



6

Factsheet Agroforestry

Agroforestry en mycorrhizale schimmels, hoe werkt het en wat zijn de voordelen?

Handreiking voor agrarische ondernemers die bomen willen planten op hun bedrijf



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Over deze factsheet

Mycorrhizale symbiosen zijn in toenemende mate terug te vinden in populair- wetenschappelijke artikelen, of worden ingezet door pionierende akkerbouwers. Toch blijft voor het grote publiek, maar ook voor de professional deze plant-schimmelrelatie vaak een tamelijk ongrijpbaar fenomeen. Die onbekendheid staat de praktische toepassing in de weg. Deze factsheet beoogt daarom allereerst de belangrijkste eigenschappen en functies van mycorrhizale relaties tussen planten en schimmels te verduidelijken. Ook worden mogelijke natuurlijke toepassingen ervan in landbouw en agroforestry behandeld, gebruik makend van aanwezige mycorrhizale schimmels. Kunstmatige inoculatie valt buiten de scope van deze factsheet. De factsheet sluit af met een voorbeeld uit de praktijk.

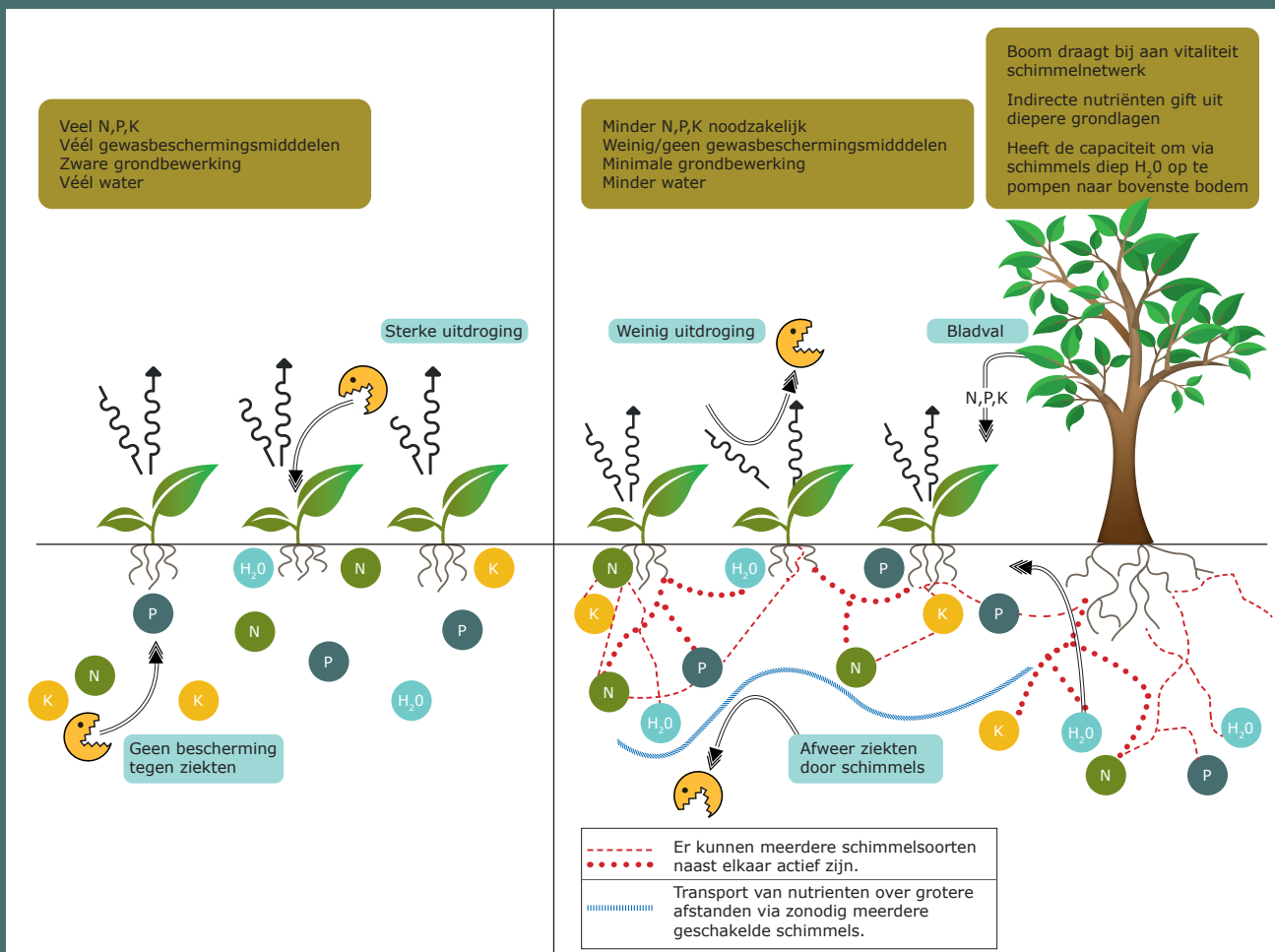
Wat is agroforestry?

