



Figuur 1 Blad van *Azolla filiculoides* met in de bladholte de symbiotische cyanobacterie *Anabaena azollae* (rood gekleurde bolletjes). Het balkje geeft een lengte weer van 100 micrometer (0,1 mm).

Azolla: Van plaagsoort tot groenproduct

— Fons Smolders (Onderzoekcentrum B-WARE) en Monique van Kempen (Afdeling Aquatische Ecologie en Milieubiologie Radboud Universiteit)

Een van de grootste problemen in het natuurbeheer is de enorme overmaat aan fosfaat in voormalige landbouwgronden. De 'productie' van *Azolla* maakt van de nood een deugd: dit kroosvaren kan namelijk heel efficiënt fosfaat uit de grond halen. De plant kan daarna dienst doen als vervanger voor kunstmest, eiwitbron en veevoer.

> In de toekomst zullen, onder andere vanwege de Programmatische Aanpak Stikstof, veel vernattingmaatregelen worden genomen om natuurgebieden te herstellen. Deze maatregelen zullen niet alleen leiden tot meer grondwaterinvloed in de gebieden zelf, maar ook tot veel nattere condities in de overgangszones tussen deze natuurgebieden en de omliggende landbouwgebieden. Hierdoor ontstaan grote zones die te nat zijn voor het traditionele landbouwkundige gebruik en te voedselrijk voor de ontwikkeling van moerasnatuur. Het is een belangrijke uitdaging om iets met deze gebieden te gaan doen.

Paludicultuur (natte landbouw) is een optie voor deze gebieden die in het kader van het Europese 'CIDERALLA' programma wordt verkend. Bij paludicultuur worden gewassen verbouwd die goed kunnen groeien onder voedselrijke, natte omstandigheden. Het gaat dan bijvoorbeeld om lisdodde, riet, cranberry's of kalmoes. Voor gebieden waar het water tot boven het maaiveld komt en waar door historisch landbouwkundig gebruik eutrofi-

ring van het opstaande water is te verwachten, is grote kroosvaren (*Azolla filiculoides*) een geschikt 'gewas' voor natte landbouw.

Blijvende exoot

Azolla behoort tot de vlotvaren familie en is een van de snelst groeiende planten op aarde. Het is een drijvende zoetwatervaren die overal ter wereld voorkomt in gematigde, subtropische en tropische zoetwatersystemen. *Azolla* leeft in symbiose met de cyanobacterie *Anabaena azollae* (figuur 1). Deze bacterie bindt stikstof uit de lucht waardoor *Azolla* nooit gebrek heeft aan stikstof. De symbiose zorgt ervoor dat *Azolla* in water kan groeien dat relatief rijk is aan fosfor, ongeacht het stikstof gehalte van het water. Algemeen wordt aangenomen dat er tegenwoordig nog zeven soorten *Azolla* bestaan. In Nederland komen *Azolla filiculoides* en *Azolla caroliniana* voor. *Azolla caroliniana* (kleine kroosvaren) is in 1880 uit de Victoriakas van de Leidse Hortus 'ontsnapt', waar hij werd gehouden. Omdat de planten

destijds in de kas alles overwoekerde, zijn ze in de Singelgracht gedumpt. Ondertussen is deze soort in Nederland erg zeldzaam geworden. Ook *Azolla filiculoides* (grote kroosvaren) komt sinds de 19^e eeuw voor in Nederlandse oppervlaktewateren en is vermoedelijk geïntroduceerd met hout dat uit Amerika werd geïmporteerd. Aanvankelijk kwam grote kroosvaren voornamelijk in het westen van Nederland voor omdat het daar door zee-invloeden gedurende de winter minder koud was. Mede door het veranderende klimaat heeft *Azolla filiculoides* zich inmiddels uitgebreid tot aan de oostgrens van Nederland. Net als waterpest maakt *Azolla filiculoides* ondertussen een onuitroeibaar onderdeel uit van onze zoetwaterflora. Ten onrechte wordt deze soort in Nederland nog wel eens als een exotische plaagsoort gezien. *Azolla* komt alleen tot dominantie in zeer voedselrijk water en het is dan ook vooral de soms slechte oppervlaktewaterkwaliteit die het grote probleem vormt. Het fanatiek verwijderen van *Azolla* uit het oppervlaktewater leidt in veel gevallen tot het ontstaan van een blauwalgenbloei waarmee men van de regen in de drup raakt (figuur 2).

