

DE BETEEKENIS EN HET ONTSTAAN VAN HET ANTHOCYAAAN IN BLADEREN.

DOOR

C. J. KONING en Dr. H. W. HEINSIUS.

(Voorloopige mededeeling.)

~~~~~

Zeer algemeen komt bij planten een in het celvocht opgeloste roode kleurstof voor, wèl te onderscheiden van de aan kleurstof-lichamen gebundene; zij wordt aangetroffen in bloemen, vruchten, bladeren, stengels, zelfs in wortels. Men bestempelt haar gewoonlijk met den naam van anthocyaan of ook wel erythrophyl. Omtrent haar scheikundige samenstelling is nog weinig bekend; uit spectroscopische onderzoeken van N. J. C. Müller <sup>1)</sup> schijnt te blijken, dat er zeer veel verschillende vormen van bestaan. Volgens Wiegand <sup>2)</sup> bevat zij een chromogeen, dat met looistoffen verwant is; in overeenstemming hiermede vond C. J. Koning <sup>3)</sup> dat in roodgekleurde cellen van *Azolla* looistof voorkomt, in groene niet.

Zeer in 't ooglopend treedt de anthocyaanvorming op bij bladeren, in het voor- en najaar. Wij hebben getracht, eenig nieuw licht te verspreiden over de biologische beteekenis hiervan.

In de literatuur ontmoet men hieromtrent twee theorieën: *a.* de lichtscherftheorie en *b.* de theorie, dat het anthocyaan

---

<sup>1)</sup> Spectralanalyse der Blütenfarben. Pringsheim's Jahrb. XX 1889, p. 78—105.

<sup>2)</sup> Rothe und blaue Färbung von Laub und Frucht.

<sup>3)</sup> De verandering der Chromatophoren en opgeloste kleurstoffen door Enzymen. Pharmaceutisch Weekblad 1900, n°. 21.

dienst zou doen als warmte absorbeerende stof. In beide gevallen moet het lichtstralen absorbeeren; daartoe is het trouwens zeer geschikt, daar het zelf tegen de ontleedende werking van het licht zeer bestand is. Een anthocyaanoplossing, bewaard in een tijdens het koken der vloeistof dichtgesmolten buis en voor een venster op het Zuiden geplaatst, had nog na ruim een jaar een donkerroode kleur.

a. Reeds Pick <sup>1)</sup> heeft er op gewezen, dat juist die stralen, welke voornamelijk de koolzuurassimilatie bewerken, door het anthocyaan niet worden geabsorbeerd. Nauwkeuriger metingen hieromtrent, met hetzelfde resultaat, zijn wij verschuldigd aan Engelmann <sup>2)</sup>; zooals deze laatste opmerkt, groeien dan ook roode planten (*Fagus* enz.) niet merkbaar minder sterk dan groene van dezelfde soort.

In zijn bovengenoemde publicatie heeft Pick de stelling verdedigd, »dat de roode kleurstof een middel is om het zetmeeltransport in de bladeren te bevorderen zonder de assimilatie aanmerkelijk te hinderen.»

Hiervoor pleit inderdaad het dikwijls voorkomen van anthocyaan in plantendeelen, waarin een levendig stoftransport plaats heeft: jonge loten van vele boomen en kruiden, herfstrood, blad- en vruchtstelen. Wij kunnen hier nog aan toevoegen: plaatsen, waar bladluizen zitten op bladeren van *Ribes* e. a.; bij zwakke verkleuring zijn juist de bladnerven rood.

Pick meent verder, dat juist het roode licht, dat wordt doorgelaten, de enzymwerking op de zetmeelkorrels zou bevorderen; hiervoor ontbreekt echter ten eenenmale het bewijs.

Ook Kerner neemt de lichtscherm-theorie aan, <sup>3)</sup> schoon niet uitsluitend. Hij nam proeven in zijn alpenproeftuin in Tirol,

<sup>1)</sup> Ueber die Bedeutung des roten Farbstoffs bei den Phanerogamen und die Beziehungen desselben zur Stärkewanderung. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XVI, p. 281 vlg.

