



Teelt van consumptieaardappelen

Samenstelling: dr.ir. A. Veerman

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
Sector AGV
2003

© 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.dlo.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

pagina

1	MORFOLOGIE (BOUW) VAN DE AARDAPPELPLANT	9
1.1	Het loof.....	9
1.2	De knollen	9
1.3	De wortels.....	10
1.4	Bloei en besvorming	10
1.5	Productie van droge stof	10
1.5.1	Fotosynthese (= assimilatie)	10
1.5.2	Ademhaling (= dissimilatie)	11
1.5.3	Factoren die de productie van droge stof beïnvloeden	11
1.5.4	Lichtintensiteit	11
1.5.5	Water.....	11
1.5.6	Temperatuur	12
1.5.7	Kooldioxide	12
1.5.8	Leeftijd van het blad.....	12
1.5.9	Nutriënten	12
1.5.10	Groeipatroon	12
2	HOE KOMT DE KNOLOPBRENGST VAN EEN GEWAS TOT STAND?	14
2.1	Groeipatroon	14
2.1.1	Periode tussen poten en opkomst.....	14
2.1.2	Periode van loof- en knolgroei.....	14
2.2	Factoren die het groeipatroon beïnvloeden	14
2.2.1	Periode tussen poten en opkomst.....	14
2.2.2	Periode van loof- en knolgroei.....	15
2.3	Dagelijkse productie van droge stof	16
2.4	Seizoensproductie van droge stof	16
2.5	Drogestofverdeling	17
2.6	Drogestofgehalte van de knollen	17
2.7	Potentiële productie	17
3	VRUCHTOPVOLGING	18
3.1	Teeltfrequentie	18
3.2	Voorvrucht	18
4	RASSENKEUZE	20
4.1	Resistenties	20
4.2	Rijptijd.....	20
4.3	Grond	20
4.4	Kwaliteit	20
5	POOTGOEDBEHANDELING.....	21
5.1	Fysiologie van de knol	21
5.2	Factoren die de lengte van de kiemrust bepalen.....	21
5.3	Factoren die de kiemgroei beïnvloeden.....	21
5.4	Fysiologische leeftijd van de knol en groeiverloop van het gewas.....	22

5.5	Pootgoedbehandeling	22
5.5.1	Voorbehandeling: goed of beperkt voorkiemen?	22
5.5.2	Hoe te handelen?	23
5.5.3	Voorkiemen in bakjes, zakken of kisten.....	24
5.5.4	Voorbehandeling van partijen in bulk.....	24
6	STANDDICHTHEID.....	25
6.1	Opbrengst.....	25
6.2	Sortering.....	25
6.3	Pootgoedbehoefte per ha.....	25
6.4	Standdichtheid en rijenafstand	26
6.5	Standdichtheid en knolkwaliteit.....	26
6.6	Potermaat en gewasontwikkeling	26
6.7	Snijden van pootgoed.....	26
7	BEMESTING	28
7.1	Stikstof	28
7.1.1	Effecten op gewas en omgeving	28
7.1.2	Richtlijnen.....	29
7.1.3	Bijzondere situaties.....	29
7.1.4	Aftrekposten.....	30
7.1.5	Methoden om de stikstofbemesting te optimaliseren	30
7.1.6	Rijenbemesting	31
7.1.7	Toediening	31
7.2	Fosfaat	32
7.2.1	Toediening	32
7.3	Kalium en chloor	32
7.3.1	Grondtoestand en gift	32
7.3.2	Toediening	33
7.4	Magnesium	33
7.5	Sporenelementen.....	34
8	POOTBEDBEREIDING EN POTEN	35
8.1	Pootbedbereiding	35
8.1.1	Zand- en dalgronden	35
8.1.2	Klei- en zavelgronden	35
8.1.3	Versmering en verslemping	35
8.2	Poten.....	36
8.2.1	Spuitbanen	36
8.2.2	Rijenafstand	37
9	RUGOPBOUW	38
9.1	Rugvorm en ruggrootte	38
9.2	Het tijdstip van rugopbouw	38
9.3	De wijze van rugopbouw.....	38
10	ONKRUIDBESTRIJDING.....	40
10.1	Mechanische onkruidbestrijding	40
10.2	Chemische onkruidbestrijding	40
10.3	Onkruidbestrijding in het begin van het groeiseizoen.....	40
10.3.1	Klei- en zavelgrond.....	40
10.3.2	Zandgrond	41
10.4	Onkruidbestrijding later in het groeiseizoen.....	41
11	ZIEKTEN EN PLAGEN.....	42

11.1	Schimmelziekten.....	42
11.1.1	Phytophthora.....	42
11.1.2	Rhizoctonia	45
11.1.3	Gewone schurft	46
11.1.4	Netschurft.....	47
11.1.5	Poederschurft.....	47
11.1.6	Wratziekte.....	47
11.1.7	Fusarium-droogrot	48
11.1.8	Phoma of gangreen	48
11.1.9	Roodrot	49
11.1.10	Verticillium of verwelkingsziekte.....	49
11.1.11	Sclerotinia of rattekeutelziekte	49
11.1.12	Zilverschurft.....	50
11.2	Bacterieziekten.....	50
11.2.1	Zwartbenigheid en stengelnatrot	50
11.2.2	Bruinrot.....	51
11.2.3	Ringrot.....	52
11.3	Virusziekten.....	52
11.3.1	Soorten en verspreiding	52
11.4	Dierlijke schadeveroorzakers	53
11.4.1	Aardappelpycnostictia	53
11.4.2	Het maïswortelknobbelaaltje en bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje, <i>Meloidogyne chitwoodi</i> en <i>Meloidogyne fallax</i>	55
11.4.3	Het noordelijk wortelknobbelaaltje, <i>Meloidogyne hapla</i>	55
11.4.4	Wortellesieaaltjes, <i>Pratylenchus spp.</i>	56
11.4.5	Vrijlevende wortelaaltjes, Trichodoridae	56
11.4.6	Bladluizen	56
11.4.7	Toprol.....	57
11.4.8	Coloradokever	57
11.4.9	Aardappelstengelboorder	58
11.4.10	Aardrups	58
11.4.11	Ritnaald	58
11.4.12	Slak	58
11.4.13	Regenworm	58
11.5	Aardappelopslag.....	59
11.5.1	Aardappelopslag uit knollen	59
11.5.2	Aardappelopslag uit zaad	59
12	BIJZONDERE VERSCHIJNSELEN	60
12.1	Onderzeeërs	60
12.2	Doorwas	60
12.3	Holheid	61
12.4	Groeischeuren en andere knolmisvormingen	61
12.5	Groene knollen	61
12.6	Roestvlekken.....	62
12.7	Zwarte harten.....	62
12.8	Naveleindverkleuring en naveleindrot.....	62
13	BEREGENING EN OPBRENGST	64
13.1	Berekening en kwaliteit	64
13.2	Wanneer beregenen?.....	64
13.3	Hoe beregenen?.....	65
13.4	Druppelirrigatie.....	65
13.5	Beregenen met zout water	65

14	LOOFVERNIETIGING	66
14.1	Loofklappen	66
14.2	Doodspuiten.....	66
14.3	Loofbranden.....	66
14.4	Doodspuiten en doorwas	67
15	OOGST.....	68
15.1	Rooien	68
15.2	Inschuren	68
15.3	Ras en knoltemperatuur	69
15.4	Rooiverlies	69
15.5	Moederknollen.....	69
15.6	Spuitsporen.....	69
15.7	Oogsten in twee werkgangen.....	69
16	BEWARING.....	71
16.1	Inleiding	71
16.1.1	Verdamping.....	71
16.1.2	Ademhaling	71
16.1.3	Schimmel- en bacterieziekten.....	71
16.2	Drogen van aardappelen	72
16.2.1	Wanneer is buitenlucht drogend?.....	72
16.2.2	Koude nachten benutten om te drogen?.....	72
16.2.3	Lucht opwarmen?.....	73
16.2.4	Berekening kachelcapaciteit	73
16.2.5	Wanneer droog?.....	73
16.3	Wondheling	73
16.4	Koelen en bewaren	74
16.4.1	Gewenste bewaartemperatuur	74
16.4.2	Hoe ventileren als het gewenste temperatuurniveau is bereikt?	75
16.5	CO ₂ en bakkleur.....	75
16.6	Toepassing van kiemremmingsmiddelen.....	75
16.7	Opwarmen van aardappelen	76
16.7.1	Verloop opwarming	76
16.8	Optreden van ziekten en gebreken tijdens de bewaring.....	76
16.8.1	Ziekten.....	76
16.8.2	Gebreken	77
16.8.3	Probleempartijen	78
17	KWALITEITSEIGENSCHAPPEN.....	79
17.1	Uitwendige eigenschappen en gebreken	79
17.1.1	Knolvorm	79
17.1.2	Oogdiepte	79
17.1.3	Schilkleur	79
17.1.4	Kieming	79
17.1.5	Beschadiging.....	80
17.1.6	Gewone schurft, poederschurft, netschurft, zilverschurft en Rhizoctonia.....	80
17.2	Inwendige eigenschappen en gebreken	80
17.2.1	Drogestofgehalte.....	80
17.2.2	Glazigheid	81
17.2.3	Stootblauw	82
17.2.4	Onderhuidse verkleuringen, anders dan blauw	82
17.2.5	Holheid en roestvlekken	83
17.2.6	Bakkleur (gehalte aan reducerende suikers).....	83
17.2.7	Grauwkleuring na koken en voorbakken	84

17.2.8	Nitraatgehalte.....	85
17.2.9	Gehalte aan glyco-alkaloiden.....	86
18	DE TEELT VAN VROEGE AARDAPPELEN.....	87
18.1	Grond en bemesting.....	87
18.2	Voorbehandeling pootgoed.....	87
18.3	Poten en verzorging.....	87
18.4	Plasticafdekking.....	87
18.5	Teelt van vroege fritesaardappelen.....	88

1 Morfologie (bouw) van de aardappelplant

De aardappel maakt, evenals tomaat, [aubergine](#), tabak, Spaanse peper en petunia, deel uit van de Solanaceae-familie. 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 Het 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 De 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, kunnen vertakken.

Aan de uiteinden van de stolonen worden de knollen aangelegd. We spreken van knolaanleg zodra de zwelling aan het uiteinde van de stolon twee maal zo dik is als de stolon zelf. Het uiteinde van de knol dat is verbonden met de stolon 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 waarin zetmeel ligt opgeslagen. Na de schors volgt 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 verloopt het transport vanuit de stolon de knol in, tijdens de kieming verloopt het transport in de richting van de kiemen.

Wanneer een knol wordt beschadigd, wordt op de plaats van beschadiging een nieuwe kurklaag gevormd

om de bescherming van de knol te herstellen. Dit proces van wondheling verloopt het best bij een temperatuur van 12 tot 18 °C, een hoge relatieve luchtvochtigheid en de aanwezigheid van voldoende zuurstof.

Een aardappelknol die in licht te kiemen wordt gezet, vormt zogenaamde lichtkiemen. De kiemen zijn het begin van de stengels en ze 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 kan de aanleg van wortels zichtbaar worden. Lichtkiemen bezitten een aantal kenmerkende eigenschappen. Dit zijn onder andere kleur, 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 De 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 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 (bijvoorbeeld Bintje) 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°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 daarin 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.

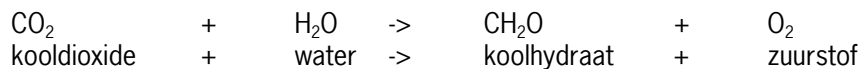
Factoren die de productiesnelheid beïnvloeden

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 en het drogestofgehalte van de knollen van belang. In dit hoofdstuk wordt besproken welke factoren van invloed zijn op de productiesnelheid van de aardappelplant.

1.5 Productie van droge stof

1.5.1 Fotosynthese (= assimilatie)

Het proces waar - zoals bij alle groene planten - alles om draait, is de fotosynthese ofwel 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.

1.5.2 Ademhaling (= dissimilatie)

De ademhaling is het omgekeerde proces van fotosynthese en vindt - in tegenstelling tot de fotosynthese - plaats in alle plantedelen. 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 plantedelen en de derde vorm is voor het onderhoud van diezelfde plantedelen. 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 plantedelen.

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.

1.5.3 Factoren die de productie van droge stof beïnvloeden

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

1.5.4 Lichtintensiteit

Het is de energie uit het zonlicht die de fotosynthese mogelijk maakt. Ongeveer de helft 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 fotosynthesesnelheid hangt af van de lichtintensiteit, maar het verband is niet recht evenredig. Naarmate de lichtintensiteit toeneemt, is de toename van de fotosynthesesnelheid minder groot (afnemende meeropbrengst). Dit betekent in ons land dat op een zwaar bewolkte dag in de zomer de fotosynthesesnelheid de helft bedraagt van die op een onbewolkte dag, ondanks het feit dat de lichtintensiteit veel minder dan de helft bedraagt.

1.5.5 Water

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

In de formule van de fotosynthese was al te zien 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, de knollen voor 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, dan worden de huidmondjes (gedeeltelijk) gesloten om uitdroging van de plant te voorkomen. Doordat de huidmondjes sluiten, kan echter minder kooldioxide worden opgenomen, waardoor de assimilatiesnelheid en

dus de productie daalt.

1.5.6 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 fotosynthesesnelheid echter 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.

1.5.7 Kooldioxide

Bij een hoger kooldioxidegehalte van de lucht neemt de assimilatiesnelheid van aardappelplanten toe. Het is in een open teelt echter niet mogelijk dit gehalte te verhogen, zoals in kasteelten 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, dan 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.

1.5.8 Leeftijd van het blad

De oudere, dus lager gelegen, bladeren van de plant hebben een lagere maximale fotosynthesesnelheid dan de jonge bladeren boven in de plant. De maximale fotosynthesesnelheid wordt door oudere bladeren bereikt bij een lagere lichtintensiteit dan door jongere bladeren. Voor een maximale seizoensproductie van een gewas is het noodzakelijk dat tot 5 à 6 weken voordat de afrijping van het gewas begint, nieuw blad wordt gevormd, zodat boven in het gewas blad aanwezig blijft met een hoge maximale fotosynthesesnelheid.

1.5.9 Nutriënten

De bovenstaande relaties tussen klimaatsfactoren en de aardappelplant zijn beschreven voor de situatie dat de plant naar behoren is voorzien van nutriënten. Indien echter tekort aan één of meerdere voedingselementen optreedt, worden de relaties anders. Wanneer bijvoorbeeld een tekort aan stikstof ontstaat, loopt de maximale fotosynthesesnelheid terug en deze wordt 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".

Hoe komt de knolopbrengst van een gewas tot stand?

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

1.5.10 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, watervoorziening, lichtintensiteit, stikstofvoorziening, fysiologische

leeftijd van de moederknol en plantdichtheid. De reactie op de verschillende factoren verschilt bovendien per ras.

Veel factoren beïnvloeden het groeipatroon van een aardappelgewas en zijn daardoor in belangrijke mate bepalend voor opbrengstverschillen tussen percelen en regio's. Niet alle verschillen kunnen namelijk worden verklaard uit verschillen in (netto) fotosynthese en de lengte van het groeiseizoen. Een verschil is bijvoorbeeld dat het ene ras een groter aandeel van de geproduceerde droge stof in de knollen investeert dan het andere.

2 Hoe komt de knolopbrengst van een gewas tot stand?

2.1 Groeipatroon

2.1.1 Periode tussen poten en opkomst

De vorming van kiemen gevolgd door de vorming 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 de kieming en 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. Hierdoor wordt de opkomst versneld.

2.1.2 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 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 al snel na de knolaanleg 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, maar doordat het late gewas 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 (vroeg markt, 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: vroeg- of laatheid van de grond, eventueel volgewas en het optreden van droogteperiodes of ziektedruk.

2.2 Factoren die het groeipatroon beïnvloeden

2.2.1 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 verkruiemde grond die de kiemen goed omsluit, dan 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. Op zware grond is daarom als regel het aantal stengels per knol lager dan op zavelgrond.

2.2.2 Periode van loof- en knolgroei

Daglengthe en temperatuur

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

Bij een korte daglengthe wordt relatief weinig loof gevormd en worden knollen al snel na opkomst van het gewas aangelegd. Bij een lange daglengthe 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 daglengthe. Ieder ras heeft een kritische daglengthe. Dat houdt in dat een ras alleen knollen gaat vormen wanneer de daglengthe korter of gelijk is aan die kritische daglengthe. Late rassen die in ons land (lange dag) worden geteeld, hebben een kortere kritische daglengthe dan de vroegere rassen. Naarmate latere rassen bij kortere daglengthe worden geteeld, gaan ze zich meer gedragen als vroege gewassen. Sommige late rassen met een erg korte kritische daglengthe 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 daglengthe er uitziet. In het algemeen is het zo dat lage temperaturen, vooral lage nachttemperaturen, en korte daglengthe de knolaanleg vervroegen en dat omgekeerd lange daglengthe en hoge temperaturen de knolaanleg vertragen. 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 daglengthe is bij lage en gematigde temperaturen (tot 20 °C) sterker bij late dan bij vroege rassen.

Wanneer de knollen eenmaal zijn gevormd, zijn de effecten van daglengthe en temperatuur op het groeipatroon van het gewas minder groot. Extreem hoge temperaturen kunnen echter - vooral in combinatie met een niet-optimale 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 daglengthe knollen vormen, wordt bij lange daglengthe de knolaanleg vertraagd of zelfs voorkomen. Rassen die zijn aangepast aan een lange daglengthe gedragen zich bij korte dagen als vroegere rassen.

Lichtintensiteit

Een hoge lichtintensiteit zorgt voor relatief minder loofgroei en bevordert de knolaanleg. Dit werkt in de richting van een vroeg gewasstype. 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, ontstaan er problemen met de opkomst en een trage ontwikkeling van het loof. De nadelige effecten zijn onder lange-dagcondities, zoals in Nederland, minder uitgesproken dan onder korte-dagcondities. Korte-dagcondities heersen in veel van de landen waarheen Nederland pootgoed exporteert.

Stikstof

Wanneer een gewas met veel stikstof is bemest, wordt er meer loof gevormd. Dit kan tot gevolg hebben dat de aanleg van knollen wordt uitgesteld, maar een belangrijker effect is 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, doordat met het oog op een tijdige oogst het loof 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 (met behulp van wellicht veel actieve stof) hetgeen nadelig is voor de kwaliteit van de te oogsten aardappelen. Daarnaast heeft een hoge

stikstofbemesting ook op andere manieren negatieve gevolgen voor de kwaliteit. Bij het streven naar een matige stikstofbemesting kan deling van de stikstofgift in combinatie met het gebruik van de "bladsteeltjesmethode" een goed hulpmiddel zijn. Deze methode wordt 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.

2.3 Dagelijkse productie van droge stof

Voor een hoge dagelijkse drogestofproductie 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 buurt 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.

2.4 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 het 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. Ook kan de teelt worden vervroegd door de aardappelruggen na het poten af te dekken met plastic. De mogelijkheid tot vroeg poten kan echter worden beperkt door eigenschappen van ras en bodem en door de temperatuur. Sommige rassen verdragen het slecht om in een koude grond te worden gepoot. Wanneer het doel van de teelt niet de vroege consumptiemarkt betreft, moet het ras voldoende laatrijpend zijn om vroeg poten en voorkiemen zinvol te laten zijn. Wanneer immers een ras na voorkiemen niet meer in staat is om tot eind augustus groen te blijven, dan gaat het voordeel van voorkiemen aan het eind van het seizoen weer verloren. Naarmate een ras nog later afrijpt, kan ook aan het eind van het groeiseizoen de groeiperiode worden verlengd. Ook dit wordt echter beperkt. In dit geval is het de toenemende kans op slechte rooiomstandigheden die de lengte van het groeiseizoen beperkt. Hoe sterk deze beperking geldt, hangt uiteraard af van de grondsoort en het weer. Met het oog op de knolkwaliteit moet het gewas op het moment van loofvernietiging al vrij ver zijn afgerijpt. Bij voorkeur moet de grondbedekking met groen loof dan niet meer dan circa 40% bedragen. Voor een voldoende lang groeiseizoen is het verder van belang dat de voorziening met nutriënten, stikstof in

het bijzonder, 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 deze mogelijkheid beperken.

2.5 Drogestofverdeling

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 noemt men de oogstindex. 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.

2.6 Drogestofgehalte van de knollen

Het drogestofgehalte 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 (onderwatergewicht) in de knollen lager is, dan zal de opbrengst hoger zijn, doordat de oogst meer water bevat. De invloed van teeltmaatregelen op het drogestofgehalte en de consequenties daarvan worden uitgebreider besproken in het hoofdstuk "Kwaliteitseigenschappen".

2.7 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 versgewicht betekent dit een knolopbrengst van ongeveer 100 ton. Niet alle rassen zijn echter in staat om zo'n lange groeiperiode vol te maken. Daarnaast is het bijvoorbeeld op zware grond in verband met oogstrisico niet verstandig om gewassen zo lang groen te houden. Voor het ras Bintje is een maximale groeiperiode van ± 20 mei tot ± 10 september realistischer. Bij een snelle beginontwikkeling in het voorjaar betekent dat een potentiële productie van 80 ton.

Er zijn verschillende redenen waarom de potentiële productie meestal niet wordt bereikt. Om te beginnen kan het gebeuren dat het maximaal aantal groeidagen niet kan worden gehaald, bijvoorbeeld door laat poten of een trage beginontwikkeling. Het loof moet gedurende de gehele periode gezond en onbeschadigd blijven. Door ziekten en plagen en gebrek aan nutriënten kan de oppervlakte en/of het functioneren van het loof verminderen, waardoor eveneens de hoeveelheid onderschepde 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.

3 Vruchtopvolging

Zowel de voorvrucht als de frequentie in het bouwplan kunnen opbrengst en kwaliteit van aardappelen beïnvloeden. Daarnaast heeft de teeltfrequentie ook effect op de bodemvruchtbaarheid. Teveel aardappelen (en andere rooivruchten) in het bouwplan leidt tot een verslechtering van de bodemstructuur en tot het optreden van bodemgebonden ziekten en plagen.

3.1 Teeltfrequentie

Naarmate het aandeel van aardappelen in het bouwplan groter is, neemt de opbrengst in het algemeen af, zoals enkele vruchtwisselingsproeven hebben aangetoond.

Het blijkt dat - althans in de IJsselmeerpolders bij het ras Bintje - de teeltfrequentie een groot effect op de opbrengst kan hebben. In Westmaas is echter – ook bij Bintje - geen opbrengstverschil geconstateerd tussen 1 op 3 en 1 op 4 teelt. Eén keer in de twee jaar aardappelen leidde wel tot een flinke opbrengstdaling te opzichte van een ruimere vruchtwisseling. Gebleken is dat de opbrengstdaling bij een frequentere teelt op kleigrond vooral wordt veroorzaakt door bodemgebonden ziekten zoals *Verticillium*, netschurft en in mindere mate *Rhizoctonia*. Als rassen worden geteeld die tolerant zijn voor *Verticillium* en/of resistent tegen netschurft dan is de opbrengstdaling als gevolg van frequente teelt gering, zo is uit onderzoek gebleken. Verder speelt ook de verslechterende bodemstructuur bij nauwe rotaties een rol bij de opbrengstdaling. Thans wordt op klei- en lössgrond, respectievelijk op Westmaas en Wijnandsrade nagegaan of de Binje-opbrengst kan worden verbeterd door afwisseling van Bintje met andere rassen. Behalve de opbrengst wordt ook de knolkwaliteit negatief beïnvloed bij toenemende frequentie van de aardappelteelt. Op “De Schreef” werd een toename van zowel netschurft als het aandeel misvormde knollen in de oogst gevonden.

Op zandgrond blijken minstens zo grote opbrengstreducties als gevolg van een hoge teeltfrequentie te kunnen optreden als op kleigrond. Bij dit door de Landbouwniversiteit uitgevoerde onderzoek bleken *Verticillium dahliae*, wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) en *Rhizoctonia solani* de veroorzakers te zijn van de opbrengstverliezen.

Bij de keuze van de teeltfrequentie kan, afgezien van economische motieven, ook een besmetting met aardappelmoehed een rol spelen. Dat geldt met name bij besmettingen met populaties waartegen geen resistente rassen aanwezig zijn. Wat de maximale teeltfrequentie met het oog op een duurzame landbouw mag zijn, is moeilijk precies aan te geven. Vrij algemeen wordt echter aangenomen dat 25% aardappelen in het bouwplan (1 op 4) wel het maximum is.

3.2 Voorvrucht

De meeste gewassen zijn in principe geschikt als voorvrucht voor aardappelen. Toch is uit onderzoek van Hoekstra op onder meer “De Schreef” gebleken, dat een aantal voorvruchten tot opbrengstverlaging aanleiding kan geven. Dit geldt in de eerste plaats suikerbieten, die in een 1 op 3 rotatie ten opzichte van graszaad tot een 9% lagere aardappelopbrengst leidden. Ook vlinderbloemigen als peulvruchten, rode klaver en luzerne bleken echter minder goede voorvruchten, met name voor rassen die gevoelig zijn voor *Verticillium*. Rode klaver en luzerne voor aardappelen gaven opbrengstdalingen bij het ras Bintje van circa 5% ten opzichte van haver als voorvrucht. Bintje-opbrengsten na erwten bleken gemiddeld over 15 jaar 5% lager dan na graszaad. Voor droge erwten en veldbonen is aangetoond dat deze opbrengstreductie veroorzaakt werd door *Verticillium*. Er zijn aanwijzingen dat dezelfde oorzaak ook voor rode klaver en luzerne in het geding is. Grasland, kunstweide en graszaad staan bekend als zeer goede voorvruchten voor aardappelen.

De sterke stikstofmineralisatie na meerjarige kunstweide of grasland kan echter leiden tot een te laag onderwatergewicht of een hoog nitraatgehalte van aardappelen. Ook kan na kunstweide of grasland meer netschurft optreden. Stoppelgewassen en groenbemesters die worden ondergeploegd hebben dikwijls een

opbrengstverhogend effect op aardappelen. Deze gewassen leveren bovendien een bijdrage aan de bodemvruchtbaarheid.

4 Rassenkeuze

De belangrijkste criteria voor rassenkeuze van consumptieaardappelen zijn: past het ras bij de grond (textuur, bodemgebonden ziekten) waarop het moet worden geteeld en zijn er - tegen een redelijke prijs - afzetmogelijkheden voor het ras. In eerste instantie kan de Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen een leidraad zijn voor de rassenkeuze. Daarnaast bieden de meeste handelshuizen ook rassen aan die het nog niet tot de Rassenlijst hebben gebracht. Andere zaken waarop men bij de rassenkeuze moet letten zijn: resistenties tegen ziekten en plagen en vroegrijpheid.

4.1 Resistenties

Wat betreft resistenties is in de eerste plaats die tegen aardappelmoeheid (AM) belangrijk. Om de wenselijkheid van het telen van een AM-ras te kunnen aangeven, is het zinvol om - afhankelijk van de AM-situatie op het bedrijf - per 1 à 2 teelten, een intensieve grondbemonstering (AMI) te laten uitvoeren. Deze AMI kan het best direct na een voorgaande aardappelteelt worden gedaan. Worden hierbij cysten gevonden dan kan een soort- en zo mogelijk een pathotypebepaling uitsluitend geven over de gewenste resistentie in het te telen ras.

Als men regelmatig last heeft van het optreden van schurft op de knollen, dan verdient het aanbeveling om een ras te kiezen met een goede resistentie tegen deze ziekte.

Om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen bij de teelt van consumptieaardappelen flink te beperken, is een goede resistentie tegen *Phytophthora infestans* gewenst. Helaas is het aantal gangbare rassen met voldoende resistentie tegen deze ziekte nog zeer beperkt. Het afbouwen van het areaal van de meest vatbare rassen zou echter al tot een verbetering van de *Phytophthora*-situatie kunnen leiden.

4.2 Rijptijd

De rijptijd van een ras moet passen bij de beschikbare groeiperiode. Als men reeds eind juli wil oogsten, dan vraagt dit een tamelijk vroegrijpend ras, dat in een korte groeiperiode een relatief hoge opbrengst kan geven. Voor de primeurteelt, die voor 15 juli wordt geoogst, zijn alleen de vroegste rassen geschikt. Deze rassen worden gekenmerkt door een vlotte beginontwikkeling, een matige loofontwikkeling, een relatief vroeg op gang komen van de knolgroei, een korte groeiperiode en een gunstige loof-knolverhouding.

