

Weerbaar telen: systeemaanpak voor een weerbaar gewas

Naslagwerkbij de training adviseren gewasbescherming: onderdeel plantweerbaarheid



Auteur: Frank van der Helm

Inholland Hogeschool

Versie: augustus 2025

inholland
hogeschool

Inhoud

Inleiding:.....	3
Waarom weerbaar telen.....	3
Co-evolutie.....	4
Definitie en bouwstenen voor weerbaar telen	5
Deel 1: Plantweerbaarheid.....	6
Tijdelijke en continue afweer	6
Herkennen.....	6
De ziekte of plaag is al in de cel	7
Generiek en specifiek systeem	7
Waarschuwen	8
Verdedigen	11
Weerbare rassen	12
Deel 2: Teeltomstandigheden en ecologische diversiteit:.....	14
Teeltomstandigheden.....	14
Ecologische diversiteit.....	17
Deel 3: Middelen voor weerbaar telen	20
Plantweerbaarheid via elicitors	20
Biostimulanten zorgen voor sterke planten.....	20
Biocontrol; natuurlijke vijanden en antagonisten	22
Deel 4: Systeemaanpak weerbaar telen.....	25
Ontwerpen van het weerbaar teeltsysteem.....	25
Management van het weerbaar gewas.....	25
Corrigeren in een weerbaar teeltsysteem	26
Samenvatting systeemaanpak.....	26
Referenties en aanbevolen literatuur.....	27
Bijlage 1: Planmatige aanpak weerbaar telen	29

Inleiding:

Weerbaar telen is een teeltwijze die rekening houdt met natuurlijke afweermechanismen. Dit kan een afweerreactie zijn van de plant zelf of van het agro-ecosysteem. De teeltomgeving, teeltomstandigheden en keuzes die een teler hierin maakt bepalen zo de gezondheid van het gewas. Natuurlijke afweermechanismen voorkomen en beperken dagelijks vele aanvallen van ziekten en plagen bij telers. Dit is lange tijd onopgemerkt geweest. Door natuurlijke afweermechanismen beter en in samenhang te begrijpen, kan weerbaar telen volgens een systeemaanpak toegepast worden.

Waarom weerbaar telen.

Er zijn meerdere redenen waarom weerbaar telen tegenwoordig veel aandacht krijgt. Een belangrijke reden, die vaak als eerste genoemd wordt door adviseurs en telers, zijn toenemende restricties op het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen. Ziekten en plagen zijn hierdoor op de oude manier niet meer te bestrijden, waardoor telers op zoek gaan naar alternatieve strategieën. Daarnaast accepteren supermarkten steeds minder residuen van chemische middelen in zowel eetbare als sierteeltproducten. Supermarkten kunnen hierin strenger zijn dan de wetgeving, wat zelfs kan leiden tot het annuleren van bestellingen. Ten slotte neemt de maatschappelijke acceptatie van het gebruik van chemische gewasbescherming af, wat zich uit in burgerinitiatieven die zich tegen telers keren, zoals in de lelieteelt.

Een misschien wel belangrijker reden is dat we tegenwoordig veel meer weten over natuurlijke afweermechanismen. Nog maar twintig jaar geleden waren alleen biologische kwekers hiermee in de praktijk bezig, maar dankzij toegenomen wetenschappelijke kennis over natuurlijke afweer hebben bijna alle telers nu een andere kijk op planten. Onderzoek heeft aangetoond hoe planten in staat zijn om afweerreacties te activeren bij de aanwezigheid van pathogenen of plagen. Dit kan via giftige stoffen die de plant zelf aanmaakt of een beschermende waslaag op het blad. Zeker de ontdekking eind vorige eeuw dat planten actief predatoren aantrekken tegen plagen via een chemisch geurspoor, heeft geleid tot heel veel onderzoek naar natuurlijke afweermechanismen, waar weerbaar telen uit is voortgekomen. Daar waar planten 20 jaar geleden nog gezien werden als hulpeloze schepsels, die telers zo goed mogelijk moesten beschermen, is het nu zo dat we planten zien als organismen die heel goed in staat zijn zichzelf te beschermen en is biologische bestrijding een belangrijke bouwsteen in de hedendaagse gewasbescherming.

Co-evolutie

Het feit dat wij ons nog niet zo lang bewust zijn van plantweerbaarheid, wil nog niet zeggen dat het daarvoor niet bestond. Sterker nog, het is iets dat al miljoenen jaren bestaat. Al zolang als dat er planten zijn, zijn er organismen geweest die zich graag met planten voeden en hebben planten zich daar op allerlei manieren tegen proberen te weren. Planten en ziekten en plagen zijn met elkaar in een eeuwige wapenwedloop verwickeld. Ze beïnvloeden elkaars evolutie, via zogenaamde co-evolutie, vaak ook in samenwerkingen met andere organismen.

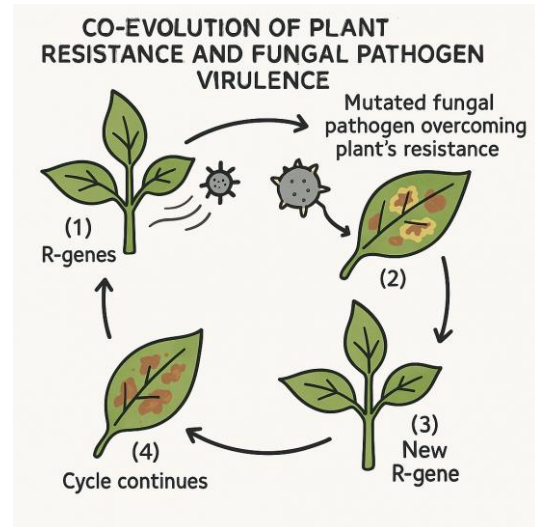
Maar niet elke plant kan zich succesvol verweren. Een succesvolle teelt begint bij een rijk pallet aan afweermechanismen in het ras. Door het grote aanbod van effectieve gewasbeschermingsmiddelen was er decennialang geen noodzaak te veredelen op plantweerbaarheid. Andere gewassenmerken zoals productie, houdbaarheid en kleur kregen dan ook de meeste aandacht in veredelingsprogramma's. Door veredeling gericht op productie en kwaliteitskenmerken zijn veel natuurlijke afweermechanismen verloren gegaan in moderne rassen. Dit herstellen is een opdracht waar de veredeling voor staat en waar zij aan werkt, maar die nog een lange weg te gaan heeft.

De plant als fort

Een weerbaar gewas kan worden vergeleken met een goed verdedigd fort. Je ziet in de afbeelding een kasteel/fort. Het fort is goed verdedigd via een slotgracht, een



This Photo by Unknown Author is licensed under [CC BY-SA](#)



Figuur 1: co-evolutie tussen plantresistentie en de virulentie van een schimmelziekteverwekker. 1. Een plant met een resistentiegen (R-gen) die de schimmel afweert. 2. De schimmel muteert en ontwikkelt een nieuwe virulentiefactor. 3. De plantpopulatie ontwikkelt een verbeterde of nieuwe resistentie. 4. De cyclus herhaalt zich, een evolutionaire wapenwedloop. (gemaakt via copilot)

ophaalbrug en er zijn hele stevige muren, maar ook kantelen waar kanonnen op kunnen staan. Alles huizen staan veilig binnen de dikke muren en er zijn hoge torens met soldaten die op de uitkijk staan. Zouden die er niet zijn, dan kun je je best voorstellen dat het eigenlijk vrij gemakkelijk is om binnen te komen. Dan zet je een ladder tegen de muur en klim je gewoon naar binnen. Dus

voor de verdediging van een van een fort zijn soldaten nodig en zo werkt het ook bij een plant. Je kunt een plant heel sterk telen, sterke celwanden, dikke waslaag, kurk en beharing, maar ook een plant is voor zijn verdediging sterk afhankelijk van hulptroepen. Die hulptroepen zijn vaak schimmels en bacteriën, maar ook insecten en mijten die als een leger de plant helpen verdedigen.

Definitie en bouwstenen voor weerbaar telen

Vanaf het moment dat een zaadje kiemt, zoekt de plant naar samenwerkingspartners om zichzelf te beschermen. Plantweerbaarheid komt deels van de plant zelf, maar ook uit de samenwerking met micro-organismen. Zo komen we tot de onderstaande definitie voor natuurlijke afweer van planten:

“Een sterke plant in een rijk ecosysteem die minder vatbaar is voor ziekten en plagen.”

Een weerbaar gewas ontstaat onder invloed van drie bouwstenen:

- Plantweerbaarheid
- Ecologische diversiteit
- Teeltomstandigheden zoals gezonde bodem of substraat, klimaat, voeding en watergift.

Een teler kan middelen zoals natuurlijke vijanden, antagonisten, elicitors en biostimulanten inzetten om deze bouwstenen te ondersteunen in een teeltsysteem. In de volgende paragrafen zullen we deze bouwstenen verder toelichten. Vervolgens beschrijven we hoe een teler kan sturen op een weerbaar gewas via een systeemaanpak.

Deel 1: Plantweerbaarheid

Tijdelijke en continue afweer

Als we plantweerbaarheid beschouwen, zijn er eigenlijk twee soorten: continue en tijdelijke afweer.

