtigheid van maximaal 82%.

Dit voorbeeld maakt duidelijk, dat het belangrijk is om de producttemperatuur relatief hoog, op circa 15°C, te houden om efficiënter te kunnen blijven drogen.

17.2.3 Lucht opwarmen?

Indien vanwege de aanwezigheid van rot of 'jong ziek' in een partij, snel drogen noodzakelijk is, moet worden geprobeerd om - zo mogelijk - dag en nacht drogend te ventileren. Zoals hierboven is duidelijk gemaakt, kan dit streven gedwarsboord worden door een te ver dalende producttemperatuur. Dit kan, zonodig, worden voorkomen door de koude nachtlucht enkele graden op te warmen. Hierdoor wordt tevens het drogend effect van de lucht nog versterkt. Laat in de herfst, bijvoorbeeld eind oktober, is drogen veel lastiger, omdat de temperatuur dan lager is (de lucht kan daardoor minder waterdamp bevatten) en de dauwpunttemperaturen doorgaans relatief hoog zijn. Daardoor zijn er per etmaal dikwijls maar enkele uren beschikbaar, die drogend ventileren toelaten. Ook dan kan het 's nachts opwarmen uitkomst bieden, mits de dauwpunttemperatuur van de buitenlucht lager is dan die van de aardappelen.

17.2.4 Wanneer droog?

Tenzij over goede vochtmeetapparatuur kan worden beschikt, is het vrij lastig om vast te stellen of een partij droog is. Een praktische methode is het 'graven' van een gat bovenin de hoop. Als de knollen en de aanhangende grond op 30 - 40 cm onder de oppervlakte winddroog aanvoelen, kan bij een gezonde partij met drogen worden gestopt. Ook als de temperatuur van de uittredende lucht gelijk is aan die van de inblaaslucht is de partij droog. In een partij waarin 'jong ziek', natrot of 'waterzakken' voorkomen, is langer drogen, tot de afwijkende knollen zijn ingedroogd, noodzakelijk of zal het drogen van tijd tot tijd moeten worden hervat. Goede (dagelijkse) controle van dergelijke partijen is essentieel.

Enkele wenken voor het drogen van aardappelen:

- bij risicopartijen moet met drogen worden begonnen zodra de eerste aardappelen in de bewaarplaats liggen;
- de storthoogte van moeilijk te drogen partijen dient te worden beperkt; dit kan echter alleen als een volledige roostervloer aanwezig is of als de afstand tussen de ventilatiekanalen kan worden aangepast (de afstand van de ventilatiekanalen moet 0,8 x de storthoogte zijn);
- met het oog op een goede luchtverdeling moet de storthoogte overal in de bewaarplaats gelijk zijn;
- de aangezogen lucht mag zich niet kunnen vermengen met afgewerkte lucht;
- met het oog op (brand)veiligheid moeten kachels bij voorkeur buiten worden geplaatst;
- de dauwpunttemperatuur en de relatieve vochtigheid van de buitenlucht maken deel uit van het regionale weerbericht;
- de lucht niet meer dan 3°C opwarmen;
- de temperatuur van de inblaaslucht mag niet hoger zijn dan 20°C.

17.3 Wondheling

Tijdens de oogst en het binnenbrengen van aardappelen in de bewaarplaats treden altijd in meer of mindere mate beschadigingen op in de vorm van ontvellingen en vleeswonden. Een snelle heling van deze wonden verspert de weg voor ziekten als Fusarium en beperkt gewichtsverliezen. Bij de wondheling wordt een kurklaagje gevormd, waardoor de wond wordt afgedekt. Deze verkurking verloopt sneller naarmate de temperatuur in het traject 3 - 20°C hoger is. Een hoge relatieve vochtigheid (80 - 95%) versnelt het proces. Als knollen nat zijn, treedt echter geen wondheling op. In dat geval en bij aanwezigheid van 'jong ziek', natrot of 'waterzakken' zal de partij eerst moeten worden gedroogd alvorens met de wondheling kan worden begonnen.

Een volledige wondheling vraagt bij een optimale luchtvochtigheid drie tot zes weken bij een temperatuur van 5°C, één tot twee weken bij 10°C en drie tot zes dagen bij 20°C. Een hoge luchtvochtigheid kan worden bereikt door heel weinig te ventileren, bijvoorbeeld enkele keren per dag een paar minuten om de lucht te verversen en daarmee te voorkomen dat het CO₂-gehalte in de bewaaratmosfeer te veel oploopt. Als ventilatienorm hiervoor geldt 10 m³ lucht per ton aardappelen per 24 uur. Tijdens de wondhelingsperiode moet worden voorkomen, dat de temperatuur van aardappelen tot boven de 20°C stijgt.

17.4 Koelen en bewaren

Na de wondhelingsperiode moet de temperatuur van de aardappelen worden teruggebracht tot de gewenste bewaar temperatuur. Vroeg in de herfst zullen de nachttemperaturen onvoldoende laag zijn om dit snel te bereiken. In principe is met buitenlucht koeling een temperatuur bereikbaar, die ongeveer overeenkomt met de gemiddelde minimumtemperatuur voor het betreffende tijdvak. Voor medio september, oktober en november bedraagt deze respectievelijk 10,5, 7 en 5°C. Door vroeg in de herfst enkele zeer koude nachten te benutten, kan soms al wat eerder een laag temperatuurniveau worden bereikt. Dit is niet altijd gewenst, want volgt er daarna weer een aantal warme nachten, dan kan de knoltemperatuur weer flink stijgen. Dergelijke temperatuurschommelingen kunnen soms, met name bij rassen met een lange kiemrust, leiden tot een iets kortere kiemrustduur, hetgeen ongunstig is. Om de gewichtsverliezen tijdens de bewaring te beperken, moet het aantal ventilatieuren zo laag mogelijk worden gehouden. Het gewichtsverlies is namelijk vrijwel recht evenredig met de duur van de ventilatie. De koeling van het product zal sneller verlopen naarmate de ventilatiecapaciteit en het temperatuursverschil tussen product en buitenlucht groter zijn. Tijdens de afkoelperiode verdient een flink temperatuursverschil, bijvoorbeeld circa 5°C, tussen buitenlucht en product daarom de voorkeur.