4.3 Grond

Er zijn rassen die op kleigrond wel, maar op zandgrond niet goed presteren en omgekeerd. Verder moet men op zware kleigrond, waar om risico te mijden al vroeg moet worden geoogst, bij voorkeur geen laatrijpend ras kiezen.

Ook de stikstofrijkdom van de grond kan een rol spelen bij de rassenkeuze. Zo zal men op stikstofrijke grond liever geen rassen telen die van nature al veel loof vormen of laat afrijpen. Ook verdient het aanbeveling om op stikstofrijke grond geen rassen te telen die erg vatbaar zijn voor *Phytophthora* of die van nature al een erg laag onderwatergewicht hebben.

4.4 Kwaliteit

Als aardappelen die bestemd zijn voor verwerking tot frites of chips lang moeten worden bewaard, dan zullen ze ook laat in het bewaarperiode nog over een goede bakkleur moeten beschikken. Rassen, die vatbaar zijn voor *Fusarium*-droogrot zijn niet geschikt voor langdurige bewaring. Schurftgevoelige rassen zijn, behalve op weinig schurftgevoelige grond, ongeschikt voor de teelt van tafelaardappelen.

5 Pootgoedbehandeling

5.1 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.

5.2 Factoren die de lengte van de kiemrust bepalen

De lengte van de kiemrust wordt onder meer 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 Eersteling, Diamant en Bintje veel sneller dan bijvoorbeeld Alpha, Agria en Désirée. 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. Zelfs sterk 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 waarbij de minimumtemperatuur niet onder de 8 °C komt tot een geringe verkorting van de kiemrust leiden. Als er enige tijd sprake is van temperaturen lager dan 5 °C en vervolgens temperaturen boven de 10 °C, dan kan een verkorting van de kiemrust van betekenis optreden.

Onderzoek heeft aangetoond dat CA-bewaring met ten opzichte van lucht een verhoogde kooldioxide- en een verlaagde zuurstofconcentratie, het tijdstip van uit de kiemrust komen sterk kan versnellen. Hoge temperaturen (25-28 °C) tijdens de bewaring kunnen de duur van de kiemrust ook sterk bekorten. Dit effect kan nog worden versterkt door circa één week voor de loofvernietiging een gewasbespuiting met gibberellinezuur uit te voeren. Dit laatste is echter voor de praktijk (nog) te duur. Bekorting van de kiemrust kan van belang zijn voor de export van pootgoed naar landen waar in de loop van de herfst alweer moet worden gepoot.

5.3 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 à 4 °C, dan wordt de “topspruitperiode” overgeslagen en ontwikkelen zich direct meerdere kiemen per knol.

De groeisnelheid van kiemen wordt onder meer 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;
- afkiemen; 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 à 4 °C treedt geen of nauwelijks kiemgroei op. De optimumtemperatuur voor kiemgroei ligt rond de 20 °C.

5.4 Fysiologische leeftijd van de knol en groeiverloop van het gewas

Het groeivermogen van een poter in relatie tot zijn fysiologische leeftijd is in Figuur 5 aangegeven. 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. Uit Figuur 5 blijkt dat de lengte van de periode met maximale groeikracht afhankelijk is van ras en bewaar temperatuur.

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 zulk 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. Het pootgoed wordt dan wel "versleten" genoemd. Bij sommige rassen, zoals Bintje en Jaerla, 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 Doré, bij voorkeur laat en ondiep worden gepoot.

Het ideale fysiologische ontwikkelingsstadium van een pootgaardappel hangt vooral af van de lengte van het voor de teelt beschikbare groeiseizoen. Zo is voor consumptie aardappelen, 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 – zonder het maximale groeivermogen te overschrijden- 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, zoals Doré, Alcmaria, Jaerla en andere kunnen, zeker als pas laat kan worden gepoot, fysiologisch te oud zijn. Dit kan bij ongunstige groeiomstandigheden tot onderzeeërvorming leiden. Enkele rassen met een erg lange kiemrust zoals Agria, Aziza en Morene 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.

5.5 Pootgoedbehandeling

5.5.1 Voorbehandeling: 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.

Toch blijkt goed voorgekiemd pootgoed bij de teelt van consumptie aardappelen niet altijd de hoogste opbrengst te leveren. Dit hangt af van ras, grondsoort en groeiomstandigheden. Vooral middenvroeg rijpende rassen sterven op zavelgrond vaak te vroeg af als voorgekiemd pootgoed is gebruikt. Met

pootgoed dat in het “wittepuntjes”-stadium wordt gepoot, worden in dergelijke gevallen dikwijls minstens zo goede resultaten bereikt.

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

- het groeiseizoen korter is en derhalve onrijper moet worden geoogst;
- de grond zwaarder is; op zware grond heeft men meestal minder last van het te vroeg afsterven van het gewas;
- het pootgoed op het tijdstip van poten zwakker is, bijvoorbeeld bij onderzeeërgevoelige rassen die één of meermalen zijn afgekiemd;
- beperking van het oogstrisico op zware grond een belangrijke rol speelt.

Bij laatrijpende rassen kan voorkiemen de opbrengst gunstig beïnvloeden, maar vooral ook een positieve invloed hebben op de kwaliteit, vanwege een betere afrijping op het tijdstip van loofvernietiging. Dit geldt onder meer voor kwaliteitseigenschappen zoals drogestofgehalte, bakkleur en grauwkleuring na koken of voorbakken.

Ook de sortering kan door voorkiemen worden beïnvloed, onder meer als gevolg van meer of minder stengels per plant, waardoor meer of minder knollen per plant worden gevormd. Niet voorkiemen levert vaak wat meer stengels per poter op.

Bij het poten moet het pootgoed in elk geval “wakker” zijn, dat wil zeggen dat er kleine kiempjes (“witte puntjes”) zichtbaar moeten 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 poter en kiemen aan te tasten. Dit kan leiden tot een holle, onregelmatige stand van het gewas. De thans in de praktijk veel gevolgde werkwijze, waarbij het pootgoed tot maximaal één week voor het poten in de mechanische koeling blijft, houdt daardoor risico's in. Dit geldt in het bijzonder voor pootgoed van rassen met een lange kiemrust en pootgoed dat niet vrij is van Fusarium en Rhizoctonia. Een periode van twee weken tussen het uit de mechanische koeling halen en het poten en bij traag kiemende rassen van drie tot vijf weken verdient dan ook de voorkeur boven een periode van enkele dagen tot een week.

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 en vermindert de kans op het optreden van doorwas.

5.5.2 Hoe te handelen?

Pootgoed bestemd voor de teelt van consumptieaardappelen 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. Bewaartemperaturen lager dan 3 °C moeten worden vermeden. Bij sommige rassen kan de kieming hierdoor ongunstig worden beïnvloed, we spreken dan van koudeschade. Bij vlot kiemende rassen zoals Bintje, betekent buitenluchtkoeling dat men soms in maart of april het pootgoed één of meer keren moet omstorten vanwege een te uitbundige kiemgroei. Voor gezonde partijen is dit - behalve soms voor enkele onderzeeërgevoelige rassen - geen bezwaar.

Als het pootgoed moet worden voorgekiemd wordt het - na het zonedig verwijderen van de topspruit - in de tweede helft van februari in kiembakken gedaan. Als op dat moment verder nog geen kiemen aanwezig zijn, wordt meestal een “warmtestoot” gegeven. Bij een warmtestoot wordt als regel gedurende enkele dagen een temperatuur van 15 - 20 °C in de bewaar ruimte aangehouden 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 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.

5.5.3 Voorkiemen in bakjes, zakken of kisten

Het voorkiemen van pootaardappelen wordt nog wel uitgevoerd in kiembakjes met een inhoud van circa 10 kg. Een nadeel van voorkiemen in kiembakjes is, dat het erg bewerkelijk is. Dit betekent vooral bij het poten vertraging. In plaats van kiembakjes wordt vooral door consumptieaardappeltelers wel gewerkt met wijdmazige zakjes. Mits de zakjes voor niet meer dan tweederde worden gevuld, buiten worden gezet en enkele malen worden omgekeerd, kan hiermee een goed voorkiemresultaat worden bereikt. 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 tons- of kuubskisten gebruikt voor de voorbehandeling van pootaardappelen. 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 bij vroege oogstdata (begin augustus) met deze voorbehandelingsmethode een opbrengstniveau 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.

5.5.4 Voorbehandeling van partijen in bulk

Steeds meer wordt het pootgoed in de loop van maart of april in bulk of in jumbozakken op het bedrijf van de teler aangevoerd. Het pootgoed wordt dan bij voorkeur in een open kapschuur of binnen in een luchtige ruimte gezet. De kiemgroei kan dan langzaam op gang komen. Als pas laat gepoot kan worden, zal het pootgoed waarschijnlijk één of meer keren moeten worden omgestort, om te uitbundige kiemgroei en wortelvorming te voorkomen.

6 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 hoofdstengels of planten 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 knol kwaliteit, in het bijzonder van de knolgrootte.

6.1 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, dat nog tot extra opbrengstderving kan leiden. Tenslotte is in een laat sluitend gewas de kans op het optreden van doorwas groter.

6.2 Sortering

De standdichtheid bepaalt in hoge mate de sortering van de oogst. 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 grove sortering te bereiken wel gebruik gemaakt van kleine poters, bijvoorbeeld van de maat 28/35 mm. Dit heeft echter alleen effect als een zelfde plantafstand wordt aangehouden als bij grote poters. Als gevolg van een geringer aantal stengels per m² bij de kleine poters zal dan de sortering grover worden. Wel kan dit, als gevolg van een tragere beginontwikkeling en daardoor later sluiten van het gewas een wat lagere opbrengst tot gevolg hebben.

Het gewenste aantal hoofdstengels per m² hangt af van het ras en van de gewenste sortering. Bij consumptieaardappelen varieert het gewenste aantal tussen ongeveer 15 en 22. Voor tafelaardappelen, waarbij de sortering van de oogst de 60 à 65 mm doorgaans niet te boven mag gaan, geldt een aantal van rond de 20. Voor fritesrassen, waarbij naar grote knollen wordt gestreefd, ligt het gewenste aantal stengels per m² meestal dichter bij de 15.

6.3 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 ras als

Bintje 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. Als het aantal stengels per knol bekend is, dan kan het benodigde aantal knollen per ha worden berekend.

6.4 Standdichtheid en rijenafstand

Een grotere rijenafstand leidt bij een zelfde 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 met het ras Bintje op verschillende grondsoorten leverden rijenafstanden van 90 en 105 cm een bruto opbrengstderving van respectievelijk 4 en 6%. In jaren met veel uitval is de reductie van de netto afleverbare opbrengst nog iets groter.

6.5 Standdichtheid en knolkwaliteit

Naarmate het aantal hoofdstengels per m² geringer is, wordt de sortering van de opbrengst grover en neemt de knolkwaliteit af. Dit laatste is een gevolg van het meer optreden van knolmisvorming, doorwas en holhartigheid. Onderzoek in 1977 met 28, 16 en 11 hoofdstengels per m² leidde tot percentages doorwasknollen van respectievelijk 4, 13 en 19. Grotere rijenafstanden dan 75 cm geven doorgaans ook een wat hoger percentage knolmisvorming en soms iets minder groene knollen. Het onderwatergewicht is doorgaans iets hoger naarmate de standdichtheid groter is.

6.6 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 consumptieaardappelen die volledig kunnen uitgroeien, leidt dit echter als regel niet tot opbrengstverschillen van betekenis, mits het aantal hoofdstengels per m² in beide gevallen gelijk is. Op grond hiervan kan men de gebruikswaarde van een bepaalde potermaat als stengelleverancier berekenen.

6.7 Snijden van pootgoed

Als een pootaardappel wordt doorgesneden, leveren beide helften samen meer stengels (10 tot 20%) dan de hele poter. Hierdoor kan pootgoed worden bespaard. Gesneden pootgoed van een ras met lang-ovale knollen van de maat 50-60 mm vraagt 10 à 15% meer kg pootaardappelen ten opzichte van hele knollen van de maat 35-50 mm. 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 de snijmachine ziekten worden verspreid. Bij de thans beschikbare apparatuur, waarbij de messen continu door een ontsmettingsmiddel lopen, 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.

Om op elk knoldeel een gelijk aantal stengels te krijgen, moet de knol overlans, van top- naar naveleinde, worden doorgesneden. Bij het machinaal snijden is dat echter als regel niet mogelijk, waardoor men een wat onregelmatiger stengelverdeling zal moeten accepteren. Dit blijkt in de praktijk echter geen problemen op te leveren.

Het verdient aanbeveling om het pootgoed te snijden op een tijdstip dat er nog geen kiemen aanwezig zijn. Na het snijden worden de knollen meestal behandeld met talkpoeder (1 à 1,5 kg per ton) om uitdrogen van

de snijvlakken te beperken. Om het optreden van rot na het snijden zoveel mogelijk te beperken is het zaak om na het snijden een wondhelingsperiode toe te passen. Dit houdt in dat de knolhelften gedurende 5-7 dagen bij een temperatuur $> 12^{\circ}$ C en een hoge relatieve vochtigheid ($> 90\%$) moeten worden gezet.

7 Bemesting

Het doel van de bemesting van consumptieaardappelen is het behalen van een goede opbrengst van hoge kwaliteit. Voor het bereiken van een financieel optimaal resultaat moeten de toegediende meststoffen zo efficiënt mogelijk worden gebruikt.

Het vaststellen van de optimale bemesting, vooral die van stikstof, is maar beperkt mogelijk. 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 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 organische-stofgehalte van de grond, de teelt van groenbemesters, het (langdurig) gebruik van organische mest en het weersverloop. Toch is het met behulp van gewasanalyse wel mogelijk tijdens het groeiseizoen enige controle en bijsturing uit te oefenen. Daarnaast helpt eerder opgedane ervaring de effecten van zoveel mogelijk factoren te schatten en te betrekken bij de vaststelling van de uiteindelijke bemesting.

7.1 Stikstof

7.1.1 Effecten op gewas en omgeving

Opbrengst

De bemesting met stikstof (N) is van groot belang voor de opbrengst van alle gewassen en dus ook van aardappelen. 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 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 wordt verhoogd.

Wanneer de stikstofgift echter te ver wordt opgevoerd, wordt er meer loof gevormd dan voor een maximale knolproductie noodzakelijk is. Bovendien wordt dan de periode van knolgroei naar later in het seizoen verschoven. Wanneer vroeg wordt geoogst, kan hierdoor de knolopbrengst lager zijn. Vooral wanneer een hoge stikstofbemesting loofdoding in een onrijp gewas nodig maakt, is een lagere opbrengst het gevolg. Ook kan teveel loof legering veroorzaken, waardoor de mate van grondbedekking afneemt en er minder licht kan worden onderschept. Ook hierdoor wordt de opbrengst verlaagd.

Kwaliteit

Een tweede nadeel van een (te) hoge stikstofgift is het negatieve effect op diverse kwaliteitseigenschappen. Het gaat dan om eigenschappen als onderwatergewicht, bakkleur, grauwkleur en het nitraatgehalte (zie hoofdstuk “Kwaliteitseigenschappen”).

Milieuaspecten

Wanneer consumptieaardappelen behoorlijk zijn afgerijpt, kan het loof meestal met alleen 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 loofdodingsmiddelen. 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 grotere hoeveelheden stikstof in de bouwvoor. Onderzoek heeft aangetoond dat een verlaging van de huidige adviesrichtlijn met circa 45 kilo stikstof per ha, gemiddeld slechts een 1 à 2 % lagere opbrengst gaf. Dit betekent, bij een opbrengst van 50 ton, dat deze laatste 45 kilo stikstof 0,5 à 1 ton aardappelen oplevert. Met één ton aardappelen wordt

ongeveer 3 kilo stikstof van de 45 toegediende (= 7 %) afgevoerd. Van de 45 kilo blijven er dus ruim 42 (= 93 %) achter in de bodem! Deze stikstof staat gedurende de winter bloot aan uitspoeling en kan daardoor grond- en oppervlaktewater belasten. Overigens kan met behulp van de later te bespreken bladsteeltjesmethode het risico van de genoemde opbrengstderving worden beperkt.

7.1.2 Richtlijnen

In onderstaande tabellen zijn economische richtlijnen voor de stikstofbemesting voor consumptieaardappelen op klei- en zandgrond en industrieaardappelen op zandgrond weergegeven. En de richtlijnen die meer rekening houden met een aantal van de eerder beschreven nadelige effecten die hoge stikstofgiften kunnen hebben op opbrengst, kwaliteit, inzet van bestrijdingsmiddelen en verliezen van stikstof.

Tabel. Richtlijnen voor de hoogte van de stikstofbemesting (kilo N per hectare) voor consumptieaardappelen op klei- en zandgrond en industrieaardappelen op zandgrond.

bestemming	richtlijn
consumptieaardappelen, kleigrond	285 - 1,1 (N-mineraal 0-60)
consumptieaardappelen, zandgrond	300 - 1,8 (N-mineraal 0-30)
aardappelen voor de droogindustrie, zandgrond	275 - 1,8 (N-mineraal 0-30)

Tabel. Richtlijnen voor de hoogte van de stikstofbemesting (kilo N per hectare) voor consumptieaardappelen op klei- en zandgrond en industrieaardappelen op zandgrond, rekening houdende met de knolkwaliteit en het milieu.

bestemming	richtlijn
consumptieaardappelen, kleigrond	240 - 1,1 (N-mineraal 0-60)
consumptieaardappelen, zandgrond	260 - 1,8 (N-mineraal 0-30)
aardappelen voor de droogindustrie, zandgrond	2760- 1,8 (N-mineraal 0-30)

Deze richtlijnen zijn gebaseerd op een groot aantal proeven met het ras Bintje. Bij het opstellen van de richtlijnen is uitgegaan van een prijsverhouding van 1:10 (prijs van 1 kilo stikstof = prijs van 10 kg aardappelen).

De voor zand- en kleigrond verschillende richtlijnen zijn vastgesteld zonder rekening te houden met de teelt van groenbemesters en het gebruik van organische mest. Met deze laatste twee posten moet apart rekening worden gehouden, zoals in het navolgende nog wordt besproken.

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 de regel in het voorjaar 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 waarin minder stikstof uit de bemonsteringslaag is gespoeld dan in andere jaren. Ook door in het najaar toegediende dierlijke mest of een ondergewerkte groenbemester kan de bodemvoorraad hoger uitvallen.

7.1.3 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 organische-stofgehalte de nalevering relatief hoog. De eigen ervaring is dan de beste bron om de richtlijn aan te passen.

Na zware regenval kan op slempgevoelige gronden 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, hetgeen in het gewas zichtbaar wordt door een lichte kleur van het loof.

Om de gevolgen van deze omstandigheden te beperken, moeten zodra de grond het toelaat de geulen worden losgetrokken. Dit kan bijvoorbeeld met een kleine ganzevoet worden gedaan. Door de geulen los te maken, kan weer zuurstof tot de grond toetreden. Daarnaast moet het gewas zo snel mogelijk een aanvullende stikstofgift krijgen.

7.1.4 Aftrekposten

Groenbemester

Wanneer in het najaar de teelt van een groenbemester plaatsvindt, mag hiervan in het volgende jaar een stikstofnalevering worden verwacht. De groenbemester neemt, afhankelijk van de stand, een zekere hoeveelheid stikstof op. Van een vroeg gezaaide, goed geslaagde groenbemester mag, afhankelijk van het tijdstip van onderwerken, een nalevering van 25 tot 50 kilo stikstof worden verwacht.

Dierlijke mest

Ook de stikstofbijdragen uit dierlijke mest mogen niet worden verwaarloosd. 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. Daarnaast is voor de bepaling van de stikstofwerking van belang of de mest in het najaar of in het voorjaar wordt toegediend.

Bij najaarstoediening moet geen rekening worden gehouden met de minerale stikstof die de mest bevat op het moment van uitrijden. Immers, het grondmonster dat in het voorjaar wordt genomen voor de bepaling van N-mineraal bevat reeds de minerale stikstof die van de dierlijke mest is overgebleven. 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 uit mineralisatie van de mest mag worden verwacht.

Laatrijpende rassen

Voor een aantal andere rassen dan Bintje moet de stikstofrichtlijn worden aangepast. Er is een aantal nieuwe rassen dat later afrijpt dan Bintje. Ervaringen met deze rassen hebben laten zien dat globaal voor ieder half punt dat het ras volgens de Rassenlijst later is dan Bintje, ongeveer 20 kg stikstof mag worden afgetrokken om een gewas te verkrijgen dat even lang groeit als een gewas Bintje doet bij de adviesgift. Bintje heeft een vroegrijpheidcijfer van 6,5. Bij een ras met een 5,5 kan dan $2 \times 20 = 40$ kg worden gekort op de landelijke richtlijn voor Bintje.

Sommige rassen zijn zo laat - vroegrijpheidcijfer 5 of 4,5 - dat ze voor zware en sterk mineraliserende gronden minder geschikt zijn, doordat op deze gronden zulke late rassen in de meeste jaren te laat afrijpen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor onder meer opbrengst, bakkwaliteit en onderwatergewicht.

7.1.5 Methoden om de stikstofbemesting te optimaliseren

Ook al wordt de stikstofgift gebaseerd op de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het voorjaar, dan kan toch de hoeveelheid voor het gewas beschikbare stikstof sterk variëren. Dit is onder andere het gevolg van een meer of minder dan gemiddelde mineralisatie of denitrificatie. Men kan dit probleem voor een belangrijk deel ontlopen door vóór het poten slechts een deel (bijvoorbeeld 60%) te strooien van de hoeveelheid stikstof die was berekend op basis van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem. Een week na knolaanleg wordt vervolgens 20% gestrooid. 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 eind juni - half juli, kan worden vastgesteld of het nodig is om het resterende deel van de berekende hoeveelheid alsnog toe te dienen.

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, dan hoeft niet te worden bijgestrooid. Valt de uitslag onder de normlijn, dan moet wel stikstof worden bijgegeven.

Het al of niet bijstrooien van de laatste 40 kilo stikstof hangt af van de uitslag van de bladsteeltjesbemonstering. 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. Is dat vocht er niet dan moet bij voorkeur – indien mogelijk – berekend worden. Een andere overweging is het om bij droogte de bemesting in de vorm van een bladbemesting toe te dienen, de opname is dan niet afhankelijk van de vochttoestand van de bodem. Naarmate de te verwachten mineralisatie een groter deel van de totale gift uitmaakt, zit er meer onzekerheid in de hoeveelheid stikstof die beschikbaar komt. De techniek en methodiek van de bladsteeltjesmethode wordt uitgebreid beschreven in een handleiding van het IKC-agv.

Het stikstofbijmeststelsel (NBS)

Het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek heeft een systeem ontwikkeld dat is gebaseerd op grondmonsters. In dit systeem worden vanaf 3 à 4 weken na opkomst met tussenpozen enkele grondmonsters op stikstof onderzocht om vast te stellen of de bodem voldoende stikstof bevat om het gewas tot het eind van het seizoen voldoende groen te houden. Voor een goed inzicht zijn in de regel monsternames op meerdere tijdstippen nodig.

7.1.6 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 de benutting van stikstof door deze methode in de regel niet hoger wordt.

7.1.7 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 consumptieaardappelen kan dierlijke mest worden gebruikt als een gedeeltelijke vervanger van kunstmest. 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 eens in de twee jaar 125 kg fosfaat in de vorm van dierlijke mest wordt toegediend, komt dat ongeveer overeen met de onttrekking van fosfaat door het gehele bouwplan.

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 voordelig 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. Om het risico van bladverbranding te beperken, moet niet bij scherp zonnig weer worden gespoten. Wanneer men over de mogelijkheid van berekening beschikt verdient een overbemesting met kas, gevolgd door berekening de voorkeur.

Deling

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 vóórkomen 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 het

NBS-systeem. Wanneer de bodemvoorraad hoger is dan 250 kilo moet in het geheel geen stikstof worden gestrooid.

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 stikstof korter voor het poten wordt gegeven en er in het voorjaar ook nog (chloor)kali is gestrooid.

De voor het poten toe te dienen stikstof kan zowel met organische mest als met kunstmest worden toegediend. De organische-mestgift 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 de te verwachten mineralisatie 30 à 40 kilo minder is dan de totale gift. Met behulp van de bladsteeltjesmethode kan worden vastgesteld of het nodig is om deze 30 à 40 kilo 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. De praktijk leert dat het risico van de eerder genoemde 1 à 2 % lagere totaalopbrengst bij een verlaging van de richtlijn met 45 kilo bij gebruik van de bladsteeltjesmethode dan ook zeer beperkt is.

7.2 Fosfaat

Het element fosfor (P) 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 dosering 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, doordat aardappelen als gevolg van een relatief beperkt wortelstelsel niet zo gemakkelijk fosfaat opnemen. Daarom moet worden gezorgd voor voldoende opneembaar fosfaat in de grond 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 akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen".

7.2.1 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 de maand februari (eventueel maart) over het geploegde land worden gestrooid. Wanneer ze worden aangewend voor het ploegen in de herfst komt het fosfaat te diep te liggen, waardoor het minder goed bereikbaar is voor de plant en iets minder goed werkt. Daar komt bij dat fosfaat gedurende de winter kan worden omgezet in voor de plant minder goed opneembare vormen. Ook bij toediening kort voor het poten werkt het vaak minder goed dan bij toepassing in februari, in dit geval als gevolg van droogte.

7.3 Kalium en chloor

Het element kalium (K) speelt onder andere een belangrijke rol bij enzymatische omzettingen en het transport van stoffen door de plant. De dosering wordt uitgedrukt in kilogrammen kali: K_2O .

7.3.1 Grondtoestand en gift

Voor de opbrengst van consumptieaardappelen zijn doorgaans twee kalibronnen van belang: de kali uit de

grond en de kalibemesting die voor de aardappelteelt wordt toegediend. Voor de verschillende grondsoorten gelden streefgetallen voor de kalitoestand. De kalitoestand van de grond is bepalend voor de hoeveelheid kali die moet worden gestrooid. Wanneer de kalitoestand van de grond niet aan de streefwaarde voldoet, moet extra kali worden gestrooid om de kalitoestand richting streefwaarde te verhogen. Op kalifixerende gronden is de hoeveelheid kali die nodig is om de kalitoestand te verhogen groter dan op niet-fixerende grond (zie Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen).

Een grotere kaligift dan voor de opbrengst nodig is, is effectief tegen blauwgevoeligheid. Vanwege dit effect wordt vaak de voor het gehele bouwplan benodigde kali vóór het gewas aardappelen gegeven. Zowel voor opbrengst als blauwgevoeligheid geldt dat een hoge bemesting de werking van een hoger kaligetal niet kan vervangen. Daarom is het zinvol om het kaligetal niet alleen te handhaven wanneer het zich in het streeftraject bevindt, maar ook wanneer het kaligetal hoger is.

Net als kali verlaagt chloor (Cl) het onderwatergewicht en de blauwgevoeligheid. Chloor verlaagt het onderwatergewicht meestal wat sterker dan kali. De strategie om chloorkali in het najaar te geven teneinde de chloor gedurende de winter uit te laten spoelen, is gebaseerd op de angst voor zoutschade in aardappelen. Zowel oud als meer recent onderzoek op klei- en zavelgrond heeft aangetoond dat de gevoeligheid van aardappelen voor chloor niet zo groot is als soms in de praktijk wordt gevreesd. Een deel van de chloorkali kan dan ook in het voorjaar worden gegeven om daarmee de effectieve werking van chloor tegen blauwgevoeligheid te benutten.

Proeven van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid lieten bij 250 kilo chloor per hectare - toegediend in februari - een minder dan één ton lagere totaalopbrengst zien. De blauwgevoeligheid was echter geringer dan bij herfsttoepassing. Proeven met 200 tot 250 kg chloor (ruim 400 kilo kali-60) per hectare op klei- en zavelgrond gaven bij blauwgevoeligheid van enige betekenis een reductie daarvan met 20 tot 30 %. In deze proeven werd geen opbrengstderving van betekenis vastgesteld. Bovendien werd het aandeel knollen boven 50 mm verhoogd door een grovere sortering. Wanneer er al een iets lagere opbrengst leek te zijn, ging dat in geen geval ten koste van de grove knollen boven 50 mm, maar alleen van de maat 40/50. Ook dit komt doordat chloor een wat grovere sortering bevordert.

7.3.2 Toediening

Een bouwplanbemesting met kali betekent dat er vaak ongeveer 600 kg zuivere kali wordt gestrooid. Veelal wordt chloorkali gebruikt, omdat dit goedkoper is dan andere kalimeststoffen. Duizend kg chloorkali (600 kg K_2O) kan echter niet in zijn geheel in het voorjaar worden toegediend vanwege het gevaar voor zoutschade. Daarom wordt de chloorkali meestal in het najaar gegeven, zodat de chloor tijdens de winter kan uitspoelen.