Continue afweer is altijd aanwezig in een plantensoort of -ras en bestaat uit fysieke en chemische barrières. Fysieke barrières zijn bijvoorbeeld doornen, haren, waslagen en dikke harde bladeren, zoals naalden. Chemische barrières omvatten stoffen zoals fenolen, terpenen, tannines, saponinen en glucosinolaten. Bekende voorbeelden zijn cafeïne en nicotine, die door planten worden aangemaakt om ziekten en plagen af te weren. De mate van aanwezigheid van deze afweermechanismen kan variëren afhankelijk van de milieuomstandigheden.

Tijdelijke afweer, ook wel **geïnduceerde plantweerbaarheid** genoemd, wordt alleen geactiveerd wanneer er een dreiging is. Dit mechanisme wordt ingeschakeld door een trigger of signaal. Het maken van afweerstoffen kost energie, dus de plant activeert deze mechanismen alleen wanneer nodig, zodat de energie voornamelijk naar groei en ontwikkeling kan gaan.

Bij een dreiging start het secundaire metabolisme, waarbij stoffen worden aangemaakt die niet primair nodig zijn voor groei en ontwikkeling. Dit proces verloopt in drie stappen: herkennen, waarschuwen en verdedigen.

1. **Herkennen:** Planten hebben verschillende mechanismen ontwikkeld om pathogenen en plagen te identificeren en daarop te reageren. Dit proces begint met het detecteren van moleculaire signalen die door deze bedreigingen worden achtergelaten.
2. **Waarschuwen:** De plant communiceert de dreiging naar andere cellen via de sapstroom of zelfs naar soortgenoten in de buurt via vluchtige moleculen (bijv. HIPV; Herbivore Induced Plant Volatiles). Dit zorgt ervoor dat ook andere delen van de plant of naburige planten zich kunnen wapenen tegen de dreiging van herbivoren, schimmels en bacteriën.
3. **Verdedigen:** De plant onderneemt actie om de infectie te stoppen of de indringer onschadelijk te maken. Dit kan door fysieke barrières, chemische verdediging of in het uiterste geval door cellen of delen van de plant af te laten sterven.

Herkennen

Het herkennen is de eerste stap in het afweerproces van planten tegen ziekten en plagen. Dit herkennen verloopt via zintuigen. Planten kunnen zich niet makkelijk en snel verplaatsen, dus moeten zij goed reageren op de omgeving. Hiervoor hebben planten een set aan zintuigen, die we receptoren noemen. Zo zijn er receptoren voor licht, denk

maar aan daglengte gevoeligheid en bloemen die de zon volgen. Ook kunnen planten reageren op de temperatuur, al weten we nog niet hoe ze dit precies waarnemen. Er zijn ook sterke aanwijzingen dat planten op geluid reageren, zo is er een onderzoek geweest waarin het geluid van een knagende rups is opgenomen. Als dezelfde trillingen op een blad werden afgespeeld, zagen onderzoekers dat dezelfde afweergenen actief werden als dat er echt een rups aan het blad knaagde. Echter voor een plant is het waarnemen van moleculen de belangrijkste vorm van waarnemen. Planten hebben een sterk ontwikkeld chemisch waarnemingsvermogen via receptoren in en buiten de cel. Zij kunnen hiermee vaste stoffen, opgeloste stoffen en vluchtige stoffen herkennen en hiermee bedreigingen tijdig signaleren.

De ziekte of plaag is nog buiten de cel

De plant moet de ziekte of plaag kunnen identificeren. Dit gebeurt via receptoren (PRR) aan de buitenkant van de plantencel die moleculen van pathogenen en plagen oppikken. Zoals wij huidschilvers, oogharen en zweetgeur verspreiden, zo laten ook pathogenen sporen achter in de vorm van moleculen. Deze moleculen worden PAMPs (Pathogen-Associated Molecular Patterns) genoemd. Voorbeelden van PAMPs zijn flagelline (een eiwit in bacteriële flagellen) en chitine (een component van schimmelcelwanden). Bij herkenning van een PAMP start een lichte afweerreactie, de PTI (PAMP-Triggered Immunity).

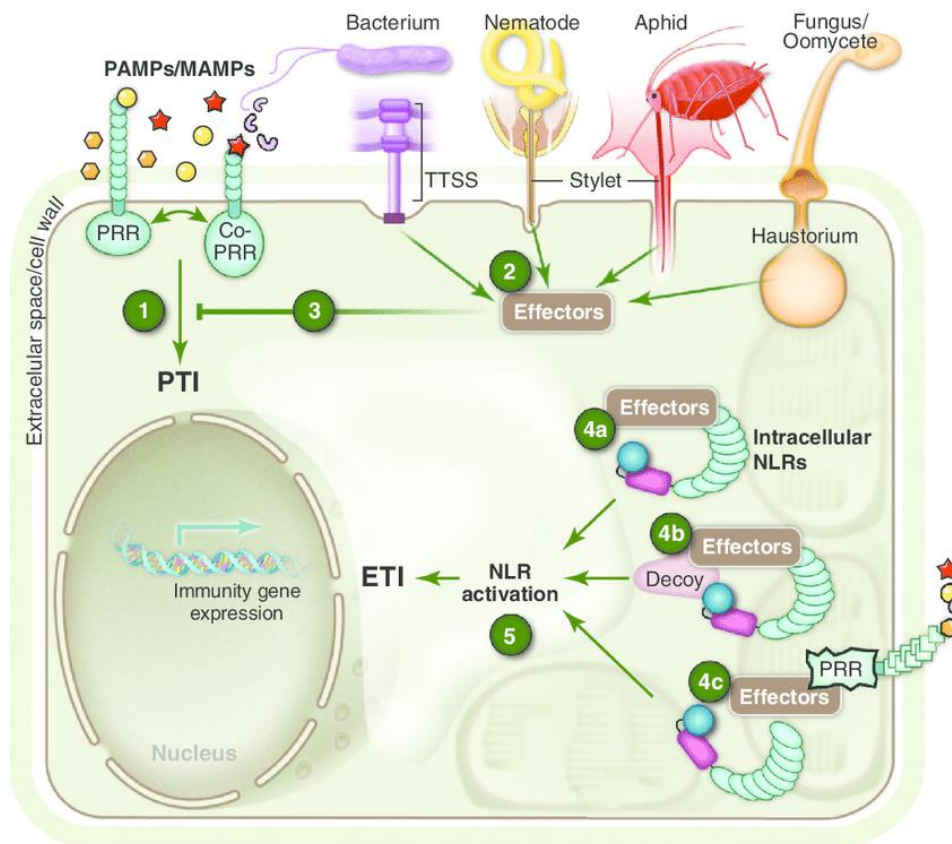
De ziekte of plaag is al in de cel

Als de dreiging al verder is gevorderd, bijvoorbeeld als een pathogeen de plantencel is binnengedrongen, worden sterkere afweerreacties geactiveerd. Dit gebeurt via receptoren binnenin de cel, de NLR's. Deze immuniteitsreceptoren herkennen moleculen waarmee een pathogeen de processen in de plantencel verstoort om ongezien de plant binnen te dringen. Deze moleculen worden effectoren genoemd. Effectoren proberen vaak de PTI-reactie te onderdrukken of te omzeilen. Via de NLR start de ETI afweer (Effector-Triggered Immunity). Deze reactie kan zo sterk zijn dat geïnfecteerde cellen en omliggende cellen afsterven om verdere verspreiding van de ziekte te voorkomen. Een voorbeeld van afweer via ETI is na een infectie met de schimmel *Botrytis cinerea* of TMV.

Generiek en specifiek systeem

De herkenning van pathogenen door planten is zeer specifiek. Elke pathogeen laat unieke moleculaire sporen achter, en planten hebben receptoren die specifiek zijn voor deze moleculen. Dit zorgt ervoor dat de afweerreactie gericht en effectief is. De mechanismen voor het herkennen van pathogenen zijn geëvolueerd over miljoenen jaren. Planten hebben voortdurend nieuwe manieren ontwikkeld om pathogenen te detecteren en daarop te reageren, wat heeft geleid tot een complex en verfijnd systeem van afweer. Een afweerreactie is overigens niet altijd specifiek, er zijn ook generieke

reacties. Meer generieke afweer kan al ontstaan door abiotische stress of een verwonding of beschadiging. Denk hierbij aan de aanmaak van kurkweefsel bij beschadiging of het sluiten van de huidmondjes bij extreme temperaturen.



Figuur 2: Herkenning van ziekte en plagen die buiten de plantencel aanwezig zijn via de PRR (receptor). De pathogeen kan met effectoren de eerste lijn defensie van de plant uitschakelen. De plant herkent de effectoren in de cel met een NLR (Nucleotide-binding domain and Leucine-rich Repeat containing receptors). (Bron: Dangl, 2013).

Waarschuwen

Waarschuwen in de plant

Als een infectie door een plaag of pathogeen is herkend beperkt deze informatie zich niet tot de cel die dit heeft herkend. Planten hebben een systeem van communicatie waarbij signalen van de geïnfecteerde cel naar andere delen van de plant worden gestuurd. Dit kan via de sapstroom of door het afgeven van vluchtige stoffen die naburige cellen waarschuwen. Bij deze verspreiding spelen hormonen een belangrijke rol. Twee hormonale routes Salicylzuur en Jasminzuur/Ethyleen zijn hierbij actief.