17.5 Bewaring van zetmeelaardappelen

Tegenwoordig wordt meer dan 1,5 miljoen ton zetmeelaardappelen kortere of langere tijd bewaard. Van de namalers wordt ongeveer tweederde in schuren bewaard en de rest in kuilen en sleufsilos.

Bij de bewaring van zetmeelaardappelen is naast de beperking van bewaarverliezen in de vorm van rot en als gevolg van ademhaling ook van belang dat zo weinig mogelijk zetmeel wordt omgezet in suikers. Immers ook hierdoor wordt de zetmeelopbrengst verlaagd. Suikervorming kan ondermeer worden beperkt door de bewaar temperatuur relatief hoog te houden: 5 - 6°C.

Voorwaarden voor een goed bewaarresultaat zijn:

- een goed afgerijpt gewas en een afgeharde schil;
- een gezonde partij, zonder natrot van betekenis;
- onbeschadigde knollen; knolbeschadiging vergroot de kans op knolrot;
- een regelmatige controle van de partij en van de knoltemperatuur.

17.5.1 Gewenste bewaar temperatuur

De gewenste bewaar temperatuur van zetmeelaardappelen is 5 - 6°C. De hoogte van de bewaar temperatuur is een compromis tussen beperking van suikervorming (vergt een relatief hoge temperatuur) en een beperking van de kiemgroei (vergt een relatief lage temperatuur). Rassen met een lange kiemrust kunnen daarom het beste bij 6°C worden bewaard en rassen die vlot kiemen bij 5°C.

Een geleidelijke daling van de temperatuur van de aardappelen, waarbij de beoogde temperatuur in de loop van november wordt bereikt, verdient daarbij de voorkeur. Een lagere bewaar temperatuur vertraagt weliswaar de kieming van de aardappelen, maar hier staat tegenover dat de omzetting van zetmeel in suikers toeneemt, waardoor de zetmeelopbrengst bij verwerking daalt.

17.5.2 Hoe ventileren als het gewenste temperatuurniveau is bereikt?

Als de gewenste knoltemperatuur is bereikt, is het van belang om dit niveau met niet al te grote schommelingen (maximaal 1 à 1,5°C) te handhaven. Als tijdens deze periode wordt gekoeld, geeft een temperatuursverschil tussen ventilatielucht en aardappelen van 1,5 - 2°C de beste resultaten. Om suikeroophoping in de knollen te vermijden, mogen zetmeelaardappelen niet worden geventileerd met lucht die kouder is dan 4,5 à 5°C. Als onverhoopt toch gedurende enige tijd met te koude lucht is geventileerd, is het belangrijk dat direct daarna intern wordt geventileerd, om daarmee de temperatuursverschillen in de hoop te nivelleren en de aardappelen onderin de hoop weer op de gewenste temperatuur te brengen. Intern ventileren is ook noodzakelijk als het temperatuursverschil in de hoop meer dan 1,5°C bedraagt. Tijdens vorstperiodes, wanneer de buitentemperatuur te laag is om uitsluitend met buitenlucht te ventileren, zal met menglucht moeten worden gewerkt. In bewaarplaatsen, waar geen mengluchtinstallatie aanwezig is, kan men menglucht creëren door tijdens intern ventileren de luchtinlaatluiken iets te openen. Een minimum-

thermostaat in het luchtkanaal zal daarbij moeten voorkomen dat met te koude lucht wordt geventileerd.

17.6 Eisen en specificaties voor bewaarinrichtingen van zetmeelaardappelen

Tegenwoordig wordt meer dan 1,5 miljoen ton zetmeelaardappelen kortere of langere tijd bewaard. In de herfst gebeurt dit vooral in kuilen. Van de namalers wordt tweederde deel in schuren bewaard en de rest in kuilen en sleufsilos.

Achtereenvolgens zal een drietal bewaarsystemen worden beschreven, die worden toegepast in het gebied waar zetmeelaardappelen worden geteeld.

1. Bewaring in kuilen.
2. Bewaring in sleufsilos.
3. Schuurbewaring.

17.6.1 Bewaring in kuilen

De goedkoopste manier om zetmeelaardappelen te bewaren, is die in kuilen. Hierbij wordt voor de afvoer van warmte en CO₂ en de aanvoer van zuurstof gebruik gemaakt van natuurlijke ventilatie. Een kuilmodel dat in de praktijk bewezen heeft goed te voldoen, ziet er als volgt uit: Een basis van 5 meter en in het midden een hoogte van 1.80 meter. Per strekkende meter kan dan 3 ton aardappelen worden opgeslagen. Een aardappelkuil moet op een draagkrachtige grond op een zodanige plaats worden gelegd dat er geen water naar toe kan stromen.

Om voldoende te kunnen ventileren, wordt de kuil bij voorkeur in de oost-west-richting gelegd. Met het oog op een goede beluchting van de gehele kuil verdient het aanbeveling om deze niet langer te maken dan circa 45 meter.

Bedekking kuil

Als de kuil zijn definitieve vorm heeft gekregen, wordt hij afgedekt met stro. Voor bewaring tot december is circa 6 kg stro per m² voldoende; bewaring tot en met februari vraagt een strodek van 10 kg per m². Voor het opvangen van condens wordt op de top van de kuil een extra strolaag van 20 cm aangebracht. Daar de voet van de kuil eerder bevriest, wordt ook hier een dikkere strolaag (totaal 40 cm) aangebracht wanneer langdurig moet worden bewaard.

Drogen aardappelen: De snelste droging wordt, zolang het niet regent, verkregen in een niet afgedekte kuil. De weersomstandigheden laten het echter dikwijls niet toe om de kuil meerdere dagen onafgedekt te laten.

Als de aardappelen voor het afdekken van de kuil nog onvoldoende droog zijn, dient de onderste 50 cm van de kuil open te blijven liggen. Zodra de aardappelen droog zijn, kan de voet van de kuil worden afgesloten.

Voorkómen bevriezing: Om een te lage temperatuur van de aardappelen te voorkómen en vorstschade te vermijden, wordt bij buitentemperaturen lager dan 5 à 6°C afhankelijk van het type kuil het bodemluchtkanaal afgesloten of de voet van de kuil dicht gelegd. Het toprooster wordt met stro of jutezakken dichtgemaakt zodra matige tot strenge vorst wordt verwacht.

Een regelmatige controle van de temperatuur en de kwaliteit van de aardappelen alsmede van de afdekking van de kuil is een voorwaarde voor een goed resultaat.