Op percelen waar meestal veel blauw optreedt en bij de teelt van blauwgevoelige rassen verdient het aanbeveling om een deel van de kali-60 in het voorjaar te geven. Wanneer de chloorkali minimaal enkele weken voor het poten wordt toegediend, is de kans op zoutschade vrij gering. Naarmate de grond zwaarder is, is de kans op zoutschade geringer en kan meer chloor in het voorjaar worden gegeven.

Het strooien van chloorkali ná het poten verhoogt de kans op zoutschade, doordat de meststof zich dan in een beperkte laag grond bevindt. Het strooien van (chloor)kali over het gewas moet worden afgeraden in verband met de grote kans op schade aan het gewas. Van kali die zó laat wordt gegeven, mag bovendien weinig effect op onderwatergewicht en blauwgevoeligheid worden verwacht.

Op zeer lichte grond met minder dan 15% afslibbaar wordt aanbevolen om patentkali te gebruiken. Op grondsoorten waar in de regel weinig blauw optreedt en bij de teelt van weinig blauwgevoelige rassen is er geen aanleiding om in het voorjaar chloorkali te strooien, evenmin is er een aardappelteeltkundige aanleiding voor een bouwplan-kalibemesting.

7.4 Magnesium

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

Gebrek aan magnesium komt voor op zand-, dal- en veengronden met een lage pH. Het komt ook voor op lichte, kalkrijke kleigronden, vooral als de structuur van de grond slecht is. 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. Dit is met name het geval als het gewas ook te lijden heeft van stikstofgebrek; magnesiumgebrek wordt hierdoor versterkt. Er zijn duidelijke rasverschillen in gevoeligheid voor magnesiumgebrek. Op kleigrond draagt een slechte structuur bij aan het optreden van 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 veel water. Zonodig moet de bespuiting na 10 dagen worden herhaald. Bespuitingen met magnesiumchelaten hebben doorgaans te weinig effect. Verhogen van de magnesiumtoestand van de grond is op kleigrond niet zinvol. Ook op zand-, dal- en veengronden kan magnesiumgebrek met bovengenoemde bespuitingen worden bestreden. Het kan na grondonderzoek echter ook nodig blijken om de magnesiumtoestand door middel van een gerichte bemesting te verhogen. Hiervoor kan kiesriet of een magnesiumhoudende mengmeststof worden gebruikt. Wanneer ook een kalkbemesting nodig is kan magnesiumbevattende kalk worden toegepast. Voor het bepalen van de benodigde gift van deze meststoffen wordt verwezen naar de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen.

7.5 Sporenelementen

Sporenelementen zoals borium, koper, molybdeen en mangaan zijn weliswaar noodzakelijk voor de groei van aardappelen, maar ze zijn slechts in kleine hoeveelheden nodig en komen veelal van nature in voldoende mate voor in de bodem. Alleen mangaangebrek wordt een enkele maal waargenomen, vooral op kalkrijke klei- en zavelgronden. Het komt sterker voor naarmate deze gronden lichter zijn en meer organische stof bevatten. Ook op zandgronden met een pH-KCl hoger dan 5,4 kan mangaangebrek optreden. Net als bij magnesium bestaat er verschil tussen rassen in gevoeligheid voor mangaangebrek. In tegenstelling tot magnesiumgebrek wordt mangaangebrek het eerst zichtbaar in de top van de plant. De topblaadjes krijgen een bronsgele tint, waarin later – met name langs de nerven – bruin-zwarte vlekjes zichtbaar worden.

Het gebrek kan worden bestreden door een bespuiting met 1000 liter per hectare van een 1,5 % oplossing van mangaansulfaat of 3 tot 5 liter mangaanchelaat per hectare in 550 liter water. Deze bespuiting moet worden uitgevoerd zodra het gebrek wordt waargenomen en ze moet na twee à drie weken worden herhaald. Mangaangebrek treedt eerder op als bij de Phythophthorabespuitingen middelen worden gebruikt die geen mangaan bevatten.

8 Pootbedbereiding en poten

8.1 Pootbedbereiding

Een juiste wijze van pootbedbereiding is voor een succesvolle teelt van aardappelen een vereiste. Fouten die hierbij worden gemaakt, kunnen leiden tot versmering, verdichting, extra kluiten in de rug en tot verslemping. Een onregelmatige en vertraagde opkomst alsmede een slechte gewasgroei kunnen daarvan de gevolgen zijn. Tenslotte kan een slechte bodemstructuur als gevolg van een onjuiste wijze van pootbedbereiding oorzaak zijn van het optreden van extra misvormde, holle en groene knollen, knollen met schroeischuren en van doorwas.

8.1.1 Zand- en dalgronden

Op zand- en dalgronden kan laat worden geploegd (maart-april). Als dit gebeurt dan is het van belang dat de grond bij het poten niet te los ligt. Dit kan worden voorkomen door gebruik te maken van een vorenpakker achter de ploeg. Deze dient om de grond zodanig aan te drukken dat de overgang van losse bovengrond naar de vaste ondergrond niet te groot is zodat de opstijging van vocht zo min mogelijk wordt gehinderd en ook de overgang van losse naar vaste grond voor plantenwortels beperkt is. Ook het aanbrengen van een wiel achter de toedekschijven van ieder pootelement van de pootmachine kan zorgen voor een goede aansluiting tussen poter en grond.

Als al vroeg is geploegd en de grond reeds is bezakt, kan een goed pootbed worden gemaakt onder andere met een cultivator. Hierbij moet vooral aandacht worden besteed aan de gelijkmatigheid van de werkdiepte. Een goede dieptebegrenzing aan de cultivator is daarom noodzakelijk. Een rol met een grote diameter is daarvoor het meest geschikt.

8.1.2 Klei- en zavelgronden

Klei- en zavelgronden worden veelal voor de winter geploegd. De grond heeft dan in de meeste jaren voldoende tijd om te ververen zodat de structuur in het voorjaar voldoende los is voor het maken van een goed pootbed. Vooral bij zwaardere gronden dient er op te worden gelet dat vlak wordt geploegd zodat de dikte van de verweerde laag uniform is. Bij de pootbedbereiding is het de bedoeling dat een losse laag zonder kluiten van ongeveer 8 cm dikte ontstaat. Na het ploegen moeten nieuwe verdichtingen in de bouwvoor zoveel mogelijk worden voorkomen. Vooral verdichtingen onder de ruggen vertragen de gewasontwikkeling en kunnen daardoor aanleiding geven tot het optreden van doorwas en opbrengstdervingen van wel 10%. Daarom is het strooien van kunstmest over de vorst alsmede grondbewerking en poten in één werkgang uit gewasoogpunt een goede zaak.

Heeft men bij de voorjaarsgrondbewerking slechts een beperkte hoeveelheid losse grond dan moet worden voorkomen dat deze bij het poten direct weer wordt vastgereden. Grondschiivers voor de trekkerwielen kunnen dit voorkomen.

8.1.3 Versmering en verslemping

Een voorjaarsgrondbewerking op een te natte grond geeft kans op verdichting, versmering en kluitvorming. Als gevolg hiervan is de opkomst trager, vaak onregelmatiger en worden minder stengels en knollen gevormd. De kluiten zijn veelal bij het rooien nog aanwezig, geven dan kans op extra knolbeschadiging en leiden tot extra kosten als gevolg van langer drogen, en extra arbeid bij het sorteren en dergelijke. Bij het klaarmaken van het pootbed kan de grond ook te fijn worden gemaakt. Dit geldt vooral voor lichte grond (< 20% afslibbaar) als met aangedreven werktuigen zoals rotorkopeggen, schudeggen en volveldsfrezen wordt gewerkt. Een te fijne grond kan bij veel neerslag verslempen. Wanneer dan ook de temperatuur hoog is, kan zuurstofgebrek bij de wortels optreden. Dit kan leiden tot vertraging in de groei en in nitraatopname, hetgeen vaak zichtbaar is aan de lichte kleur van het gewas. Als gevolg van zuurstofgebrek in de bodem kan bij verslemping nitraatstikstof worden afgebroken. Dit wordt denitrificatie genoemd; het draagt bij aan een tekort aan stikstof voor het gewas.

Wanneer aangedreven werktuigen niet noodzakelijk zijn om de grond voldoende fijn te maken, verdienen niet-aangedreven werktuigen de voorkeur. Behalve dat ze goedkoper zijn, hebben ze ook als voordeel dat de kans op versmering en verslemping geringer is. Als toch aangedreven werktuigen worden gebruikt dient erop te worden gelet dat de grond voldoende grof blijft liggen en dat niet in de nog natte ondergrond wordt gewerkt.

8.2 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 grond is het verstandig 2 à 3 cm dieper te poten. Op zwaardere grond wordt de diepte vooral bepaald door de dikte van het pootbed. Het is daar vaak moeilijk om 8 cm losse grond te verkrijgen. Men kan dan beter met 1 à 2 cm losse grond minder volstaan, zonder versmering van de ondergrond, dan toch te streven naar een laag van 8 cm dikte.

Tussen de onderkant van de poter en de vaste ondergrond moet 1 à 2 cm losse grond aanwezig zijn. Is deze er niet of is de pootdiepte onregelmatig dan is de kans groot dat bij het rooien knollen worden doorgesneden. De afstand tussen de rijen moet bij het poten gelijk zijn zodat bij latere bewerkingen zoals frezen, aanaarden, schoffelen, loofklappen en rooien geen planten en knollen worden beschadigd. Bij een pootmachine met losse elementen is soms de afstand tussen de elementen niet correct. Vaker doet zich echter het probleem voor dat de markeurs niet voldoende nauwkeurig zijn afgesteld, waardoor aansluitrijen met een onjuiste afstand ontstaan. 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. Het verdient aanbeveling zoveel mogelijk de werkgangen van de pootmachine te 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, beschadigen de trekkerwielen loof en knollen en kunnen extra veel groene knollen ontstaan. 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 niet te corrigeren met aanaarden of frezen!

Met behulp van een spoorvolgend systeem blijkt het goed mogelijk te zijn om de rug precies boven de poters te leggen. Er is een tweetal mogelijkheden:

- Mechanisch: midden achter de pootmachine wordt een geul getrokken. Op de aanaarder of frees zit een volgschijf, die door de geul loopt. De volgschijf voorkomt dan het “drijven” van de machine zodat de rug precies boven de poters komt.
- Elektronisch: er zijn ook elektronische spoorvolgsystemen ontwikkeld, waardoor machines bij volgende bewerkingen na het poten precies de pootrug volgen.

Het poten kan met verschillende typen pootmachines plaatsvinden. 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 van voorgekiemd pootgoed 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.

Grondbewerking en poten kan ook in één werkgang worden uitgevoerd. Het grote voordeel hiervan is dat de rijsporen van de grondbewerking niet onder de ruggen komen te liggen. Voorts kan één man al het werk doen, zij het op zavel- en kleigronden met een geringere pootcapaciteit omdat de grondbewerking geen al te hoge rijnsnelheid toelaat.

8.2.1 Spuitbanen

Om - met name op kleigrond - onder alle omstandigheden gewasbespuitingen te kunnen uitvoeren is er sinds kort belangstelling voor het aanleggen van spuitbanen. Hoewel er meerdere mogelijkheden zijn, wordt meestal gekozen voor het weglaten van de beide buitenste rijen van een werkgang met een 4-rijige

pootmachine. Hierdoor kunnen trekkers met brede banden op een spoorbreedte van 2,25 m worden gebruikt. Behalve een betere berijdbaarheid van de grond betekenen spuitbanen ook een betere balans van machine en spuitboom. Hierdoor wordt een uniformer spuitbeeld verkregen. Een nadeel van de spuitbanen is de opbrengstderving als gevolg van een grotere onbeteelde oppervlakte. De netto-opbrengstderving is afhankelijk van de spuitboombreedte en bedraagt respectievelijk ca. 2,1% en 1,3% bij een spuitboombreedte van 24 en 36 m.

8.2.2 Rijenafstand

In de jaren 70 is veel onderzoek gedaan naar het vergroten van de rijenafstand van 75 naar 90 cm. Aanleiding was toen vooral het groter wordende laadvermogen van wagens waardoor hun stabiliteit verminderde. Uit onderzoek bleek toen dat de opbrengst bij vergroting van de rijenafstand van 75 naar 90 cm met 3-4% afnam en bij pootaardappelen en vroeg gerooide consumptieaardappelen zelfs 10% lager kon zijn. Bij hoge opbrengstniveaus werden geen duidelijke opbrengstverschillen vastgesteld. Dat deze ontwikkeling toen niet heeft doorgezet had er, behalve met de iets lagere opbrengst en de te beperkte invloed op minder groen, ook mee te maken dat telers vonden dat het 90 cm teeltsysteem niet in de standaardisatie van hun bedrijfsvoering paste en dat de investering in machines bij omschakelen groot was. De laatste jaren zijn er nieuwe rassen op de markt gekomen met een hoger opbrengstpotentieel, grovere knollen en een grotere nestbreedte. Daarnaast zijn afnemers kritischer geworden op de aanwezigheid van groene knollen. Om deze redenen zijn de problemen met groen groter geworden. Dit aspect is tijdens het onderzoek in de 70-er jaren nauwelijks meegenomen. Daarom wordt er momenteel weer onderzoek over dit onderwerp uitgevoerd waarbij behalve 90 cm-ruggen ook 75 cm-ruggen met een andere vorm en grotere pootdieptes worden bestudeerd.

9 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 de 18 °C, onder zuurstofarme omstandigheden, binnen één of enkele dagen verrotten.

9.1 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. Bij grote ruggen is de kans op groene knollen iets geringer dan bij kleinere ruggen. Wellicht kan ook een rugvorm met een brede bovenkant, de zogenaamde plateaurug, hiertoe bijdragen. Om dezelfde reden is ook de rijenafstand van 90 cm weer in de belangstelling gekomen. Het is overigens de vraag of het % groene knollen hierdoor wezenlijk kan worden beperkt. Lopend onderzoek kan hierover uitsluitsel geven.

9.2 Het tijdstip van rugopbouw

Het tijdstip van rugopbouw is afhankelijk van pootdatum, grondsoort en wijze van aanpak van de onkruidbestrijding. Naarmate vroeger in het voorjaar wordt gepoot, kan langer worden gewacht voordat een volledige rug wordt gevormd. Toch zien we op kleigronden vaak dat zodra het zaaien en poten klaar is, met het frezen wordt begonnen. Een nadeel van vroege rugopbouw is dat de ruggen vroeg in het voorjaar slechts langzaam opwarmen waardoor het langer duurt voordat de planten bovenkomen. Als gevolg hiervan is de kans op aantasting van de kiemen door Rhizoctonia groter. Dit kan leiden tot een onregelmatige opkomst, minder stengels per plant en meer knolmisvorming. Ook beperkt een vroege rugopbouw de mogelijkheden om zaadonkruiden mechanisch te bestrijden. Hiertegenover staat dat kleine ruggen in een droog voorjaar gemakkelijk uitdrogen waardoor de plantengroei ook kan worden geremd. Kiemen die droog komen te liggen, zullen minder snel of helemaal geen stengel vormen.

Op zandgronden is de Rhizoctoniadruk vanuit de grond veelal hoger. Daarom wacht men hier soms langer met de volledige rugopbouw. Bovendien kan dan tegelijkertijd het op deze gronden vaak overvloedig aanwezige onkruid worden bestreden.

9.3 De wijze van rugopbouw

Aardappelryuggen dienen te zijn opgebouwd uit losse grond die bij het rooien goed zeefbaar is en waarin geen harde kluiten voorkomen die zo groot zijn dat ze bij het rooien niet worden uitgezeefd.

Ruggen kunnen op verschillende wijzen worden opgebouwd. Op klei- en zavelgronden wordt veelal gebruik gemaakt van een door de trekker aangedreven werktuig, de frees met anaarders of rugvormers. Met dit werktuig, dat is uitgerust met freeshaken, is men in staat de grond fijn te maken. Op lichtere gronden is een aangedreven werktuig niet nodig. Hier kan van anaarders of 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 terug zakt naar de geul. Op lichte gronden mag de grond niet te fijn worden gemaakt omdat te fijne grond onder natte omstandigheden onvoldoende stabiel is en kan verslempen.

Het aantal elementen van aanaardgarnituren en rijenfrezen moet passen bij het aantal rijen van de pootmachine of omgekeerd. Na twee- of vierrijig poten passen aanaarders en rijenfrezen 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 worden gereden. Tenslotte is belangrijk dat er bij de rugopbouw op wordt gelet dat de ruggen midden boven de poters komen.

10 Onkruidbestrijding

Onkruid is in aardappelen ongewenst, omdat de onkruiden 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. Bestrijding van onkruid kan mechanisch en chemisch of gecombineerd mechanisch-chemisch plaatsvinden. Het resultaat van zowel een mechanische als een chemische onkruidbestrijding is sterk afhankelijk van het weer. Mechanische onkruidbestrijding vindt vaak plaats in combinatie met de rugopbouw.

10.1 Mechanische onkruidbestrijding

Op het gebied van mechanische onkruidbestrijding met behulp van eggen, schoffels, anaarders en dergelijke zijn er de laatste jaren duidelijk nieuwe ontwikkelingen. De moderne eggen zoals veertand- en neteggen, die goed instelbaar zijn, geven weinig beschadiging aan de opkomende aardappelplanten. Voorwaarde voor een goede mechanische onkruidbestrijding is dat de poters voldoende diep en midden in de rug liggen. Bij mechanische onkruidbestrijding moet er rekening mee worden gehouden dat het gewas na een grondbewerking gevoeliger is voor vorst of winderosie.

Ook kan bij elke bewerking in de grond vochtverlies en/of beschadiging van wortels ontstaan. Dit kan op droogtegevoelige grond de gewasgroei vertragen. Om dit zoveel mogelijk te beperken, moeten de bewerkingen dan ook zo oppervlakkig mogelijk worden uitgevoerd. Voor een goede mechanische onkruidbestrijding is meer nog dan bij een chemische onkruidbestrijding slagvaardigheid vereist om in te spelen op gunstige weers- en bodemomstandigheden.

10.2 Chemische onkruidbestrijding

Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen een volvelds-onkruidbestrijding vóór of na opkomst van de aardappelen. Daarnaast kan tot het sluiten van het gewas een behandeling tussen de rijen plaatsvinden; de onderbladbespuiting. Onderbladbespuitingen worden onder meer toegepast indien bodemherbiciden onvoldoende hebben gewerkt als gevolg van een eerdere verkeerde middelenkeuze of droogte in de periode tussen rugopbouw en opkomst. Ook is een onderbladbespuiting noodzakelijk als de mechanische onkruidbestrijding onvoldoende effectief is geweest.

De chemische onkruidbestrijding op klei- en zavelgronden wijkt af van die op zandgronden. Laatstgenoemde gronden worden gekenmerkt door een veelal grotere onkruidbezetting. Op gronden met hogere organische stofgehaltes is de werking van bodemherbiciden dikwijls onvoldoende. Chemische onkruidbestrijding heeft ten opzichte van mechanische onkruidbestrijding als voordeel dat geen wortels en stolonen worden beschadigd en dat de grond niet wordt beroerd zodat geen nieuwe onkruidzaden aan de oppervlakte kunnen worden gebracht. Een nadeel is evenwel dat chemische onkruidbestrijding niet altijd even effectief (droogte!) is en soms tot enige gewasschade kan leiden. Dit laatste is het geval als onzorgvuldig wordt gewerkt of als veel neerslag valt na toepassing van een bodemherbicide. Bovendien zijn er verschillen in rasgevoeligheid voor gewasschade als gevolg van sommige chemische middelen, raadpleeg hiervoor uw handelshuis of afnemer.

10.3 Onkruidbestrijding in het begin van het groeiseizoen

10.3.1 Klei- en zavelgrond

Met het pootklaar maken van de grond, veelal met behulp van een aangedreven eg, kan het eerste onkruid worden vernietigd. Als men vervolgens een strategie kiest waarbij het onkruid zoveel mogelijk mechanisch wordt bestreden dan kan men wachten met de definitieve rugopbouw tot kort na opkomst. Om een

vertraagde opkomst en daardoor opbrengstderving te voorkomen, moet de rugopbouw in elk geval plaatsvinden voordat de blaadjes van de bovenkomende stengels zich hebben ontvouwd. Met deze werkwijze kunnen de aanwezige onkruiden worden ondergedekt en blijkt het ook op klei- en zavelgronden vaak mogelijk aardappelpercelen zonder bodemherbicide voldoende onkruidvrij te houden. Ontwikkelt zich na aanaarden of frezen alsnog te veel onkruid dan kan dit worden bestreden door schoffelen en/of afeggen gevolgd door opnieuw aanaarden. Tot een gewaslengte van 20 - 30 cm kan men schoffelen in combinatie met aanaarden met daarvoor geschikte apparatuur. Belangrijk is dat de gebruikte apparatuur niet alleen het onkruid goed aanpakt maar ook de rug weer voldoende volume geeft. Klein onkruid boven op de rug kan men aanpakken met de eg. Dit eggen kan goed vanaf het moment dat de aardappelen 5 cm groot zijn. De aardappelkiemen staan dan stevig en worden met het eggen niet afgebroken. Het eggen kan worden uitgevoerd tot een gewashoogte van 15 - 20 cm . Na het eggen dienen de ruggen, bij voorkeur bij licht vochtige bodemcondities weer te worden aangeaard. Beschadiging van wortels, stolonen en stengels moet worden voorkomen. Zonodig kan nog een chemische correctie worden uitgevoerd door middel van een onderbladbespuiting.

Bij een volledig chemische onkruidbestrijding wordt na het poten meestal binnen twee weken een definitieve rug gevormd en vervolgens wordt na bezakken van de rug volvelds een bodemherbicide toegepast. Verdere onkruidbestrijding is dan veelal overbodig; zonodig kan een onderbladbespuiting worden uitgevoerd.

10.3.2 Zandgrond

Als men onkruid op zandgrond mechanisch wil bestrijden dan zijn na het poten veelal vier tot vijf bewerkingen nodig om een goed resultaat te behalen. De eerste bewerking moet plaats vinden zodra kiemend onkruid aanwezig is. Er wordt dan geëgd. Hoe kleiner het onkruid, hoe beter het effect is van de eg. Om te voorkomen dat aardappelplanten worden losgetrokken, wordt enkele centimeters dieper gepoot dan wanneer niet wordt geëgd. Meestal is het nodig nogmaals te eggen voordat de aardappelen boven komen. Vervolgens kan een keer worden aangeaard en daarna, zodra weer kiemend onkruid aanwezig is, kan opnieuw worden geëgd. De definitieve rugopbouw dient plaats te vinden voordat de stolonen van de aardappelen beschadigd kunnen worden. Net als op klei moet men bij de laatste keer aanaarden schoffels gebruiken als het onkruid al meerdere blaadjes heeft. Het hangt vooral van de onkruidrijkdom van een perceel af hoe vaak geëgd en geschoffeld of aangeaard moet worden.

Het onkruid kan chemisch worden bestreden door een bodemherbicide met contactwerking kort voor opkomst van het gewas. Zonodig wordt een tweede bespuiting tegen nakiemers uitgevoerd.

10.4 Onkruidbestrijding later in het groeiseizoen

Komt later in het groeiseizoen nog onkruid tot ontwikkeling dan kan tot het sluiten van het gewas een onderbladbespuiting worden uitgevoerd waarbij met speciale kappen zodanig wordt gespoten dat de onkruiden wel en de aardappelplanten niet worden geraakt.

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.

Kweekgras kan in laat te oogsten aardappelgewassen chemisch worden bestreden ruim voor het sluiten van het gewas als het kweekgras 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.

11 Ziekten en plagen

11.1 Schimmelziekten

11.1.1 Phytophthora

De belangrijkste ziekte in aardappelen is de schimmelziekte *Phytophthora infestans*. Kenmerkend voor deze ziekte is dat ze in vatbare rassen in korte tijd, één à twee weken, in staat is het loof volledig te vernietigen. Ook de knollen kunnen worden aangetast, waardoor deze verrotten. Sedert enkele jaren is [een nieuwe populatie van Phytophthora](#) actief, die veel agressiever is dan de vorige. Bovendien is deze populatie in staat oosporen te vormen, dit zijn rustsporen die langdurig in de grond kunnen overleven. Het huidige areaal consumptieaardappelen in Nederland bestaat voor een groot deel uit voor de ziekte zeer vatbare rassen. Daarom vindt tijdens de teelt een intensieve preventieve bestrijding plaats.

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 een 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 sporulerende gedeelte van de vlekken bruin. Aan de randen van de vlekken groeit de schimmel verder totdat het hele blaadje is aangetast of totdat 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, grauwbrowne tot bruinzwarte vlekken voor die vaak de hele stengel omringen. Deze stengels zijn op de plaats van de aantasting zeer gevoelig voor breuk. Onder vochtige omstandigheden wordt hierop, evenals bij bladeren, sporulerend schimmelpluis gevormd. Stengelaantasting ontstaat meestal in bladoksels. Stengelaantasting komt relatief vaak voor in jonge, nog niet gesloten gewassen. In tegenstelling tot bladeren kan de schimmel in aangetaste stengels lange tijd in leven blijven en bij gunstige omstandigheden weer gaan sporuleren. Stengelaantasting kan ook vanuit een aangetaste moederknol ontstaan.

Sporen kunnen in vochtige grond enkele 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 de beginnende aantasting zichtbaar als blauwachtige, door de schil schemerende vlekken. Het onderliggende knolweefsel is oppervlakkig aangetast en licht roestbruin van kleur. Tussen deze bruingekleurde enigszins draadvormige structuren komen stukjes normaal weefsel voor. 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 op nattere gronden en op zware kleigrond (scheuren in de grond) meer voor dan op zandgrond. Onder vochtige omstandigheden kan zich ook op aangetaste knollen schimmelpluis ontwikkelen, dat zich tijdens de bewaring verder kan uitbreiden. Ook secundair optredend natrot kan zich tijdens de bewaring naar gezonde knollen verspreiden.

Levenswijze

Phytophthora overleeft ongunstige perioden als schimmeldraden in aangetaste knollen of stengels. De kans dat de ziekteverwekker in de winter in het veld in knollen overleeft, is klein omdat aangetaste knollen onder die omstandigheden gemakkelijk weggrotten. In de bewaarplaats is de kans op overleven voor de schimmel

veel groter. De schimmel kan ook vrij in de grond overleven als oöspore, een soort rustspore. Deze oösporen bleken in kleigrond na tenminste twee jaar en in zandgrond na tenminste drie jaar nog infectieus te zijn. Gebleken is dat overwinterende oösporen infecties in een volggewas kunnen veroorzaken, zodat vanuit de bodem onverwacht infecties kunnen optreden.

Vanuit een aangetaste knol groeit de schimmel mee door de plant, waarbij onder voor de schimmel gunstige omstandigheden (relatieve luchtvochtigheid > 90%) sporedragers met sporen op stengels en/of bladeren worden gevormd. Deze sporen kunnen andere planten infecteren, waardoor de ziekte zich kan verspreiden. Met de infectie van knollen is de cyclus rond. Verspreiding van de sporen gebeurt met wind of opspattende regen. Kieming van sporen en infectie geschiedt 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 sporedragers met sporen vormt. Om tot sporevorming 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 verhoogde agressiviteit mag er van worden uitgegaan dat deze periode tenminste 20 tot 30% korter zal zijn. Bij 15 tot 20°C duurt de cyclus van spore via een aangetaste plek tot de nieuwe generatie sporen drie tot vier dagen, mits de omstandigheden hiervoor gunstig zijn. Bij temperaturen boven de 27 °C en beneden circa 2 °C staat de groei van de schimmel stil.

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

Voorkomen en 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 teelttechnische maatregelen als preventieve bespuitingen onmisbaar.

Teeltmaatregelen

Bedrijfshygiëne. Phytophthora kan alleen optreden bij aanwezigheid van infectiebronnen. Hierbij kan worden gedacht aan aardappelafvalhopen, aangetaste knollen in het pootgoed, aardappelopslag, buurpercelen en oösporen in de grond. Goede preventieve maatregelen, zoals het afdekken van afvalhopen met zwart plastic, controle van pootgoed op de aanwezigheid van Phytophthora en het voorkómen 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 volledig resistent. Naarmate de vatbaarheid van het loof geringer is, verloopt de binnendringing moeilijker, groeit de schimmel trager door het blad en worden minder sporen gevormd waardoor de epidemie zich langzamer ontwikkelt. 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 vatbaarheid in loof en knol aangegeven.