<sup>2)</sup> Die Farben bunter Laubblätter und ihre Bedeutung für die Zerlegung der Kohlensäure im Lichte. Bot. Ztg. 1887, p. 393 vlg.

<sup>3)</sup> Pflanzenleben 2<sup>te</sup> Aufl. 1896, 1<sup>er</sup> Band p. 469.

2195 M. boven den zeespiegel <sup>1)</sup>, waar de intensiteit van het licht natuurlijk veel grooter is dan in de laagvlakten. Van de planten, uit het lage land afkomstig, die hier werden uitgezaaid, groeiden alleen die goed, welke onder den invloed van het sterke licht een roode kleur aannamen; volgens Kerner was dit een gevolg van de vernietiging van 't chlorophyl door het licht bij de planten zonder anthocyaan. Stahl <sup>2)</sup> voert hiertegen aan, dat het bewijs niet geleverd is: de nachtelijke uitstraling kan even goed de reden zijn.

Van belang is hier ook nog een proef van Kny <sup>3)</sup>; deze vond, dat een alcoholische chlorophyloplossing langzamer verkleurde achter een anthocyaanoplossing dan echter een laag kleurloze vloeistof van gelijke dikte.

b. De theorie der warmte-absorptie wordt vooral verdedigd door Stahl (l.c.), terwijl ook Kerner die in sommige gevallen aanneemt <sup>4)</sup>. Stahl meent den uitslag van Kerner's proeven in Tirol ook hierdoor te kunnen verklaren, dat de anthocyaanhoudende planten meer zonnestralen konden absorbeeren en dus meer arbeidsvermogen verzamelen. Ook het voorkomen van anthocyaan in organen met een sterk stoftransport pleit wel voor deze theorie. Inderdaad vond Stahl langs thermo-ëlectrischen weg temperatuurverschillen tot 1°,9 toe tusschen roode en groene deelen van hetzelfde blad. Een dergelijk resultaat gaven smeltproeven met cacaoboter. Ook Kny (l.c.) vond de temperatuur van een aan de zonnestralen blootgesteld vat met water, waarin bladeren van bruine beuk, hazelaar, enz. gebracht waren, 4° hooger dan van een dergelijk vat met groene bladeren. Het optreden van anthocyaan in de koudere jaargetijden en in de Alpen is eveneens in overeenstemming met deze theorie. Eindelijk nam Stahl ook nog proeven in Pontresina, hoog boven de zee; na koude nachten bleek daar

<sup>1)</sup> l. c. p. 379.

<sup>2)</sup> Annales du jardin bot. de Buitenzorg XIII, 1896, p. 137 vlg.

<sup>3)</sup> Estratto degli Atti del Congresso bot. internazionale 1892, p. 5 vgl.

<sup>4)</sup> l. c. p. 506.

*Satureja hortensis*, die anthocyaan bezit, geen zetmeel meer te bevatten in de bladeren, *Linum usitatissimum*, zonder anthocyaan, daarentegen nog vol te zitten: de eerstgenoemde had dus haar arbeid volbracht, de laatste niet. Een bezwaar tegen de theorie is wel, dat alleen de het meest door het licht getroffen deelen rood worden; Stahl's tegenwerping, dat juist die 's nachts ook de meeste warmte uitstralen, lijkt ons niet geheel juist: de uitstraling naar het Noorden is toch niet minder dan naar andere richtingen.

Op één punt schijnt de aandacht van vroegere onderzoekers nog niet gevallen te zijn. Volgens Brown en Morris <sup>1)</sup> neemt de hoeveelheid diastase in de bladeren af na een periode van helle verlichting en zijn het vooral de violette en ultraviolette stralen, die de ontleding daarvan bewerken. Kan nu wellicht het anthocyaan een rol spelen om deze vernietiging van de diastase tegen te gaan?

Wij hebben, om dit na te gaan, getracht, de volgende vragen te beantwoorden:

- a. Worden ook de ultraviolette stralen door het anthocyaan geabsorbeerd?