17.6.2 Bewaring in sleufsilos

Bewaring van aardappelen in sleufsilos is weliswaar duurder dan bewaring in kuilen, maar aanmerkelijk goedkoper dan bewaring in schuren. Wel vraagt een sleufsilos meer arbeid. Wat het bewaarresultaat betreft houdt de sleufsilos, mits niet te lang, het midden tussen kuil en schuur. Daar geforceerde ventilatie wordt toegepast, kan ten opzichte van kuilen het drogen worden versneld en kan de bewaar temperatuur beter in de hand worden gehouden. Dit komt de kwaliteit van de aardappelen ten goede. Om de investering laag te houden, wordt in sleufsilos meestal gekozen voor horizontale ventilatie door middel van zuigen. Mits correct toegepast bij een gezonde partij behoeft het resultaat niet veel onder te doen voor dat van blazend ventileren.

1. Ventileren door middel van blazen.

Voor blazend ventileren is een luchtverdeelsysteem onder of op de bodem van de sleufsilos nodig. Om snel te kunnen drogen en koelen, is een ventilatiecapaciteit nodig van 100 m³ lucht per m³ aardappelen bij een tegendruk van 150 Pa. Als storthoogte wordt 3,5 - 4 meter aangehouden. Voor de afvoer van de ventilatielucht zijn op de hoop ontluchtingskokers nodig. De hoop wordt bedekt met een laag stro van 20 cm en vervolgens afgedekt met plastic (PE, minimaal 0,15 mm dik). Het goed vastleggen van het plastic vraagt bij dit systeem extra aandacht. Een kunststofnet met mazen van ongeveer 7x7 cm onder het stro vergemakkelijkt het weghalen van het stro als de hoop moet worden geruimd.

2. Ventileren door middel van zuigen.

Deze methode van ventileren is relatief goedkoop, omdat geen luchtverdeelsysteem onderin de hoop nodig is. Een nadeel van deze methode is de relatief lage en onregelmatige luchtverplaatsing door de hoop, met als gevolg een weinig uniforme temperatuurverdeling en een slechts langzame droging van de aardappelen.

Door de snel toenemende tegendruk van de aardappelen die de lucht bij zuigen ondervindt bij langer wordende hopen, neemt de luchtverplaatsing door de hoop snel af. Om een redelijke luchtverplaatsing (65-80 m³ per m³ aardappelen per uur) te houden, moet de lengte van de hoop bij zuigen worden beperkt tot maximaal 10 à 12 meter. De breedte van de sleufsilos is in principe onbeperkt, terwijl de storthoogte van de aardappelen de vier meter niet te boven mag gaan. Als stropakken als zijwanden worden gebruikt, bedraagt de maximale storthoogte twee meter. Door achter de ventilatoren een onderdrukkamer te plaatsen, wordt de uniformiteit van de luchtverdeling verhoogd. De drukkamer kan worden gemaakt van sleufsiloelementen en een 'wand' bestaande uit beton en kippengaas. Aarden wallen afgedekt met plastic kunnen fungeren als zijwanden van de sleufsilos. De wand tegenover de ventilatoren zal gedeeltelijk open moeten blijven opdat tijdens het ventileren voldoende lucht kan worden ingelaten. Het verdient aanbeveling om op de hoop een toprooster aan te brengen. Hierdoor kan tijdens vorstperiodes, wanneer niet kan worden geventileerd, warmte uit de hoop worden afgevoerd.

De afdekking van de hoop gebeurt op dezelfde wijze als bij 'blazen' is aangegeven.

17.6.3 Schuurbewaring

Een belangrijk pluspunt van schuurbewaring is dat het weerrisico geringer is, zodat men de bewaaromstandigheden beter in de hand heeft. Daar staat tegenover dat dit bewaarsysteem aanmerkelijk duurder is dan dat in kuilen en sleufsilos.

De constructie en inrichting van een luchtgekoelde bewaarplaats moet zodanig zijn, dat zetmeelaardappelen bij een temperatuur van 5-6°C met behoud van voldoende kwaliteit zes tot zeven maanden kunnen worden bewaard. Om onder ongunstige omstandigheden snel te kunnen drogen, is een minimale ventilatiecapaciteit nodig van 100 m³ lucht per m³ product per uur.

Om het optreden van drukplekken te beperken, mag de storthoogte niet groter zijn dan vier meter. Het volumegewicht van zetmeelaardappelen is circa 700 kg per m³. Bij een storthoogte van vier meter kan dus per m² vloeroppervlak circa 2800 kg aardappelen worden bewaard.

In de bewaarplaats moet, afhankelijk van de inbrengapparatuur, 1,0-1,5 meter vrije ruimte boven de aardappelen aanwezig zijn.

17.7 Bewaarverliezen

Er zijn slechts in beperkte mate gegevens beschikbaar over bewaarverliezen van zetmeelaardappelen in de verschillende typen bewaarruimten. Onderzoek in de jaren 1988 en 1989 heeft voor een bewaarperiode van 85-90 dagen in kuilen de volgende verliescijfers opgeleverd:

- goede kwaliteit aardappelen, koel bewaard 2-4% uitbetalingsgewicht;
- goede kwaliteit aardappelen, warm bewaard 5-8% uitbetalingsgewicht;
- onrijp geoogste aardappelen 10-30% uitbetalingsgewicht.

Aangenomen wordt dat de verliezen bij bewaring in sleufsilos en schuren iets lager zijn. Tussen rassen bestaan aanzienlijke verschillen in geschiktheid voor bewaring. Goed tot vrij goed bewaarbaar zijn onder andere de rassen Elkana, Karnico, Kardal en Kartel. Daarentegen zijn Astarte en Kanjer minder, respectievelijk niet geschikt voor bewaring.

17.8 Optreden van ziekten en gebreken tijdens de bewaring

Het beste bewaarresultaat wordt bereikt met een gezonde partij, waarin geen rotte of beschadigde knollen voorkomen en waarin de hoeveelheid grond - goed verdeeld over de partij - niet meer bedraagt dan 10%. Als bovendien een correcte wondhelingsperiode wordt toegepast, zullen de bewaarverliezen doorgaans gering zijn.