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 Phytophthora meer kans krijgt. Een zware stikstofbemesting kan daarom indirect de kans op aantastingen vergroten. 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 een loofaantasting door Phytophthora. Als de grond vochtig is bij het optreden van sporulatie kan knolaantasting plaatsvinden. De sporen kunnen dan namelijk in de grond overleven en

door water naar de knollen worden gespoeld. Vooral bij aanhoudend nat weer moet bij vatbare rassen het loof met een snel werkend middel worden vernietigd. Daarbij wordt wel als norm aangehouden een aantastingsniveau waarbij van 20% of meer van de planten één of meer blaadjes is aangetast. Bij rassen met een hoge knolresistentie is de marge iets groter.

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 de kans op de vorming van oösporen 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. Bij goed afgeharde knollen zijn er minder wondjes en ontvellingen en dus minder invalspoorten voor de schimmel. Knolaantasting komt op zandgrond minder voor dan op kleigrond. Dit hangt samen met de levensduur van sporen in vochtige grond, die bij kleigronden wat langer is dan bij zandgronden. Bij kleigrond is dit ongeveer vijf weken en bij zandgrond vier weken. In droge grond sterven de sporen snel af. Door op natte grond in twee fasen te rooien, kan het drogen worden versneld. Ook tijdens het inschuren moet met drogen worden doorgegaan. Door een aangetaste partij zo snel mogelijk droog te blazen, kan de aantasting worden beperkt. De aangetaste, jongzieke knollen gaan dan niet in natrot over en besmetten geen andere knollen.

Preventieve bespuitingen

Er is een aantal middelen dat, mits tijdig en voldoende vaak toegepast, geheel of in elk geval in belangrijke mate infectie kan voorkomen. Hierbij zijn belangrijke vragen: wanneer moet de eerste bespuiting worden uitgevoerd, wanneer zijn verdere bespuitingen nodig en [welke middelen verdienen de voorkeur](#)? Voor het antwoord op deze vragen is het belangrijk te weten of er in het perceel of in de directe omgeving daarvan reeds een Phytophthora-aantasting aanwezig is.

Tijdstip eerste bespuiting

Dikwijls wordt geadviseerd om op vatbare rassen met de eerste bespuiting te beginnen zodra het gewas 20 cm hoog is. Dit is echter niet altijd nodig. Zolang het gewas nog niet is gesloten en daardoor relatief snel opdroogt en de ziekte nog niet in de omgeving aanwezig is, is het risico van besmetting heel klein. Is de ziekte daarentegen al vroeg in de omgeving gesignaleerd dan moet niet worden gewacht tot 20 cm gewashoogte. Voorkómen moet 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 de ziekte in de omgeving voorkomt en gunstige weersomstandigheden voor sporulatie en infectie voor Phytophthora worden verwacht. Uitstel van de eerste bespuiting is riskanter naarmate de loof vatbaarder 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), de weersomstandigheden, de mate waarin het gewas nog met een fungicide is bedekt en de vatbaarheid van het ras.

Er wordt dikwijls vanuit gegaan dat een Phytophthoramiddel 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. Verder moet rekening worden gehouden met de vorming van nieuwe bladeren, die grotendeels onbeschermd zijn. Een vervolgbespuiting is niet nodig als de weersomstandigheden voor Phytophthora ongunstig zijn, dus zonnig, droog weer met droge nachten. Zodra echter een weersomslag dreigt, moet weer worden gespoten.

De kans op gunstige omstandigheden voor de schimmel is het grootst in het tweede deel van het groeiseizoen en vooral na half augustus. Als gunstige omstandigheden worden verwacht en het gewas is niet meer voldoende door een fungicide beschermd, dan is een vervolgbespuiting geboden. Bovendien

neemt bij bladeren de vatbaarheid toe naarmate ze ouder worden. Belangrijk is dat met de Phytophthorabestrijding wordt doorgedaan tot aan de loofvernietiging. Bij beregenen verdient het de voorkeur kort na het beregenen een bespuiting uit te voeren. Als dit op slecht bereijdbare gronden niet mogelijk is dan dient, als de vorige bespuiting vier dagen of langer is geleden, daags voor het beregenen een bespuiting te worden uitgevoerd.

Curatieve bespuitingen

Behalve de chemische middelen die Phytophthora preventief kunnen bestrijden, is er ook een aantal middelen met een min of meer curatieve werking.

Dosering

In het algemeen geldt, dat naarmate de dosering hoger is, het middel wat langer bescherming biedt. Onderzoek heeft echter laten zien dat bij gebruik van goede apparatuur en een [juiste spuittechniek](#), zelfs bij vatbare rassen goede resultaten kunnen worden verkregen met een 25% lagere dosering dan die op het etiket is vermeld. Uit onderzoek is gebleken, dat bij een zelfde spuitfrequentie met nog lagere doseringen kan worden volstaan naarmate het geteelde ras meer veldresistentie bezit.

Waarschuwingssystemen

Er zijn 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 de uitgevoerde bespuitingen, het gewasstadium en de Phytophthoradruk in de omgeving van het perceel. Als men volledig op zo'n systeem zou kunnen vertrouwen en als men er zeker van kan zijn dat het betreffende perceel binnen 48 uur na een kritieke periode bereikbaar is om te spuiten, dan kan in principe na zo'n kritieke periode worden gespoten met een middel met curatieve werking.

11.1.2 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.

Aantastingsbeeld

Bij aardappelen komen aantastingen voor van de jonge scheuten, stengels en stolonen die hierdoor volledig kunnen afsterven. Ook kunnen de knollen worden aangetast. Dit kan leiden tot misvormingen en groeischeuren. Daarnaast kunnen de knollen bezet zijn met lakschurft. Lakschurft is de korstvormige bruinzwarte ruststructuur van de schimmel. Vooral na wassen van de knollen is deze goed zichtbaar. Vanuit deze ruststructuur, maar ook rechtstreeks vanuit de grond, kunnen kiemen en jonge stengels worden aangetast. De aantasting is herkenbaar aan licht- tot donkerbruin gekleurde ingezonken plekken op de ondergrondse stengeldelen, die de stengels helemaal kunnen omringen en doen afsterven. In het veld is een aantasting herkenbaar aan een onregelmatige opkomst, het afsterven (verdrogen) van stengels, "knijpende" bladeren bovenin sommige stengels, misvormde knollen, krielnesten, bovengrondse knollen en soms door een wit schimmelmanchet aan de stengelbasis. Sterft een beperkt aantal stolonen af dan is een verminderd knoltal het gevolg. Als gevolg van een groot aantal vertakkingen van aangetaste stolonen kan aan het grondoppervlak of daar juist onder zogenaamde krielnesten ontstaan Als knollen worden aangetast, wordt de groei soms op de plaats van de aantasting geremd, waardoor misvormingen kunnen ontstaan die op groeischeuren lijken.

Voorkomen en bestrijden

De schade door Rhizoctonia uit zich bij consumptieaardappelen in een lagere opbrengst, krielnesten (bron van aardappelopslag), misvormde knollen en een doorgaans wat grovere sortering. Zowel door teeltmaatregelen als door knolontsmetting met chemische middelen is het mogelijk de schade door Rhizoctonia te beperken.

- Rotatie en grondsoort. Naarmate vaker aardappelen worden geteeld, is de kans op schade vanuit de grond groter. Bij een teeltfrequentie van eens per vier of meer jaren is de directe schade aan het gewas vanuit de grond doorgaans beperkt. De kans op schade is op zandgrond groter dan op

kleigrond.

- Voorvrucht. Op kleigronden blijkt de voorvrucht gras of graszaad een Rhizoctonia-aantasting te bevorderen. Ook van stro wordt gezegd dat het Rhizoctonia bevordert. Er zijn echter ook publicaties waarin het tegendeel wordt aangetoond.
- Voorkiemen, pootdatum en rugopbouw. Met de vorming van bladgroen neemt de vatbaarheid 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. Dit heeft evenwel nog niet tot duidelijke behandelingsadviezen voor rassen geleid. Wel kan worden gesteld dat het bij een ras dat van nature weinig stengels maakt en erg grof groeit, belangrijker is aantasting te voorkomen dan bij een ras dat veel stengels en knollen vormt.
- Lakschurftbezetting pootgoed en vitaliteit van de sclerotiën. Naarmate het pootgoed meer is bezet met 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. De schade door Rhizoctonia kan ook worden beperkt door het pootgoed met fungiciden te behandelen. Over het algemeen wordt er echter van uitgegaan, dat een knolbehandeling niet nodig is als niet meer dan 25% van de, niet gewassen, knollen licht met sclerotiën is bezet.

11.1.3 Gewone schurft

Dit is een bekende ziekte die de opbrengst niet beïnvloedt, maar algemeen op de knollen voorkomt. De schade bij consumptieaardappelen bestaat bij zware aantasting vooral uit het onooglijk worden van de knollen en naarmate de aantasting dieper in de knol doordringt, uit grotere sorteer- en schilverliezen. Aangetaste knollen drogen tijdens de bewaring sterker uit. De ziekte wordt veroorzaakt door *Streptomyces scabies* en andere *Streptomyces*-soorten. Deze komen algemeen in de bodem voor.

Het ziektebeeld kan afhankelijk van de *Streptomyces*-soort en het aardappelras sterk uiteenlopen. Men onderscheidt daarom wel oppervlakkige en diepe of pokschurft. Deze ziektebeelden komen soms op dezelfde knol voor en gaan in elkaar over. Een groot probleem hierbij is dat poederschurft en gewone schurft vaak gelijktijdig voorkomen en vergelijkbare symptomen kunnen veroorzaken, waardoor de ziektes gemakkelijk worden verward.

Het optreden van gewone schurft wordt in sterke mate beïnvloed door het weer en de bodemgesteldheid. Droogte en warmte bevorderen het optreden van schurft. Ook een hoge pH van de grond en op zandgronden een bemesting met kalk bevorderen het optreden. Gewone schurft kan met pootgoed overgaan maar dit speelt in het algemeen geen grote rol. Belangrijk is vooral de mate waarin *Streptomyces*-soorten in de grond voorkomen.

Voorkomen en bestrijden

- Beregening. Alleen het schilweefsel van jonge knollen is vatbaar voor aantasting door gewone schurft. Gewone schurft geeft alleen aantasting onder droge omstandigheden. Een aantasting kan dan ook grotendeels worden voorkomen door de grond gedurende de eerste drie weken na het begin van knolaanleg 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. Daarom moet met name op zandgronden de pH niet te hoog worden. Op deze gronden is het mogelijk de pH te verlagen door gebruik te maken van zure meststoffen zoals zwavelzure en vloeibare ammoniak. Het effect van een lage pH is evenwel vaak niet afdoende. Als een bekalking nodig is, met het oog op de verbouw van andere gewassen dan aardappel, dan is het in verband met schurft beter dit niet direct voor de aardappelteelt te doen. Bekalking kort voor het rooien van de aardappelen kan wel. Het heeft dan geen invloed meer op de schurftaantasting van dit gewas maar de kalk wordt bij het rooien wel goed door de grond verdeeld. Op klei- en zavelgronden is met beïnvloeding van de pH weinig te bereiken.
- Rasverschillen. Tussen aardappelrassen zijn er vrij grote verschillen in de mate waarin aantasting plaatsvindt (Rassenlijst). Op schurftgevoelige percelen teelt men bij voorkeur minder vatbare rassen.

11.1.4 Netschurft

Netschurft, ook wel graslandschurft genoemd, komt vaak voor op pas gescheurd grasland maar kan ook op oud bouwland voorkomen en wordt zowel aangetroffen op zandgrond met een vrij lage pH als op kleigrond met een hoge pH. Slechts enkele rassen zijn vatbaar voor netschurft. Erg vatbaar is onder andere het veel geteelde ras Bintje. Netschurft wordt door verschillende *Streptomyces*-soorten veroorzaakt.

Anders dan bij gewone schurft tast netschurft alle ondergrondse delen van de plant aan. Vooral de aantasting van de wortels - deze worden bruin, de fijne haarwortels rotten weg - remt aanvankelijk de ontwikkeling van de plant. Een aangetast gewas kan zich in de loop van het groeiseizoen enigszins herstellen van de aanvankelijke groeivertraging. Een ernstige aantasting kan een forse opbrengstderving en soms zelfs een misgewas tot gevolg hebben. Daarbij kunnen doorwasachtige verschijnselen optreden. Anders dan bij gewone schurft blijft bij deze ziekte de knolaantasting oppervlakkig. Jonge aangetaste knollen vertonen bruine vlekken. Deze bruine vlekken krijgen later een typisch netvormige structuur, waarbij vaak ook groeischeuren ontstaan. Vooral als de grond vroeg in het seizoen nat is, kan de aantasting zeer ernstig zijn.

Voorkomen en bestrijden

Niet of zo min mogelijk beregenen in het begin van het groeiseizoen. Een ruime vruchtwisseling toepassen, maximaal eens per vier jaar aardappelen. Op zwaar met netschurft besmette percelen is vervanging van een vatbaar ras zoals Bintje, Désirée, Climax, Eba en Edzina door een niet-vatbaar ras zeer effectief.

11.1.5 Poederschurft

Poederschurft wordt veroorzaakt door het organisme *Spongospora subterranea*. Deze tast de ondergrondse delen van de aardappelplant aan. De ziekte komt vooral voor op zand- en dalgrond maar kan ook op kleigronden voorkomen en komt veel meer voor dan in het algemeen wordt aangenomen. Zichtbare symptomen in het veld zijn kleine, lichtgekleurde wratjes van 2-10 mm op de wortels. De aantasting op de knollen begint met kleine lichtgekleurde pukkels. Deze groeien uit tot pokken van 0,5 tot 1 cm in doorsnede. Later kleuren deze donkerbruin. In eerste instantie ligt de huid van de knol als een vlies over de pokken heen. Later barst dit vlies open en komt er bruinzwart poeder, de sporenballen, naar buiten. De pok blijft als een openstaand vliesje achter. Dit is een typisch kenmerk van poederschurft. De aantasting ligt vaak als een gordel om de knollen. Op de knollen is de ziekte vaak moeilijk van gewone schurft te onderscheiden. Een duidelijk verschil is echter dat gewone schurft alleen direct na knolaanleg ontstaat en dat poederschurft ook later tijdens de knolgroei kan ontstaan of zich zelfs tijdens de bewaring nog kan ontwikkelen.

De ziekte treedt heviger op onder koele en vochtige omstandigheden. In natte jaren en bij beregenen is de aantasting daarom groter. Naast de aardappel zijn ook zwarte nachtschade en tomaat waardplant voor poederschurft. De ziekte gaat met het pootgoed over maar kan ook tenminste 6 jaar in de grond overleven.

Voorkomen/bestrijden

Onbesmet pootgoed gebruiken, een ruime vruchtwisseling, een goede bodemstructuur, een goede ontwatering en voorzichtigheid bij het beregenen beperken de aantasting. Dat wil zeggen dat een vochtige grond geen probleem is maar voorkomen moet worden dat de grond langere tijd erg nat is of verslemt. Een beregenintensiteit van \square 10 mm/uur beperkt de kans op verslemping. Gebruik geen organische mest van dieren die met besmette aardappelen zijn gevoerd. Er zijn duidelijk rasverschillen, maar van de Nederlandse rassen is hiervan geen goed overzicht beschikbaar. Wel is duidelijk dat de Nederlandse rassen in het algemeen vrij vatbaar zijn voor poederschurft. Een methode om poederschurft chemisch te bestrijden is ondanks veel onderzoek niet voorhanden.

11.1.6 Wratziekte

Wratziekte vormt een bedreiging voor de aardappelteelt, maar ook voor de teelt van voortkwekingsmateriaal voor boomteelt en bloembollen. Verschillende landen eisen een ziekte-vrije status van het bedrijf of het gebied van herkomst. Wratziekte wordt veroorzaakt door het organisme *Synchytrium endobioticum*.

Wratziekte vormt wratten op alle delen van de aardappel, behalve op de wortels. Wratziekte is een ziekte die vooral voorkomt in koele en neerslagrijke klimaatgebieden met jaarlijks meer dan 700 mm neerslag en met een voldoende lange winter met temperaturen onder de 5°C. Van deze ziekteverwekker komt in Europa

een groot aantal fysio's voor waarvan er - voor zover bekend - twee in Nederland voorkomen.

Aantastingsbeeld

De veroorzaker van wratziekte verandert zowel ondergronds als bovengronds stengeldelen (stolonen, knollen, stengels en blad) in wratachtige 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 woekerd 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 oorspronkelijke 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 in gebieden rond besmet bevonden percelen en door het gebruik van resistente rassen.

11.1.7 Fusarium-droogrot

Fusarium-droogrot is een typische bewaarziekte. Meerdere Fusariumsoorten kunnen droogrot veroorzaken. De twee belangrijkste zijn *Fusarium sulphureum* en de iets minder agressieve *Fusarium solani* var. *coeruleum*. Beide 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 en poederschurft en aantasting door aaltjes en insecten bieden Fusarium een kans om de knol binnen te dringen. Tussen aardappelrassen bestaan duidelijke verschillen in vatbaarheid, waarbij een ras resistent kan zijn voor de ene Fusariumsoort en vatbaar voor de andere. De vatbaarheid van de knollen voor *Fusarium solani* var. *coeruleum* neemt toe naarmate de aardappelen langer worden bewaard. Aantastingen door deze soort manifesteren zich dan ook meestal pas later in het bewaarperiode. Aantasting door *F. sulphureum* kan echter al binnen enkele weken na het rooien zichtbaar worden.

Aangetaste knollen vertonen uitwendig iets ingezonken plekken, waarop talrijke witroze schimmelkussentjes kunnen voorkomen. Door het ter plaatse ineenschrompelen van de schil kunnen min of meer concentrische ringen ontstaan.

Voorkomen en 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 moet voorzichtig worden gerooid. 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 moeten verder koel en droog worden bewaard.

Wanneer bij controle in de herfst reeds Fusarium van betekenis wordt aangetroffen, verdient het de voorkeur deze partij niet langer te bewaren.

11.1.8 Phoma of gangreen

Phoma exigua var. *foveata* veroorzaakt bij aardappelen een knolziekte die als gangreen of Phoma bekend staat. Het is een droogrot. Ernstige aantasting kan partijen aardappelen volledig doen wegrotten. In het algemeen doen zich in Nederland niet zoveel problemen voor met Phoma. Phoma is een koudeminnende schimmel, die vooral optreedt als relatief laat wordt gerooid en de knollen flink worden beschadigd. De ziekte kan met het pootgoed overgaan maar kan ook in de grond overblijven en van daaruit de plant aantasten. Phoma zorgt voor een donkergekleurd droogrot dat op het oog moeilijk is te onderscheiden van *Fusarium sulphureum*. Tussen de aardappelrassen komen opvallende verschillen in vatbaarheid voor.

Voorkomen en bestrijden

In gebieden of op bedrijven waar problemen met Phoma voorkomen, verdient de teelt van weinig vatbare rassen de voorkeur. Weinig vatbare consumptierassen zijn onder andere Doré, Eigenheimer, Irene, Marijke, Saturna en Ukama.

Het poten van partijen waarin Phoma-rotte knollen voorkomen, is ongewenst. Rotte knollen moeten in elk geval voor het poten worden verwijderd.

Evenals bij Fusarium moet knolbeschadiging bij het rooien en sorteren zoveel mogelijk worden voorkomen. Daarom moeten de knollen bij het rooien voldoende zijn afgehard en moet voorzichtig en bij voldoende hoge temperaturen, bij voorkeur niet beneden de

10 °C, worden geroid. Na het rooien of sorteren moet een wondhelingsperiode in acht worden genomen alvorens te koelen. Bij een bewaartemperatuur van 8 °C en hoger breidt de schimmel zich nauwelijks uit.

11.1.9 Roodrot

Roodrot wordt veroorzaakt door de schimmel *Phytophthora erythroseptica*. Deze schimmel komt algemeen in alle gronden voor. Roodrot gaat niet met het pootgoed over. De ziekte treedt vooral op bij een combinatie van hoge temperaturen, structuurproblemen en regen of beregening. Roodrot is een erg vochtig en zich snel ontwikkelend rot dat zijn naam dankt aan het feit dat aangetast weefsel na doorsnijden van de knol in de loop van enkele minuten roze tot rood kleurt. Typisch voor roodrot is dat aangetaste knollen rubberachtig aanvoelen en lekken als men erin knijpt.

Voorkomen en bestrijden

Een goede structuur en goede ontwateringstoestand van de grond, zodat overmatige neerslag snel kan worden afgevoerd, gaat het optreden van deze ziekte tegen. Als de ziekte bij het rooien wordt geconstateerd, dienen de aardappelen zo snel mogelijk te worden drooggeblazen. Aardappelen afkomstig van natte plekken moeten apart worden opgeslagen. Aangetaste partijen moeten snel worden geruimd.

11.1.10 Verticillium of verwelkingsziekte

Verwelkingsziekte bij aardappelen wordt vooral veroorzaakt door de schimmel *Verticillium dahliae*. De ziekte wordt gekenmerkt door een vervroegd afsterven van het gewas. Omdat dit soms oploopt tot vier à zes weken voor het normale tijdstip van afsterven kan een aanzienlijke opbrengstreductie het gevolg zijn. De schade wordt bevorderd door stressfactoren zoals hitte, droogte, waterovermaat en een te gering aanbod van stikstof. Aaltjes, zoals aardappelcysteaaltje, wortelknobbelaaltje en wortellesieaaltje bevorderen de infectie met *Verticillium dahliae*. De meest kenmerkende symptomen voor deze ziekte zijn de eenzijdige bladverkleuring tijdens het afsterven van de bladeren en de loodgrijze kleur van de afgestorven stengels. De schimmel heeft een uitgebreide waardplantenreeks en kan in de vorm van microsclerotieën ten minste zes jaar in de grond overblijven.

Voorkomen en bestrijden

Er zijn verschillen in tolerantie tussen rassen. Onder andere het ras Bintje is gevoelig voor schade. 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 infectiemateriaal in de grond dan andere. Daarom dienen dergelijke gewassen als directe voorvrucht te worden vermeden.

11.1.11 Sclerotinia of rattekeutelziekte

Sclerotinia wordt veroorzaakt door de schimmel *Sclerotinia sclerotiorum*, een schimmel die veel gewassen, zoals erwten, bonen, witlof, peen en aardappelen, in min of meer ernstige mate kan aantasten. In bouwplannen waarin deze gewassen vooral voorkomen, leidt Sclerotinia soms tot economische schade in aardappelen.

De schade bestaat uit een vervroegd afsterven van aangetaste stengels. In deze stengels kunnen de sclerotieën worden aangetroffen. Deze sclerotieën, in de volksmond rattekeutels genoemd, kunnen jarenlang in de grond overblijven. Ook de knollen kunnen worden aangetast. Dit komt echter niet vaak voor.

Vervanging van granen door groentegewassen kan er de oorzaak van zijn dat Sclerotinia de laatste jaren meer optreedt.

Voorkomen en bestrijden

Een bouwplan met veel gramineeën gaat het optreden van de ziekte tegen. Chemische bestrijding van de ziekte in het veld is mogelijk, maar duur en niet altijd lonend.

11.1.12 Zilverschorft

Zilverschorft is een knolziekte die wordt veroorzaakt door de schimmel *Helminthosporium solani*. Zilverschorft komt algemeen op aardappelknollen voor. Op de knollen ontstaan zilvergrijze vlekken; de schil wordt poreus. Bij ernstige aantasting worden de knollen slap en rimpelig als gevolg van extra vochtverlies. Ook kiemen ernstig aangetaste knollen minder goed, waardoor het aantal stengels per knol vermindert. Zilverschorft is vooral bij pootaardappelen een probleem. Bij consumptieaardappelen speelt het vooral in de tafelaardappelsector. Het heeft een negatief effect op de presentatie van het product en toont zich het duidelijkst bij de roodschillige rassen. Doordat de meeste tafelaardappelen voor het verpakken worden gewassen, is zilverschorft goed zichtbaar. Wanneer de aardappelen voor het verpakken niet goed worden gedroogd, kan het wassen de aantasting bovendien verergeren. Sterke uitdroging door zilverschorft ontstaat pas na langere tijd. De ziekte wordt overgebracht via het pootgoed en misschien in geringe mate via de grond. De besmetting van de dochterknollen vindt in de grond plaats. Bij de oogst is de aantasting veelal nog nauwelijks waarneembaar, behalve soms na een warm of een lang groeiseizoen. Deze ziekte veroorzaakt geen symptomen in het loof. Verwarring met zwarte spikkel is mogelijk. Zilverschorft kan zich onder vochtige, warme omstandigheden tijdens de bewaring sterk uitbreiden. Bij bewaartemperaturen van 3°C of lager en een relatieve luchtvochtigheid van 85% en lager treedt tijdens de bewaring geen uitbreiding op. Voor deze schimmel zijn geen andere waardplanten bekend.

Voorkomen/bestrijden

Belangrijk ter voorkoming van zilverschorft is dat aardappelen na inschuren direct droog worden geblazen en vervolgens droog worden gehouden. De droging verloopt uiteraard sneller naarmate de aardappelen droger en met minder grond in de bewaarplaats worden gebracht. Het oogsten in twee fasen kan dan ook gunstig zijn. Zodra de wondheling achter de rug is kunnen tafelaardappelen worden teruggekoeld naar temperaturen tussen de 4 en 6°C. Eventuele uitbreiding van zilverschorft verloopt dan veel trager dan bij hogere temperatuur. Een dergelijke snelle afkoeling is echter voor aardappelen voor de verwerkende industrie niet mogelijk. In deze laatste categorie aardappelen speelt zilverschorft echter geen grote rol. Aardappelen kunnen bij de oogst worden behandeld met een middel tegen zilverschorft dat ook werkt tegen Fusarium en Phoma-droogrot. Voor een doelmatige behandeling zijn middelen nodig, die imazalil bevatten. Voor een doelmatige behandeling moet de apparatuur - tegenwoordig meestal schijfvernevelaars - zo zijn afgesteld dat de hele knol met middel wordt bedekt. In de praktijk is gebleken, dat als men erin slaagt om de partij binnen één week te drogen het als regel niet nodig is om bij het inschuren een chemische behandeling toe te passen. Ook is een chemische behandeling weinig effectief als de knollen sterk met grond zijn behangen. Men kan zich dan beter richten op een snelle droging, desnoods met gebruikmaking van verwarmde lucht. Een chemische behandeling tegen zilverschorft kan ook nog worden uitgevoerd na het sorteren.

11.2 Bacterieziekten

De bacterieziekten die in Nederland aardappelplanten aantasten zijn stengelnatrot en zwartbenigheid en bruinrot. Daarnaast vormt - vanwege de aanwezigheid in naburige West-Europese landen - ringrot een bedreiging.

11.2.1 Zwartbenigheid en stengelnatrot

Zwartbenigheid en stengelnatrot worden veroorzaakt door *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* respectievelijk *Erwinia chrysanthemi*. Kenmerkend bij aantasting door Erwiniabacterien is een slijmerig, stinkend rot. Bij zwartbenigheid bevindt zich dit aan de stengelbasis, bij stengelnatrot als regel hoger aan de stengel. Beide ziekten kunnen in de knollen natrot veroorzaken. Natrot treedt ook vaak secundair op, bijvoorbeeld na een Phytophthora-aantasting van de knollen, na bevriezen, wateroverlast en dergelijke. Dit

secundair natrot kan behalve door Erwiniasoorten ook worden veroorzaakt door andere soorten bacteriën en door schimmels van het geslacht *Pythium*.

In ons land treedt in consumptieaardappelen slechts zelden schade van betekenis op als gevolg van bacterieziekten.

Voorkomen en 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 waarin natrotte knollen voorkomen, is in verband met de verspreiding van bacterieziekten een riskante bezigheid. Voorts zijn van belang: een goede structuur en goede ontwateringstoestand van de grond, het voorkómen dat knollen nat regenen bij het rooien en de bewaring onder droge en koele omstandigheden. Rotte knollen moeten in een zo vroeg mogelijk stadium worden verwijderd om versmering tegen te gaan en ook moeten beschadigingen, overmatig vocht en hoge temperaturen tijdens de bewaring worden vermeden om het optreden en de uitbreiding van bacterieziekten te beperken.

11.2.2 Bruinrot

Bruinrot wordt veroorzaakt door de bacterie *Ralstonia solanacearum*. Deze bacterieziekte, die in 1995 voor het eerst op tamelijk grote schaal in Nederland is aangetroffen, wordt tot de quarantaineziekten gerekend. Bruinrot komt vooral voor in warmere gebieden, met name in de tropen, maar op beperkte schaal ook in een aantal Europese landen. In Europa hebben we te maken met ras 3, welke ook bij lagere temperaturen kan gedijen.