- b. Welke stralen bevorderen de anthocyaanvorming?
- c. Is het diastasegehalte in roode bladeren grooter dan in groene?

Voor het onderzoek werden roode of bruine herfstbladeren gebruikt van *Quercus rubra*, *Q. palustris* en *Ampelopsis*-soorten, en, ter vergelijking, groene van dezelfde planten.

a. De bladeren werden, in levenden toestand, op pyroxylinepapier gelegd en aan direkt zonlicht blootgesteld, bedekt door een glazen plaat om ze aan te drukken. Achter de roode bladeren bleef het papier zelfs na vele minuten wit, achter de groene werd het in korten tijd bruin. Deze proef werd

<sup>1)</sup> A contribution to the chemistry and physiology of foliage leaves. Journ. Chem. Soc. Transact. 1893, p. 604 vlg.

tal van keeren herhaald, ook met gedeeltelijk rood gekleurde bladeren, en steeds met hetzelfde resultaat.

Glazen bakjes met een waterige oplossing van anthocyaan werden op stukjes pyroxylinepapier, in direkt zonlicht gezet. Zelfs een dunne laag van de oplossing beschermde het papier langen tijd tegen verkleuring, meer nog dan een verzadigde oplossing van zwavelzure chinine, die alleen de ultraviolette stralen absorbeert, maar de zichtbare alle doorlaat.

Hiermee is dus aangetoond, dat inderdaad het anthocyaan de z.g. chemische stralen, die ook de diastase ontleden, absorbeert.

b. Om na te gaan, welke lichtstralen de anthocyaanvorming bevorderen, werden in den herfst bebladerde takjes van *Quercus rubra* en *Q. palustris*, nog aan de plant verbonden, gebracht in dubbelwandige glazen buizen, waarvan de tusschenruimte gevuld was met:

1. anthocyaanoplossing (in water);
2. zwavelzure-chinine-oplossing (in verd. zwavelzuur);
3. verdund zwavelzuur;
4. koperoxydammoniakoplossing.

Achter 1 en 2 bleven de bladeren groen, achter 3 werden ze rood, en ook, schoon zwakker, achter 4.

Dezelfde proeven werden genomen in het voorjaar met ontluikende knoppen van *Quercus rubra* <sup>1)</sup> en in den zomer met *Drosera rotundifolia*. Het resultaat was steeds hetzelfde.

Hieruit blijkt dus, dat dezelfde stralen die door het anthocyaan geabsorbeerd worden, het ontstaan daarvan bevorderen.

c. Om het diastasegehalte van bladeren na te gaan, werd gebruik gemaakt van de auxanographische methode van Beij-

---

<sup>1)</sup> Het anthocyaan bevindt zich hier in het celvocht van sterharen, die later afvallen. Dergelijke sterharen bezaten ook *Quercus*-soorten uit de oligocene periode, daar ze in barnsteen gevonden zijn.

rinck en Wijsman. Er werden platen gegoten van 5 % gelatine met een weinig gekookt zetmeel, door iodium blauw gekleurd. Vóór het stollen werden hierin roode en groene bladstukjes, zooveel mogelijk van denzelfden vorm en hetzelfde gewicht, gebracht. Door het iodium werden deze weldra gedood, zoodat de diastase in de gelatine kon diffundeeren, waardoor al spoedig een kleurlooze zone in de blauwe plaat ontstond; bij de roode bladstukjes was deze in denzelfden tijd breeder dan bij de groene: de eerstgenoemde bevatten dus ook meer diastase <sup>1)</sup>.