Als in een partij rotte (moeder)knollen voorkomen of 'jong ziek' van Phytophthora, dan is het van belang om de partij snel te drogen en de temperatuur zo laag mogelijk te houden. Partijen waarin rot voorkomt, moeten totdat ze droog zijn, dag en nacht worden geventileerd, zo mogelijk steeds met drogende lucht. In perioden dat geen drogende lucht beschikbaar is, kan men intern ventileren. Daarna is het belangrijk om de partij droog te houden. Dergelijke partijen moeten dagelijks worden gecontroleerd. De aanwezigheid van kleine vliegjes of van stank in de bewaarplaats alsmede snelle temperatuurstijgingen kunnen op rot wijzen. Het rot zal zich, behalve bij Phoma, sneller uitbreiden naarmate de temperatuur hoger is. In partijen met rot of 'jong ziek' moet de temperatuur tijdens het drogen bij voorkeur niet boven de 15-18°C uitkomen.

17.8.1 Ziekten

Natrot

Als bij de oogst in een partij knollen met natrot voorkomen, zullen door versmering ook andere (beschadigde) knollen worden besmet. Als niet snel genoeg wordt gedroogd, zal het rot zich uitbreiden en ontstaan er nesten rotte knollen, vooral in stortkegels van grond. Partijen waarin meer dan 1% knollen met natrot voorkomt, zijn niet of heel moeilijk bewaarbaar.

Fusariumdroogrot

Deze schimmelziekte treedt pas op na het inschuren. Tijdens de oogst kan de schimmel via wonden de knol binnendringen. Voorzichtig oogsten en een goede wondhelingsperiode verkleinen de kans op het grootschalig optreden van Fusarium.

Phytophthora

Door Phytophthora aangetaste knollen kunnen bij de oogst in een partij aanwezig zijn in de vorm van (nat)rotte knollen of van 'jong ziek'. Het rot treedt bij Phytophthora op als secundaire aantasting door bijvoorbeeld natrotbacteriën of Fusarium. Onder 'jong ziek' worden door Phytophthora aangetaste knollen verstaan, die nog niet tot rotting zijn overgegaan.

Als meer dan circa 1% knollen met natrot voorkomt in een door Phytophthora aangetaste partij, zal de partij niet of moeilijk bewaarbaar zijn. 'Jong ziek' hoeft weinig problemen op te leveren mits snel wordt gedroogd. In het najaar van 1992 zijn partijen 'gered' met tot 10% 'jong ziek'. Voor een dergelijk resultaat moet continu met veel drogende lucht worden geventileerd. Daartoe zal de lucht meestal 's nachts moeten worden opgewarmd. Dit betekent wel extra gewichtsverliezen voor het gezonde deel van de partij. Direct afzetten kan dan een beter alternatief zijn.

17.9 Probleempartijen

17.9.1 Erg natte partijen met veel grond

Het is in de eerste plaats van belang om de grond zo goed mogelijk te verdelen zodat geen stortkegels ontstaan. Vervolgens zal de partij zo snel mogelijk moeten worden gedroogd. Dit is lastiger naarmate later in het seizoen is gerooid. Opwarming van de lucht zal dan vaak nodig zijn.

Als een natte partij in een bewaarplaats wordt gebracht waarin zich al droge aardappelen bevinden en waarbij het ventilatiekanaal zowel onder de droge als de natte aardappelen ligt, zal de lucht grotendeels via de droge partij ontsnappen. Door de droge aardappelen met bijvoorbeeld plastic af te dekken, kan men de lucht dwingen door de natte partij te gaan.

17.9.2 Partijen met natrot.

Hier is snel drogen bij zo laag mogelijke temperatuur (maximaal 15 - 18°C) geboden om uitbreiding van het rot te voorkomen. Er dient continu te worden geventileerd. Als geen drogende lucht beschikbaar is, dan intern ventileren. Partijen waarin meer dan 1% natrot voorkomt, kunnen meestal niet lang worden bewaard en moeten dagelijks op verdere uitbreiding van rot worden gecontroleerd.

17.9.3 Partijen met 'jong ziek'.

Dergelijke partijen moeten eveneens zo snel mogelijk worden gedroogd. Als heel snel en goed wordt gedroogd, kunnen partijen met 10% 'jong ziek' nog houdbaar zijn.

17.9.4 Natgeregende partijen.

Als een partij in de wagen flink nat is geregend, dan is bewaring temidden van een nietnatgeregende partij riskant. Beter kan men natgeregende aardappelen apart opslaan en snel afzetten. Op de raakvlakken van de knollen kan vanwege afdichting met versmeerde grond, zuurstofgebrek optreden, hetgeen kan leiden tot rot.

De kans op rot is gering als een natgeregende partij pas wordt verwerkt nadat deze weer is opgedroogd.

18 KWALITEITSEIGENSCHAPPEN

De kwaliteitseigenschappen van de knollen worden enerzijds bepaald door de erfelijke eigenschappen van het ras. In wisselwerking daarmee beïnvloeden anderzijds de groeiomstandigheden in hoge mate de uiteindelijke kwaliteit. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen uit- en inwendige kwaliteitseigenschappen en -gebreken.

18.1 Uitwendige eigenschappen en gebreken

18.1.1 Knolgrootte

Met het oog op een zo hoog mogelijk rendement (en voor het beperken van aardappelopslag) zijn kleine knollen ongewenst. Deze geven relatief meer afval, terwijl hun onderwatergewicht meestal laag is.

18.1.2 Vuilinsluiting

De kwaliteit van aardappelmeel wordt in belangrijke mate ongunstig beïnvloed door vuil insluiting als gevolg van bepaalde gebreken zoals knolbeschadigingen, groeischeuren en schurft.

Knolmisvorming

Een onregelmatige groei van de knollen, veroorzaakt door een wisselende vochtvoorziening, kan leiden tot een onregelmatige knolvorm en tot groeischeuren. Dit wordt nog versterkt door een zware stikstofbemesting. Groeischeuren vormen een bron van vuilinsluiting.

Oogdiepte

Ondiepe ogen en een glad schiloppervlak maken een goede reiniging van de knollen mogelijk, waardoor zo min mogelijk verontreinigingen in het meel terecht komen.