Symptomen

In het veld uit bruinrot zich door een plotselinge verwelking van de bladeren van soms slechts een enkele stengel. Later sterft de gehele plant af. Vóór verwelking zijn de bladeren soms bleekgroen of geelachtig gekleurd. Als aangetaste stengels bij de basis worden afgesneden komt er bacterieslijm uit het vaatweefsel, hetgeen duidelijk zichtbaar is als men een dergelijke stengel in een glas water houdt. Zowel planten als knollen van aangetaste planten zijn soms alleen latent besmet en vertonen dan geen symptomen. De ziekte is mede daardoor lastig te bestrijden. De eerste knolsymptomen zijn na doorsnijden zichtbaar als een bruine verkleuring van de vaatbundelring. In een verder gevorderd stadium van aantasting ontwikkelen zich in de vaatbundelring grijs-witte druppeltjes bacterieslijm op het snijvlak. Ook kan er dan bacterieslijm uit de ogen komen, waaraan dan dikwijls grond plakt, zogenaamde vuile ogen. Als gevolg van aantasting door secundaire organismen kan de gehele knol wegrotten.

Epidemiologie

Bruinrot verspreidt zich vooral langs twee wegen: via pootgoed en via besmet water waarmee het aardappelgewas wordt beregend of bespoten. Behalve op aardappel kan de bruinrotbacterie zich ook op andere Solanumsoorten, zoals tomaat, zwarte nachtschade en bitterzoet, in stand houden en vermeerderen. Vermeerdering op niet-Solanaceae is tot nu toe in Nederland alleen vastgesteld bij de grote brandnetel. In de literatuur worden echter nog een heleboel andere plantensoorten genoemd waarop dit mogelijk zou zijn.

Het al eerder genoemde bitterzoet vervult een belangrijke rol bij de instandhouding en verspreiding van deze

ziekte. Besmette bitterzoetplanten, die met hun wortels in het water staan, kunnen aan het water grote aantallen bacteriën afgeven, waardoor het water met bruinrotbacteriën wordt besmet. Besmette bitterzoetplanten vertonen slechts bij uitzondering verwelkingsverschijnselen. Behalve in water, kan ras 3 van *R. solanacearum* soms ook enige tijd in grond overleven. Onderzoek in ons land heeft aangetoond dat bruinrot na een flinke vorstperiode niet meer in grond kon worden aangetoond, maar na een zachte winter bleek de bacterie plaatselijk wel tenminste een jaar in grond te kunnen overleven. Uit laboratoriumonderzoek is gebleken dat bruinrotbacteriën bij een bodemtemperatuur van 4°C na 4 weken niet meer aantoonbaar aanwezig waren.

Voorkomen en bestrijden

Bruinrot kan niet chemisch worden bestreden. Ook komt er geen resistentie van betekenis voor in

gekweekte aardappellassen. Daarom moet de bestrijding zich concentreren op het voorkómen van een besmetting. Daartoe is het in de eerste plaats van belang om gezond gecertificeerd pootgoed te gebruiken. Daarnaast moet het beregenen of spuiten met oppervlaktewater worden vermeden. In door de Plantenziektenkundige Dienst aangewezen zogenaamde verbodsgebieden is het gebruik van oppervlaktewater voor beregening of bespuiting zelfs verboden. Echter ook voor bedrijven die in de omgeving van verbodsgebieden liggen is het gebruik van oppervlaktewater sterk af te raden. Verder is strikte bedrijfshygiëne geboden. Dat houdt onder meer in dat alleen schone machines op het bedrijf moeten worden toegelaten, dat sorteermachines voor pootaardappelen en fust worden gereinigd en ontsmet als zij zijn gebruikt voor bedrijfsvreemde aardappelen en dat veel aandacht wordt besteed aan opslagbestrijding.

11.2.3 Ringrot

Ringrot, veroorzaakt door de bacterie *Clavibacter michiganensis ssp. Sepedonicus*, is de meest gevreesde bacterieziekte in aardappelen. Deze quarantaineziekte wordt in Nederland incidenteel waargenomen. In Duitsland en in enkele Scandinavische landen wordt de ziekte regelmatig gesignaleerd.

Symptomen

In het veld zijn de eerste symptomen van ringrot pas zichtbaar in de tweede helft van het groeiseizoen. De onderste bladeren van één of meer stengels van een plant verwelken, waarbij de zijanten van de blaadjes oprollen en een geelkleuring tussen de nerven vertonen. Bij warm weer kunnen aangetaste stengels snel verdrogen. Na het doorsnijden van aangetaste knollen laat de vaatbundelring een crèmekleurig rot zien, waaruit alleen na samenknippen van de knol roomkleurig bacterieslijm komt. (Bij bruinrot ontwikkelen zich zonder knippen druppeltjes bacterieslijm op het snijvlak).

Epidemiologie

Ringrot tast, behalve de aardappel, ook enkele andere Solanumsoorten aan, zoals tomaat. De ziekte verspreidt zich vooral via knollen. Besmetting met de ringrotbacterie vindt plaats via wonden na aanraking met besmette werktuigen, besmet fust of in bewaarplaatsen waar de bacterie is achtergebleven. Op deze materialen kan de ringrotbacterie tenminste een jaar overleven in opgedroogd bacterieslijm. De bacterie overleeft niet in grond. De optimumtemperatuur voor de ontwikkeling van de ziekte ligt rond de 25°C.

Voorkomen en bestrijden

Bestrijding van ringrot is feitelijk alleen mogelijk door middel van preventieve maatregelen om besmetting te voorkomen. Dat betekent goedgekeurd, gezond pootgoed van een bekende herkomst gebruiken. Pootgoed uit landen waar ringrot voorkomt houdt extra risico's in en moet op ringrot zijn getoetst. Er zijn rassen met meer of minder resistentie tegen ringrot, maar geen enkel ras is immuun tegen deze ziekte.

11.3 Virusziekten

Een virus is een microscopisch kleine ziekteverwekker. Het heeft geen eigen stofwisseling maar kan wel de stofwisseling van aardappelen beïnvloeden, met als gevolg dat aardappelen minder goed groeien en de opbrengst lager blijft. Virussen zijn bovendien besmettelijk dat wil zeggen dat ze van zieke op gezonde planten kunnen worden overgebracht. Om de opbrengst van aardappelen op peil te houden, is daarom gezond pootgoed van groot belang.

11.3.1 Soorten en verspreiding

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:

1. Door contact tussen zieke en gezonde plantedelen, zoals bij X- en S-virus het geval is.
2. Door nematoden. Het tabaksratelvirus, dat in Nederland op lichte zand- en zavelgronden voor kan komen, kan door aaltjes van de geslachten *Trichodorus* en *Paratrachodorus* van plant op plant worden overgebracht. Ratelvirus veroorzaakt stengelbont in het loof en kringrigheid in de knollen.
3. Door bladluizen. Y-virussen en A-virus worden vooral, en bladrolvirus uitsluitend door bladluizen

overgebracht.

Symptomen

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 voedingstoestand van het gewas.

Een secundaire aantasting, dat wil zeggen een aantasting vanuit een aangetaste 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 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. Hierbij dient te worden opgemerkt dat dit een zeer globaal gemiddelde is, omdat het ene ras met heviger symptomen reageert dan het andere en ook de groeiomstandigheden van het gewas een rol spelen. Naarmate de groeiomstandigheden gunstiger zijn, is de schade als gevolg van een aantasting door virusziekten minder groot.

Voorkomen en bestrijden

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 dan is het extra van belang om te zorgen voor gunstige groeiomstandigheden voor het gewas: een goede structuur en bemestingstoestand van de grond en voldoende vocht.

Beschadigingen veroorzaakt door dieren

11.4 Dierlijke schadeveroorzakers

11.4.1 Aardappelcysteaaltjes

Aardappelcysteaaltjes vormen een gevaar voor de aardappelteelt omdat ze door beschadiging van de wortels de opbrengst negatief beïnvloeden en zelfs valplekken, perceelsgedeelten met sterk in groei achterblijvende planten, kunnen veroorzaken. Is de grond eenmaal besmet met aardappelcysteaaltjes dan is het door aardappelmoeheidsresistente rassen (AM-rassen) te telen respectievelijk grondontsmetting wel mogelijk het aantal aaltjes terug te dringen maar helemaal vrij van aardappelcysteaaltjes wordt de grond niet meer.

Tenslotte vormt besmetting van de grond met aardappelcysteaaltjes een bedreiging voor de export van plantmateriaal van dat perceel en, vooral bij stuifgevoelige grond, een bedreiging voor omliggende percelen.

Aardappelcysteaaltjes kennen slechts enkele waardplanten. Naast de aardappel zijn dat de tomaat en de aubergine. Typerend voor cysteaaltjes is dat ze cysten vormen. De afgestorven vrouwtjes met daarin eieren en larven worden cysten genoemd. Een cyste kan meer dan 100 eieren en larven bevatten. De cyste geeft een goede bescherming waardoor eieren en larven vele jaren in de grond kunnen overleven.

Nadat aardappelen beginnen te groeien en de bodemtemperatuur boven de 10 °C komt, worden de aaltjes gelokt. Ze gaan naar aardappelwortels, dringen binnen, voeden en vermeerderen zich. Per jaar (per teelt) wordt één nieuwe generatie gevormd. Bij voldoende hoge temperaturen kunnen de eerste volwassen vrouwtjes (cysten) al begin juni op de wortels zichtbaar zijn. Er zijn twee soorten aardappelcysteaaltjes: *Globodera rostochiensis* en *Globodera pallida*, soms afgekort tot Ro en Pa. Binnen deze soorten zijn er ook nog verschillende pathotypen. Soorten en pathotypen verschillen in vermogen zich te vermeerderen op rassen met een bepaalde resistentie. Beide soorten veroorzaken hetzelfde aantastingsbeeld.

Van *G. rostochiensis* worden in Nederland twee groepen pathotypen onderscheiden: A (Ro-1,4) en BC (Ro-2,3) en van *G. pallida* twee pathotypen: D (Pa-2) en E (Pa-3). A is het pathotype aardappelcysteaaltje dat in Nederland het meest voorkomt. De meeste AM-rassen zijn resistent tegen Ro-1 en Ro-4. Het aantal rassen met resistentie tegen *G. pallida* is nog gering.

De resistentie tegen pathotype A van *G. rostochiensis* is gebaseerd op één gen en werkt absoluut. Voor de

pathotypen D en E van *G. pallida* is de resistentie ingewikkelder. Deze is gebaseerd op twee of meer genen en niet absoluut. We spreken van partiële resistentie. Dat wil zeggen dat op een bepaald ras nog wel vrouwtjes volwassen worden en eieren produceren, maar veel minder dan bij een vatbaar ras. Hoeveel vermeerdering op een *G. pallida*-resistent ras optreedt hangt af van de mate van resistentie voor de betreffende populatie. In de praktijk hebben we te maken met een groot aantal in virulentie (agressiviteit) verschillende populaties. Daarom kan het voorkomen dat een ras de ene *G. pallida*-populatie echt bestrijdt, terwijl een andere populatie zich in een bepaalde mate op datzelfde ras kan vermeerderen. Het benoemen van een *G. pallida*-populatie als pathotype D of E is daarom niet goed mogelijk. Besmettingen komen vaak in haarden voor. De machinale verplaatsing van grond en cysten bepaalt de vorm van besmettingshaarden. De verspreiding van cysten vindt voornamelijk plaats in de lengterichting (de beweringsrichting) van het perceel.

Voorkomen en bestrijden

Wettelijke maatregelen - Voor de bestrijding van aardappelmoehed geldt met ingang van 1993 nog slechts de regel dat aardappelen niet vaker dan eens per drie jaar op hetzelfde perceel mogen worden geteeld. Ten aanzien van de chemische bestrijding van aardappelmoehed geldt de regulering grondontsmetting. Deze is bedoeld om het gebruik van grondontsmettingsmiddelen terug te dringen.

De regeling heeft alleen betrekking op de natte grondontsmettingsmiddelen en houdt een frequentiebeperking in die is gebonden aan vergunningen.

Vanaf 2001 mag maximaal eens per vijf jaar op een perceel of perceelsgedeelte nat worden ontsmet. In bepaalde gevallen zijn extra ontsmettingen toegestaan.

De invloed van teeltmaatregelen - Door teeltmaatregelen en bedrijfshygiëne is het mogelijk de populatie aardappelcysteeltjes te beheersen:

1. Vruchtwisseling en aardappelopslagbestrijding.

Als in een perceel aardappelcysteeltjes aanwezig zijn, zal de populatie in één seizoen bij de teelt van een vatbaar ras, gemiddeld 15 - 25 keer zo groot worden. De mate van vermeerdering varieert echter sterk. Als geen waardplant aanwezig is, vermindert het aantal aardappelcysteeltjes jaarlijks met ongeveer een derde. Naarmate de vruchtwisseling ruimer is, zal ook de opbouw van de populatie trager verlopen. In dit verband speelt aardappelopslag een belangrijke rol. Als opslag voorkomt in een niet-waardgewas zal in plaats van een afname van de populatie een toename plaats kunnen vinden. Bij enkele opslagplanten per vierkante meter kan al gauw een drievoudige vermeerdering van de populatie optreden. Hierdoor wordt het effect van de vruchtwisseling tenietgedaan. Daarom is het van groot belang aardappelopslag tijdig (voor half juni) te bestrijden.

2. Resistente rassen.

Een belangrijke mogelijkheid om de populatie aardappelcysteeltjes in de hand te houden, is het inzetten van resistente rassen. Resistente rassen of AM-rassen zijn rassen waarop het aardappelcysteeltje zich niet kan vermeerderen. Een tegen *G. rostochiensis* resistent ras kan in een seizoen de populatie aardappelcysteeltjes met maximaal 80% doen afnemen. De wortels van resistente rassen worden wel beschadigd door aardappelcysteeltjes. Dit betekent dat een resistent ras, evenals een vatbaar ras, grote schade kan lijden, tenzij het ras tolerant is voor deze wortelbeschadiging. Bij een resistent ras dat weinig tolerant is, is als gevolg van een beperkte wortelontwikkeling, de populatieafname geringer dan 80%.

Bij het inzetten van resistente rassen is het van groot belang dat een ras met een passende resistentie wordt ingezet. Dus een ras dat resistent is tegen het in het perceel aanwezige pathotype. Het gebruik van een AM-ras dat niet de juiste resistentie heeft, staat veelal gelijk aan het gebruik van een vatbaar ras. Ook bestaat het gevaar van selectie van een ander pathotype. Het is namelijk mogelijk dat in een perceel een mengsel van beide soorten aardappelcysteeltjes voorkomt of dat verschillende pathotypen van één soort aanwezig zijn. Door de teelt van AM-A- of AM-ABC- resistente rassen wordt in dat geval Ro onderdrukt en zal Pa gaan overheersen. Maar ook binnen een soort kan een verschuiving optreden. Als bijvoorbeeld het pathotype E binnen een D-populatie aanwezig is, wordt door de teelt van het D-resistente ras het pathotype E uitgeselecteerd. Dit is een gevaarlijke ontwikkeling omdat tegen pathotype E nog nauwelijks resistente rassen beschikbaar zijn.

3. Intensieve bemonstering en pathotypebepaling.

Nieuwe besmettingen van aardappelcysteaaltjes komen veelal in haarden voor. Deze zijn goed op te sporen door middel van intensieve bemonstering. Door haarden vroegtijdig op te sporen, is het mogelijk tijdig goede maatregelen te nemen en zodoende verdere uitbreiding te voorkomen. Het is dan wel nodig om behalve de plaats van de haard ook de soort en het pathotype te laten vaststellen, zodat op basis hiervan een juiste rassenkeuze kan plaatsvinden en eventueel een grondontsmetting kan worden toegepast.

4. Grondontsmetting.

Grondontsmetting was tot voor kort een veel gebruikte methode om de aaltjespopulatie terug te dringen. Een geslaagde natte grondontsmetting kan op lichte gronden 80% van de populatie doden. In de praktijk wordt dit percentage echter vaak niet gehaald. Op gronden met meer dan 35% afslibbare delen is 80% doding een hoge uitzondering. Daarnaast kan op vele gronden adaptatie een negatieve rol spelen. Dit is het verschijnsel waarbij micro-organismen de werkzame stof van grondontsmettingsmiddelen versneld afbreken, waardoor de dodingsresultaten veel lager zijn. Natte grondontsmetting vertraagt de opbouw van de aaltjespopulatie, maar is niet afdoende. Dit geldt nog sterker voor granulaten. Deze leiden in beperkte mate tot doding.

Daarnaast veroorzaken ze een tijdelijke verdooving van aaltjes zodat het gewas pas later in het groeiseizoen wordt aangetast. Het gewas is dan al minder gevoelig voor aantasting waardoor een grote opbrengstderiving kan worden voorkomen. Vermeerdering vindt echter wel plaats, zodat er toch sprake is van een populatietoename. In feite kan men de schade door aardappelcysteaaltjes, alleen op lichtere gronden met granulaten beperken. Op zwaardere gronden zijn ze weinig effectief en als bestrijdingsmiddel niet goed bruikbaar. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat de besmettingen in de consumptieaardappel teeltgebieden in de meeste gevallen doeltreffend met resistente rassen kunnen worden bestreden. Alleen in geval van een pathotype E-besmetting kan grondontsmetting nodig zijn.

5. Bedrijfshygiëne.

Voorkomen moet worden dat de grond besmet raakt met aardappelcysteaaltjes. Besmetting kan plaatsvinden door aanvoer van cysten via grond, zoals zeef- en sorteergrond, door grond aan plantgoed en aan machines, zoals bietenrooiers, trekkers en dergelijke en door verstuiwen van grond. Dit geldt eveneens voor besmet pootgoed, besmette verse dierlijke mest en besmet schoeisel.

11.4.2 Het maïswortelknobbelaaltje en bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje,

Meloidogyne chitwoodi en *Meloidogyne fallax*

Het maïswortelknobbelaaltje is sinds midden jaren tachtig in ons land bekend. Het bedrieglijk maïswortelknobbelaaltje is sinds 1992 bekend. Laatstgenoemde lijkt veel op eerstgenoemde maar vermeerdert niet op maïs. Beide worden vooral op zandgrond in het zuidoosten van het land aangetroffen. Beide veroorzaken bij hoge beginbesmettingen groeiremming in veel gewassen, waaronder de aardappel. Zwaar aangetaste wortels vertonen kleine knobbeltjes. Beide soorten zijn quarantaineorganismen. Dit betekent dat vermeerderingsmateriaal vrij moet zijn van symptomen.

Zeer lage beginbesmettingen in het voorjaar geven al kwaliteitsproblemen in aardappel. Deze problemen zijn grotendeels te vermijden door de teelt van vroege rassen. Maar dan moeten ze wel vroeg worden geoogst anders blijft de kans op schade bestaan. De aangetaste knollen vertonen bobbels of pukkels vlak onder de schil en bruine plekkjes in schors en merg van de knol. In de bobbels bevinden zich de vrouwelijke aaltjes en hun eipakketten. De knolaantasting wordt bevorderd door vocht (bereggen) op het moment dat de jonge aaltjes uit de eieren komen (vanaf begin juli). De aaltjes overwinteren in grond, wortels en knollen. Als de grond gedurende langere tijd zwart wordt gehouden (braak), neemt de populatie van deze wortelknobbelaaltjes weer snel af. Ze zijn zeer gevoelig voor grondontsmetting met fumigantia. Vanwege de grote waardplantenreeks van deze wortelknobbelaaltjes is vruchtwisseling niet of nauwelijks effectief. Wanneer de teelt van een groenbemester noodzakelijk is, dan is bladrammenas voor de beheersing van deze soorten de beste keuze.

11.4.3 Het noordelijk wortelknobbelaaltje, *Meloidogyne hapla*

Het noordelijk wortelknobbelaaltje tast vrijwel alle dicotyle gewassen aan waaronder de aardappel. Het aaltje komt alleen voor op lichte zand- en dalgronden. Een aangetast gewas blijft pleksgewijs in mindere of

meerdere mate achter in groei. Aangetaste wortels vertonen de karakteristieke knobbeltjes waaruit vaak spinvormig meerdere, zeer kleine zijworteltjes groeien.

Ook neemt bij ernstige aantasting de omvang van het wortelstelsel af. Aardappelknollen worden zelden aangetast. De aantasting op de knollen bestaat uit kleine kratertjes in de schil. De aardappel is matig gevoelig voor schade maar er zijn grote rasverschillen. De aardappel is wel een zeer goede waardplant waarop een sterke vermeerdering van het aaltje plaatsvindt. Andere goede waardplanten zijn onder andere vlinderbloemigen. Niet-waardplanten zijn granen, grassen en maïs. Bij zwarte braak en bij granen, grassen en maïs daalt de besmetting met 80 à 90% per jaar. Schade is ook goed te beperken door een grondontsmetting met fumigantia.

11.4.4 Wortellessieaaltjes, *Pratylenchus spp.*

Het wortellessieaaltje, *Pratylenchus penetrans*, is een aaltje dat in zeer veel gewassen schade kan doen. Het wordt vooral aangetroffen op zand- en dalgronden maar kan ook op lichte zavel- en veengronden voorkomen. De aantasting uit zich door een pleksgewijs achterblijvende groei van het gewas. Op de wortels komen langwerpige bruine tot zwarte plekjes voor, de zogenaamde lesies. De plant maakt vaak nieuwe wortels waardoor een bossig wortelstelsel ontstaat. De aardappel is matig gevoelig voor het wortellessieaaltje, hoewel opbrengstdervingen van 50% en meer worden gemeld. De mate waarin schade wordt ondervonden, is mede afhankelijk van de gevoeligheid van het ras. Het wortellessieaaltje bevordert de aantasting door *Verticillium dahliae*, de schimmel die verwelkingsziekte veroorzaakt. Hierdoor kan de schade nog aanzienlijk toenemen. Als gevolg van de uitgebreide waardplantenreeks is het niet eenvoudig het niveau van *Pratylenchus penetrans* laag te houden. Vlinderbloemigen spelen in geval van *Pratylenchus penetrans* een uitermate negatieve rol. Ze laten hoge dichtheden achter. Bieten zijn daarentegen een zeer slechte waardplant en werken bij hoge aanvangsbesmettingen sanerend. Lage dichtheden kunnen zich onder bieten echter wel handhaven. De teelt van afrikaantjes (*Tagetes*) heeft een sterk bestrijdende werking op *Pratylenchus*-soorten. Bestrijding door grondontsmetting met fumigantia is zeer effectief. Behalve *Pratylenchus penetrans* komen ook nog andere soorten wortellessieaaltjes voor. Deze leiden niet tot directe schade maar zijn eveneens in staat de aantasting door *Verticillium dahliae* te bevorderen en daardoor indirect schade te veroorzaken.

11.4.5 Vrijlevende wortelaaltjes, Trichodoridae

Van de vrijlevende wortelaaltjes zijn voor de aardappel voornamelijk de *Trichodorus*- en *Paratrachodorus*-soorten van belang. Ze komen algemeen op lichtere gronden voor en kunnen daar zeer schadelijk zijn. *Trichodorus primitivus* komt ook voor op wat zwaardere zavelgronden tot circa 25% afslibbaar. Beide groepen aaltjes tasten bij veel plantensoorten de wortels aan en bij de aardappel ook de ondergrondse stengeldelen. Door het vormen van zijwortels krijgt het wortelstelsel een bossig aanzien. Op aangeprikte ondergrondse stengeldelen zijn vaak langwerpige bruine vlekken van afgestorven cellen te zien. Dit kan kromgroei van het ondergrondse stengeldeel tot gevolg hebben. Bij lichte aantasting wordt alleen de opkomst vertraagd. Bij ernstiger aantasting komen slechts één of enkele stengels boven en blijft soms de hele plant weg. In sommige gevallen kunnen in een perceel tientallen ares vertraagd en slecht bovenkomen. Naast deze directe schade kunnen de vrijlevende aaltjes ook het tabaksratelvirus overbrengen. Dit virus veroorzaakt afhankelijk van het aardappelras stengelbont in het loof en/of kringerigheid in de knollen. Voor de vatbaarheid van rassen voor kringerigheid wordt verwezen naar de Rassenlijst. Ook de keuze van de groenbemester is van grote invloed. Bladrammenas geniet hierbij duidelijk de voorkeur, vanwege de slechte vermeerdering van het aaltje en het virus op dit gewas. Behalve door het gebruik van bladrammenas als groenbemester is in bouwplanverband aan vrijlevende aaltjes heel weinig te doen. Wel is bestrijding mogelijk door een natte grondontsmetting.

11.4.6 Bladluizen

Bij pootaardappelen is de schade door bladluizen vooral indirect, namelijk door het overbrengen van virusziekten. In consumptieaardappelen is alleen directe schade door bladluizen van belang, namelijk schade als gevolg van zuigen en top-rol.

Zuigschade

Zuigschade van economische betekenis treedt niet vaak op. Als er bladluizen aanwezig zijn in het gewas

dan zitten ze vooral aan de onderzijde van de bladeren. In de toppen van de stengels kunnen, als er veel luizen in zitten, groei-afwijkingen ontstaan, zogenaamde luizenkoppen. Bladluizen kunnen zich onder gunstige omstandigheden zeer snel vermeerderen. Bij gunstig weer kan een gemengde populatie van jongere en oudere bladluizen in één week vijf keer zo groot worden. Bij aanwezigheid van veel bladluisvijanden, zoals lieveheersbeestjes, zweef- en gaasvliegen, kan een populatie in één week echter ook tien keer zo klein worden.

11.4.7 Toprol

Bladluizen kunnen ook het verschijnsel toprol veroorzaken. De stam Rosa van de aardappeltopluis is hiervoor verantwoordelijk. Bij een beginnende aantasting krullen de bladranden naar boven om. Bij sommige rassen (onder andere Bintje) zien we een donkerpaarse verkleuring van de omgekrulde bladranden optreden. In een later stadium treedt necrose aan de bladranden op, die kan overgaan in afsterving van het gehele blad. Toprol wordt vaak in haarden waargenomen. Vanuit de haarden kan het hele veld egaal worden aangetast. De eerste aantasting wordt meestal niet voor juli waargenomen. Er lijken duidelijke rasverschillen te bestaan met betrekking tot de vatbaarheid voor toprol. Onder andere Bintje kan sterk worden aangetast. Verondersteld wordt dat de aardappeltopluis een toxische stof in het blad brengt, waardoor de rolling ontstaat. Een duidelijke aantasting van het gewas zien we meestal pas, wanneer de bladluisbezetting reeds enige omvang heeft bereikt. Het verschijnsel gaat niet met het pootgoed over.

Voorkomen en bestrijden

Tegen bladluizen dient alleen een bestrijding te worden uitgevoerd als er een kans is op opbrengstderving. Dit is het geval als in een perceel veel zogenaamde "luizenkoppen" voorkomen of als op grote schaal op het blad zwartschimmels gaan groeien als gevolg van honingdauw. Dit beperkt het groene bladoppervlak en remt daardoor de productie. Als in een gewas niet op grote schaal luizenkoppen of zwartschimmels te zien zijn, is een bestrijding in het algemeen pas zinvol als er gemiddeld meer dan 50 bladluizen per volgroeid samengesteld blad voorkomen. In geval van vuilboomluizen, die erg moeilijk te bestrijden zijn, is de norm 25 bladluizen per samengesteld blad. Onder omstandigheden die gunstig zijn voor een snelle vermeerdering van bladluizen kan de norm van 25 bladluizen per samengesteld blad echter te hoog zijn. Onder dergelijke omstandigheden wordt wel de strategie gevolgd van het tegengaan van de opbouw van de populatie. Dat houdt in dat reeds bij een veel lager aantal bladluizen per blad met de bestrijding wordt begonnen. Toprol is te voorkomen door de aardappeltopluis te bestrijden. Aanbevolen wordt om in gebieden waar in het verleden schade door toprol is opgetreden en waar toprol wordt gevreesd, een bespuiting uit te voeren met een luisdodend middel in de periode van 10 tot 15 juni. Laat ontwikkelde gewassen kunnen het beste omstreeks 15 juni worden gespoten, vroeg ontwikkelde bij voorkeur omstreeks 10 juni. Een schadelijk optreden van toprol kan in de regel met deze ene bespuiting worden voorkomen. Wanneer toprol zichtbaar wordt, heeft het bestrijden van bladluizen geen zin meer. Als bij intensief waarnemen omstreeks half juni blijkt dat in het gewas geen aardappeltopluizen voorkomen dan is een bespuiting niet zinvol. Indien tegen bladluizen wordt gespoten, is het belangrijk dat dit gebeurt onder goede omstandigheden; dat wil zeggen bij een voldoende hoge relatieve luchtvochtigheid. Op zonnige dagen is de kans hierop het grootst 's avonds laat, eventueel 's morgens vroeg. Voorts moet minimaal 400 liter water per hectare worden gebruikt en een fijne druppel.

