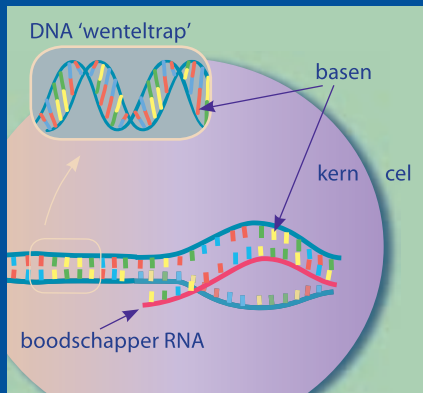
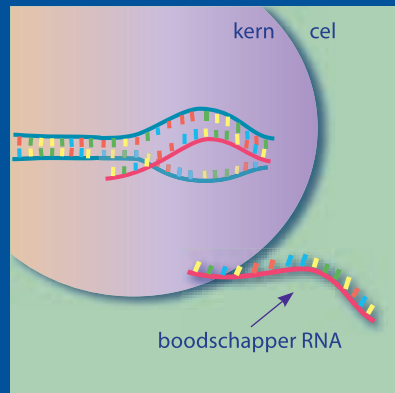


Alle cellen hebben dezelfde erfelijke informatie

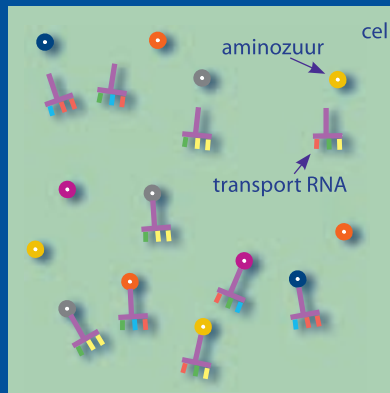
DNA: het receptenboek van de plant



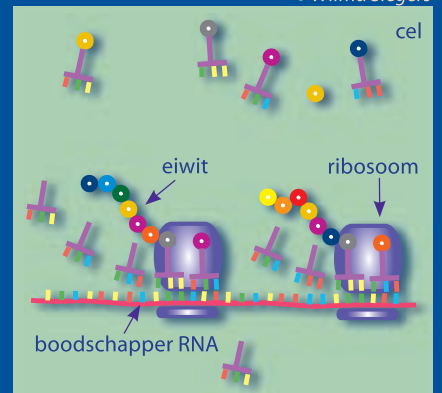
De erfelijke informatie wordt afgelezen van het DNA en omgezet in boodschapper RNA.



Boodschapper RNA verlaat de celkern en gaat naar de ribosomen.



In het celvocht zitten al aminozuren. Transport RNA brengt ze naar de ribosomen.



De ribosomen lezen het boodschapper-RNA af en plakken aminozuren aan elkaar tot eiwitten (bijvoorbeeld enzymen).

© Wilma Slegers

Een blauwdruk is het wel eens genoemd: DNA, de drager van de erfelijke informatie. Maar de term receptenboek dekt beter de lading. Daarin staat hoe de plant kan reageren op wisselende omstandigheden. Veredelaars maken gebruik van natuurlijke variatie. Genetische modificatie kan hun werk gemakkelijker maken.

TEKST: TIJS KIERKELS EN EP HEUVELINK (WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

mysterie van —
het leven

DNA is de Engelse afkorting voor desoxy-ribonucleïnezuur. Een nietszeggende naam voor wat gerust het mysterie van het leven genoemd kan worden. Slechts de variatie van de basen in DNA bepaalt de ontzaglijke verscheidenheid in alles wat leeft. Van die basen zijn er maar vier: guanine (G), cytosine (C), adenine (A) en thymine (T). Een gen valt dan te karakteriseren met een lange reeks letters louter bestaande uit deze vier mogelijkheden, bv AAGCTTACC enzovoorts.

Lange wenteltrap

trapstijlen —

DNA wordt vaak voorgesteld als een heel lange wenteltrap. De trapstijlen worden gevormd door een suiker en een fosfaat-groep. De treden door de basen. Een base is een molecuul met een vrij elektronenpaar dat met een zuur kan worden gedeeld. Die basen zijn steeds op dezelfde manier met elkaar verbonden. Tegenover A ligt altijd T, tegenover C altijd G.