Dit zijn de twee belangrijkste hormonen, maar er zijn natuurlijk ook [andere hormonen](#) die actief kunnen bijdragen aan het initiëren van verdedigingsreacties. Hormonen verspreiden signalen en zijn niet zelf verantwoordelijk voor de verdediging. Zij zorgen voor de inductie, ofwel het aanzetten van genen die vervolgens eiwitten of secundaire metabolieten maken die helpen bij de afweer.

Deze signalen kunnen vluchtige signaalmoleculen zijn voor transport binnen de plant, maar eventueel ook als wortel exudaat of vluchtige signaalmoleculen die via de lucht naar plantendelen in de buurt of zelfs naar andere planten kunnen gaan.

De belangrijkste twee systemen zijn

Systemisch verworven resistentie (SAR) en **geïnduceerde systemische resistentie (ISR)** en **Afweer na verwonding (WIR)**. SAR staat voor Systemic Acquired Resistance, waarbij salicylzuur de signaalstof is. ISR staat voor Induced Systemic Resistance, waarbij jasmijnzuur de signaalstof is, maar ook ethyleen een belangrijke rol speelt. WIR staat voor Wound Induced Resistance, waarbij jasmijnzuur ook een belangrijke rol speelt (Figuur 3).

Systemisch verworven resistentie (SAR)

Dit systeem wordt primair aangezet door biotrofe pathogenen. Biotrofe pathogenen zijn organismen die zich voeden op levend plantaardig materiaal, dus ze hebben een levende waardplant nodig. Denk bijvoorbeeld aan echte meeldauw, die zijn voedingsstoffen onttrekt aan een levende cel, maar ook virussen die zonder levende cel zich niet kunnen vermeerderen en verspreiden. Ook bacteriën en floëem-zuigende insecten hebben belang bij het in leven houden van de plant terwijl ze zich voeden.

Aanschakelen van dit systeem verloopt op basis van een aantasting. We kunnen dit ook zelf proberen te initiëren door een bespuiting met salicylzuur of met een zogenaamde elicitor (stofje die een plant herkent als van een pathogeen). Een voorbeeld is de geregistreerde fungicide Fado, die met een elicitor als werkzame stof het eigen afweermechanisme van de plant activeert. Salicylzuur kan ook omgezet worden in een vluchtige stof, methylsalicylaat, die via de lucht andere plantendelen kan waarschuwen.

Geïnduceerde systemische resistentie (ISR)

Daarnaast is er geïnduceerde systemische resistentie (ISR), die verloopt via de hormonen jasmijnzuur en ethyleen. Dit wordt aangezet door niet-pathogene microben in het wortelmilieu, zoals bacteriën en mycorrhiza's. ISR is actief tegen vooral necrotrofe pathogenen, die eerst het weefsel doden en daarna op het dode materiaal leven. Voorbeelden hiervan zijn *Botrytis cinerea* en bladvlekkenziektes zoals *Alternaria*, maar ook bladkauwende insecten zoals rupsen.

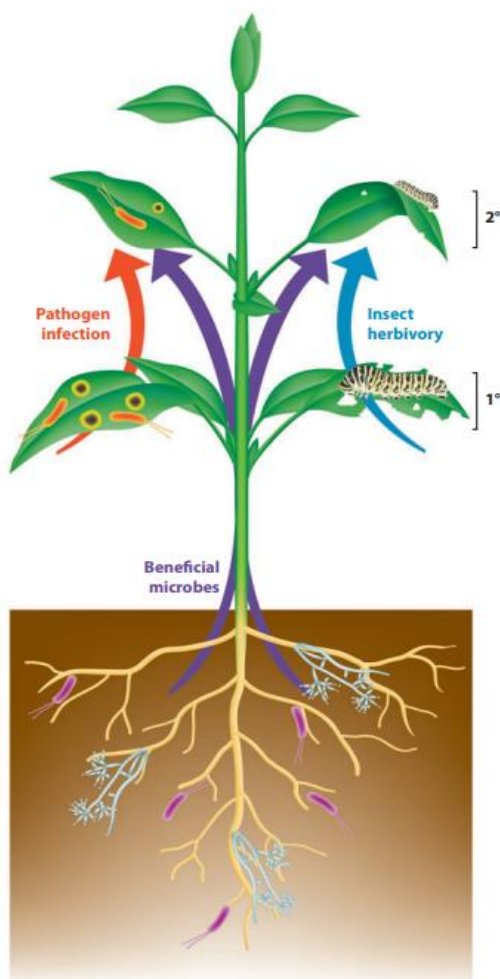
Wound Induced Resistance (WIR)

Afweer na verwonding, beschadiging of vraat noemen we Wound-Induced Resistance (WIR). Ook deze route verloopt via het hormoon Jasmijnzuur. Na verwonding veroorzaakt door bijvoorbeeld rupsen of wantsen, maar ook door wind, gewashandeling of wrijving zal de plant via jasmijnzuur zijn afweersysteem aanschakelen en reparatiestoffen gaan maken.

Hormonale balans

SAR en ISR zijn twee verschillende hormoonsystemen die naast elkaar actief kunnen zijn, maar ook enig antagonisme vertonen. Dat wil zeggen dat op het moment dat er veel energie gestopt wordt in het ene systeem, er minder energie kan zijn voor het andere systeem. Als het ene systeem sterk geactiveerd wordt, kan het andere systeem afgeschakeld worden. Dit is belangrijk om te weten als je op dit systeem met gewasbescherming wilt ingrijpen, want je zou de plant kunnen verzwakken voor een andere aantasting. Bijvoorbeeld, als je de salicylzuurroute stimuleert om de plant te beschermen tegen meeldauw, kan de plant gevoeliger worden voor Botrytis.

Een plant kan dit intern regelen. Het is niet zo dat een plant alleen maar in de ene of de andere stand kan staan. Beide systemen kunnen binnen een plant voorkomen bij meerdere aantastingen door verschillende typen organismen. Een plant regelt dit intern. Dit is een zeer complex systeem, waarbij planten zelfs vooruit kunnen kijken en anticiperen op verwachte dreigingen.



Figuur 3: Geïnduceerde resistentie kan ervoor zorgen dat na een eerste infectie (1^{ste}) de tweede infectie (2^{de}) minder grote gevolgen heeft voor de plant. Hormoonsystemen die een rol spelen bij het verspreiden van geïnduceerde resistentie zijn: bij infectie door een ziekte (SAR), beschadiging of vraat (WIR) en als gevolg van symbiose met micro-organismen (ISR).

SAR: Systemic Acquired Resistance; Salicylzuur (rode pijl),
ISR: Induced Systemic Resistance; Jasmijnzuur/Ethyleen (paarse pijl)

WIR: Wound Induced Resistance. (blauwe pijl).

(Bron: Pieterse et al., 2014)

Naast deze twee hormonen kunnen planten zich ook op andere manieren signalen doorgeven. Nieuw is dat we nu ook kunnen luisteren naar elektrische signalen via een

calciumflux die door de plant loopt. Dit is een hele snelle manier van reactie. Die signalen kunnen we tegenwoordig meten en met behulp van AI interpreteren. Op die manier kunnen we zelfs de plant een beetje afluisteren en aantastingen door pathogenen vroegtijdig herkennen. AI is deze technologie nog in ontwikkeling.

Waarschuwen tussen planten

Waar we voorheen dachten dat planten niet onderling konden communiceren weten we tegenwoordig wel beter. Planten communiceren heel veel. Waar voor ons mensen geluid en beeld belangrijk zijn, is dit voor planten chemische communicatie via moleculen. Vluchtige stoffen verspreiden bovengronds informatie over dreigingen. De geur van gemaaid gras ontstaat dus eigenlijk door de noodkreet bij het verwonden van het gras. Ondergronds zijn dit opgeloste stoffen, exudaten, die signalen verspreiden. Het is zelfs aangetoond dat bomen via schimmels informatie met elkaar uitwisselen.

Verdedigen

Nu we weten hoe geïnduceerde resistentie aangeschakeld kan worden en het signaal door de plant doorgegeven kan worden, kunnen we kijken naar wat een plant allemaal kan doen om zichzelf te verdedigen tegen een aanval van een ziekte of een plaag. De manieren waarop een plant zichzelf kan verdedigen, onderscheiden we in drie categorieën: fysieke verdediging, chemische verdediging en de hypersensitieve respons.

Fysieke verdediging

Dit betekent dat de plant zich fysiek aanpast om een aanval af te slaan. Voorbeelden hiervan zijn:

- **Gommen:** Deze kunnen invalspoorten afsluiten.
- **Abscissielaagjes:** Deze zorgen voor het afvallen van zieke organen, bijvoorbeeld bij een sterke bladluisinfectie in paprika.
- **Tylosen:** Dit zijn vergroeiingen in het vaatbundelweefsel die de vaatbundels afsluiten en vaatparasieten zoals Fusarium tegenhouden.
- **Kurk- of waslaag verdikken:** Deze kan pathogenen isoleren of buitensluiten. Bomen zijn vaak bedekt met kurklagen die bescherming bieden tegen plagen en ziekten. Ook dekken planten met een kurklaag wonden af.
- **Inkapseling:** De plant groeit om hyfen van schimmels heen om ze tegen te houden.
- **Sluiting van huidmondjes:** Dit voorkomt dat bacteriën de plant binnendringen.