Als wordt gespoten, is het belangrijk om de parasieten en roofvijanden van de bladluizen zoveel mogelijk te sparen. Zij helpen mee de bladluispopulatie laag te houden. In dit verband verdient een middel op basis van pirimicarb de voorkeur.

11.4.8 Coloradokever

De coloradokever is ongeveer 1 cm lang en 0,7 cm breed en duidelijk te herkennen aan 10 overlappende zwarte strepen op gele dekschilden. De kever overwintert in de grond. Eind april, begin mei verschijnt de kever en legt geel tot oranje gekleurde eieren op de onderkant van de bladeren van de aardappelplant. De jonge larven zijn donkerrood, maar worden later meer oranje-rood. Aan weerszijden van het lichaam hebben ze twee rijen zwarte stippen. Deze larven zijn in ongeveer drie weken volwassen. Zij kruipen dan in de grond om zich te verpoppen. Deze poppen komen nog dezelfde zomer uit en de nieuwe kevers kunnen dan bij goed zomerweer zorgen voor een tweede generatie. De schade die coloradokevers en hun larven veroorzaken, bestaat uit het vreten aan de bladeren. Bij grootschalig optreden kan het gehele gewas

worden kaalgevreten. Alleen stengels en bladstelen blijven dan over. Om deze reden was de coloradokever tot in de vijftiger jaren gevreesd, en iedere aardappelteler was dan ook verplicht de coloradokever zo goed mogelijk te bestrijden; niet alleen in aardappelen, maar ook in andere gewassen. Nu komt dit insect in Nederland vrij weinig meer voor. De wettelijke bestrijdingsplicht is sinds 1996 vervallen.

Voorkomen en bestrijden

Het beste tijdstip voor de bestrijding is het moment waarop jonge larven op het gewas worden aangetroffen. Hiervoor zijn verschillende middelen beschikbaar.

11.4.9 Aardappelstengelboorder

De vleeskleurige rups van de bruinrode uil (nachtvlinder) verschijnt eind april, boort zich in stengels en vreet deze inwendig leeg waardoor de stengels verwelken. Aantasting treedt op vanuit slootkanten waar de vlinder haar eieren afzet. Soms komt er plaatselijk in het noordoosten van Nederland aanzienlijke schade voor. Deze schade kan gedeeltelijk worden voorkomen door in augustus en september de begroeiing van slootkanten kort te houden.

11.4.10 Aardrups

De rupsen van uilen, onder andere *Agrotis*-soorten (nachtvlinders), vreten gaten in aardappelknollen. De rupsen zijn te herkennen aan hun grijsgraue kleur en het typische oprollen in een C-vorm. Schade van betekenis treedt doorgaans alleen op in erg warme zomers. Zie voor de bestrijding de Gewasbeschermingsgids.

11.4.11 Ritnaald

Ritnaalden zijn de harde, geelbruine larven van kniptorren. Deze larven, die in 3 tot 5 jaar maximaal 25 mm lang worden, vreten gaatjes en soms ook gangen in de knollen waardoor de waarde van aardappelen sterk achteruit kan gaan. Ze vreten ook aan het pootgoed en aan kiemen en jonge stengels waardoor een onregelmatig gewas kan ontstaan. Het schadelijk optreden van ritnaalden neemt de laatste jaren toe. Om de besmetting van een toekomstig aardappelperceel te kunnen vaststellen bestaat een eenvoudige test. Hierbij wordt zo kort mogelijk voor het poten op een twintigtal plaatsen, langs de randen en op het perceel, op circa 5 cm diepte een halve aardappelknol ingegraven. Na 10 dagen kunnen de knollen worden gecontroleerd op het voorkomen van ritnaalden. Een eventuele bestrijding dient voor het poten te worden uitgevoerd.

11.4.12 Slak

Voor zover bekend veroorzaakt in Nederland alleen de slanke kielslak soms schade aan aardappelen in het veld. Het is een bruinzwarte naaktslak die in de grond leeft en kleine tot grote gaten en holtes in knollen vreet. Ze komen sterk pleksgewijze op percelen voor, vooral op nattere gedeelten. Als men schade door slakken wil tegengaan, moet worden getracht schuilmogelijkheden zoveel mogelijk te beperken. Zorg voor een goede onkruidbestrijding en maak de grond zo fijn mogelijk. In de bewaarplaats doen zich soms problemen voor met de akkeraardslak (ook wel grauwe veldslak genoemd). Deze naaktslak komt op zwaardere grond soms met natte grond mee in de bewaarplaats terecht. De akkeraardslak kan door vraat schade veroorzaken en soms door secundair rot als gevolg van bacteriële ontwikkeling. Ze zitten vaak bovenin opgeslagen partijen, mogelijk door de iets hogere temperatuur en vochtigheid daar. Slijmsporen verraden de aanwezigheid van deze slakken.

11.4.13 Regenworm

Sinds 1993 doen zich op een aantal percelen, vooral kleigrond in Flevoland, vooral als de tweede helft van het groeiseizoen nat is, problemen voor bij het rooien van o.a. aardappelen als gevolg van heel harde en stugge grond. Op deze probleemplekken komen hoge concentraties regenwormen voor. Door de activiteit van de regenwormen vindt verkitting van gronddeeltjes plaats. Na een droge periode resulteert dit in een harde vaste rug die bij het rooien problemen geeft. Er is nog geen oplossing. Onderzoek richt zich op verbetering van de bodemstructuur en het effect van intensiteit van grondbewerkingen.

11.5 Aardappelopslag

11.5.1 Aardappelopslag uit knollen

Bij de oogst van aardappelen blijven vaak tussen de 20.000 en 300.000 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 beconcurrereert. Veel ernstiger zijn echter de fyto-sanitaire gevolgen 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 aardappelcysteeltjes, Phoma en Rhizoctonia. Het effect van vruchtwisseling kan hiermee bij sommige organismen teniet worden gedaan. Ook Phytophthora en virusziekten kunnen zich verspreiden vanuit aardappelopslag. Daarom is het van groot belang opslag te voorkomen of zonodig tijdig te bestrijden.

11.5.2 Aardappelopslag uit zaad

Sommige rassen vormen veel bessen. Hiermee worden enorme hoeveelheden kiemkrachtig zaad gevormd. Bij rassen als Saturna, Désirée, Hansa, Van Gogh en Morene 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. Enerzijds kan de zaadopslag in sommige gewassen een lastig te bestrijden onkruid zijn, anderzijds kunnen ziekten en plagen, in het bijzonder het aardappelcysteeltje, zich via opslag in stand houden en vermeerderen. Dit geldt ook voor de knolletjes die door de zaailingen worden geproduceerd. Als in de toekomst een deel van het Bintje-areaal wordt vervangen door andere, AM-resistente en minder Phytophthora-gevoelige, rassen betekent dat, dat het areaal aardappelen dat bessen vormt waarschijnlijk verder zal toenemen.

Voorkomen en 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 en 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. Dit kan door in plaats van te ploegen een niet-kerende grondbewerking uit te voeren met behulp van een vaste-tandcultivator.

Hierbij moet de grond dan na aardappelen in één bewerking tot bouwvoordiepte zodanig worden bewerkt, dat een grove ligging wordt verkregen. 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 bovenkomende stengel moet dan met middel worden aangestreekt. Hiervoor zijn onkruidstrijkers ontwikkeld die zowel in stroken als volvelds de opslagplanten kunnen raken en handmatige apparatuur om de planten individueel aan te stippen.

12 Bijzondere verschijnselen

12.1 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. Soms worden onderzeeërs ook bij een minder gevoelig ras als Bintje waargenomen. Dat was bijvoorbeeld in 1983 het geval, toen als gevolg van overvloedige regen de meeste consumptieaardappelen pas in juni konden worden gepoot.

Voorkomen en 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.

12.2 Doorwas

Doorwas kan de knolkwaliteit van consumptieaardappelen op verschillende wijzen nadelig beïnvloeden. De sortering wordt fijner, een deel van de knollen kan glazig en daarmee ongeschikt worden voor consumptie, en het percentage misvormde knollen neemt toe. Het onderwatergewicht van doorwaspartijen is lager en loopt vaak binnen een partij sterk uiteen. Van een doorwaspartij kan geen goede frites worden gebakken, omdat kleur en textuur van de fritesstaafjes niet goed zijn.

Doorwas bij aardappelen wordt veroorzaakt door hitte tijdens de gewasgroei, met name bij maximumluchttemperaturen boven 25 °C in combinatie met een droge grond en een niet gesloten bladerdek. Naarmate er meer loof is, is de kans op directe instraling op de grond geringer en zal de grondtemperatuur minder hoog oplopen, waardoor de kans op het optreden van doorwas geringer is. Als gevolg van vooral een hoge bodemtemperatuur wordt de kiemrust van de knollen verbroken en ontstaan één of meer kiemen. Als de grond weer afkoelt na een hitteperiode en er voldoende vocht beschikbaar is, kunnen zich aan de kiemen zogenaamde secundaire knollen vormen. De eerstgevormde knollen worden primaire knollen genoemd. Als de productie van voedingsstoffen (suikers) vanuit het loof stopt, omdat het loof vernietigd wordt, kan de secundaire knol de primaire knol gaan leegzuigen. Het onderwatergewicht van primaire knollen neemt dan af, ze kunnen zelfs glazig worden en tijdens de bewaring tot zogenaamde "waterzakken" overgaan. Primaire knollen hebben ook vaak een zeer hoog suikergehalte. Als secundaire knollen laat in het seizoen worden gevormd, hebben ze vaak een laag onderwatergewicht en een verhoogd suikergehalte..

Voorkomen en bestrijden

Wanneer de grond vochtig is, zal minder gauw doorwas optreden. De ingestraalde warmte zal dan gemakkelijker naar diepere lagen worden afgevoerd, waardoor de temperatuur in de ruggen minder hoog zal oplopen. Gebleken is dat een hoge stikstofbemesting doorwas kan verergeren. Stikstofdeling kan de kans op het optreden van doorwas beperken. Er zijn duidelijke rasverschillen in gevoeligheid voor doorwas. Onder andere Bintje en Eigenheimer zijn erg gevoelig voor dit verschijnsel.

12.3 Holheid

Holheid is het verschijnsel waarbij midden in aardappelknollen een holte voorkomt die aan de buitenkant niet zichtbaar is. Holheid ontstaat als gevolg van onregelmatige groei van het gewas en komt vooral voor bij grote knollen. Er bestaan duidelijke rasverschillen in gevoeligheid voor holheid. Het verschijnsel komt meer voor op zand- dan op kleigronden. Vooral bij tafelaardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie zijn holle knollen een ernstig probleem omdat ze niet kunnen worden uitgesorteerd.

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.

Voorkomen en bestrijden

Het optreden van holheid kan worden beperkt door rassen te telen die weinig gevoelig zijn voor dit verschijnsel. Verder 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.

12.4 Groeischeuren en andere knolmisvormingen

Groeischeuren en andere misvormingen aan de knollen geven bij het schillen meer verlies en kunnen het uiterlijk van een partij sterk nadelig beïnvloeden. Deze gebreken worden 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. Misvormde knollen kunnen ontstaan als knollen als gevolg van droogte minder assimilaten krijgen toegevoerd en daardoor gaan afrijpen. Als de productie na regen weer op gang komt, treedt alleen nog celdeling op in de jongste delen van de knol (topeind, rond de ogen), die dan gaan uitgroeien. Dit leidt dan tot flesvorming en popperigheid. Stikstof kan dit proces versterken, met name bij een onregelmatige vochtvoorziening.

Ook een beperkte doorwasinductie kan tot misvormde (bijvoorbeeld flesvormige) knollen leiden. In grotere knollen komt een groter percentage knollen met groeischeuren en andere misvormingen voor dan in kleinere knollen. Daarom is het in het algemeen bij consumptieaardappelen die bestemd zijn voor de fritesbereiding, niet verstandig bij de teelt te streven naar een zo grof mogelijk product, bijvoorbeeld zoveel mogelijk > 70 mm. Beter is het te trachten een zo groot mogelijk aandeel in de maat 50 tot 70 mm te verkrijgen.

Voorkomen en bestrijden

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

12.5 Groene knollen

Knollen worden groen, soms grauw of paars als ze in het licht komen. Als ze langere tijd aan licht zijn blootgesteld, spreken we van hardgroen. Groen ontstaat vaak als knollen uit de rug groeien, als knollen blootspoelen (vaak bij hevige regenval) of als knollen in het licht komen door het ontstaan van scheuren in de grond.

Voorkomen en bestrijden

Het blootspoelen van knollen kan worden beperkt door te zorgen voor ruggen met een goede vorm, dat wil zeggen met een brede basis en niet te steil, waardoor de kans op afspoelen geringer is. Door de ruggen tijdens de rugopbouw aan te drukken wordt de kans op wegspoelen ook geringer.

Scheurende ruggen ontstaan vooral als de grond bij het frezen erg fijn wordt gemaakt. Gaat het vervolgens regenen dan kunnen zulke ruggen veel vocht opnemen. Wanneer ze daarna weer opdrogen, ontstaan er vaak scheuren. Vooral als laat in het seizoen de loofhoeveelheid afneemt en het licht als gevolg daarvan meer doordringt tot de grond en de knollen in grootte toenemen, kan er groen ontstaan. Met dieper poten en met grotere ruggen hoopt men groen worden tegen te gaan maar de effecten van deze methoden vallen vaak tegen, vooral omdat op kleigrond het ontstaan van scheuren in de ruggen niet (geheel) valt te voorkomen.

12.6 Roestvlekken

Roestvlekken zijn bruine vlekken in aardappelknollen die aan roest doen denken. Ze komen vaak willekeurig verspreid in het knolvlees voor. Het is geen ziekte maar een fysiologisch verschijnsel. Soms zijn de vlekken moeilijk te onderscheiden van kringerigheid. Het verschijnsel roestvlekken komt het meest voor in warme zomers op zandgronden. Bij het koken worden de roestvlekken hard. Het gevolg is dat een partij waarin roestvlekken voorkomen een lagere kwaliteit heeft. Roestvlekken komen vooral voor in knollen die onregelmatig zijn gegroeid. Waarschijnlijk worden deze vlekken veroorzaakt door een laag calciumgehalte als gevolg van het slechte transport van dit element in het knolweefsel. Vroeg in het seizoen gevormde bruine vlekjes kunnen soms weer geheel of gedeeltelijk verdwijnen. De aantasting verergert niet tijdens de bewaring.

12.7 Zwarte harten

Soms komt in het centrum van knollen een donkergrijze tot zwarte vlek voor. Dit verschijnsel wordt zwarte harten genoemd. Het wordt veroorzaakt door zuurstofgebrek binnen in 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.

Voorkomen en bestrijden

Bij het opwarmen mag de temperatuur van de opgewarmde ventilatielucht niet hoger zijn dan 20 à 22 °C. Indien met directe luchtverhitters in de bewaarplaats wordt gewerkt, moet worden gezorgd voor voldoende luchtverversing. Voorkom een langdurige blootstelling aan hoge buitenluchttemperaturen bij het op voorraad rooien. Partijen die met een hoge temperatuur (>20 à 25 °C) in de bewaarplaats komen moeten direct worden geventileerd, zeker als ze ook nog flink beschadigd zijn.

12.8 Naveleindverkleuring en naveleindrot

Als het loof van aardappelen onder droge omstandigheden plotseling wordt vernietigd, kan soms in de knollen naveleindverkleuring en naveleindrot optreden. Het treedt vooral op als een nog groen gewas aan vochtgebrek lijdt en de temperatuur hoog is. Het verschijnsel wordt vooral waargenomen na een behandeling met een snelwerkend chemisch loofdodingsmiddel als bijvoorbeeld Reglone, maar het is ook na loofklappen en looftrekken vastgesteld. Bij het overlans doorsnijden van de knol ziet men bij het naveleinde bruingekleurd necrotisch weefsel, dat zich voort kan zetten in de vaatbundelring. Soms is het naveleinde

licht ingerot. Dit rot kan verergeren door het secundair optreden van schimmels zoals Fusarium-soorten of bacteriën.

Voorkomen en bestrijden

Het loof bij droge grond niet plotseling vernietigen met een snelwerkend loofvernietigingsmiddel, maar wachten tot de grond voldoende vochtig is of een langzaam werkend middel gebruiken. Een langzaam werkend middel, na 4 à 5 dagen gevolgd door een bespuiting met een snelwerkend middel is ook een alternatief. Als men het loof toch onder droge omstandigheden met een snelwerkend loofvernietigingsmiddel wil doden, dan bij voorkeur 's morgens vroeg spuiten in een fris gewas.

Beregening

De aardappel is onder meer vanwege zijn relatief zwakke wortelstelsel gevoelig voor droogte. Dit kan niet alleen op zandgrond, maar ook op zavelgrond en vooral zware kleigrond tot opbrengstverlies leiden. De vochtvoorziening van het gewas is bovendien medebepalend voor knolgrootte en kwaliteit. Het optreden van gewone schurft, poederschurft, knolmisvorming, holheid en doorwas zijn afhankelijk van de vochtvoorziening.

De aanwezigheid van bruinrotbacteriën in het oppervlaktewater van verschillende teeltgebieden van consumptieaardappelen legt een aanzienlijke beperking op aan de mogelijkheden tot beregening. In dergelijke gebieden kan alleen met bronwater worden beregend.

13 Berekening en opbrengst

Een consumptieaardappelgewas heeft in ons land vanaf het poten 350 - 400 mm vocht nodig. Vanaf het begin van de knolaanleg vraagt het gewas voor een maximale productie ongeveer 250 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 60 ton bedraagt de productie per mm water: $60.000 : 250 = 240$ kg. Dit geeft aan wat in principe het rendement van beregenen kan zijn. Dit rendement kan worden verlaagd door negatieve gevolgen van beregening, zoals verslemping en het verdwijnen van stikstof uit de bewortelde zone. Deze negatieve gevolgen zijn op zavelgrond doorgaans groter dan op zandgrond of zware klei.

Daar de natuurlijke beschikbaarheid van vocht op zandgrond relatief gering is, kan beregening hier in droge jaren opbrengstverhogingen tot enkele tientallen tonnen per ha geven. Op klei- en zavelgrond is het effect van beregening op de opbrengst veel kleiner. Zo werd op zware kleigrond in de IJsselmeerpolders van 1977 tot en met 1982 gemiddeld een vijf ton hogere opbrengst per ha bereikt met beregening. Op een zavelgrond in dezelfde polder bedroeg de opbrengstverhoging gemiddeld over de droge jaren 1976 en 1977 slechts drie ton per ha.

13.1 Berekening en kwaliteit

Een regelmatige vochtvoorziening van het gewas met behulp van beregening kan het optreden van knolmisvorming (popperigheid, groeischeuren) sterk beperken. Als de beregening echter niet correct gebeurt, bijvoorbeeld met te lange tussenpozen, dan kan knolmisvorming zelfs worden gestimuleerd. Doorwas en daardoor het optreden van glazigheid kan met beregening vrijwel geheel worden voorkomen. Het knolaantal per plant neemt door beregening doorgaans toe, indien de grond vanaf het tijdstip van stoloonaanleg tot en met de knolaanleg vochtig wordt gehouden. Hierdoor wordt de sortering van een partij fijner.

Diepe pokschorft, 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 goed vochtig te houden. Om structuurbederf te voorkomen, moet bij beregening met een lage regenintensiteit worden gewerkt, bij voorkeur niet meer dan 10 mm per uur. Regelmatig kleine giften van bijvoorbeeld 10 mm voldoen beter dan enkele grote giften bij de bestrijding van schurft.

De blauwgevoeligheid van consumptieaardappelen blijkt op beregende percelen vaak geringer te zijn dan op niet beregende velden.

13.2 Wanneer beregenen?

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

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

- a. Schatting van het vochtgehalte, door grond onder uit de rug in de hand te kneden. Dit vraagt echter ervaring en is niet erg nauwkeurig.
- b. Het opstellen van een vochtbalans. Hierin worden betrokken: de vochtvoorraad in de bewortelde bodemlaag, de capillaire nalevering, de regenval en de gewasverdamping. Om de laatstgenoemde factor te kunnen vaststellen, kan men gebruik maken van de referentie-gewasverdamping die dagelijks door het KNMI en andere leveranciers van meteogegevens worden verstrekt en van de zogenaamde f-factor voor aardappelen die afhankelijk is van het ontwikkelingsstadium van het gewas.
Verdamping aardappelgewas = $f \times$ referentieverdamping
- c. 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 de rug, 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) dan kunnen de tensiometers "doorslaan". Na herbevochtiging van de grond moeten ze dan opnieuw gevuld en geplaatst worden.

13.3 Hoe beregenen?

Beregening wordt meestal uitgevoerd met haspelinstallaties die zijn uitgevoerd met een sproeikanon of een sproeiboom. Met het oog op het beperken van structuurschade door beregening en voor een goede bevochtiging van de rug verdient de sproeiboom de voorkeur. Om 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 hangt onder meer af van de grondsoort. Het verdient aanbeveling om de volgende maxima aan te houden:

zavelgrond	:	20 mm;
zandgrond	:	25 - 30 mm;
kleigrond	:	20 - 25 mm.

13.4 Druppelirrigatie

Een nieuwe ontwikkeling waarmee thans in de praktijk wordt geëxperimenteerd, is de druppelbevloeiing. Bij dit systeem ligt in iedere rug of tussen twee ruggen een dunne slang, die om de 20-40 cm is voorzien van gaatjes (druppelaars). Hiermee kan een gewas op uniforme wijze van vocht worden voorzien. Het systeem biedt verder de mogelijkheid om op elk gewenst moment meststoffen (fertigatie) evenals wellicht bepaalde bestrijdingsmiddelen goed verdeeld in de wortelzone te brengen. Andere pluspunten van het systeem zijn: een geringere waterbehoefte (10 à 25%), een optimale bestrijding van gewone schurft, minder risico op een infectie met Phytophthora dan bij beregening en er kan water met een hoger zoutgehalte worden gebruikt dan bij beregening. Wellicht kan ook op (stikstof)meststoffen worden bespaard bij toepassing van druppelbevloeiing. Dit is echter nog niet door middel van onderzoek bevestigd.

Tegenover de genoemde voordelen staat ook een nadeel: de kosten per ha zijn aanzienlijk hoger dan bij beregening. Een nadeel is dat de bodemstructuur na druppelbevloeiing aan het einde van het seizoen in de regel nog slechter is dan na beregening. Dit leidt bij de oogst tot meer kluiten in de partij. Verder is speciale apparatuur nodig voor het leggen en verwijderen van de slangen (tapes).

In Nederland worden zowel slangen geleverd die slechts een keer kunnen worden gebruikt als slangen die 3 tot 4 keer kunnen worden gebruikt.

Hoewel druppelbevloeiing interessante voordelen heeft boven andere beregeningssystemen lijken de hoge kosten vooralsnog een grootschalige toepassing in consumptieaardappelen te beletten.

13.5 Beregenen met zout water

Beregenen met zout water kan opbrengstderving geven. Bovendien wordt hierdoor de structuur van de grond negatief beïnvloed. Uit al wat ouder onderzoek in Friesland en Zuid-Holland kan worden afgeleid dat bij drie keer beregenen met 20 mm water, zoutgehalten boven de 1 gram chloor per liter op lichte zavelgrond en boven 1,5 gram chloor per liter op zwaardere gronden opbrengstschade van betekenis (> 5%) kunnen geven ten opzichte van zoet water. Genoemde zoutgehalten komen overeen met een EC van respectievelijk 2,6 en 3,6. Beregenen met zout water kan - om bladverbranding te voorkomen - het best in de namiddag of avond gebeuren. Bij gebruikmaking van zout water is veelvuldig beregenen met kleine giften beter dan enkele keren een grote gift. Sterke uitdroging van de grond moet worden vermeden.

14 Loofvernietiging

Loofvernietiging van niet volledig natuurlijk afgerijpte gewassen is vooral nodig om knolbeschadiging bij het rooien tegen te gaan. Bij een ernstige aantasting van het gewas door *Phytophthora infestans* is 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 men een afweging maken 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 Phytophthorabesputingen 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 - twee tot drie weken worden gewacht alvorens 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 begin van de jaren negentig vrijwel uitsluitend chemisch. Onderzoek heeft echter aangetoond dat mechanische loofvernietiging uitstekend mogelijk is, mits men dit onder droge (grond)omstandigheden kan uitvoeren en een eventueel aanwezige Phytophthora-aantasting geen onacceptabel gevaar oplevert.

14.1 Loofklappen

Loofvernietiging door uitsluitend loofklappen blijkt ook in nog groene gewassen (70% grondbedekking met groen loof) goed mogelijk te zijn. Zelfs in dergelijke onrijpe gewassen treedt geen hergroei op. De mate van afharding van de schil bleek bij loofklappen gelijk te zijn aan die na doodspuiten.

Verder is gebleken, dat - mits de loofklapper voor op de trekker is gebouwd (of bij achteraanbouw achteruit rijden) - er geen sprake is van meer groene knollen dan na doodspuiten. Wel kan het soms nodig zijn om de spuitsporen en de uiteinden van de rijen chemisch te behandelen.

In gewassen waarin een Phytophthora-aantasting van betekenis voorkomt en de grond aan de bovenkant van de rug vochtig is, moet loofklappen met het oog op de verspreiding van Phytophthorasporen worden afgeraden. Bij droge grond behoeft een Phytophthora-aantasting in het loof geen beletsel voor loofklappen te zijn omdat de schimmelsporen op droge grond snel afsterven.

14.2 Doodspuiten

Chemische loofdoding kan worden uitgevoerd met snel of langzaam werkende middelen. Langzaam werkende 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, dan zal men langzaam werkende 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 diquat de kans op het optreden van naveleinde-rot of vaatbundelverkleuring.

Met langzaam werkende middelen treedt dit probleem zelden of nooit op. Om problemen te vermijden, wordt wel gewerkt met een halve dosering van een langzaam werkend middel, na drie tot vier dagen gevolgd door eveneens een halve dosering van een snelwerkend product. Als uitsluitend langzaam werkende middelen worden gebruikt, is in de regel een extra Phytophthora-bestrijding nodig.

14.3 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). Bovendien zijn de kosten relatief hoog. Een pluspunt van loofbranden is dat een eventueel aanwezige Phytophthora-aantasting in het loof meteen onschadelijk wordt gemaakt.

14.4 Doodspuiten en doorwas

Als het optreden van doorwas heeft geleid tot het ontstaan van zogenaamde kettingen, primaire (eerstgevormde) met daaraan secundaire knollen, dan kan loofvernietiging van een nog groen gewas het optreden van glazigheid bevorderen. Bij een gewas dat al vrij ver natuurlijk is afgerijpt is de kans op glazigheid klein, mits de vochtvoorziening in orde is en er geen hergroei in het loof blijkt op te treden.

Men kan na loofvernietiging van een nog groen gewas het ontstaan van glazigheid beperken door zo spoedig mogelijk te rooien. Hoe lang men kan wachten, hangt onder meer af van het onderwatergewicht van de primaire knollen op het tijdstip van doodspuiten.

Bij een ras als Bintje zijn primaire knollen met een onderwatergewicht lager dan 280 gram in meerdere of mindere mate glazig. Is het onderwatergewicht van de primaire knollen bij loofvernietiging bijvoorbeeld 330 à 340 gram, dan heeft men meer speling dan bij 300 à 310 gram.

15 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. In de keten van de aardappeloogst kunnen op veel plaatsen verschillende soorten knolbeschadigingen (blauw en andere onderhuidse verkleuringen, barsten) optreden. De voorbereidingen voor het oogsten van een schone, gezonde en minimaal beschadigde partij beginnen al ver voor de oogst. Deze voorbereidingen zijn in 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.

15.1 Rooien

Om te beginnen moeten de banden van trekker en rooimachine midden door de geulen lopen en niet te breed zijn, zodat ruggen en knollen niet worden beschadigd en knollen niet uit de rug worden gedrukt. 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. Voorkomen moet worden 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 voor 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 dienen bekleed te zijn; hiervoor zijn diverse materialen beschikbaar.