Azolla als gewas

Azolla is door bovengenoemde eigenschappen potentieel geschikt om te 'verbouwen' op geïnundeerde landbouwgronden. Hierbij kan het ook worden gebruikt voor het uitmijnen van landbouwgrond. Uitmijnen is het versneld afvoeren van fosfor door de beschikbaarheid van de overige nutriënten (stikstof en kalium) optimaal te houden. Op droge gronden is een gras-klaver mengsel zeer efficiënt in uitmijnen. De klaver bindt stikstof uit de lucht waardoor bemesting met stikstof niet nodig is en er ook nooit stikstoftekorten optreden. Op deze wijze kan tot 40 kg/ha/jaar aan fosfor worden verwijderd uit de bodem. Onder natte condities kan er niet uitgemijnd worden met een gras-klaver mengsel omdat de gebruikte soorten niet tegen overstroming kunnen. Dit laatste geldt uiteraard niet voor *Azolla*. Vanwege de symbiose met stikstoffixerende bacteriën heeft *Azolla* een hoge fosforbehoefte waardoor het fosfor efficiënt wordt opgenomen uit de waterlaag. Doordat *Azolla* groeit op het wateroppervlak wordt de diffusie van zuurstof naar de waterlaag sterk belemmerd. Door de consumptie van zuurstof in de bodem wordt de waterlaag hierdoor uiteindelijk zuurstofarm, waardoor de nalevering van fosfaat uit de bodem naar de waterlaag sterk toeneemt (figuur 3). Het uitmijnen van de bodem verloopt hierdoor snel. Uit experimenten is gebleken dat kroosvaren tot 70 kg fosfor/hectare/jaar kan onttrekken uit geïnundeerde landbouwbodems.

Het inzetten van kroosvaren als 'paludicrop' is vooral ook zeer interessant voor veenbodems die in landbouwkundig gebruik zijn geweest. In Nederland zijn veenbodems waarop landbouw wordt bedreven verantwoordelijk voor meer dan de helft van alle broeikasgasemissies (kooldioxide en lachgas) uit landbouwbodems. Dit terwijl ze slechts een fractie van de Nederlandse landbouwbodems (minder dan tien procent) uitmaken. Het permanent vernatten van veenbodems draagt dus in belangrijke mate bij aan het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen. Na inundatie van veenbodems kan *Azolla* worden ingezet om ook hier het overschot aan fos-

Figuur 2 De bovenste foto toont een met *Azolla* overgroeide eutrofe sloot in het westen van Nederland. Fanatieke bestrijding van *Azolla* leidt in veel gevallen tot het ontstaan van een blauwalgenbloei, zoals op de foto onder.



Figuur 3 Uitmijnen van fosfaatrijke bodem met behulp van *Azolla*. *Azolla* sluit de waterlaag af voor diffusie van zuurstof, waardoor behalve in de bodem ook zuurstof arme condities ontstaan in de waterlaag. Het fosfaat dat onder deze zuurstofarme condities wordt gemobiliseerd kan hierdoor bovenin de waterlaag worden opgenomen door *Azolla*. De *Azolla* kan vervolgens worden geoogst en vermarkt.





Figuur 4 Eendekrooseiwit is in niet-gedenatureerde vorm te winnen en kan toegepast worden als alternatief eiwit in bijvoorbeeld vleesvervangers, maar ook in bijvoorbeeld kaas, waarbij het de smedigheid van kaas sterk verbetert. Het consortium ABC-kroos werkt met machinefabriek Colubris en biologisch diervoederproducent AVC De Eendracht aan opschaling van de opwerking ten behoeve van marktintroductie.