Chemische verdediging

De plant maakt verschillende soorten stoffen aan die pathogenen afschrikken, verwarren of doden. Voorbeelden hiervan zijn:

- **Enzymen:** Zoals chitinase, glucanase en oxalaat-oxidase, die specifieke structuren van pathogenen aantasten.
- **Waterstofperoxide en andere reactieve zuurstofsoorten (ROS):** Deze branden in de vorm van vrije radicalen als het ware de ziekteverwekkers weg.
- **Fytoalexinen en secundaire metabolieten:** Dit kunnen gifstoffen zijn, stoffen die de groei of reproductie van pathogenen belemmeren, of stoffen zoals terpenen die giftig zijn voor bepaalde organismen. Fenolen kunnen een wrange smaak geven aan bladeren en zo plagen afschrikken.
- **Vluchtige signaalstoffen:** Deze kunnen predatoren lokken die de plagen aanvallen, zoals sluipwespen die witte vliegen of rupsen aantasten. Het is belangrijk te realiseren het succesvol lokken van predatoren afhankelijk is van de aanwezigheid van predatoren in de buurt. Predatoren van de omgeving zullen niet snel een infectie midden op een grote akker bereiken. Dit is ook de reden achter ontwikkelingen als strokenteelt en bloeiende plantenstroken, die predatoren lokken naar akkers.

Hypersensitieve respons

Dit is een verdedigingsmechanisme waarbij de plant cellen of delen van zichzelf laat afsterven om de verspreiding van de ziekte te voorkomen. Dit komt vaak voor bij resistentiereacties tegen virussen, schimmels en bacteriën. Bijvoorbeeld bij een TMV (Tabacco mosaic virus) resistent paprikaras zie je na (handmatige) infectie een necrose plekje ontstaan die bij een vatbaar ras niet zichtbaar is. In het vatbare ras ontstaan pas na verloop van tijd virussymptomen in de kop van de plant.

Weerbare rassen

De uitleg over hoe plantweerbaarheid tot stand komt en alle processen die daarmee samenhangen, zoals herkennen, waarschuwen en verdedigen, maakt duidelijk dat er veel invloed is vanuit de genetische eigenschappen van een ras op de weerbaarheid van een plant. Plantweerbaarheid begint duidelijk als soort- en/of raseigenschap. Elke plantensoort heeft zijn specifieke vatbaarheden en resistenties ten aanzien van ziekten en plagen. Binnen elke plantensoort is ook elk ras verschillend in de mate waarin het ras weerbaar is tegen ziekten en plagen. Een gevoeligheid tegen het ene pathogeen kan gepaard gaan met een vatbaarheid voor een ander pathogeen, maar ook de reactie op middelen en de samenwerking met micro-organismen kan per ras verschillen. Dan bepalen de omstandigheden ook nog of een eigenschap ook tot uiting komt. Zo kan het ene ras bij bedrijf a weinig vatbaar zijn, maar bij bedrijf b juist wel. Weerbaar telen vraagt

een stuk maatwerk per bedrijf en dat maakt het moeilijker dan het direct bestrijden van ziekten en plagen met (chemische) gewasbeschermingsmiddelen.

Rassenkeuze is dus eigenlijk het startpunt waar alles mee begint. Als een plant niet beschikt over genen om pathogenen te herkennen of om zijn afweer te realiseren, zal weerbaarheid nooit tot stand kunnen komen.

We onderscheiden drie vormen van resistentie als raseigenschap:

1. **Brede resistentie:** Dit is een resistentie tegen veel problemen tegelijk, maar nooit volledig. De plant is intrinsiek weerbaar, maar niet onbeperkt. Het beheersen van de infectiedruk is dan belangrijk.
2. **Volledige resistentie:** Hierbij maakt het niet uit hoe hoog de infectiedruk is; de plant kan simpelweg niet aangetast worden. Een plant kan ook niet waardplant zijn, wat betekent dat de ziekte in geen enkel ras van die plantensoort voorkomt. Volledige resistentie biedt de garantie dat de plant niet ziek wordt. Het nadeel is dat deze resistentie vaak op één of enkele genen gebaseerd is en daardoor vrij snel doorbroken kan worden.
3. **Partiële resistentie:** Dit is een resistentie die afhankelijk is van de infectiedruk, want bij een hoge infectiedruk zal de resistentie niet standhouden. Het kan gebaseerd zijn op één of enkele genenparen, maar meestal op meerdere genen. Voorbeelden zijn echte en valse meeldauwresistentie en virusresistentie in komkommer.

Tot op heden is er in de veredeling vooral veel aandacht voor volledige resistentie, omdat dit een garantie biedt dat de plant niet ziek wordt, wat goed verkoopbaar is. Ook is het makkelijk te toetsen en relatief makkelijk in te kruisen (minder genen). Echter, volledige resistentie kan hierdoor ook vaak sneller doorbroken worden. Volledige en partiële resistentie kunnen bij groentegewassen opgenomen worden in het kwekersrecht, maar bij brede resistentie en bij siergewassen kan dat niet. Dit betekent dat veel verschillen in ziektegevoeligheid tussen rassen moeilijk zijn te toetsen, veredelen en te claimen in de markt. Dit heeft ervoor gezorgd dat veel natuurlijke afweermechanismen langzaam uit moderne rassen zijn verdwenen. Nieuwe technieken voor moleculaire veredeling (DNA sequencing en QTL mapping) biedt nieuwe kansen om ook op complexe gedeeltelijke resistentie te veredelen. Veredelingsbedrijven zijn hier actief mee aan de slag, maar in de veredeling laten resultaten vaak jaren op zich wachten.

Deel 2: Teeltomstandigheden en ecologische diversiteit:

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven hoe plantweerbaarheid tot stand komt en hoe dit precies werkt in de plant. Maar weerbaarheid bestaat niet alleen uit plantweerbaarheid. Zoals in de inleiding is uitgelegd, spelen ook (micro)-organismen en teeltomstandigheden een rol hierbij.

We gaan nu kijken naar de andere twee bouwstenen van weerbaar telen, de middelen om deze te ondersteunen en hoe je dit alles in een systeemaanpak kunt inzetten om zo goed mogelijk een gezond gewas te telen.

Teeltomstandigheden

Teeltomstandigheden hebben op twee manieren invloed op de ziektevering en de weerbaarheid van gewassen. Ten eerste beïnvloeden teeltomstandigheden de plantweerbaarheid. Geen plant is exact hetzelfde, zelfs al is het ras gelijk en staan ze in dezelfde veld, kas of zelfs in een vertical farm. We zeggen daarom ook

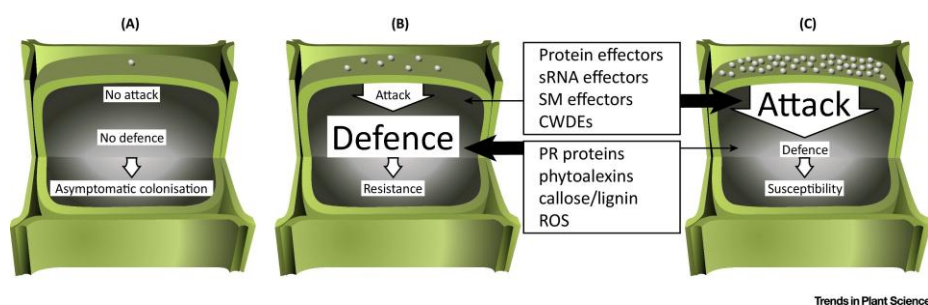
Fenotype = genotype * teeltomgeving

Ook bij afweerreacties van de plant spelen zowel het ras als de teeltomstandigheden een rol.

Daarnaast hebben teeltomstandigheden, zoals klimaat, plantdichtheid en naastgelegen gewassen, ook invloed op de infectiedruk. De teeltomstandigheden beïnvloeden infectiedruk via de ontwikkelingssnelheid, verspreiding en overleving van plagen en ziekten, maar ook door de ontwikkelingssnelheid en overleving van natuurlijke vijanden en antagonisten die ziekten en plagen wegconcurreren of vernietigen.

Infectiedruk beperken

Teeltomstandigheden zijn belangrijk bij het creëren van een weerbaar teeltsysteem. Als eerste bespreken we de relatie tussen plantweerbaarheid en infectiedruk. Bij een zeer lage infectiedruk is plantweerbaarheid niet nodig. Bij een middelmatige infectiedruk kan de plantweerbaarheid de plant beschermen, maar bij een hoge infectiedruk wordt dit steeds lastiger.



Figuur 4: De mate van infectiedruk bepaalt het effect van de geïnduceerde afweerreactie (bron: Veloso en Kan, 2018)

Bij de meeste ziekten en plagen die zich vrij kunnen ontwikkelen wordt de schadedrempel toch overschreden, zelfs als er enige mate van resistentie is. Alleen bij volledige resistentie is dit niet het geval, maar dit is voor veel ziekten en plagen en in veel gewassen niet mogelijk.