Veel rooimachines zijn tegenwoordig uitgerust met axiaalrollen. Deze rollen hebben een grote reinigende werking en zijn in staat om – vooral ook onder slechte omstandigheden – veel grond te verwijderen. Net als bij het gebruik van de schudders moet men er echter op bedacht zijn om afhankelijk van de omstandigheden het juiste type (al of niet berubberd, doorsnede) en een juiste afstelling te kiezen om het optreden van knolbeschadiging te voorkomen.

Wanneer veel droge, scherpe kluiten in de rug voorkomen, moet bij voorkeur niet worden gerooid. Deze kluiten kunnen veel knolbeschadiging veroorzaken. Indien de mogelijkheden aanwezig zijn, kan voor het rooien worden berekend om de kluiten zacht te laten worden.

15.2 Inschuren

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 hoger 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.

Bij het vullen van de bewaarplaats kan de volledige storthoogte het best worden opgebouwd door telkens "terrassen" te maken. Hierdoor wordt voorkomen dat veel knollen enkele meters langs het talud naar beneden rollen.

15.3 Ras en knoltemperatuur

Het ene ras is gevoeliger voor rooibeschatiging dan het andere. De Rassenlijst geeft hierover goede informatie.

De mate waarin knollen beschadigd raken, hangt af van de temperatuur van de knollen op het moment dat ze gerooid 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, dan hebben ook de knollen deze temperatuur bijna bereikt.

15.4 Rooiverlies

De uitrusting en afstelling van de rooimachine behoren 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 onder meer het aardappelcystealtje 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.

15.5 Moederknollen

Soms kan het gebeuren 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 "lekken".

15.6 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 bij voorkeur apart worden geoogst en opgeslagen, zodat risico's tijdens de bewaring worden beperkt.

15.7 Oogsten in twee werkgangen

Door veel neerslag kunnen de rooiomstandigheden zó slecht zijn dat er teveel grond dreigt te worden meegeroid. Rooien in twee werkgangen kan deze hoeveelheid grond beperken. Bij deze methode worden de aardappelen eerst in het zwad gerooid, waarna ze enkele uren kunnen drogen. Bij het oprapen raakt men dan meer grond kwijt dan bij het rooien in één werkgang. Door de velddroging en doordat minder grond

wordt ingeschuurd, kost het in de bewaarplaats minder moeite om de aardappelen te drogen. Daarnaast heeft men minder kosten (bijvoorbeeld strafkorting bij afleveren). Op zandgrond heeft de methode als voordeel dat de aardappelen een betere kleur krijgen doordat ze beter van het donkere zand worden ontdaan.

Tegenover de voordelen van deze methode staan de nadelen van de kosten van de extra benodigde apparatuur, de extra benodigde mankracht om met dezelfde capaciteit te kunnen werken en het weersrisico tijdens de velddroging. Wanneer er regen valt in de op het veld liggende zwaden, wordt het soms moeilijk om de zwaden goed op te rapen.

16 Bewaring

16.1 Inleiding

Bij de oogst verkeert de consumptieaardappel 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.

16.1.1 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 de 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 moet voor de koeling van aardappelen bij voorkeur lucht worden gebruikt met een relatieve vochtigheid die zo dicht mogelijk bij de 100% ligt.

De gewichtsverliezen van onbeschadigde knollen tijdens de bewaring 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.

16.1.2 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 bij vrij komen. De ademhalingsintensiteit 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 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.

16.1.3 Schimmel- en bacterieziekten

Als met schimmel- of bacterieziekten besmette knollen in een partij voorkomen, dan kan dit tot flinke verliezen als gevolg van rot leiden. 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 uitbreiden. Een besmetting met Fusarium of Phoma 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 inschuren en droog houden van de partij gedurende de bewaarperiode;

- een goede en snelle wondheling;
- een zo laag mogelijke bewaartemperatuur; dit geldt echter niet voor Phoma, die zich juist uitbreidt bij temperaturen beneden de 8 °C.

16.2 Drogen van aardappelen

Een gezonde partij aardappelen die onder droge omstandigheden is geoogst, heeft niet speciaal te worden gedroogd. Dit is wel het geval als aardappelen met veel natte grond worden ingeschuurd of als “jong ziek”, natrot of “waterzakken” in de partij voorkomen. Vooral bij de aanwezigheid van “jong ziek” en natrot van betekenis is een snelle droging essentieel. Dergelijke partijen moeten bij voorkeur apart worden opgeslagen.

16.2.1 Wanneer is buitenlucht drogend?

1. 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 boven uit 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 en bij 12 °C maximaal 8,8 gram per m³ waterdamp opnemen. Als de lucht tijdens haar gang door de partij wordt opgewarmd van 10 tot 12 °C zal per m³ ingeblazen lucht met een relatieve luchtvochtigheid 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.

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

16.2.2 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 in september al gezakt is tot 10 °C, dan 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 te houden om een voldoende aantal uren met buitenlucht te kunnen blijven drogen.

16.2.3 Lucht opwarmen?

Indien vanwege de aanwezigheid van rot of “jong ziek” in een partij, snel drogen noodzakelijk is, dan moet worden geprobeerd om - zo mogelijk - dag en nacht drogend te ventileren. Zoals hierboven is duidelijk gemaakt, kan dit streven gedwarsboemd 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.

16.2.4 Berekening kachelcapaciteit

Het opwarmen van lucht met 1 °C vraagt per m³ 0,35 W. Stel dat we de ventilatielucht maximaal 3 °C willen opwarmen, bij een ventilatiecapaciteit van bijvoorbeeld 70.000 m³ per uur. De benodigde kachelcapaciteit is dan netto $3 \times 70.000 \times 0,35 = 73,5$ kW of 63.000 kcal respectievelijk 264.000 kJ per uur. Als een olie- of gasgestookte kachel met rookgasafvoer naar buiten wordt gebruikt dan moet rekening worden gehouden met een warmteverlies van 20%.

16.2.5 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 boven in 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);
- 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.

16.3 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 Phoma en 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. Ook

kiemremmingsmiddelen remmen de wondheling. Op ontvelde partijen en om poederbrand te vermijden, is het dan ook van belang om bij voorkeur geen poedervormige CIPC-bevattende middelen te gebruiken. In de praktijk is een periode van 7 - 14 dagen bij een temperatuur van 12 - 18 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 80 - 95% nodig voor een goede wondheling. Een hoge luchtvochtigheid kan worden bereikt door heel weinig te ventileren, bijvoorbeeld 1 à 2 maal per dag enkele minuten om de lucht te verversen en daarmee te voorkomen dat het CO₂-gehalte in de bewaaratmosfeer teveel 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.

16.4 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 ½, 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. 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. Onderzoek heeft uitgewezen dat een geleidelijke afkoeling van de aardappelen die bestemd zijn voor de verwerking tot frites of chips tot het gewenste temperatuurniveau, gevolgd door een geleidelijke stijging tot 12 °C later in het seizoen, leidt tot de beste bakkleur in geval van langdurige bewaring. Het gewenste temperatuurniveau moet in de herfst eind november, begin december zijn bereikt.

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.

16.4.1 Gewenste bewaar temperatuur

De gewenste bewaar temperatuur hangt af van de bestemming van de aardappelen. Zo kunnen tafelaardappelen bij een wat lagere temperatuur worden bewaard dan aardappelen voor industriële verwerking. Bij laatst genoemde groep leiden bewaar temperaturen lager dan 5 à 6 °C tot ongewenste suikervorming in de knol, de zogenaamde koudeverzoeting, waardoor de bakkleur negatief wordt beïnvloed. Voor de verschillende soorten consumptie aardappelen worden onderstaande bewaar temperaturen geadviseerd.

- tafelaardappelen: 4 - 5 °C;
- aardappelen voor de frites- en droogindustrie: 6 - 8 °C;
- chips aardappelen: 7 - 10 °C.

Voor welke kant van de temperatuurvork wordt gekozen, is afhankelijk van bewaar duur en ras. Zo moeten rassen, die gevoelig zijn voor suikerophoping bij een wat hogere temperatuur worden bewaard dan rassen waarbij dit niet het geval is. Ook de bewaar duur speelt echter een rol. Zo loopt men bij rassen die snel fysiologisch verouderen, het risico dat in de tweede helft van het bewaar seizoen ouderdomsversuikering optreedt als ze bij een te hoge temperatuur worden bewaard. Bij dergelijke rassen moet naar een compromis worden gestreefd tussen de kans op koudeverzoeting en die op ouderdomsversuikering. Rassen die tot juni-juli moeten worden bewaard en die gevoelig zijn voor ouderdomsversuikering zullen in de eerste helft van de bewaar periode bij een wat lagere temperatuur moeten worden bewaard, dan wanneer ze vroeger worden geruimd. Overigens kunnen aardappelen die gevoelig zijn voor welk type suikerophoping dan ook, beter vroeg worden afgezet. In tegenstelling tot ouderdomsversuikering kan koudeverzoeting vaak grotendeels worden "teruggedraaid" door middel van het zogenaamde reconditioneren. Door tijdelijk bij een hogere temperatuur te bewaren (bijvoorbeeld twee weken bij 15 - 20 °C), wordt een deel van de suikers verademd, waardoor de bakkleur weer beter wordt.

16.4.2 Hoe ventileren als het gewenste temperaturniveau is bereikt?

Als de gewenste knoltemperatuur is bereikt, is het van belang om dit niveau met slechts geringe 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 suikerophoping in de knollen te vermijden, mogen aardappelen bestemd voor verwerking tot frites, chips of droge producten 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 intern wordt geventileerd, om daarmee de temperatuursverschillen in de hoop te nivelleren en de aardappelen onder in 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 minimumthermostaat in het luchtkanaal zal daarbij moeten voorkomen dat met te koude lucht wordt geventileerd.

16.5 CO₂ en bakkleur

Onderzoek heeft uitgewezen, dat verhoogde CO₂-gehalten in de bewaarplaats de bakkleur van frites en chips negatief kunnen beïnvloeden. Bovendien bleek de kieming hierdoor sterk te worden gestimuleerd. Uit dit onderzoek kon worden afgeleid dat langdurige CO₂-gehalten van 0,5% of meer de bakkleur aanzienlijk konden verslechteren. De verslechtering van de bakkleur is groter naarmate het CO₂-gehalte hoger en de duur van de periode met hoog CO₂-gehalte langer is. Te hoge CO₂-gehalten treden vooral op in de volgende gevallen:

- tijdens de periode van wondheling, met name in geval van veel knolbeschadiging en bij hogere temperaturen. Problemen kunnen worden voorkomen door in deze periode de luiken voor de ventilatoren open te laten staan. Er treedt dan voldoende luchtverversing op.
- tijdens het opwarmen van de aardappelen vóór aflevering. Bij het opwarmen is het zaak om te zorgen voor voldoende aanvoer van verse lucht, vooral als de kachel binnen staat en geen rookgasafvoer naar buiten heeft.

In moderne, vrijwel gasdichte bewaarplaatsen kan het CO₂-gehalte tijdens het gehele bewaarperiode te ver oplopen, hetgeen zich zal uiten in een slechte bakkleur. Heeft men problemen met de bakkleur, die niet het gevolg zijn van een te lage bewaar temperatuur dan verdient het aanbeveling om gedurende enkele etmalen CO₂ metingen te laten verrichten. Op basis hiervan kan dan worden aangegeven hoe vaak en hoe lang men per dag moet ventileren om problemen te voorkomen.

Een te hoog gehalte aan reducerende suikers als gevolg van CO₂-ophoping in de bewaarplaats kan - evenals na koudeverzoeting - tot ca eind maart door middel van reconditioneren worden verlaagd. Uit onderzoek is gebleken dat aardappelen niet elk jaar even gevoelig zijn voor suikerothopping als gevolg van een te hoog CO₂-gehalte in de bewaarplaats.

16.6 Toepassing van kiemremmers

De eerste maanden na de oogst treedt als regel geen kieming op bij consumptieaardappelen. De aardappelen zijn dan in kiemrust. De kiemrustduur is afhankelijk van ras en bewaar temperatuur. Bij langdurige bewaring kunnen aardappelen alleen kiemvrij worden gehouden bij een temperatuur van 3 - 4 °C of lager, tenzij kiemremmers worden gebruikt. Bij aardappelen, die vóór december-januari worden afgezet, is meestal geen behandeling met kiemremmers nodig. Voor rassen met een lange kiemrust, zoals Agria, geldt dit tot februari.

16.7 Opwarmen van aardappelen

Bij lage temperaturen zijn aardappelknollen erg gevoelig voor onderhuidse beschadiging, die doorgaans leidt tot blauw. Daarom moeten aardappelen worden opgewarmd voor ze uit de bewaarplaats worden gehaald. Matig blauwgevoelige partijen moeten worden opgewarmd tot circa 15 °C, erg blauwgevoelige partijen tot 18 à 20 °C. Een langzame opwarming in bijvoorbeeld vijf dagen verdient de voorkeur boven een snelle temperatuursverhoging van de hoop in twee dagen. Naarmate de knollen langer op temperatuur zijn, neemt de blauwgevoeligheid verder af. In de voorzomer kan het opwarmen dikwijls (gedeeltelijk) met buitenlucht gebeuren. Daarentegen zal in de winter gebruik moeten worden gemaakt van een kachel om de lucht voldoende te kunnen opwarmen.

16.7.1 Verloop opwarming

Als we lucht met een temperatuur van 14 °C door een aardappelhoop met een temperatuur van 6 °C blazen, dan worden de aardappelen van onder naar boven opgewarmd. Daarbij ontstaan grote temperatuursverschillen in de hoop. Wanneer de onderste aardappelen de maximaal haalbare temperatuur van 14 °C bereiken, zullen de bovenste knollen nog niet warmer zijn dan 7 à 8 °C. In bovenstaand voorbeeld is de lucht $14 - 6 = 8$ °C opgewarmd. Zodra de temperatuur boven in de hoop gaat stijgen, gaat vanwege het intern ventileren ook de temperatuur van de opgewarmde lucht verder omhoog. De temperatuur van de opgewarmde lucht mag echter niet hoger worden dan 20 à 22 °C. Om te hoge temperaturen te vermijden, kan in het ventilatiekanaal een thermostaat worden aangebracht, die de kachel kan uitschakelen. In het hier gehanteerde voorbeeld zal dat bij een thermostaatinstelling van 20 °C gebeuren als de temperatuur van de lucht die boven uit de hoop komt nog 12 °C is. Door intern ventileren kan de temperatuur van de hoop nu op circa 16 °C worden gebracht.

Met een niet in capaciteit regelbare verhitter lukt het in dit geval niet om een temperatuur van 18 °C te bereiken. Dit is wel mogelijk als men in plaats van één verhitter, twee verhitters gebruikt, die elk de lucht 4 °C kunnen opwarmen. Zodra de temperatuur van de opgewarmde lucht 19 °C is, wordt één verhitter uitgeschakeld. De andere wordt dan pas uitgeschakeld als de lucht een temperatuur van 20 °C bereikt, hetgeen het geval is bij een temperatuur van de aardappelen boven in de hoop van $20 - 4 = 16$ °C. Intern ventileren brengt de temperatuur van de hele hoop nu op 18 °C.

16.8 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, dan 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 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 kan 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.

16.8.1 Ziekten

Natrot

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

Phoma

Dit is ook een droogrot, die op het oog lastig is te onderscheiden van Fusarium. Phoma (gangreen) wordt veroorzaakt door de schimmel *Phoma exigua* var. *foveata*. In tegenstelling tot Fusarium ontwikkelt deze ziekte zich bij lagere temperaturen (< 7 à 8 °C). Oogsten bij een relatief hoge bodemtemperatuur, een goede wondhelingsperiode en bewaring bij een temperatuur van tenminste 7 °C verkleinen de kans op het optreden van Phoma.

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% natrotte knollen in een door *Phytophthora* aangetaste partij voorkomt, dan 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 niet minder dan 10% "jong ziek". Om dit te bereiken moet continu met veel drogende lucht worden geventileerd. Daartoe zal de lucht 's nachts meestal moeten worden opgewarmd.

Zilverschurft

Deze ziekte is vooral een (schoonheids)probleem bij aardappelen die bestemd zijn voor wassen en kleinverpakken. Bovendien veroorzaakt zilverschurft poreusheid van de schil, waardoor extra gewichtsverliezen ontstaan. Als aardappelen na de oogst binnen een week droog zijn en vervolgens droog worden gehouden dan kan een aantasting van betekenis worden voorkomen.

16.8.2 Gebreken

Tijdens de bewaring kan een aantal knolgebreken optreden, zoals blauw, drukplekken, zwarte harten en waterzakken.

Blauw

Blauw kan alleen optreden als het knolweefsel beschadigd is door stoten, vallen of zware druk. Meer dan normaal vochtverlies maakt de knol blauwgevoeliger. Het opwarmen van de aardappelen, vóór afleveren, tot een temperatuur van 15 - 20 °C is een belangrijk middel om het optreden van blauw te beperken. Naarmate een partij blauwgevoeliger is, moet verder worden opgewarmd. Daarnaast is uiteraard een voorzichtige behandeling (valhoogte!) essentieel.

Drukplekken

De knollen onder in de hoop staan bloot aan een flinke druk van de bovenliggende knollen. Deze druk zal groter zijn naarmate de storthoogte groter is. Als er bovendien in de onderste knollen nog een sterk vochtverlies optreedt (het vochtverlies is bij ventilatie van onderaf bij de onderste knollen het grootst), dan kunnen zogenaamde drukplekken ontstaan. Drukplekken zijn het gevolg van beschadiging van het knolweefsel. Als aardappelen met drukplekken uit de bewaarplaats worden gehaald, dan kan zuurstof toetreden tot de beschadigde cellen en ontstaat blauw. Beperking van het vochtverlies tijdens de bewaring en een maximale storthoogte van 3,5 à 4 meter zijn doorgaans effectieve maatregelen om het optreden van drukplekken te vermijden.

Zwarte harten

Bij snel opwarmen van aardappelen bij temperaturen boven de 20 à 22 °C en onvoldoende luchtverversing tijdens het opwarmen met een directe luchtverhitter kunnen zwarte harten in de knollen ontstaan. Bij stijgende temperaturen neemt de ademhaling van de knol sterk toe. Dit kan binnenin de knol leiden tot

zuurstoftekort, waardoor cellen afsterven. Als gevolg hiervan ontstaat een holte, van waaruit zich soms rot ontwikkelt.

Waterzakken

Als gevolg van het optreden van doorwas tijdens de groeiperiode kan aan de zogenaamde primaire knollen zetmeel worden onttrokken. Er ontstaan dan glazige knollen. Als vrijwel alle zetmeel uit een glazige knol verdwijnt, kunnen reeds in het veld of tijdens de bewaring, zogenaamde waterzakken ontstaan. Een waterzak is een vrijwel geheel met water gevulde knol met een schil er omheen. Partijen waarin waterzakken ontstaan, moeten goed worden gedroogd, zodat het uit de waterzakken tredende vocht zo snel mogelijk wordt verwijderd. Daar waterzakken nog geruime tijd na het inschuren kunnen ontstaan, moet een partij met waterzakken goed worden gecontroleerd.

16.8.3 Probleempartijen

Erg natte partij 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 geroid. 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.

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.

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.

Natgeregende partijen

Als een partij in de wagen of in kisten flink nat is geregend, dan is bewaring temidden van een niet-natgeregende 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.

17 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. Welke kenmerken als kwaliteitseigenschappen worden aangemerkt en het gewicht dat er aan wordt toegekend, hangt af van de bestemming van de aardappelen. Een eigenschap die voor de ene bestemming van groot belang is, hoeft dat voor een andere bestemming niet te zijn. Zo is de bakkleur voor de productie van frites van groot belang, terwijl deze eigenschap voor tafelaardappelen niet belangrijk is.

17.1 Uitwendige eigenschappen en gebreken

17.1.1 Knolvorm

De knolvorm is sterk rasgebonden en kan uiteenlopen van rond tot langovaal. Wat de voorkeur heeft, hangt af van de bestemming. Tafelaardappelrassen zijn veelal wat ronder, terwijl de fritesindustrie een sterke voorkeur heeft voor lang-ovale knollen.

Naast het ras beïnvloedt ook de grondsoort de knolvorm. Op zware grond zijn de knollen gemiddeld ronder dan op lichte grond. Ook andere groeiomstandigheden hebben invloed op de knolvorm. Afgezien van het feit dat de knollen het ene jaar iets ronder zijn dan het andere, kunnen met name extreme omstandigheden de knolvorm ongunstig beïnvloeden. Zo kan een onregelmatige groei van de knollen, veroorzaakt door een wisselende vochtvoorziening, leiden tot een onregelmatige knolvorm en tot groeischeuren. Dit wordt nog versterkt door een hoge stikstofbemesting. Bij hoge temperaturen kan doorwas optreden (zie hoofdstuk "Bijzondere verschijnselen"), hetgeen ook kan leiden tot een onregelmatige knolvorm (popperigheid). Dit verschijnsel wordt door een hoge stikstofbemesting verhevigd. Tenslotte kan ook een slechte structuur van de grond een onregelmatige vorm geven. Hierdoor kunnen bijvoorbeeld platte kanten aan knollen ontstaan.

17.1.2 Oogdiepte

De oogdiepte is een rasafhankelijke eigenschap. Hoe dieper de ogen liggen hoe lastiger het schillen is en hoe groter de schilverliezen zijn. Vandaar dat voor alle bestemmingen de voorkeur uitgaat naar ondiepe ogen.

17.1.3 Schilkleur

De kleur van de knolschil is een erfelijke eigenschap die nauwelijks wordt beïnvloed door de omstandigheden tijdens het groeiseizoen. In hoeverre een bepaalde schilkleur als positief of negatief moet worden beoordeeld, hangt af van de voorkeur van de afnemer.

Onder invloed van licht verkleuren knollen groen. Dit is niet alleen een uiterlijk gebrek, het heeft ook gevolgen voor de inwendige kwaliteit, zoals nog zal worden besproken onder "Gehalte aan glyco-alkaloïden".

17.1.4 Kieming

Knollen van het ene ras beginnen na de oogst eerder te kiemen dan die van het andere. Door verschillen in groeiomstandigheden wisselt de duur van de kiemrust bovendien van jaar tot jaar. Een tweede verschil tussen rassen is dat na het begin van de kieming bij het ene ras de kiemen sneller groeien dan bij het andere. Het ontstaan van (lange) kiemen is uit een oogpunt van presentatie ongewenst. Bovendien verliezen de knollen via de kiemen veel vocht, waardoor ze hun hardheid verliezen en rimpelig worden. Dit komt de presentatie niet ten goede en bovendien neemt het schilverlies toe. Verder worden bij sterk vochtverlies ook sommige inwendige kenmerken negatief beïnvloed waardoor de kook- en bakeigenschappen van de knollen slechter worden.

Voor de afzet van - vooral lang bewaarde - consumptieaardappelen is daarom een lange kiemrust en een langzame groei van de kiemen gunstig. Een belangrijk voordeel van rassen met deze eigenschappen is dat ze met gebruik van minder kiemremmers kunnen worden bewaard.

17.1.5 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. Een voldoende hoge producttemperatuur (min. 8 à 10 °C) en het zo veel mogelijk beperken van de mechanische belasting tijdens bewerkingen zijn hiervoor de aangewezen middelen. Tegen de drie eerstgenoemde 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 en een juiste afstelling en gebruik van oogst- en inschuurapparatuur.

17.1.6 Gewone schurft, poederschurft, netschurft, zilverschurft en Rhizoctonia

Knollen die door gewone schurft of poederschurft zijn aangetast, hebben enerzijds als tafelaardappel een uiterlijk gebrek, anderzijds geeft een diepe aantasting door deze schurftsoorten verhoogde schilverliezen die voor elke bestemming ongunstig zijn.

Netschurft (graslandschurft), zilverschurft en de zwarte sclerotiën van Rhizoctonia vormen vooral een cosmetisch gebrek dat met name van belang is voor (gewassen) tafelaardappelen. Gewone schurft, poederschurft en vooral zilverschurft veroorzaken tijdens de bewaring extra uitdroging van de knollen. De eigenschappen van deze ziekten wordt uitgebreid besproken in het hoofdstuk "Ziekten en plagen".

17.2 Inwendige eigenschappen en gebreken

17.2.1 Drogestofgehalte

Het drogestofgehalte van de knol wordt vooral bepaald door de mate waarin de cellen zijn gevuld met zetmeel. Het is een kwaliteitseigenschap die voor elke bestemming belangrijk is. In de praktijk wordt veelal gesproken van het onderwatergewicht. Drogestofgehalte en onderwatergewicht zijn zeer nauw met elkaar verbonden, zodat het onderwatergewicht een goede maat is voor het drogestofgehalte van aardappelen. In het navolgende zal veelal de term onderwatergewicht worden gebruikt.

Het drogestofgehalte van aardappelen ligt meestal tussen de 18 en 24%, hetgeen overeenkomt met een onderwatergewicht van respectievelijk 325 en 450 gram.

Bij tafelaardappelen bepaalt - naast het ras - het onderwatergewicht in belangrijke mate of een aardappel melig of vast kookt. Een hoger onderwatergewicht geeft in het algemeen een meliger kokende aardappel. Het hangt van de bestemming af of melig- dan wel vastkokende aardappelen gewenst zijn.

Bij een hoger onderwatergewicht hoeft er tijdens de verwerking tot frites en chips minder water te worden verdampt. Dit verhoogt het rendement van de verwerking en zorgt ervoor dat de producten minder vet opnemen. Wanneer het onderwatergewicht erg laag is, kan er tijdens het productieproces niet genoeg water worden verdampt. Bij de fritesproductie zijn te natte, slappe frites het gevolg. Een vrij hoog onderwatergewicht is hier dus gewenst. Voor de verwerking tot met name frites kan het onderwatergewicht ook te hoog zijn, de producten worden dan te hard en te droog. Voor de productie van frites wordt een onderwatergewicht van 380 tot 420 gram ideaal geacht, terwijl in de praktijk veelal een ondergrens van 360 gram wordt gehanteerd. Voor de productie van chips moet het onderwatergewicht hoger zijn dan 400 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 tot 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. De grote rasverschillen in onderwatergewicht hebben gevolgen voor de rassenkeuze in een bepaald teeltgebied. Op grond die veel stikstof nalevert, is het onderwatergewicht doorgaans lager dan op een humusarme grond. Afhankelijk van het in verband met de bestemming gewenste onderwatergewicht, kunnen sommige rassen minder geschikt zijn voor een bepaald teeltgebied.

Naast het ras beïnvloeden ook de groeiomstandigheden het onderwatergewicht. In het algemeen kan worden gesteld dat factoren die de loofgroei stimuleren, 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 het 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. Afhankelijk van het gewenste onderwatergewicht kan het vroegtijdig afbreken van de groei gunstig of ongunstig zijn. Van sommige laatrijpende rassen moet het loof vaak groen worden vernietigd om tijdig te kunnen oogsten. Dit kan betekenen dat het onderwatergewicht dan nog te laag is. Deze 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 wordt bereikt.

De vochtvoorziening speelt een belangrijke rol bij de totstandkoming van het uiteindelijke onderwatergewicht. Wanneer de voorziening niet optimaal is, wordt er weliswaar minder droge stof geproduceerd, maar het gehalte aan droge stof van de knollen neemt toe. Dit betekent dat het onderwatergewicht toeneemt. In droge jaren zijn de onderwatergewichten dan ook 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 bemesting met zowel kali als chloor. Ook deze beide elementen hebben een verlaging van het onderwatergewicht tot gevolg. Chloorkali - toegevend na de winter - verlaagt daarom het onderwatergewicht sterker dan patentkali. Dit kan met name voor het tegengaan van de hierna nog te bespreken blauwgevoeligheid gunstig zijn. Het gewenste niveau van het onderwatergewicht kan naast de opbrengst en andere kwaliteitseigenschappen medebepalend zijn voor het bemestingsniveau.

Niet alleen tussen partijen, maar ook binnen één partij verschilt het onderwatergewicht tussen knollen sterk, ook los van extreme groeiomstandigheden. Kleine knollen waarbij de groei al vroeg stopt, hebben bij de oogst vaak een lager onderwatergewicht dan grote knollen. Ook knollen van dezelfde maat kunnen echter sterk verschillen in onderwatergewicht. De oorzaken van deze verschillen zijn niet geheel duidelijk. Daarom zijn verschillen in onderwatergewicht tussen knollen van één partij voornamelijk niet door teeltmaatregelen te beïnvloeden.