Beschadiging

Uitwendige beschadiging van knollen kan bestaan uit ontvellingen, snij en vleeswonden en barsten. Vooral de gevoeligheid voor het optreden van barsten is rasgebonden. Dit kan aanleiding zijn om bij sommige rassen extra zorg te besteden aan de behandeling van de aardappelen. Tegen de eerste drie vormen van beschadiging is geen enkel ras bestand. De normale zorg voor het product hoort deze beschadigingen te voorkomen. Dit betekent het oogsten van alleen goed afgeharde knollen alsmede een juiste afstelling en gebruik van oogst- en inschuurapparatuur.

Schurft

Knollen die door schurft, hetzij gewone (pok)schurft of poederschurft, zijn aangetast, kunnen gemakkelijk vuil opnemen door versmering of beschadiging.

Aantasting door schurft wordt uitgebreid besproken in het hoofdstuk 'Ziekten en plagen'.

18.2 Inwendige eigenschappen en gebreken

Van de droge stof is zetmeel verreweg het belangrijkste bestanddeel. Daarnaast vormen eiwit en vezel de grootste bestanddelen.

Bij de productie van aardappelzetmeel wordt een scheiding gemaakt tussen de componenten vezel, vruchtwater en zetmeel. Hoe hoger het zetmeelrendement (kg zetmeel per 100 kg grondstof) des te lager zijn de productiekosten per kg zetmeel in de fabriek. Het zetmeelrendement hangt in de eerste plaats af van het zetmeelgehalte van de aardappelen. Het zetmeelgehalte is weer nauw gerelateerd aan het drogestofgehalte. Het zetmeelrendement wordt verder beïnvloed door de verhouding zetmeel en opgeloste stoffen (suikers, eiwit, mineralen etc.) in de droge stof. Een laag percentage opgeloste stoffen betekent een

hoog zetmeelrendement.

18.2.1 Drogestofgehalte

Het drogestofgehalte van de knol wordt vooral bepaald door de mate waarin de cellen zijn gevuld met zetmeel. In de praktijk wordt veelal gesproken van het onderwatergewicht. Het onderwatergewicht is het gewicht van 5050 gram (natte) aardappelen onder water. Droge-stofgehalte en onderwatergewicht zijn heel nauw met elkaar verbonden, zodat het onderwatergewicht een goede maat is voor het droge-stofgehalte van aardappelen. De hoogte van het onderwatergewicht bepaalt het basis of uitbetalingsgewicht van zetmeelaardappelen volgens de formule:

$$\text{Basisgewicht (=uitbetalingsgewicht)} = \text{veldgewicht} * \frac{\text{onderwatergewicht}/1.01}{100} \cdot 100$$

* = gewassen gewicht na aftrek van kortingen

Dit betekent dat veldgewicht en basisgewicht gelijk zijn bij een onderwatergewicht van 404 gram. Is het onderwatergewicht hoger, dan neemt het basis of uitbetalingsgewicht ten opzichte van het veldgewicht toe. Het drogestofgehalte van zetmeelaardappelen ligt meestal tussen de 21 en 28%, hetgeen overeenkomt met een onderwatergewicht van respectievelijk 400 en 540 gram.

Het onderwatergewicht wordt beïnvloed door een complex van factoren, waarbij iedere factor zijn eigen invloed heeft, maar waarvan sommige factoren elkaars effect ook kunnen versterken of verzwakken. Ras, neerslag, temperatuur, lichtintensiteit, bodem, bemesting: alle groeifactoren spelen een rol. De beïnvloeding van het onderwatergewicht is dusdanig ingewikkeld dat wij ons hier beperken tot de invloed van de belangrijkste factoren, en de factoren die met behulp van teeltmaatregelen zijn te beïnvloeden.

Het onderwatergewicht is in sterke mate een raseigenschap. Verschillende rassen geteeld op dezelfde plaats en onder dezelfde omstandigheden kunnen zeer verschillende onderwatergewichten geven. Naast het ras beïnvloeden ook de groei-omstandigheden het onderwatergewicht. In het algemeen kan worden gesteld dat factoren die de loofgroei stimuleren, zoals veel vocht en stikstof, het onderwatergewicht van de knollen verlagen en dat factoren die de knolgroei bevorderen het onderwatergewicht verhogen.

Wanneer er geen factoren zijn die de groei sterk beperken, neemt het onderwatergewicht in de loop van het groeiseizoen toe. De toename is het sterkst tijdens het eerste deel van de groeiperiode. Het onderwatergewicht is het hoogst wanneer alleen de toppen van de planten nog groen zijn, daarna neemt het weer iets af. Het oogsttijdstip, beter gezegd tijdstip van loofvernietiging, heeft dan ook invloed op het onderwatergewicht. Wanneer het groeiseizoen voortijdig wordt beëindigd, blijft het onderwatergewicht lager dan wanneer het gewas uit had kunnen groeien. Van sommige laatrijpende rassen moet het loof vaak groen worden vernietigd om tijdig te kunnen oogsten. Dergelijke gewassen kunnen worden vervroegd door het pootgoed voor te kiemen en door de stikstofbemesting te verlagen. Een verlaging van de stikstofgift heeft twee effecten: het niveau van het onderwatergewicht is gedurende het hele groeiseizoen hoger, terwijl bovendien het gewas wordt vervroegd, waardoor eerder een hoger onderwatergewicht en een hoger uitbetalingsgewicht wordt bereikt.

De vochtvoorziening speelt een belangrijke rol bij de totstandkoming van het uiteindelijke onderwatergewicht. Wanneer de vochtvoorziening niet optimaal is, wordt er weliswaar minder droge stof geproduceerd, maar het drogestofgehalte van de knollen neemt toe. Dit betekent dat het onderwatergewicht toeneemt. In droge jaren zijn de onderwatergewichten dan ook meestal hoger dan in natere jaren.

Naast de vochtvoorziening heeft de bemesting een belangrijke invloed op het onderwatergewicht. Stikstof verlaagt in het algemeen het onderwatergewicht. Hetzelfde geldt voor de kalibemesting. Chloor uit chloorkali heeft ook een verlaging van het onderwatergewicht tot gevolg. Chloorkali - toegediend na de winter - verlaagt daarom het onderwatergewicht sterker dan patentkali.

18.2.2 Gehalte aan suikers

Bij zetmeelaardappelen moet worden gestreefd naar een zo laag mogelijk gehalte aan suikers. Deze suikers ontstaan immers ten koste van zetmeel. Suikervorming kan vooral tijdens (te koude) bewaring optreden.

Met name in strenge winters kost suikervorming de zetmeelindustrie miljoenen.