Bij het voorkomen van ziekten en plagen is het dus belangrijk om de infectiedruk laag te houden. Dit kan beginnen met schoon uitgangsmateriaal, dat vrij is van ziekten en plagen en residu. Residu op bijvoorbeeld stekken uit het buitenland kan het functioneren van biologische bestrijders en ecologische ondersteuning negatief beïnvloeden. Daarnaast kan een teler ervoor kiezen om kassen af te sluiten met insectengaas. Hij kan bermen strak maaien om plaagdruk rond de kas te verminderen of juist kruidenmengsels zaaien om daarin plagen door natuurlijke vijanden aan te laten pakken en de invlieg van natuurlijke vijanden te stimuleren. Verder kan gietwater via een UV- of ozonontsmetter vrij gemaakt worden van ziekteverwekkers en kan een teler met [goede organismen in het water de ecologische ondersteuning stimuleren](#). Belangrijk voor het managen van de infectiedruk is het gericht scouten en het monitoren van de plantweerbaarheid. Er is een sterke ontwikkeling richting scouten met ondersteuning van voorspellende modellen. In de buitenteelten worden BOS-systemen al veel gebruikt. In de glastuinbouw neemt digitaal scouten van zowel ziekten, plagen als natuurlijke vijanden een vlucht. De balans tussen natuurlijke vijanden en plaagorganismen bepaalt uiteindelijk het risico op toenemende infectiedruk. Een beetje schade hoort er dan vaak bij. Een knelpunt is dan vaak dat er in het handelskanaal een 0-tolerantie is.

Klimaat en watergift

Niet alleen het macroklimaat, maar ook het microklimaat is belangrijk. Luchtvochtigheid, temperatuur, lichthoeveelheid en luchtbeweging of wind kunnen invloed hebben op zowel de plant, plaag en ziekteverwekker. Bij een hoge luchtvochtigheid of een lange bladnatperiode kunnen veel schimmels en bacteriën makkelijker ontwikkelen. Spintmijten houden juist van een wat droger klimaat en ook meeldauwsporen verplaatsen zich beter onder droge omstandigheden door luchtbeweging. Ook temperatuur is een belangrijke factor. Temperatuur bepaalt de ontwikkelingssnelheid van zowel plagen als nuttige insecten, schimmels en bacteriën. De temperatuur bepaalt ook de groeisnelheid van de plant en, in relatie tot lichtsom, de stevigheid van de cellen. Balans in de hoeveelheid licht en temperatuur in relatie tot de plantbelasting en groei geven de plant voldoende assimilaten om te groeien en zich goed te verdedigen. Telen via de RTR (Radiation Temperature Ratio) kan hieraan bijdragen. Licht kan ook een rol spelen in de vorm van actieve doding of inductie van natuurlijke afweer, zoals in het geval van UV straling of een specifiek lightspectrum. Hier wordt nog onderzoek naar gedaan, maar het blijkt mogelijk om door middel van lightspectrum de natuurlijke afweer van planten te beïnvloeden. Verstoring van het

gedrag van predatoren, natuurlijke vijanden en bestuivers onder invloed van licht kan de effectiviteit van natuurlijke vijanden juist verzwakken.

Watergift is ook een belangrijke teeltfactor. Bij boven het gewas irrigeren is de timing belangrijk voor de duur van de bladnatperiode, waarin infectie door schimmels en bacteriën kan plaatsvinden. Watergift kan ook bijdragen aan een sterker gewas. Planten die veel water krijgen, zijn vaak zwakker dan planten die enige droogtestress hebben ervaren, omdat hun cellen korter en steviger zijn. Naast directe morfologische aanpassingen, kunnen planten via het zogenaamde stressgeheugen leren omgaan met stress, waardoor dezelfde omstandigheden een volgende keer minder impact hebben. Een plant die stress ervaart, past zich hieraan aan, zowel morfologisch als intern, waardoor hij beter bestand is tegen toekomstige stress.

Bodem, substraat en voeding

Bodem, substraat en voeding spelen ook een belangrijke rol in de weerbaarheid van het teeltsysteem. In het college bodemweerbaarheid wordt in alle details over natuurlijke ziektevering in de bodem verteld. Ziektevering van bodem en substraten zijn het resultaat van structuur (lucht/water verhouding) en het bodemleven. De fysische eigenschappen beïnvloeden indirect de weerbaarheid via de groei van de plant en het bodemleven. Het bodemleven kan bodemgebonden pathogenen onderdrukken via concurrentie, parasitisme en antibiose en zo bijdragen aan de ziektevering. Daarnaast kunnen bodemorganismen in de rhizosfeer resistentie induceren (ISR). Bij de teelt op substraat kan een teler kiezen voor organische substraten (kokos, veen, circulaire materialen, compost) of minerale substraten (steenwol, kleikorrels). Zelf een teelt alleen op water wordt gedaan, zoals bij sla of kruiden. In alle gevallen kan ziektevering gerealiseerd worden, maar organische substraten bieden van nature meer voeding en nestelplekken voor het bodemleven. In de bodem en organische substraten is daarom altijd een actiever en gevarieerder bodemleven aanwezig, met name op gebied van schimmels. Dit kan het vestigen van toegevoegde micro-organismen via bijv. biostimulanten wel moeilijker maken doordat deze de concurrentie aan moeten gaan met een groter en gevarieerder gevestigd bodemleven. Bij inerte substraten is er minder concurrentie, maar zijn de overlevingsomstandigheden minder goed wat de vestiging van specifieke antagonisten alsnog moeilijker kan maken. Voor endofyten, zoals *Trichoderma spp.* en rhizobacteriën, die leven van wat de plant hen geeft, hoeft dit geen beperking te zijn.

In een substraatteelt is minerale voeding voldoende voor de plant om te groeien. Voor het bodemleven is ook koolstof toevoer van belang in de vorm van (vers) organisch materiaal. De nutriëntenbeschikbaarheid en balans kunnen de weerbaarheid van het gewas dan beïnvloeden. Veel praktische onderzoek naar telen bij minder stikstof en meer sulfaat is gedaan door telers van onder andere aardbei en gerbera. Voor de wetenschap is dit nog een relatief nieuw gebied, zowel wat betreft de optimale balans in

voedingsstoffen als het creëren van een optimaal bodemleven via organische bemesting en toevoegingen. Welke stoffen en welk bodemleven moeten we stimuleren om plantweerbaarheid en voeding te bevorderen? [Recent onderzoek](#) toont aan dat het beïnvloeden van de plantweerbaarheid via bemesting mogelijk is, maar strijdig kan zijn met productiedoelstellingen. De variatie in gewassen, voedingsstoffen en teeltsystemen is zo groot dat er nog heel [veel vragen beantwoord moeten worden](#). Wat we wel weten, is dat aangepaste bemesting alleen niet effectief is om volledige aantasting te voorkomen, maar het kan zeker helpen. Aandachtspunten hierbij zijn het vermijden van gebrek aan alle nutriënten, lage beschikbaarheid van kalium, magnesium, zwavel, calcium en mangaan, en het vermijden van een overmaat aan stikstof. Zowel overmaat als gebrek kunnen plantenziekten stimuleren. De rol van de adviseur is de teler te helpen bij het maatwerk dat per bedrijf nodig zal zijn.

Ecologische diversiteit

Binnen deze training over gewasbescherming bedoelen we met ecologische diversiteit:

“ De diversiteit van alle levende organismen binnen een teeltsysteem en de overlevingsmogelijkheden voor verschillende populaties en levensgemeenschappen die de teeltomgeving biedt.”

De invloed van ecologische diversiteit op het ontstaan en ontwikkelen van ziekten en plagen is al heel lang bekend. Al in de jaren '30 was bekend dat natuurlijke vijanden konden bijdragen aan het beheersen van ziekten en plagen in de teelt van groente- en akkerbouwgewassen. Deze kennis en de toepassing ervan zijn grotendeels verloren gegaan rond de jaren '50, toen chemische gewasbescherming sterk toenam. Het verdwijnen van ecologische ondersteuning leidde tot een grote afhankelijkheid van chemische middelen, omdat de ondersteuning van de ecologische levensgemeenschappen verdween (Voûte, 1954).

Macro-organismen

Deze impact werd begin jaren '90 bij telers duidelijk toen er in de vruchtgroententeelt onder glas hommels werden geïntroduceerd voor de bestuiving van tomaten. Dit was zo interessant vanuit arbeidskostenperspectief en kwaliteit van de tomaten dat men de hommels graag in leven hield. Hierdoor werd duidelijk dat bepaalde middelen niet meer gebruikt konden worden en men ging op zoek naar alternatieven. Zo kwamen sluipwespen, roofwantsen en roofmijten in beeld, die nu op grote schaal worden ingezet in bijna alle teelten onder glas en door nagenoeg alle telers.

Deze ontwikkeling staat niet stil. Er is een ontwikkeling gaande om deze natuurlijke vijanden langer in leven te houden in plaats van ze steeds opnieuw uit te zetten. Dit kan door middel van diverse soorten van alternatief voedsel introduceren. Voedermijten, pollen, Artemia, Ephestia, hebben er voor gezorgd dat de standing army van natuurlijke vijanden veel beter werkt. Daarnaast worden steeds vaker [bankerplanten in kassen](#)

geplaatst, die als voedingsbron dienen voor natuurlijke vijanden. Dit kan zelfs via een luizensoort die het gewas niet aantast maar waar de natuurlijke vijand wel op overleeft. Daarnaast kan dit via bloemstroken, struiken en een ecologische infrastructuur, zowel rondom kassen als percelen van akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Sommige telers sluiten de kas af met insectengaas om de invlieg van plagen te verminderen en de uitgezette natuurlijke vijanden beter binnen te houden.