Wil de erfelijke eigenschap tot uitdrukking komen, dan moet het gen 'afgelezen' worden. De basen laten dan van elkaar los, zodat de strengen vrij komen. Er vormt zich boodschapper-RNA dat de codes op het gen heel precies kopieert. Dat boodschappenbriefje gaat naar de ribosomen en wordt daar afgelezen om eiwitten te maken.

boodschapper-
RNA

Onderzoekers zeggen vaak dat een gen

codeert voor bijvoorbeeld schimmelresistentie. Maar strikt genomen coderen genen alleen maar voor de aanmaak van eiwitten, de bouwstoffen van de plant. De volgorde van basen in het gen bepaalt de volgorde van aaneenschakelen van aminozuren, waaruit eiwitten opgebouwd zijn. Dit is een merkwaardig simpele codering. De combinatie van slechts drie basen, bijvoorbeeld AAC, bepaalt welk van de twintig aminozuren aan de beurt is. De volgorde van de aminozuren in het eiwit zorgt ervoor dat het eiwit op een bepaalde manier gevouwen wordt. En die vouwing is weer essentieel voor de werking. Een klein foutje bij de transcriptie kan al leiden tot een onwerkzaam iets.

Dezelfde erfelijke informatie

Alle cellen hebben dezelfde erfelijke informatie. Dus de cellen in een tomatenblad hebben ook alle informatie over bloemen vruchtvorming. Dat is gemakkelijk te zien als bij weefselkweek uit een stukje blad weer complete plantjes geproduceerd kunnen worden.

Hoe blijven die bladcellen dan zo keurig in het gelid en gaan ze niet opeens bloemen of vruchten maken? Dat komt omdat de meeste genen 'uit staan'. Het DNA ligt opgevouwen en verpakt in de celkern. Wil een gen afgelezen worden, dan moet het eerst toegankelijk gemaakt worden.

Er zijn regeleiwitten, die daarvoor zorgen. Die zagezegt het gen 'aan' zetten. De impuls daarvoor komt bijvoorbeeld van omstandigheden buiten de plant (zoals het klimaat) of van plantenhormonen. Opvallend is dat het allergrootste deel van het DNA helemaal nergens voor codeert. Het wordt junk-DNA genoemd. Bij de mens is dat 97% van het totale DNA. Een bijzonder kenmerk van planten is dat DNA niet alleen in de celkern zit, maar ook in chloroplasten (bladgroen) en de mitochondriën, de energiefabriekjes van de cel. Bij maïs bijvoorbeeld telt de celkern 30.000 genen, de chloroplasten 125 en de mitochondriën 40. Dit ondersteunt de theorie dat deze celorganen oorspronkelijk bacteriën zijn geweest die de plantencel ingevangen heeft, wat tot een zo vergaande vorm van symbiose geleid heeft dat de moderne plant niet meer zonder kan.

— junk-DNA

Mutatie door beschadiging DNA

DNA is door de dubbele structuur (de wenteltrap) wel enigszins beschermd, maar toch ontstaan aan de lopende band beschadigingen, bijvoorbeeld door UV-straling. Dit zijn mutaties waarvan het grootste deel leidt tot disfunctioneren van het DNA. Heel af en toe ontstaat hierdoor echter een nieuwe eigenschap. Zo kan in een kas vol witte chrysanthen

— dis-
functioneren

opeens een roze exemplaar staan. Een gevolg van een mutatie van een gen dat met kleur te maken heeft. Maar verreweg de meeste eigenschappen zijn gebaseerd op meerdere genen. Zo is bijvoorbeeld de opbrengst een heel complexe zaak, die niet zomaar door één of enkele mutaties drastisch kan stijgen.

natuurlijke variatie — Veredelaars maken gebruik van natuurlijke variatie in de planteigenschappen en selecteren de meeste gunstige uit om daarmee verder te kruisen. Soms beschadigen ze het erfelijke materiaal bewust om te komen tot mutaties, waarvan een enkele nuttig uit kan pakken.