Veel factoren hebben invloed op het suikergehalte van aardappelknollen: ras, rijpheid, bemesting,

weersomstandigheden en bewaaromstandigheden. Veel van deze factoren vertonen wisselwerkingen met elkaar. Dit maakt het gehalte aan suikers tot uitkomst van een bijzonder ingewikkeld proces, waarvan nog veel zaken niet bekend zijn.

Een belangrijke factor is het ras. Rassen kunnen (na bewaring) aanzienlijke verschillen in suikergehalte laten zien. Een ras als Karakter scoort daarbij doorgaans beter dan bijvoorbeeld Elkana.

Naarmate het gewas afrijpt, neemt het suikergehalte van de knollen af; enkele weken voor het volledig afsterven van het loof bereikt het suikergehalte zijn dieptepunt. Wanneer het loof wordt vernietigd voordat de knollen het minimale suikergehalte hebben bereikt, heeft het gehalte tijdens de bewaring ook de neiging om sterker toe te nemen dan bij volledig uitgerijpte knollen. In dit mechanisme speelt ook de stikstofbemesting een rol. Stikstof vertraagt immers de afrijping en verhoogt de kans dat een te groen gewas moet worden geklapt of doodgespoten, waarbij het minimumsuikergehalte in de knollen nog niet is bereikt.

De bewaartemperatuur heeft een grote invloed op het suikergehalte. Een temperatuur van 8-10°C geeft de minste kans op suikerophoping. Bij een dergelijke bewaartemperatuur zal echter doorgaans te veel kieming optreden. Als compromis tussen deze twee kwaden wordt als bewaartemperatuur 5-6°C geadviseerd.

18.2.3 Eiwit

Het (winbaar) eiwitgehalte van zetmeelaardappelen is rasafhankelijk en varieert van 0,9 - 1,65%. Rassen met een relatief hoog eiwitgehalte zijn ondermeer Kartel, Karida, Kardent, Kanjer en Seresta. Daar het eiwit bij de verwerking van zetmeelaardappelen als bijproduct wordt gewonnen, wordt een hoog eiwitgehalte als een goede raseigenschap beschouwd.

18.2.4 Viscositeit en korrelgrootte van zetmeel

De viscositeit is een belangrijke fysische eigenschap van zetmeel. Afhankelijk van de bestemming van het zetmeel is een hogere of een lagere viscositeit gewenst. De viscositeit is vrij sterk gerelateerd aan het fosforgehalte van het zetmeel. Hoe hoger het fosforgehalte des te hoger is de viscositeit. De viscositeit is ook rasafhankelijk. Elkana produceert zetmeel met een grote viscositeit. Ook de korrelgrootte van het zetmeel is voor de productie van bepaalde derivaten van belang. Ook deze eigenschap is rasafhankelijk. Verwacht wordt dat eigenschappen als viscositeit en korrelgrootte in de toekomst een grotere rol zullen gaan spelen, om gericht bepaalde producten te kunnen produceren. Daartoe zullen rassen afzonderlijk moeten worden opgeslagen en verwerkt.

18.2.5 Amylose / amylopectine

Aardappelzetmeel bestaat uit twee soorten korrels, amylose en amylopectine in een verhouding van ongeveer 1:4. Amylose is een onvertakte, amylopectine een vertakte glucosepolymeer. Daar voor bepaalde doeleinden de ene soort geschikter is dan de andere, moeten beide componenten soms worden gescheiden. Met het ras Apriori, dat is ontstaan via genetische modificatie van het ras Karnico, is het mogelijk geworden om amylosevrije zetmeelaardappelen te produceren.

18.2.6 Gehalte aan glycoalkaloïden

Glyco-alkaloïden komen voor in alle delen van de aardappelplant. Het zijn stoffen die in hoge dosering giftig zijn. In de aardappelknollen komt het hoogste gehalte vlak onder de schil voor. Wanneer het gehalte hoger is dan 150 mg per kg, kan mogelijk een bittere smaak worden waargenomen. Aardappelen met zulke hoge gehalten zijn niet geschikt voor consumptie.

Het gehalte aan glyco-alkaloïden wordt door een aantal factoren beïnvloed zoals: ras, blootstelling aan licht, rijpheid, beschadiging en groeiomstandigheden.

Er zijn grote verschillen tussen rassen in hun gehalte aan glyco-alkaloïden. Bij het inkruisen van resistenties worden vaak wilde aardappelsoorten gebruikt die soms een hoog gehalte aan glyco-alkaloïden hebben.

Naast de gewenste resistentie wordt dan soms ook ongewild een hoog gehalte aan glycoalkaloïden ingekruist. Daarom vormt de bepaling van het gehalte aan glyco-alkaloïden een onderdeel van het rassenonderzoek.

Een aantal zetmeelaardappelrassen is vanwege een te hoog gehalte aan glyco-alkaloïden niet geschikt voor menselijke consumptie.

Factoren als bemesting, bodem, temperatuur en neerslag tijdens het groeiseizoen hebben weinig effect op het gehalte aan glyco-alkaloïden.

18.2.7 Stootblauw

Stootblauw, kortweg blauw, is een blauwgrijze of soms bruinigrijze inwendige verkleuring van het knolweefsel, die meestal niet uitwendig aan de knol valt waar te nemen. Het verschijnsel treedt het sterkst op rond de vaatbundelring. Blauw als gevolg van mechanische beschadiging bij de oogst (rooierslag) resulteert in plekken opgedroogd zetmeel in de knol, die de zetmeelwinning bemoeilijken. Bij stoten of vallen worden cellen en celdelen beschadigd. Hierdoor kunnen het aminozuur tyrosine en andere fenolen worden omgezet in het bruinigrijze of blauwzwarte melanine. Voor de vorming van de laatste stof is het noodzakelijk dat voldoende zuurstof bij de beschadigde cellen kan komen.

Er is een groot aantal factoren van invloed op de blauwgevoeligheid. De belangrijkste hiervan zullen in het navolgende kort worden besproken.