Micro-organismen

Waar de aandacht bij biologische bestrijding in het begin vooral uitging naar macro-organismen zoals insecten en mijten, zetten telers nu ook steeds meer [micro-](#)



Figuur 5: Schimmels en jonge wortels snuffelen aan elkaar bij kwekerij de landscheiding (foto: John van der Knaap)

[organismen](#) in als antagonisten. Dit zijn vaak specifieke antagonisten maar onderzoek en R&D richten zich ook steeds meer op consortia van diverse microorganismen, zogenaamde SynComs (synthetische communities). Vrijwel alle planten zoeken de samenwerking met micro-organismen die in het wortelmilieu aanwezig zijn ook zelf op. Hoe rijker gunstige soorten aanwezig zijn hoe beter ene plant zich kan wapenen.

Micro-organismen krijgen een steeds prominentere rol in het voorkomen van

ziekten en plagen in de teelt, zowel in de vorm van antagonisten die bewust worden toegevoegd als in het natuurlijk aanwezige microbiom. Het microbiom is een term die is ontstaan vanuit DNA-onderzoek. We kunnen op basis van DNA-analyse een indruk krijgen van welke micro-organismen allemaal op en om planten aanwezig zijn. Voorheen deed men dit door middel van het uitplaten op petrischaaltjes, waarmee we slechts maximaal 2% van de organismen kunnen identificeren. Met DNA-analyse kunnen we nu 30-40% van de organismen op naam brengen. De interpretatie en praktische implementatie hiervan is nog een grote uitdaging. We kunnen kijken naar de wortels (rhizosfeer) en naar wat zich bovengronds afspeelt (phyllosfeer). De samenstelling van bovengrondse microbiomen is over het algemeen variabeler dan de ondergrondse samenstelling van het microbiom. In beide gevallen is er sprake van een rijkdom aan ecologische diversiteit, bestaande uit levensgemeenschappen van bacteriën, schimmels en andere organismen.

Gewasdiversiteit in ruimte en tijd

Het gewas zelf heeft ook invloed op deze organismen. Een plant stimuleert bepaalde groepen organismen en zelfs de aantasting van een plant kan leiden tot stimulering van bepaalde groepen organismen die de plant ondersteunen in zijn verdediging.

Vruchtwisseling en gewasdiversiteit in ruimte en tijd zijn niet alleen relevant voor de

omvang van populaties van ziekten en plagen, maar ook voor het aanwezig zijn van een goed ondersteunend bodemleven. Planten kunnen chemische signalen verspreiden om natuurlijke vijanden te lokken. Bij grote percelen is de ecologische inrichting van zo'n perceel van belang. Een kleine bloemenstrook om een perceel van 30-40 hectare zal in het midden van het veld geen invloed meer hebben. Door het stimuleren en ondersteunen van ecologische diversiteit door middel van het creëren van de juiste vestigings- en overlevingsplekken, en door het voeden van deze organismen, kan de plant ondersteund worden in zijn afweer tegen ziekten en plagen.

Deel 3: Middelen voor weerbaar telen

In de laatste jaren is er een hele generatie aan nieuwe typen middelen op de markt gekomen. Je kunt daarbij denken aan antagonisten, zoals schimmels die andere schimmels of insecten bestrijden. Maar ook aan middelen die via de planteigen afweer werken. Deze groep middelen noemen we elicitors.

Plantweerbaarheid via elicitors

In het hoofdstuk over plantweerbaarheid hebben we gezien dat de plant bepaalde moleculen waarneemt die afkomstig zijn van ziekten en plagen, en dat de plant op basis van deze moleculen zijn afweer aanschakelt.

Elicitors omvat alle triggers die de plantweerbaarheid aanschakelen. Producten op basis van elicitors bestrijden dus ziekten en plagen via de plant. Deze middelen vallen daarom onder de gewasbeschermingsmiddelen en hebben een toelatingsnummer. Een product op basis van een elicitor kan een biotische oorsprong hebben, dat wil zeggen dat het afkomstig is van een organische bron. Je kunt dan denken aan bijvoorbeeld chitosan of flagelline, stoffen die een onderdeel zijn van schimmels en bacteriën. Maar ook plantenhormonen zelf kunnen gespoten worden als elicitor, zoals salicylzuur.

Daarnaast zijn er abiotische factoren, zoals fysische factoren (bijvoorbeeld UV-straling, droogte of andere osmotische stress) die kunnen bijdragen aan de weerbaarheid van planten. Door iets droger te telen, kunnen sterkere cellen en celwanden ontstaan, waardoor de plant weerbaarder is. Soms kunnen zouten ook gedeeltelijk als elicitor werken. Dit soort elicitors vallen niet onder de gewasbeschermingsmiddelen.

Voorbeelden van elicitors die op de markt beschikbaar zijn, zijn fado en vacciplant. Fado, op basis van chitosan, imiteert de PAMP-moleculen die het planteneigen systeem in werking zetten. Vacciplant bevat laminarine, een stof afkomstig van algen, die door de plant wordt herkend als een pathogeen. Dit activeert de aanmaak van onder andere glucanase, een enzym dat de structuren van pathogenen af kan breken.

Biostimulanten zorgen voor sterke planten

Een andere groep middelen die gebruikt kunnen worden bij weerbaar telen zijn biostimulanten. Biostimulanten vallen niet onder de gewasbeschermingsmiddelen en bestrijden ziekten of plagen dus niet, ook niet via de plant, zoals elicitors dat doen. In het verleden was het aanbod van biostimulanten minder gereguleerd, wat leidde tot situaties waarin producten zonder duidelijke werking of toelating op de markt verschenen. Dit wordt soms aangeduid als ‘kofferbakverkoop’. Inmiddels is dit sterk verbeterd dankzij Europese wetgeving. Sinds 2019 is er Europese wetgeving waarin is opgenomen wat een biostimulant precies is, die in 2022 in werking is getreden:

“Een biostimulant is een product dat de voedingsprocessen van een plant stimuleert onafhankelijk van het gehalte aan nutriënten van het product, met als enige doel een of

meer van de volgende eigenschappen van de plant of de rhizosfeer van de plant te verbeteren:

- *De efficiëntie van het gebruik van nutriënten*
- *De tolerantie voor abiotische stress*
- *De kwaliteitskenmerken*
- *De beschikbaarheid van in de bodem of in de rhizosfeer vastgehouden nutriënten”*

(VERORDENING (EU) 2019/1009)

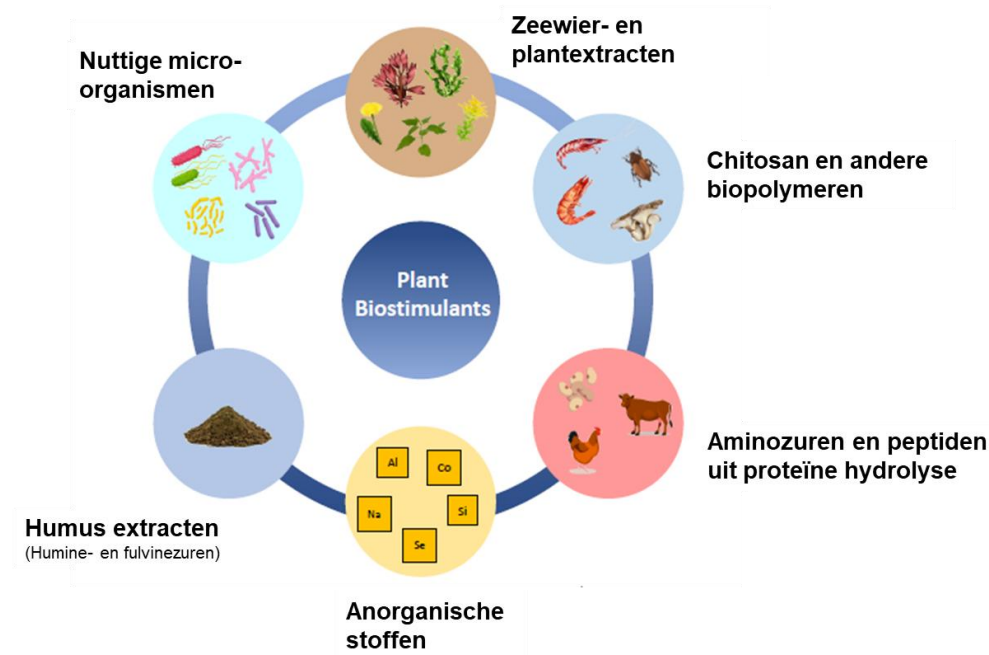
Producenten van biostimulanten hebben zich verenigd in EBIC en wordt ook gewerkt aan standaardisatie via NEN normeringen. Deze regulering en organisatie heeft meer duidelijkheid en transparantie gebracht. Er is veel verschil in kosten en inspanning tussen de registratie van gewasbeschermingsmiddelen en biostimulanten. Dit werkt de transparantie en open communicatie tegen, met name doordat de effecten van biostimulanten indirect bijdragen aan een sterkere en weerbare plant of organismen of stoffen bevat die op meerdere manieren effect uitoefenen. Het vraagt van de adviseur en producent zorgvuldige woordkeuze in de communicatie, wat het geven van advies hierover lastiger maakt. Ook zijn er zeer veel producten en zijn claims niet altijd even goed uitgewerkt of onderbouwd. Als adviseur is het belangrijk om bij een onbekend product de inhoudstoffen op te vragen en de werking ervan vanuit ervaring of literatuur te checken.