Figuur 5 Gebruik van Azolla als biologische mest voor de productie van rijst.



Figuur 6 Oogst methoden door Bom Aqua BV: krooswiel, kroosslurper en kroosband



for te onttrekken. Dit maakt het mogelijk om deze bodems op termijn om te vormen naar soortenrijke moerasnatuur zonder dat de zeer fosforrijke toplaag hoeft te worden verwijderd, wat in deze gebieden vaak toch al onwenselijk is omdat men te kampen heeft met bodemdaling. In de overgangsfase (mogelijk decennia) kan Azolla als gewas worden geoogst en vermarkt. Met het gebruik van Azolla blijft het open karakter van het veenlandschap behouden. De inzet van Azolla kan dus goed samengaan met waterberging. Bijkomend voordeel van Azolla is dat hierbij wordt voorkomen dat muggenplagen ontstaan of explosieve groei van blauwalgen optreedt, wat veelvoorkomende problemen zijn bij waterberging op voormalige landbouwgronden. Voor het oogsten van kroos zijn al diverse technieken beschikbaar, zoals het krooswiel of de kroosslurper.

Azolla als groenproduct?

Kroosvaren is net als andere kroossoorten zeer geschikt voor de winning van eiwitten. Er bestaat al een proeffabriek, waar uit eendekroos eiwitten worden gewonnen (ABC-kroos). Deze eiwitten zijn bruikbaar in veevoeder, maar ook als grondstof voor humane voeding en voedingssupplementen. Daarnaast kunnen de eiwitten worden ingezet in industriële toepassingen zoals in (duurzame) lijmen. Ook zijn mogelijkheden verkend om bio-brandstof en andere bio-chemische stoffen te vervaardigen uit Azolla-vetzuren. De plant in zijn geheel heeft door gaans gunstige nutriëntenverhoudingen (koolstof: stikstof: fosfor) en de gekweekte Azolla kan dan ook prima gebruikt worden als groene meststof. In Aziatische rijstvelden gebeurt dit al heel lang (figuur 6). In de rest van de wereld is het gebruik van Azolla als groenbemester nog maar weinig bekend. Uit Nederlandse experimenten is gebleken dat Azolla een vervanger voor kunstmest is. De productie van Engels raaigras en maïs op mest van Azolla bleek vergelijkbaar met de productie van deze soorten op bodems met kunstmest. Een voordeel van het gebruik van Azolla als groenbemester is dat er niet alleen nutriënten maar ook organische stof in de bodem wordt gebracht. Dit haakt in op de achteruitgang van het organische stofgehalte van landbouwpercelen, een belangrijke factor die de biologische, chemische en fysische bodemvruchtbaarheid beïnvloedt, en waar de laatste jaren steeds meer aandacht voor is. Er zijn dus veelbelovende mogelijkheden voor Azolla als groenproduct. Geïnundeerde voedselrijke bodems in bufferzones rondom natuurgebieden of vernatte veenweidepercelen kunnen worden uitgemijnd door hier tijdelijk Azolla op te kweken. Na verloop van tijd zal de bodem hierdoor schraler worden en liggen er op termijn kansen voor de ontwikkeling van moerasnatuur. Hierdoor ontstaat een fasering in ruimte en tijd die de overgang van landbouw naar natuur veel minder hard maakt en kan bijdragen aan het draagvlak voor natuurontwikkeling. Al met al een aanlokkelijk perspectief. Niettemin is er op dit moment in Nederland nog geen ervaring opgedaan met het uitmijnen met Azolla op veldschaal en bestaat er dus nog onzekerheid over de haalbaarheid. Het is de hoogste tijd om hier verandering in te brengen.<

a.smolders@b-ware.eu, m.vankempem@science.ru.nl