De gevoeligheid voor stootblauw is sterk rasafhankelijk. Het ene ras is gevoeliger dan het andere (zie Rassenlijst). Verder is de gevoeligheid sterk afhankelijk van de groeiomstandigheden en de grondsoort. Het onderwatergewicht speelt een belangrijke rol bij de blauwgevoeligheid. Naarmate het onderwatergewicht van aardappelen van één en hetzelfde ras hoger is, is meestal de blauwgevoeligheid groter. Niet alle rassen met een hoog onderwatergewicht zijn echter ook blauwgevoelig. Het onderwatergewicht wordt beïnvloed door de kali-, chloor- en stikstofvoorziening van het gewas. Vooral kali en chloor verlagen het onderwatergewicht, waardoor meestal de blauwgevoeligheid afneemt. Het meest effectief is chloor, gevolgd door kali (zie hoofdstuk 'Bemesting'). Behalve via het onderwatergewicht verlagen kali en chloor de blauwgevoeligheid ook nog langs een andere weg. Een grote kalirijkdom van de grond (hoog kaligetal) heeft een groter effect op de blauwgevoeligheid dan een hoge kalibemesting. Stikstof verlaagt net als kali en chloor het onderwatergewicht en vermindert daarmee vaak ook de blauwgevoeligheid enigszins. Het effect van stikstof is echter veel minder uitgesproken dan dat van kali en chloor.

Tot slot is de temperatuur van de aardappelknollen sterk bepalend voor de blauwgevoeligheid. Naarmate de bodemtemperatuur in de herfst lager wordt, neemt de kans op blauw (rooierslag) bij het rooien toe.

18.2.8 Holheid

Dit verschijnsel kan soms aanleiding geven tot knolrot. Beschrijving en maatregelen ter voorkoming zijn besproken in het hoofdstuk 'Bijzondere verschijnselen'.

18.2.9 Uitbetaling naar kwaliteit

Bij de uitbetaling van zetmeelaardappelen worden door AVEBE premies en kortingen toegepast, die afhankelijk zijn van de kwaliteit van het geleverde product (voor gedetailleerde informatie wordt verwezen naar het jaarlijks verschijnende zogenaamde groene boekje). Van de per vracht aangevoerde bruto hoeveelheid aardappelen wordt eerst de tarra (aardappelvreemde bestanddelen zoals grond, stenen, kienhout) afgetrokken. Vervolgens wordt zonodig nog een zogenaamde kgkorting toegepast, die afhankelijk is van de mate waarin knollen met gebreken en/of aardappelvreemde bestanddelen aanwezig zijn. Daarbij wordt getarreerd op:

- knollen met vuilinsluiting als gevolg van beschadiging, ziek, groeischeuren en zware schurft(roest)aantasting;
- rotte, zieke, bevroren en verbroeiende knollen;
- overige gebreken: groen, blauw en schurftaantasting.

Bij de vaststelling van de uiteindelijke kwaliteit worden ook verontreinigingen met darg en veen in aanmerking genomen.

Het netto veldgewicht minus de kg-korting, vermenigvuldigd met de prijs per ton veldgewicht (is afhankelijk van het onderwatergewicht) bepaalt de hoogte van het bedrag dat per vracht wordt uitbetaald. Vrachten die aan hoge kwaliteitseisen voldoen, worden gepremieerd.

18.2.10 Pootgoedteelt voor eigen gebruik

Bij de zetmeelaardappelteelt is het uit kostenoverwegingen gebruikelijk om het benodigde pootgoed zelf te vermeerderen. Daartoe wordt regelmatig een hoeveelheid basis- of gecertificeerd pootgoed aangeschaft, dat vervolgens een of meerdere keren wordt vermeerderd. Deze pootgoedvermeerdering vindt plaats

volgens de regels van T.B.M. (Teeltbeschermende maatregelen). Daarbij geldt als uitgangspunt dat het pootgoed op AM-vrije grond wordt geteeld. Verder wordt door de NAK een veldkeuring en een partijkeuring uitgevoerd. De daarbij gestelde eisen zijn minder zwaar dan die aan de NAK-klasse C worden gesteld. Kwalitatief goed pootgoed vormt de basis voor een gezonde zetmeelaardappelteelt. Zwaar met virus besmet pootgoed kan tot tientallen procenten opbrengstderving leiden. Daarom is er alle aanleiding om veel aandacht te besteden aan de eigen pootgoedvermeerdering. Dit betreft met name het beperken van de virusbesmetting en de besmetting met bacterieziekten zoals zwartbenigheid en stengelnatrot, alsmede een goede bewaring opdat het pootgoed met een optimale groeikracht kan worden gepoot.

Binnen het bestek van deze teelthandleiding kan slechts in het kort worden ingegaan op de verschillende aspecten van de pootgoedteelt. De nadruk zal daarbij liggen op enkele specifieke aspecten van de pootgoedteelt in het TBMgebied. Voor meer informatie wordt verwezen naar de teelthandleiding van pootaardappelen'.

18.3 Pootgoedvoorbehandeling

Voor de pootgoedteelt moet de voorbehandeling van het pootgoed gericht zijn op een vlotte opkomst en een snelle beginontwikkeling van het gewas. Dit kan het best worden bereikt door het pootgoed goed voor te kiemen en - tenzij het pootgoed helemaal vrij is van sclerotien - een behandeling tegen *Rhizoctonia* toe te passen. Als vervolgens voorzichtig wordt gepoot, zodat weinig kiembeschadiging optreedt, mag op een snelle en uniforme opkomst worden gerekend. Dit heeft als voordeel dat al vroeg met de selectie kan worden begonnen. Bovendien krijgen ziekten als *Rhizoctonia* en *Fusarium* dan minder kans.

18.3.1 Poten

Ook bij de teelt van TBM-pootgoed verdient het aanbeveling om een grondbehandeling in de rij uit te voeren met een fungicide. Om problemen met *Fusarium* en bacterieziekten zoveel mogelijk te beperken, moet worden vermeden dat droog of natrotte poters in de pootmachine terecht komen. In het geval er rotte knollen in het pootgoed aanwezig zijn, is het dan ook van belang om deze er voor het poten uit te halen.

18.3.2 Bestrijding virusziekten

De belangrijkste virusziekten zijn bladrol en Y-virus. Bladrol is een zogenaamd persistent virus. Een besmette bladluise kan hiermee gedurende langere tijd een groot aantal planten besmetten. Het non-persistente Y-virus blijft slechts kort in de luis achter en kan daardoor slechts één of twee planten besmetten.