Biostimulanten hebben uiteenlopende werkingen. Ze kunnen de voeding en wateropname verbeteren, nuttige micro-organismen in de rhizosfeer stimuleren of toevoegen, (indirect) de wortelgroei stimuleren, en de resistentie tegen abiotische stress versterken. Dit voorkomt dat planten last krijgen van droogtestress en verstevigt celwanden en andere barrières. Ook kunnen biostimulanten door een betere opnamen van nutriënten of de productie van phytohormonen de wortelontwikkeling verbeteren. Dit kan bij bijvoorbeeld chrysant en in de hyacintenteelt in relatie de uitval door *Pythium spp.* indirect helpen verlagen. Het missen van twee wortels van totaal drie wortels is een groter probleem dan het missen van vier wortels van totaal tien wortels.

Biostimulanten kunnen uit verschillende producten bestaan, zoals:

- **Zeewier- en plantextracten:** Bijvoorbeeld Ascophyllum of Eklonia extracten, die de plant minder gevoelig maken voor stress en de weerstand tegen abiotische stress verbeteren.
- **Biopolymeren, aminozuren en peptiden:** Restproducten uit dierlijke of plantaardige eiwitten die stress verminderen en de opname van nutriënten verbeteren.

- **Anorganische stoffen:** Zoals calcium, kalium of silicium. Een bekend voorbeeld is dat silicium bijdraagt aan de plantweerbaarheid tegen meeldauw in komkommers.
- **Humus extracten:** Zoals fulvine en humine zuren, die de kolonisatie van de rhizosfeer verbeteren, de opname-efficiëntie van stikstof verhogen, de CEC in de bodem kunnen verhogen en de gevoeligheid tegen abiotische stress beïnvloeden.
- **Nuttige micro-organismen:** *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* en *Mycorrhiza*-bacteriën, die de opname van nutriënten bevorderen, de wateropname stimuleren en soms een rol spelen bij de aanmaak van planthormonen. Er zijn nog maar vier organismen officieel erkend, de verwachting is dat dit er wel snel meer worden. Onderzoek richt zich ook steeds meer op het samenstellen van gemeenschappen (communities) van meerdere soorten micro-organismen om het microbioom functioneel in te richten (SynComs).



Figuur 6: Basismaterialen voor de productie van biostimulanten (bron:Tradecorp).

Biocontrol; natuurlijke vijanden en antagonisten

De meest bekende categorie van middelen die weerbare teelt ondersteunen, zijn de biocontrol middelen. Hiermee bedoelen we biologische bestrijding en selectieve of generieke antagonisten die helpen ziekten en plagen te bestrijden.

Natuurlijke vijanden

Allereerst de natuurlijke vijanden, voornamelijk macro-organismen. Er is in de afgelopen veertig jaar een breed assortiment van natuurlijke vijanden ontwikkeld. Dit bestaat uit: roofwantsen, sluipwespen, zweefvliegen, spinnen, roofmijten, maar ook

vogels of reptielen kunnen een rol spelen. Een biologisch evenwicht creëren of een standing army opbouwen met deze organismen is niet alleen een kwestie van uitzetten, want ook van het aantrekken uit de omgeving en het in leven houden van natuurlijke vijanden hoort bij de biologische bestrijding van vandaag de dag. In de open teelten is het aantrekken en laten overleven van natuurlijke vijanden uit de omgeving de belangrijkste manier om voldoende natuurlijke vijanden te krijgen, omdat uitzetten nog niet vaak succesvol/rendabel lukt. Ook het laten nestelen en vermeerderen in het teeltsysteem en het voeden van natuurlijk vijanden met bijvoorbeeld pollen of voedermijten kan de effectiviteit aanzienlijk vergroten en de kosten verlagen. Belangrijk bij biologische bestrijding is dat de ziektedruk of infectiedruk in de hand gehouden blijft. Al kunnen ook steeds meer natuurlijke vijanden curatief ingezet worden, zoals haardbestrijding met *Phytoseiulus*, *Cryptolaemus* (roofkever), *Chrysoperla*, *Orius* en *Steinernema* (aaltjes). Digitaal scouten, zeker in de glastuinbouw, wordt steeds gebruikelijker. Allerlei systemen ontstaan waarbij medewerkers niet meer zelf hoeven te scouten, maar dit digitaal gebeurt en via datastromen inzicht wordt gegeven in de infectiedruk of soms zelfs al het ecologische evenwicht in de kas. Op dit moment is digitaal scouten nog voornamelijk gericht op het scouten van plagen en ziektebeelden, maar ook het scouten op natuurlijke vijanden en predatoren neemt toe. Daarnaast wordt ook het analyseren en interpreteren van het microbiom steeds belangrijker. Digitaal scouten en microbiom bepalingen zijn twee nieuwe ontwikkelingen die zich snel ontwikkelen.

Specifieke en generieke antagonisten

Naast macro-organismen zoals insecten en spinnen is er ook een hele categorie aan micro-organismen. Specifieke antagonisten bestrijden een specifieke ziekte of plaag en generieke antagonisten geven een , vaak iets minder sterke, bescherming tegen meerdere ziekteverwekkers. Veel telers zetten al middelen met antagonisten in zoals *Bacillus spp.* en *Trichoderma spp.*. *Bacillus spp.* bacteriën produceren stoffen die de schimmel direct kunnen bestrijden (*B. subtilis*) of eiwitten die bijv een rups kunnen doden (*B. thuringiensis*). Naast schimmels en bacteriën kunnen ook aaltjes specifieke antagonisten zijn, zoals bijvoorbeeld *Steinernema spp.*, of een zwak virus, zoals in de tomatenteelt tegen het Pepino mozaïekvirus. Een nieuwe ontwikkeling is de inzet van bacteriofagen om bacteriën aan te pakken. Dit zijn eigenlijk een soort virussen voor bacteriën. Er komen steeds meer middelen op de markt die op basis van micro-organismen werken, zoals Contans, Polyversum, Nemasys, Serenade etc.

Ziektewering door antagonisme kan op verschillende manieren werken. Het kan door middel van parasitisme of predatie, wat meestal het geval is bij de specifieke antagonisten die ik eerder noemde. Daarnaast kan het ook door middel van antibiotische werking, waarbij een stof wordt uitgescheiden die de groei van pathogenen afremt, of door concurrentie, waarbij de aanwezigheid van de antagonist ervoor zorgt dat pathogenen geen ingangspoort kunnen vinden om de planten aan te

tasten. Tenslotte kan ook geïnduceerde resistentie door micro-organismen worden aangezet, zoals bijvoorbeeld door Trichoderma of rhizobacteriën die de plantweerbaarheid kunnen verhogen via ISR.

Nestelen en voeden

Voor een goede effectiviteit van natuurlijke vijanden en antagonisten is primair het zorgen voor een goed klimaat en wortelmilieu belangrijk, niet alleen voor de plant maar ook voor de ondersteunende organismen (zie paragraaf klimaat). Bodemmanagement en substraatmanagement zijn ook van belang, waarbij de substraatkeuze en organische bemesting met stabiele organische stof en afbreekbare organische stof een rol spelen (zie Bodem, substraat en voeding). Specifieke toevoegingen aan substraten kunnen ervoor zorgen dat specifieke (toegevoegde) groepen organismen die de plant ondersteunen worden ondersteund. Het voeden van natuurlijke vijanden en positieve micro-organismen en het bieden van nestelgelegenheden kunnen de effectiviteit van ingezette antagonisten en natuurlijke vijanden vergroten. Daarnaast is het belangrijk om ingezette organismen niet af te doden. Sta stil bij de impact op de ecologische ondersteuning bij de inzet van (chemische) gewasbeschermingsmiddelen, biociden en ontsmetting. Meer aandacht voor het werken met antagonisten en biologische bestrijders in deze training is er in de sessies over de specifieke organismen, schimmels, bacteriën, aaltjes en insecten.

Deel 4: Systeemaanpak weerbaar telen

Door teeltmethoden en middelen die deze bouwstenen ondersteunen in een systeemaanpak toe te passen ontstaat weerbaar telen. Belangrijk is te realiseren dat weerbaar telen per definitie preventief is. Op het moment dat een ziekte of plaag heeft toegeslagen kun je dit niet meer via de bouwstenen van weerbaar telen oplossen. Er is dan een ingreep nodig. Door bij de keuze voor die ingreep rekening te houden met de bouwstenen voor weerbaar telen, kun je een verzwakking van het weerbaar gewas wel zo veel mogelijk voorkomen. Dit betekent ook dat het adviesgesprek hierover veel meer pro-actief plaats gaat vinden. Als je pas met de teler praat als een probleem al uit de hand loopt, dan is er met weerbaar telen niet meer zoveel te doen. Dan kun je hooguit de impact van de acties die je doet om de schade te beperken zo klein mogelijk houden. Als adviseur in weerbaar telen moet je maatwerk verrichten per bedrijf. Elk bedrijf heeft zijn eigen specifieke teeltomstandigheden en vraagt dus ook een specifieke aanpak, ontwerp en management van weerbaar telen. Om dit proces eenvoudiger te maken onderscheiden we drie stappen in dit proces:

Ontwerpen van het weerbaar teeltsysteem

Dit gebeurt voorafgaand aan de teelt. Hierbij wordt de bedrijfsinrichting en het teeltsysteem goed bekeken. Daarnaast wordt een strategisch plan opgesteld voor preventieve acties tijdens de teelt, zowel in de vorm van middelen, hygiëne als scouten en andere acties. Bij het ontwerp van een weerbaar teeltsysteem wordt tenminste aandacht besteed aan:

- Gewas-, perceel- en rassenkeuze
- Ecologische inrichting binnen en om het bedrijf
- Bedrijfsinrichting en monitoringstechnieken
- Klimaatstrategie en irrigatie- en bemestingsstrategie
- Substraatteelt: teeltsysteem en substraatkeuze, organisch of anorganisch

Deze factoren beïnvloeden zowel de plantweerbaarheid als de bodemweerbaarheid en het biologische evenwicht, die samen zorgen voor een weerbaar gewas.