17.2.2 Glazigheid

Glazigheid ontstaat door sterke onttrekking van zetmeel aan de knol. Glazigheid kan voorkomen nadat in een gewas doorwas is opgetreden. Bij doorwas gaan de eerst aangelegde knollen kiemen en aan deze kiemen kunnen nieuwe knollen groeien. Deze nieuwe, zogenaamde secundaire, knollen kunnen zetmeel onttrekken aan de eerst aangelegde, primaire, knollen. Het onderwatergewicht van de primaire knol daalt hierdoor en het knolvlees krijgt een glazig uiterlijk. Dit verschijnsel treedt het eerst op aan het navelende van de primaire knol. Bij zeer sterke onttrekking van zetmeel kan de knol voos worden; het knolweefsel kan zelfs geheel verdwijnen. Er ontstaan dan zogenaamde waterzakken. Glazige knollen vormen een ernstig kwaliteitsgebrek in een partij aardappelen. In een jaar met doorwas zijn knollen onder een bepaald onderwatergewicht - dat per ras verschilt - vrijwel zeker glazig. Met behulp van een zoutbad van een bepaalde concentratie kunnen glazige knollen in een partij gemakkelijk worden opgespoord. De glazige knollen gaan drijven, de niet-glazige zinken.

Waterzakken zijn (gedeeltes van) knollen die te gronde gaan doordat het weefsel geheel geen zetmeel meer bevat. Wanneer deze waterzakken zich tijdens de bewaring ontwikkelen vergt de partij extra aandacht om haar droog te houden, maar over het algemeen zullen de waterzakken pas stuk gaan bij het uitschuren, waarbij ze voor veel versmering kunnen zorgen.

De verschijnselen doorwas, glas en waterzakken worden uitgebreid besproken in het hoofdstuk "Bijzondere verschijnselen".

17.2.3 Stootblauw

Stootblauw, kortweg blauw, is een blauwgrijze 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 is het gevolg van mechanische beschadiging van het knolweefsel. Deze beschadiging treedt bij alle bewerkingen van oogst tot en met eindgebruik in meer of mindere mate op. Bij stoten of vallen worden celdelen beschadigd. Hierdoor kunnen het aminozuur tyrosine en andere fenolen worden omgezet in het 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 worden aangestipt.

De gevoeligheid voor stootblauw is sterk rasafhankelijk. Zo zijn de rassen Marijke en Saturna erg blauwgevoelig en de rassen Agria en Bildtstar erg weinig. Voor andere rassen wordt verwezen naar de Rassenlijst. Verder is de gevoeligheid sterk afhankelijk van de groeiomstandigheden en de grondsoort. Op zandgrond is doorgaans geen sprake van ernstige blauwgevoeligheid. Vooral op klei- en lössgronden waar hoge onderwatergewichten worden bereikt, zijn aardappelen vaak blauwgevoelig.

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. Echter, niet alle rassen met een hoog onderwatergewicht zijn ook blauwgevoelig. Het onderwatergewicht wordt beïnvloed door kali-, chloor- en stikstofvoorziening. Vooral kali en chloor verlagen het onderwatergewicht, waardoor in de regel 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 (fysiologische) 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. Er zijn enkele rassen (Diamant, Lady Rosetta) waarvan het bekend is dat de blauwgevoeligheid toe kan nemen na extra veel kali in combinatie met een hoge stikstofgift. Kali en chloor zijn echter in de meeste gevallen de aangewezen meststoffen om de blauwgevoeligheid te beperken. Tot slot is de temperatuur van de aardappelknollen sterk bepalend voor de blauwgevoeligheid. Bij een lagere temperatuur zijn de knollen gevoeliger voor stootblauw. Bij het afleveren wordt veelal geëist dat de aardappelen worden opgewarmd tot een temperatuur, afhankelijk van ras, herkomst en onderwatergewicht, van 15 tot 20 °C.

Tijdens de bewaring verliezen de knollen vocht, vooral wanneer ze gekiemd zijn. Hierdoor neemt doorgaans het onderwatergewicht en daarmee ook de blauwgevoeligheid wat toe. Wanneer er sprake is van drukplekken wordt het weefsel als regel in de omgeving van de drukplekken blauw.

Een partij aardappelen die blauwgevoelig is, hoeft niet werkelijk blauw te worden. Door een voorzichtige behandeling, zoals beperking van valhoogtes en bekleding van machines alsmede het verwerken bij voldoende hoge temperatuur, kan het optreden van blauw sterk worden beperkt. Het zal duidelijk zijn dat het voorkómen van stootblauw meer aandacht vereist en meer moeite kost naarmate aardappelen blauwgevoeliger zijn. Recent onderzoek heeft duidelijk gemaakt dat niet alleen het beperken van valhoogtes, maar vooral ook het beperken van het aantal vallen (keten verkorting) belangrijk is. Meerdere kleine belastingen op dezelfde plaats kunnen namelijk ook tot blauw leiden, terwijl één zo'n belasting dat niet doet. Nadat knollen mechanische belasting hebben ondergaan, duurt het enige tijd voordat ze blauw worden. Dit duurt soms maar enkele uren. Door de tijd tussen uitschuren en verwerking in de fabriek zo kort mogelijk te houden, probeert men de vorming van blauw voor te blijven. Het gevolg daarvan is dat aardappelen vaak 's morgens vroeg of zelfs 's nachts worden verladen, om nog dezelfde dag te worden verwerkt.

In het hoofdstuk "Uitbetaling naar kwaliteit" wordt besproken hoe de blauwgevoeligheid van aardappelen wordt vastgesteld.

17.2.4 Onderhuidse verkleuringen, anders dan blauw

Hieronder worden verstaan beschadigingen die net als blauw niet of nauwelijks aan het oppervlak van de knol, maar pas na schillen zijn waar te nemen. Ze hebben niet de typisch blauwgrijze kleur van stootblauw, maar zijn veelal bruin-grijs. Bij ernstige beschadiging kunnen de plekken vrij diep zijn en door het uitdrogen van het beschadigde weefsel kunnen er kleine holtes ontstaan. Deze vorm van beschadiging treedt vooral

op bij de oogst en wordt daarom ter onderscheiding van stootblauw ook wel rooierslag genoemd. De gevoeligheid verschilt tussen rassen en net als bij stootblauw zijn knollen gevoeliger naarmate hun temperatuur lager is. Het is vooral met het oog op deze vorm van beschadiging dat er wordt geadviseerd om niet te rooien bij een bodemtemperatuur lager dan 8 °C.

Onderhuidse verkleuring als gevolg van rooibeschatiging is op zand- en lössgrond een nog groter probleem dan op kleigrond. De oorzaak hiervan is niet duidelijk. Evenals bij de blauwgevoeligheid is er op zand- en lössgrond een verband tussen de hoogte van onderwatergewicht en de gevoeligheid voor onderhuidse rooibeschatiging. Naarmate het onderwatergewicht hoger is, neemt de gevoeligheid voor onderhuidse beschadiging doorgaans toe. Op kleigrond is dit verband meestal afwezig. Recent onderzoek in zetmeelaardappelen heeft laten zien dat het onderwatergewicht fors verlaagd kan worden door veel onderhuidse beschadiging. De luchtgevulde holtes die ontstaan nadat de beschadigingen indrogen zijn hiervoor verantwoordelijk. Het feitelijke drogestofgehalte wordt veel minder sterk verlaagd.

De mogelijkheden voor het voorkómen van rooibeschatiging zijn beperkt tot rassenkeuze (zie Rassenlijst) en het beperken van de mechanische belasting door technische maatregelen zoals bekleding van zeefkettingen en het beperken van valhoogtes. In het hoofdstuk "Oogst" is hierop uitgebreider ingegaan.

17.2.5 Holheid en roestvlekken

Deze verschijnselen vormen ernstige kwaliteitsgebreken. Beschrijving en maatregelen ter voorkoming worden besproken in het hoofdstuk "Bijzondere verschijnselen".

17.2.6 Bakkleur (gehalte aan reducerende suikers)

Bij het frituren van aardappelen kunnen de reducerende suikers glucose en fructose zich verbinden met aminozuren. Deze verbinding levert een product op dat bruin van kleur is en bitter van smaak. Zowel de bruine kleur als de bittere smaak wordt als negatief beoordeeld. Bij deze zogenaamde Maillard-reactie, is in hoofdzaak het gehalte aan reducerende suikers bepalend voor de mate van bruinkleuring. Voor de productie van frites mag het gehalte niet hoger zijn dan 0,5%.

De mate van bruinkleuring van frites wordt beoordeeld op een kleurschaal die loopt van 0 tot 6, respectievelijk licht tot donker. Het hierboven genoemde gehalte van 0,5% levert op de beoordelingsschaal voor frites een kleurindex op van 4 tot 4,5. Hiertussen ligt meestal de grens waarbij de afnemer (industrie) gaat korten op de prijs of zelfs partijen gaat weigeren. Naast de gemiddelde kleur is het ook van belang dat de kleur tussen staafjes en zelfs op de afzonderlijke staafjes niet teveel varieert. Deze variaties geven een heterogeen eindproduct en ook dit kan leiden tot korting op de uitbetaling.

Voor chipsaardappelen zijn de eisen strenger, hier geldt een maximaal gehalte aan reducerende suikers van 0,2%. Op de beoordelingsschaal voor de chipskleur, van 0 tot 9, respectievelijk donker tot licht (richting tegengesteld aan de friteskleur), komt dat overeen met een waardering van 6 à 7.

Veel factoren hebben invloed op het gehalte aan reducerende suikers: ras, rijpheid, bemesting, weersomstandigheden, bewaaromstandigheden en fysiologische leeftijd van de knol. Veel van deze factoren vertonen wisselwerkingen met elkaar. Dit maakt het gehalte aan reducerende suikers tot uitkomst van een bijzonder ingewikkeld proces, waarvan nog veel zaken niet bekend zijn.

Een belangrijke factor is het ras. Het ene ras heeft een lager gehalte aan reducerende suikers dan het andere en zal daarom een lichtere bakkleur vertonen. Saturna heeft bijvoorbeeld een lager gehalte aan reducerende suikers dan Bintje. Saturna is daardoor geschikt voor de productie van chips, terwijl van Bintje doorgaans wel goede frites, maar geen goede chips is te maken. Daarnaast kunnen rassen verschillend reageren op de andere factoren die het gehalte aan reducerende suikers beïnvloeden. Voor het handhaven van een goede bakkleur gedurende de bewaring kan bijvoorbeeld de bewaar temperatuur bij het ene ras lager zijn dan bij het andere.

De rijpheid op het moment van de oogst kan worden aangeduid met het fysiologische stadium waarin de knol zich bevindt. Afrijping van het gewas gaat gepaard met het afsterven van het loof. Naarmate het gewas afrijpt, neemt het suikergehalte van de knollen af; enkele weken voor het volledig afsterven van het loof bereikt het suikergehalte vaak zijn dieptepunt. Er wordt wel aangenomen dat de knollen volledig rijp zijn, althans met het oog op de bakkleur, wanneer het suikergehalte van de knollen dit dieptepunt heeft bereikt. 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 invloed van stikstof gaat echter verder dan het waarneembare effect op de afsterving van het gewas. Ook als ondanks een hoge stikstofbemesting het gewas tijdig afsterft, blijkt een hoge stikstofbemesting de bakkwaliteit negatief te kunnen beïnvloeden.

Als gevolg van onregelmatige groei en doorwas kan het suikergehalte binnen de knollen tussen top- en naveleind sterk verschillen. Het topeind is dan na bakken meestal donkerder dan het naveleind, maar soms is het ook andersom. We spreken dan van zogenaamde suikerpunten. Deze punten hebben niet alleen – net als een egale donkere kleur – een hogere kleurindex tot gevolg, maar bovendien is het kleurverschil op zichzelf ook al een negatief kenmerk.

De manier van bewaren speelt een grote rol in het streven om het gehalte aan reducerende suikers voldoende laag te houden. Met name de bewaartemperatuur is belangrijk. Voor chipsaardappelen wordt een bewaartemperatuur geadviseerd van 7 à 10 °C, voor fritesaardappelen is dat 6 à 8 °C. De optimale temperatuur is afhankelijk van het ras, de groeiomstandigheden en de geplande afzetperiode. Van de belangrijkste rassen is ongeveer bekend bij welke temperatuur ze kunnen worden bewaard. Voor Bintje wordt vaak 6 graden geadviseerd, maar afhankelijk van groeiseizoen en partij kan dat te laag zijn. Recent onderzoek heeft laten zien dat temperatuurregimes kunnen worden gehanteerd die met name rekening houden met de invloed van ras en bewaartemperatuur. De grootste moeilijkheid blijft evenwel om de invloed van het groeiseizoen te meten. Deze invloed bepaalt mede hoe een bepaalde partij van een bepaald ras, afkomstig van een bepaalde locatie, zich in de bewaring gedraagt. Hierdoor is het nog altijd moeilijk het verloop van de bakkleur van een individuele partij te voorspellen.

Eerder is vermeld dat partijen, waarvan het loof nog erg groen was op het moment van loofvernietiging, een hoger suikergehalte hebben en bovendien een snellere toename van dat gehalte geven tijdens de bewaring. Deze partijen kunnen beter bij een iets hogere temperatuur worden bewaard. Verder kan rekening worden gehouden met het ervaringsfeit dat het suikergehalte na koele zomers hoger is dan na warme zomers. Wanneer aardappelen worden opgewarmd, neemt de ademhalingsintensiteit van de knollen toe. Hierbij wordt een deel van de reducerende suikers verademd of in zetmeel omgezet. Dit verschijnsel wordt reconditioneren genoemd. Door de aardappelen circa 14 dagen bij een temperatuur van 15 tot 20 °C te bewaren, kan vaak een aanzienlijke verbetering van de bakkleur worden bereikt. Ook een veel korter durende opwarming vóór afleveren (algemeen toegepast ter beperking van blauwgevoeligheid) werkt in de goede richting. De praktijk leert echter dat wanneer het gehalte aan reducerende suikers veel te hoog is geworden, dit niet meer in zijn geheel kan worden gecorrigeerd met reconditioneren. Een gevaar is dat het reconditioneren averechts werkt als de aardappelen door fysiologische veroudering in het stadium van ouderdomsversuikering geraken, waardoor evenals bij koudeversuikering de bakkleur slechter wordt. Ouderdomsversuikering kan optreden vanaf mei en is niet omkeerbaar. Reconditioneren versnelt de ouderdomsversuikering en werkt dus averechts. Wanneer de ouderdomsversuikering is begonnen, kan de bakkleur kan alleen nog slechter worden. Naarmate gedurende het bewaarstadium warmer is bewaard, treedt de ouderdomsversuikering eerder op. Deze kan dus worden uitgesteld door kouder te bewaren. Hieraan zijn echter grenzen in verband met de koudeversuikering. Wanneer die te sterk is opgetreden, kan een partij ook niet met een goede bakkleur worden afgeleverd. Onderzoek heeft laten zien binnen zekere marges het temperatuurregime kan worden geoptimaliseerd, waarbij ouderdomsversuikering zo veel mogelijk wordt uitgesteld, zonder dat de koudeversuikering onomkeerbare problemen geeft. Onderzoek (1992-1997) heeft duidelijk gemaakt dat verhoogde CO₂ –concentraties in de bewaarplaats een negatief effect hebben op de bakkleur doordat ze het gehalte aan reducerende suikers verhogen. Het mechanisme lijkt sterk op dat van koudeverzoeting. Hoe sterker en hoe langduriger het CO₂ –gehalte in de bewaarplaats verhoogd is, hoe hoger het gehalte aan reducerende suikers in de knollen. CO₂ –verzoeting is net als koudeverzoeting reconditioneerbaar. Aan de hand van CO₂ –metingen kan eenvoudig worden vastgesteld in welke mate de lucht moet worden ververst om het CO₂ –gehalte onder een zekere (gemiddelde) waarde te houden.

Op de tijdens de bewaring te nemen maatregelen en de technische aspecten daarvan om het gehalte aan reducerende suikers laag te houden, wordt uitgebreider ingegaan in het hoofdstuk “Bewaring”

17.2.7 Grauwkleuring na koken en voorbakken

Aardappelen kunnen na koken of voorbakken een blauwgrijze verkleuring vertonen. Deze verkleuring wordt veroorzaakt door een niet-enzymatische reactie. Hierbij wordt een verbinding gevormd tussen

chlorogeenzuur en ijzer. Bij blootstelling aan zuurstof gaat deze verbinding over in een blauwgrijze stof. Bij het al of niet optreden van deze verkleuring speelt het gehalte aan citroenzuur een belangrijke rol. Een hoger gehalte aan citroenzuur verlaagt de pH waardoor de grauwkleurig wordt verminderd. Belangrijker is het echter dat citroenzuur zich - net als chlorogeenzuur - aan ijzer kan binden en daarmee een kleurloze verbinding vormt. Het is daarom vooral de verhouding tussen de gehalten aan chlorogeenzuur en citroenzuur die de mate van grauwkleurig bepaalt. De hierna te bespreken factoren die van invloed zijn op de mate van grauwkleurig hebben invloed op deze verhouding. De mate van grauwkleurig is in de eerste plaats sterk rasafhankelijk. De praktijk laat zien dat er slechts weinig rassen zijn die even weinig of zelfs minder verkleuren dan het ras Bintje.

Eén van de sterkste invloeden op de grauwkleurig is het groeiseizoen. Na een koel, nat groeiseizoen vertonen aardappelen vaak meer grauwkleurig dan na een warme, droge zomer. Grauwkleurig treedt in het algemeen sterker op bij aardappelen die afkomstig zijn van zandgrond dan bij aardappelen afkomstig van kleigrond.

Tijdens de bewaring van aardappelen neemt de grauwkleurig toe. Deze toename hangt echter niet af van bewaarfactoren zoals temperatuur. Er zijn tijdens de bewaring dan ook geen mogelijkheden om (de toename van) grauwkleurig tegen te gaan.

De grauwkleurig kan verder – zij het in geringe mate - worden beïnvloed met de bemesting. Het element kalium vermindert de grauwkleurig, de elementen stikstof en chloor versterken haar. Een ruime kalivoorziening, gecombineerd met een beperkte stikstofgift geeft de minste grauwkleurig. Bij toediening van chloorkali in het voorjaar (kali-60) kan het positieve effect van kali gedeeltelijk of geheel teniet worden gedaan door het negatieve effect van chloor. Met het oog op grauwkleurig is daarom in het voorjaar de toediening van chloorarme kali gunstiger. Het effect van de kalibemesting is echter niet erg groot. Aardappelen van rassen en/of gronden die veel last hebben van grauwkleurig kunnen met een aanpassing van de bemesting niet vrij van grauwkleurig worden gemaakt. Grauwkleurig is echter voor tafelaardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie een belangrijk kwaliteitsgebrek. Een vermindering van de verkleuring kan deze eigenschap soms binnen de toleranties brengen waarmee de industrie kan werken.

17.2.8 Nitraatgehalte

Enerzijds bevatten de meeste consumptieaardappelen relatief weinig nitraat: 50 - 200 milligram per kilogram versgewicht. In vergelijking tot (blad)groenten is dit een laag gehalte. Anderzijds leveren de aardappelen een relatief groot aandeel van onze nitraatconsumptie, doordat de aardappel een belangrijke plaats in ons menu inneemt. Hierbij zij opgemerkt dat onze gemiddelde dagelijkse nitraatconsumptie ruim onder de daarvoor gestelde normen blijft en dat pieken in nitraatopname niet door aardappelen, maar door groentesoorten met een hoog gehalte worden veroorzaakt. Toch zijn er enkele bestemmingen waarvoor men kritisch is voor wat betreft het nitraatgehalte van aardappelen.

De factoren die het nitraatgehalte van aardappelen beïnvloeden, kunnen worden verdeeld in twee categorieën factoren die niet (of nauwelijks) en factoren die wél door de teler kunnen worden beïnvloed. Het weer is de belangrijkste factor die een teler niet in de hand heeft. Met name door warme, droge periodes aan het eind van het seizoen kan het nitraatgehalte flink stijgen. De mogelijkheden van de teler beperken zich - afgezien van beregening - tot het zorgen voor een goede waterhuishouding van de grond door zorg te dragen voor een goede bodemstructuur. Tijdens langere droogteperiodes kan natuurlijk niet voorkomen dat er toch vochttekort optreedt. In hoeverre de temperatuur en wellicht de hoeveelheid zonneschijn een afzonderlijke rol spelen is niet bekend. Een andere factor waarin een teler – afgezien van perceelskeuze - over het algemeen niet kan sturen is de grond. Ook deze heeft in combinatie met het weersverloop op de betreffende locatie een aanzienlijke invloed. Met name op gronden met een hoge mineralisatiepotentie kan het nitraatgehalte van knollen wat hoger zijn in jaren met gunstige omstandigheden voor mineralisatie.

De factoren waarmee de aardappelteler het nitraatgehalte duidelijk kan sturen, zijn rassenkeuze en bemesting. Rassen verschillen heel duidelijk in nitraatgehalte. Voor de teelt op stikstofrijke grond, of wanneer de afnemer een laag nitraatgehalte vraagt, kan worden gekozen voor een ras met een lager nitraatgehalte. De bemesting is de tweede bestuurbare factor. Met name de stikstofbemesting speelt een hoofdrol. Hoe hoger de stikstofbemesting, hoe hoger het nitraatgehalte. Met name de combinatie van een hoge stikstofbemesting en droogte aan het eind van het groeiseizoen, geeft volgens de literatuur kans op

een hoog nitraatgehalte. Een hogere kalibemesting verhoogt eveneens het nitraatgehalte, maar het effect hiervan is veel kleiner dan dat van de stikstofbemesting.

17.2.9 Gehalte aan glyco-alkaloïden

Glyco-alkaloïden komen voor in alle delen van de aardappelplant. Het zijn stoffen die in hoge dosering giftig kunnen 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. Aardappelen die onder invloed van licht groen zijn geworden, zijn zonder meer te herkennen als knollen met meestal een hoog gehalte. Ze zijn dan ook ongeschikt voor consumptie. Wanneer knollen niet groen zijn, is dat echter geen garantie voor een laag glyco-alkaloïdegehalte. Het groen worden is namelijk een ander proces en het verloopt langzamer dan de toename van glyco-alkaloïden.

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

Daarom vormt de bepaling van het gehalte aan glyco-alkaloïden een onderdeel van het rassenonderzoek en een criterium voor toelating op de nationale lijst.

Van de andere factoren geeft blootstelling aan (rood) licht verreweg de sterkste toename van het glyco-alkaloïdegehalte. Vooral bij onrijp geoogste knollen - denk aan de vroege aardappelen - geeft blootstelling aan licht een sterke stijging van het gehalte. Ook rond beschadigingen is het gehalte hoger, hetgeen door licht kan worden versterkt. Factoren als bemesting, bodem, temperatuur en neerslag tijdens het groeiseizoen hebben weinig effect op het gehalte aan glyco-alkaloïden.

Daar een eenmaal gevormd gehalte aan glyco-alkaloïden tijdens bewaring in het donker niet meer afneemt, moeten alle maatregelen gericht zijn op het voorkómen van een verhoogd gehalte. Voorkomen van blootstelling aan licht is daarbij het belangrijkste, vooral bij vroeg geoogste aardappelen.

18 De teelt van vroege aardappelen

Vroege (primeur) aardappelen worden in ons land slechts op beperkte schaal geteeld, hoofdzakelijk in waterrijke gebieden, waar het risico van nachtvorst gering is. De teelt is geconcentreerd in Noord-Holland en in Zuidwest-Nederland met Tholen als centrum.

Bij de teelt van vroege aardappelen is het doel om al vroeg een goede opbrengst te hebben. Dit betekent, dat moet worden gestreefd naar een zo vroeg mogelijke opkomst, een snelle loofontwikkeling en een vroeg begin van de knolgroei.

Voor de allervroegste teelt zijn Eersteling en Doré nog steeds de meest geteelde rassen. Gloria en Première worden iets later geoogst. Een bijzondere plaats neemt het ras Opperdoezer Ronde in, een specialiteit, die uitsluitend rond het Noord-Hollandse Opperdoes mag worden geteeld.

18.1 Grond en bemesting

Voor een vroeg gewas is tijdig poten, zo kort mogelijk na de winter, dat wil zeggen vanaf eind februari, van belang. Dit vormt een beperking voor de keuze van de grond. De grond moet al vroeg bewerkbaar zijn. Een goede structuur van de grond, zonder verdichte lagen, is van belang voor een ononderbroken groei, die essentieel is om al vroeg een hoge opbrengst te behalen.

De stikstofbemesting van vroege aardappelen is met 110 - 150 kg N per ha aanmerkelijk lager dan die van laatrijpende rassen. Hoe korter het groeiseizoen des te minder stikstof nodig is. De fosfaat- en kalibemesting kunnen, afhankelijk van het te verwachten opbrengstniveau, wat lager zijn dan die van late consumptieaardappelen.

18.2 Voorbehandeling pootgoed

Voor vroege aardappelen, die in juni of in de eerste helft van juli moeten worden geoogst, is de voorbehandeling van het pootgoed essentieel. Er is een goed voorgekiemde, fysiologisch tamelijk oude poter nodig. Voor de primeurteelt met oogsttijd eind mei (met plasticafdekking) of juni is een beperkt aantal stengels per knol gewenst. Hierdoor wordt bij vroeg oogsten en een niet te kleine poter (> 35 mm), met een nog relatief lage kilogramopbrengst per ha toch al een voldoende grove sortering verkregen. Het pootgoed wordt al in oktober in poterbakjes gedaan en bij een temperatuur van 10 - 12 °C in het donker gezet, zodat zich topspruiten gaan ontwikkelen. Zodra de kiemen 0,5 - 1,0 cm lang zijn kan de temperatuur omlaag worden gebracht tot 4 à 5 °C en wordt het pootgoed in (kunst)licht geplaatst. Om goed afgeharde kiemen te verkrijgen, worden de poters vanaf januari bij open weer buiten gezet.

18.3 Poten en verzorging

Primeuraardappelen worden vanaf eind februari, zodra de bodemomstandigheden gunstig zijn, gepoot. Dit gebeurt bij voorkeur halfautomatisch of met kiemvriendelijke volautomatische pootmachines. Na de rugopbouw wordt meestal een herbicide toegepast in een lage dosering. Voor de zeer vroege primeurteelt wordt met plastic afgedekt. Daar groeiremming moet worden voorkomen, wordt zo mogelijk in een droge periode berekend. De gewasbescherming wijkt niet veel af van die van late consumptieaardappelen: er moet preventief tegen Phytophthora worden gespoten; luisbestrijding is meestal niet nodig.

18.4 Plasticafdekking

Afdekking van de ruggen met plasticfolie, vanaf het poten tot enige tijd na opkomst, biedt de mogelijkheid om het gewas 7 - 10 dagen te vervroegen. Dit leidt op gelijke datum tot een gemiddeld vijf ton hogere

opbrengst per ha. De tamelijk hoge kosten van afdekken (circa € 1100,- per ha) worden doorgaans meer dan goed gemaakt door de hogere prijs bij vroeger oogsten.

Meestal wordt geperforeerd polyethyleenfolie van 0,03 mm dikte met 5% perforaties gebruikt. Het folie wordt na rugopbouw en een herbicidenbehandeling machinaal gelegd in 1,50 meter brede banen. De hogere temperaturen zowel onder de folie als in de grond zorgen voor een snellere opkomst en gewasontwikkeling. De folie geeft ook nog een geringe bescherming (circa 0,75 °C) tegen nachtvorst. Daar staat tegenover dat de folie de lichtintensiteit met 20 - 40% beperkt. De grootte van de beperking is vooral afhankelijk van de mate van condensvorming aan de onderzijde van de folie. Om deze reden en vanwege de hoge temperatuur die later in het voorjaar kan optreden, is het van belang om de folie tijdig weg te halen. Hoewel over het beste tijdstip van afnemen van de folie geen eenduidige mening heerst, wordt vrij algemeen aangenomen dat dit niet later moet gebeuren dan bij een gewashoogte van 15 - 20 cm of een grondbedekking van circa 20%. Om na het afnemen van de folie schade aan het gewas te voorkomen, verdient het aanbeveling om de folie weg te halen als een relatief warme nacht wordt verwacht gevolgd door een bewolkte dag.

18.5 Teelt van vroege fritesaardappelen

Behalve vroege aardappelen voor verse consumptie worden ook (tamelijk) vroege aardappelen geteeld voor verwerking tot frites in de periode half juli - augustus. Hiervoor worden rassen gebruikt als Corine, Fresco, Première en Ukama.

Het pootgoed voor deze teelt wordt meestal niet voorgekiemd. Tenzij de aardappelen zeer vroeg moeten worden geleverd, is dit ook niet nodig. De N-bemesting is 50 - 100 kg N per ha lager dan voor late aardappelen, onder meer afhankelijk van het oogsttijdstip. Naarmate later wordt geoogst, kan de N-gift wat hoger zijn.