Uit dit alles meenen wij de gevolgtrekking te mogen maken, dat het anthocyiaan ook dienst kan doen tot bescherming van de diastase tegen ontleding door het licht en dat wellicht hierin zijn biologische beteekenis, althans bij herfstbladeren, moet gezocht worden. Vooral in den herfst, als de temperatuur 's nachts zeer laag kan zijn, moet de aanwezigheid van suiker in het celvocht, als middel tegen bevriezen, voor de plant voordeelig wezen. Ook het door Koning (l. c.) medegedeelde feit, dat, in September, de wortelharen en worteltjes van groene *Azolla* zetmeel bevatten, die van roode niet, is in overeenstemming met onze gevolgtrekking. Eindelijk kan het boven medegedeelde resultaat van Stahl's proeven te Pontresina even goed verklaard worden door onze onderstelling als door, zooals hij, aan te nemen, dat warmte-absorptie er de oorzaak van was. Trouwens, het eene behoeft het andere niet uit te sluiten.

Opmerking verdient nog het feit, dat juist de *Quercus*-soorten, die in den herfst anthocyiaan vormen (*Q. rubra* en *Q. palustris*), hun bladeren zooveel eerder laten vallen dan *Q. pedunculata* en *Q. sessiliflora*; het is, alsof ze vroeger klaar zijn met het transport der voedingsstoffen uit de bladeren naar de houtige deelen.

<sup>1)</sup> Wegens het invallen van den winter moesten deze proeven gestaakt worden; we hopen ze later nog voort te zetten en uit te breiden.

Ten slotte hebben wij nog trachten na te gaan, welke de prikkel is, die aanleiding geeft tot anthocyaanvorming in den herfst. Reeds herhaaldelijk hadden wij opgemerkt, dat, bij toevallige verwondingen, de roodkleuring boven de wond vroeger optrad dan gewoonlijk. Wij hebben dit toen kunstmatig trachten op te wekken, en steeds met gunstig resultaat: maakt men, in Augustus, een ringwond om een tak van *Q. rubra* of een andere soort, dan worden de bladeren daarboven reeds in het laatst dezer maand rood, wat anders eerst tegen einde September plaats heeft. Hetzelfde geschiedt, als men den tak in den zomer stijf met ijzerdraad omwindt, zoodat, tengevolge van den diktegroei, de schors wordt samengedrukt, of ook als men hem eenvoudig knakt. Partieele ringwonden hebben alleen invloed op de bladeren, die er recht boven staan; die aan de andere zijde blijven groen. Bladeren, waarvan een groote nerf is doorgesneden, worden boven die wond rood, maar blijven daaronder groen.

Hieruit blijkt, dat ophooping van assimilatieproducten door verhindering van den afvoer daarvan aanleiding geeft tot de vorming van anthocyaan, althans in den nazomer en in het begin van den herfst. Bij herhaling van de proeven in het laatst van October gaven zij geen resultaat meer; wellicht waren de assimilatieproducten toen reeds grootendeels uit de bladeren verdwenen. Ook dit punt moet nog nader onderzocht worden.

Is het nu mogelijk, dat ook in normale omstandigheden, zonder verwonding, dezelfde oorzaak de anthocyaanvorming te voorschijn roept?

Volgens onderzoekingen van Sachs <sup>1)</sup> wordt het zetmeeltransport in koude nachten vertraagd of zelfs verhinderd. Of de daardoor ontstaande ophooping van assimilatieproducten voldoende is om de anthocyaanvorming te doen optreden, is moeilijk uit te maken; onmogelijk is dit o. i. niet.

<sup>1)</sup> Arb. d. bot. Inst. Würzburg Bd. III. Heft 1, 1884.

Volgens een opgaaft van E. Dubois <sup>1)</sup> heeft Huber gevonden, dat het anthocyaan deel neemt aan de suikervorming in bladeren. A priori kwam ons dit van een in het celvocht opgeloste kleurstof niet zeer waarschijnlijk voor; nu echter wordt het begrijpelijk, hoe Huber tot deze meening is kunnen komen: het anthocyaan vormt wel niet zelf suiker, maar beschermt het enzym, dat zulks doet, tegen ontleding. Door aanwezigheid van de roode kleurstof wordt dus de suikervorming begunstigd.

---

<sup>1)</sup> Die Klimate der geologischen Vergangenheit, 1893, p. 84. Trots veel moeite, is het ons niet mogen gelukken, een publicatie hieromtrent van Huber zelf te vinden.

---