Een effectieve bestrijding van virusziekten bestaat uit een combinatie van de volgende maatregelen:

- Het gebruik van gezond uitgangsmateriaal; bij voorkeur basispootgoed van de klasse E of hoger.
- Een zo vroeg mogelijke start van de selectie in een luisvrij gewas; des te eerder zieke planten zijn verwijderd des te beter.
- Het uitvoeren - zodra de NAK de noodzaak hiervan aangeeft - van een luisbestrijding om een besmetting met het bladrolvirus te voorkomen, door middel van een gewasbespuiting met bijvoorbeeld een systemisch middel; wanneer bij het poten TEMIK is gebruikt voor de bestrijding van aardappelmoehed, dan zijn geen gewasbespuitingen nodig.
- Als door omstandigheden onvoldoende selectie kan worden uitgevoerd of in geval van rassen die vatbaar zijn voor Y-virus, kunnen bespuitingen worden uitgevoerd met 7 liter minerale olie + 0,2 liter van een pyrethroïde; hiermee moet worden begonnen zodra 90% van de planten boven staat, terwijl elke 7 - 10 dagen (bij zeer snelle gewasgroei elke 5 dagen) een vervolgbespuiting moet worden uitgevoerd tot één week voor de loofvernietiging. Als minerale olie wordt toegepast, kunnen voor de *Phytophthora*-bestrijding geen koper- of tinhoudende middelen of Shirlan worden gebruikt.
- In een strook van 25 meter rond het pootgoedperceel dienen eventueel aanwezige zetmeelaardappelen luisvrij te worden gehouden.
- Een tijdige loofvernietiging voorkomt een zware besmetting van het pootgoed met virusziekten.

18.4 Loofvernietiging en oogst

Om aantasting van de knollen door *Rhizoctonia* zoveel mogelijk te beperken, verdient looftrekken de voorkeur bij de loofvernietiging van pootaardappelen. Doorgaans zal nog een bespuiting met een chemisch middel nodig zijn om onvoldoende verwijderde stengels te doden. Een andere methode van loofvernietiging die de laatste jaren opgang maakt in het zetmeelaardappelgebied is het groenrooien en onderdekken. Een voordeel van deze methode is, dat de loofdoding volledig mechanisch kan worden uitgevoerd en er geen hergroei optreedt. Tijdens het groenrooien kan een knolbehandeling tegen *Rhizoctonia* worden uitgevoerd, wat de mogelijkheid biedt om het pootgoed enkele weken in de grond te laten zitten voor een goede afharding van de schil. Om het optreden van *Rhizoctonia* te beperken, is het verder van belang dat zo weinig mogelijk groene gewasdelen bij de aardappelen in de nieuwe rug terecht komen. Daartoe verdient een loofklapper met zijafvoer de voorkeur.

Als de loofvernietiging door middel van klappen en spuiten of alleen spuiten wordt uitgevoerd, zal - vooral als geen grondbehandeling tegen *Rhizoctonia* is toegepast - binnen 14 dagen moeten worden gerooid om te voorkomen dat het pootgoed te zwaar door *Rhizoctonia* wordt aangetast. Dit betekent vaak dat moet worden toegegeven op een goede afharding van de schil, die van groot belang is om beschadigingen bij de oogst te beperken. Beperking van beschadiging is essentieel om knolaantasting door bacterieziekten of schimmelziekten zoals *Fusarium* te voorkomen. Met het oog op beperking van problemen met bacterieziekten zoals stengelnatrot en zwartbenigheid is het van het allergrootste belang dat rotte knollen en (rotte) moederknollen zo vroeg mogelijk worden verwijderd. Bij voorkeur moet dit op de rooimachine gebeuren of anders bij het inschuren.

18.5 Bestrijding bewaarziekten

Zilverschurft en *Fusarium* kunnen tijdens de bewaring flink afbreuk doen aan de kwaliteit van het pootgoed. Problemen met *Fusarium* kunnen worden verminderd door te oogsten met zo weinig mogelijk beschadiging en door het hanteren van een wondhelingsperiode, direct na het binnenbrengen van het pootgoed in de bewaarplaats. Een goede wondheling kan worden gerealiseerd door gedurende ongeveer 10 dagen een temperatuur van 15-18°C aan te houden en een relatieve luchtvochtigheid >90%. Laatstgenoemde eis kan worden gerealiseerd door tijdens de wondhelingsperiode zo weinig mogelijk te ventileren. Meestal kan worden volstaan met enkele keren per dag een paar minuten draaien voor luchtverversing.

Voor de bestrijding van zilverschurft is het essentieel dat de aardappelen binnen een week na het inbrengen in de bewaarplaats droog zijn en vervolgens droog worden gehouden. Condens op de knollen tijdens de bewaring is funest; het leidt onmiddellijk tot een zware aantasting. Condens kan worden voorkomen door een goede isolatie van de bewaarplaats en door niet met lucht te ventileren die warmer is dan de temperatuur van de aardappelen.

Als ondanks toepassing van bovenstaande maatregelen toch problemen met bewaarziekten worden verwacht, kan een chemische behandeling worden overwogen. Hiertoe moeten de pootaardappelen tijdens het binnenbrengen in de bewaarplaats met een fungicide worden behandeld. Van belang hierbij is dat aan de ene kant zo weinig mogelijk vloeistof wordt gebruikt, maar dat anderzijds alle knollen uniform met het middel worden bedekt.

18.6 Bewaring

Pootaardappelen moeten zodanig worden bewaard, dat ze bij het poten over een optimale groei­kracht beschikken. Dit vraagt in de eerste plaats een goede wondhelingsperiode na het inschuren om overmatig vochtverlies en problemen met *Fusarium* te vermijden (zie 'bestrijding bewaarziekten'). Vervolgens moet de temperatuur van de knollen langzaam omlaag worden gebracht tot circa 4°C in begin november. Rassen met een erg lange kiemrust, die bovendien niet snel fysiologisch verouderen, zoals Karnico, kunnen beter bij een temperatuur van 5 à 6°C worden bewaard. Worden ze kouder bewaard, dan zullen ze bij het poten fysiologisch nog onvoldoende ver ontwikkeld zijn om een vlotte opkomst en een snelle begingroei te geven,

zeker wanneer niet wordt voorgekiemd. Als wel wordt voorgekiemd, moeten traag kiemende rassen medio februari een warmtestoot krijgen. Zodra de kiemen een halve cm lang zijn, kan het pootgoed in het licht worden gezet voor een goede afharding van de kiemen.