Management van het weerbaar gewas

Dit omvat het onderhouden van de plantwaarbaarheid en het beheersen van de infectiedruk tijdens de teelt. Bij het managen van het weerbare teeltsysteem kijken we naar:

- Klimaatregeling
- Irrigatie en bemesting
- Teelt en gewasmanagement;
 - Plantdichtheid
 - Plantbelasting in balans
 - Nestel en voedingsplekken voor natuurlijke vijanden.

- Deze zaken hebben invloed op de infectiedruk en de plantweerbaarheid.

Een goed ontwerp en een goed management resulteren in een lage infectiedruk en een hoge plantweerbaarheid en daarmee in een gezond gewas. Mocht een gewas toch ziek worden dan gaat het in de eerste plaats om schadebeperking. Hierbij is het belangrijk om de inzet van het middel af te wegen tegen de impact op het weerbaar teeltsysteem. Een verdere verstoring van het weerbaar teeltsysteem kan de problemen nog groter maken. Daarna is het belangrijk de oorzaak te onderzoeken van de verstoring. Waarom liep de infectiedruk te hoog op of was de plantweerbaarheid te laag? Was het klimaat niet goed, of het substraat? Is wel het juiste ras gekozen? Als de oorzaak, of vermoede oorzaak, in beeld is worden aanpassingen gedaan aan het teeltsysteem of het strategisch management om te voorkomen dat het nog een keer uit de hand loopt.

The diagram illustrates the integrated crop protection cycle, showing the flow from crop design to correction, with feedback loops for monitoring and modeling.

```
graph TD; A([Ontwerp weerbaar teeltsysteem]) --> B([Managen weerbaar gewas]); B --> C([Ecologisch evenwicht]); C --> D([Infectiedruk]); D --> E([Weerbare plant en bodem]); E --> F([Gezond gewas]); F --> G([Toch probleem in gewas]); G --> H[Schadebeperking]; H --> I[Impact-analyse]; I --> J[Oorzaak-analyse]; J --> K[Correctie]; K --> A; L([Monitoring en modellen]) -.-> A; L -.-> B; L -.-> C; L -.-> D; L -.-> E; L -.-> F; L -.-> G; L -.-> I; L -.-> J; L -.-> K;
```

The cycle consists of the following stages and components:

- Ontwerp weerbaar teeltsysteem** (Design resilient cropping system)
- Managen weerbaar gewas** (Manage resilient crop)
- Ecologisch evenwicht** (Ecological balance)
- Infectiedruk** (Infection pressure)
- Weerbare plant en bodem** (Resilient plant and soil)
- Gezond gewas** (Healthy crop)
- Toch probleem in gewas** (Still a problem in the crop)
- Schadebeperking** (Damage reduction)
- Impact-analyse** (Impact analysis)
- Oorzaak-analyse** (Cause analysis)
- Correctie** (Correction)

The cycle is supported by **Monitoring en modellen** (Monitoring and models), which are indicated by 'M' icons and arrows pointing to various stages in the cycle.

De systeemaanpak is nog eens samengevat in Figuur 7. De systeemaanpak start bij het ontwerp van het weerbaar teeltsysteem en het management van het weerbaar teeltsysteem. Dit resulteert in een weerbare plant en een ecologisch evenwicht met een daaruit voortvloeiend een lage infectiedruk, wat een gezond gewas oplevert. Ontstaat er toch een probleem, dan moet schadebeperking plaatsvinden. De impact van de gebruikte middelen op het ecologisch evenwicht en de weerbaarheid van de plant wordt afgewogen tegen de effectiviteit in het probleem op te lossen. Vervolgens wordt gezocht

naar de oorzaak van het ontstaan van het probleem met de ziekte of plaag. Als deze in beeld is worden correcties aangebracht in het ontwerp of management van het weerbaar teeltsysteem om toekomstige schade te voorkomen.

Om het maatwerk per bedrijf te ondersteunen is een planmatige aanpak ontwikkeld voor een teelt en bedrijfsspecifiek ontwerp voor weerbaar telen (bijlage 1).

Referenties en aanbevolen literatuur

- Abreu Soares Costa, L. S., de Boer, W., & Raaijmakers, J. (2023). *Samenstelling, Functioneren en Toepassing van Plantmicrobiomen in de Landbouw*. Netherlands Institute of Ecology (NIOO-KNAW). <https://edepot.wur.nl/686925>
- Broeders, K. (2022). *www.glastuinbouwnederland.nl/plantgezondheid/*. Opgeroepen op september 2024, van Plantgezondheid: Kas als ecosysteem - Biologisch ecosysteem in de circulaire kas: [https://www.glastuinbouwnederland.nl/content/glastuinbouwnederland/docs/Vera ntwoorde_Glastuinbouw/Visiedocumenten_2022/Visiedocument_Plantgezondheid_2022.pdf](https://www.glastuinbouwnederland.nl/content/glastuinbouwnederland/docs/Vera%20ntwoorde_Glastuinbouw/Visiedocumenten_2022/Visiedocument_Plantgezondheid_2022.pdf)
- Dangl, J. L., Horvath, D. M., & Staskawicz, B. J. (2013). Pivoting the plant immune system from dissection to deployment. *Science*, 341(6147), 746-751.
- Hofland-Zijlstra, J. D., Stevens, L. H., & van den Broek, R. C. F. M. (2014). Werken aan een weerbaar én productief gewas. *Kas techniek*, 2014(3), 14-17. http://www.wur.nl/upload_mm/3/e/7/17fd1a9b-4e11-42fc-a11e-e1c87a6e9b4e_%5BPE%5D%202014-03%20KAS%20Techniek-P12-P15.pdf
- De Long, J. R., Streminska, M. A., & van der Salm, C. (2021). *Biostimulanten: soorten en werkingsmechanismen*. Wageningen University and Research. <https://edepot.wur.nl/551140>
- van Overbeek, L., Leiss, K., Bac-Molenaar, J., Duhamel, M., & Mouden, S. (2022). Literatuuroverzicht Plantweerbaarheid: Om inzicht te verkrijgen hoe plantweerbaarheid tot stand komt en de rol van het metaboolom en microbiom daarin. <https://edepot.wur.nl/566561>
- Pieterse, C. M., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Van Wees, S. C., & Bakker, P. A. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual review of phytopathology*, 52(1), 347-375. https://dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/307459/AnnuRevPhytopathol_Pieterse_2014.pdf?sequence=1
- Riemens, M., & Molendijk, L. (2022). Integrated Crop Management (ICM): een raamwerk voor een systematische aanpak van ziekten, plagen en onkruiden. *Gewasbescherming*, 53(5), pp. 152-154.

https://www.knpv.org/db/upload/documents/Artikelen_Gewasbescherming/KNPV_Gewasbescherming_535_ICM_kl.pdf

- Streminska, M., Breeuwsma, S., Huisman, H. M., de Vos, R., van Eekelen, H., Stevens, L., & van der Salm, C. (2020). *Green Challenges: plant en bodemweerbaarheid tegen ondergrondse ziekten* (No. 943). Wageningen Plant Research. <https://edepot.wur.nl/522048>
- Stevens, L. H., Breeuwsma, S. J., Griekspoor, Y., & Rutgers, B. (2020). Fysisch-chemische inductie van plantweerbaarheid. <https://edepot.wur.nl/524870>
- Termorshuizen, A. J., Mager, A., & Postma, R. (2021). *Effecten van bemesting op de weerbaarheid tegen ziekten en plagen in de akkerbouw*. Aad Termorshuizen Consultancy, NMI en Hilbrands laboratorium B.V. https://www.bo-akkerbouw.nl/files/Pdfs-Kennis-en-Innovatie/O21001c_EffectenBemestingOpZiektenEnPlagenInDeAkkerbouw_Rapport2021_BOAkkerbouw.pdf
- TED talk the roots of plant intelligence [Stefano Mancuso: The roots of plant intelligence | TED Talk](#)
- Voûte, A. D. (1954). Oecologische en chemische bestrijding van insectenplagen., *Entomologische Berichten*, 15(4), 82-86.
- Webinar Glastuinbouw Nederland: Zoek 12 november 2020: Weerbaar substraat en weerbare planten <https://www.glastuinbouwnederland.nl/terugkijken-webinars/plantgezondheid/2020/>

Bijlage 1: Planmatige aanpak weerbaar telen

Bouwsteen of maatregel	Ontwerp en management weerbaar teeltsysteem (voorbeelden) Naam gewas: Gerbera	Impact weerbaar teeltsysteem			Invloed infectiedruk (+ lager - hoger)		
		--	00	++	--	00	++
Ras en plantmateriaal							
Weerbare bodem en substraat							
Voeding en watergift							
Hygiëne							

Klimaatregeling en licht							
Inzet van middelen (predatoren, antagonisten en biostimulanten)							
Ondersteunen positieve organismen. (Insecten, mijten bacteriën schimmels etc.)							