Veredeling is monnikenwerk

Alvorens verder in te gaan op de mogelijkheden van de veredeling, moeten we eerst iets uitleggen over chromosomen. Chromosomen zijn de dragers van het erfelijke materiaal, bestaande uit DNA. In het algemeen is de erfelijke informatie in tweevoud (diploïd) aanwezig, afkomstig van de moeder en de vader van de plant. Stuifmeel en eicellen zijn echter haploïd, dat wil zeggen: ze hebben maar één set genen. Het hangt van het toeval af welke genen in die ene set van de vader of de moeder afkomstig zijn.

dragere erfelijk materiaal — Bij kruising (en dus bevruchting van de eicel) komt van twee kanten erfelijk materiaal en ontstaat dus een nieuwe tweevoudige set genen. De veredelaar heeft niet onder controle of een gewenste eigenschap van de moeder ook in de nakomelingen terecht komt.

Ten eerste krijgt een deel de informatie van de moeder niet (maar van de vader). Ten tweede zijn er dominante en recessieve genen: de dominante komen tot uitdrukking, de recessieve niet. Ten derde ligt het vaak niet zo simpel. Soms komen beide genen tot uitdrukking. Bovendien zijn veel eigenschappen gebaseerd op meerdere genen tegelijk. Veredeling is om al deze redenen monnikenwerk.

dominante en recessieve genen —

Genetische modificatie

Als je bij een wilde variant een ziekteresistentie vindt, duurt het heel lang voordat je weer een goede cultivar hebt. Een bekend systeem is om de wilde variant met een bestaande cultivar of ouderlijn te kruisen en uitgeselecteerde nakomelingen (die de ziekteresistentie geërfd hebben) vele

terugkruisen —



Bij kruising komt van twee kanten erfelijk materiaal en ontstaat dus een nieuwe tweevoudige set genen. De veredelaar heeft niet onder controle of een gewenste eigenschap van de moeder ook in de nakomelingen terecht komt.

foto: Marleen Arkesteijn

malen terug te kruisen met de cultivar. Dit proces duurt jaren.

Dan is het heel aantrekkelijk om te kunnen 'knippen en plakken'. Om uit de wilde variant het juiste gen (of de genen) voor de ziekteresistentie te halen en in een bestaande goed functionerende cultivar in te brengen. Dat is het systeem van genetische modificatie. In de plantenveredeling gebeurt dat veel met hulp van de kroonbacterie (*Agrobacterium tumefaciens*). Deze bacterie brengt in de natuur genen in bij de plant om die ertoe aan te zetten gallen te maken. Van deze eigenschap maakt een veredelaar gebruik bij de genetische modificatie. Het gewenste gen wordt eerst bij *Agrobacterium* ingebracht en deze brengt het in het planten-DNA in.

Veel discussie

Over genetische modificatie is veel discussie. Het zou veel onveiliger zijn dan traditioneel kruisen. Bij het overzetten van een gen uit een wilde variant is genetische modificatie echter juist veiliger. Je

weet namelijk precies wat je verandert, wat bij conventioneel kruisen niet zo is. Anders ligt de situatie voor het inbrengen van soortvreemde genen (bijvoorbeeld uit een bacterie of dier). Dat is een situatie die in de natuur niet (of vrijwel niet) voorkomt. Hier is dus wel een flinke mate van onvoorspelbaarheid in de uiteindelijke effecten.

soortvreemde genen —

DNA is de drager van de erfelijke informatie. Deze informatie wordt vertaald in een 'boodschappenbriefje' dat naar de ribosomen gaat. Daar worden de eiwitten gevormd. Alle cellen hebben hetzelfde DNA, maar het merendeel van de genen staat constant 'uit'. Daarom vormen zich bijvoorbeeld geen vruchten aan bladeren. DNA muteert soms en daaruit kunnen nieuwe eigenschappen ontstaan. Veredelaars maken daar gebruik van.

SAMENVATTING