Agroforestry is een vorm van landbouw waarbij houtige gewassen, weiland en/of akkerbouw op een en hetzelfde perceel plaatsvinden. Hierbij kan men denken aan combinaties van vruchtdragende struiken als hazelaar en grasland, maar ook aan rotatieteelten die op regelmatige afstand onderbroken worden door rijen fruitbomen. In feite heeft men dan een combinatie van een boomgaard met akkerland. Ook kunnen bomen worden gebruikt die geschikt zijn om als biomassa te dienen en/of ter verhoging van de biodiversiteit. De mogelijke combinaties zijn groot en worden vooral bepaald door het doel dat de agrarisch ondernemer voor ogen heeft.

Afb. 1 | Bereikbaar grondvolume voor nutriëntenopname door plantenwortels. Links zonder mycorrhizale kolonisatie, rechts met. Het grondvolume kan hierbij oplopen tot 15cm³ grond per gekoloniseerde centimeter wortel.¹

Wat zijn mycorrhizale schimmels?

Mycorrhizale schimmels koloniseren plantenwortels en zijn hierdoor in staat stoffen met deze planten uit te wisselen. Het woord 'mycorrhiza' betreft



niet zozeer een soort schimmel, maar een type relatie. Er zijn diverse schimmelsoorten die deze relatie aan kunnen gaan (zie volgende paragraaf), waarbij deze relatie getypeerd wordt door een complexe 'ruilhandel' tussen de partners. Zo bieden schimmels gekoloniseerde planten een zekere mate van bescherming tegen ziekte en stress, (zie onder kopje 'Ziektepreventie'). Voor hun bestaan zijn zij overgeleverd aan door diezelfde planten geproduceerde suikers. Omgekeerd leveren schimmels planten een variatie aan voedingsstoffen. Planten zijn door hun relatief grove wortelstelsel minder goed toegerust voor het opnemen van voldoende voedingsstoffen dan schimmels (zie onder kopje 'Toevoer van voedingsstoffen').

Kunnen alle schimmels deze relaties aangaan?

Er zijn slechts een paar groepen in het schimmelijk die mycorrhizale relaties met planten en bomen aangaan, maar binnen deze groepen is een grote verscheidenheid aan soorten. In gematigde klimaatzones, zoals in Nederland en België, kunnen we die grofweg verdelen in twee belangrijke groepen². De eerste groep, de zogenaamde ectomycorrhiza's, richt zich op een relatief kleine selectie van boomsoorten. Het gaat hier echter om soorten die zeer veel voorkomend zijn en in totaal verreweg het grootste door bomen begroeide areaal beslaan. Deze groep bestaat uit de leden van de berken-, beuken-, dennen- en wilgenfamilie (betulaceae, fagaceae, pinaceae en saliceae) en omvat derhalve ook de eik, hazelaar, tamme kastanje en populier. De andere groep is die van de endomycorrhiza's, meestal arbusculaire mycorrhiza's, of AM, genoemd. Deze richt zich, kort door de bocht gesproken, op vrijwel alles waar de eerste groep zich niet in heeft gespecialiseerd. Bij de bomen gaat het om een paar belangrijke cultuurvariëteiten afkomstig uit de rozenfamilie, zoals alle appelbomen, peren, kersen en pruimen, maar ook meidoorn en sleedoorn. Walnoten worden eveneens door arbusculaire mycorrhizale schimmels gekoloniseerd. Ook nagenoeg alle gewassen die in mycorrhizale symbiose leven, doen dat in de arbusculaire vorm. Het gaat hier om uien, aardappelen, granen (waaronder mais en tarwe), tomaten, bonen, erwten, enzovoort. Een aantal gewasfamilies valt buiten de boot, met name koolsoorten en (suiker)bieten. De symbiose komt bij bomen en bij planten op vergelijkbare wijze tot stand. De schimmel koloniseert, na wederzijdse herkenning, de wortels van de plant, waarbij schimmeldraden (hyfen) de wortels binnendringen. Vervolgens zullen arbusculaire mycorrhiza's ook de

wortelcellen binnendringen. Daar, in het binnenste van de plant, vindt vervolgens de uitwisseling van stoffen plaats. Bij kolonisatie door ectomycorrhizale schimmels blijven de hyfen buiten de cellen, in de ruimte waarin vloeistoffen van en naar de wortelcellen vloeit en vindt hier de stofuitwisseling plaats. Vandaar de naamgeving: 'ecto' betekent buiten, 'endo' binnen.

Netwerken

Een belangrijke eigenschap van mycorrhizale schimmels is de vorming van netwerken. Begrip hiervan helpt om de werking van schimmels beter te doorgronden. Een mycorrhizale schimmel is namelijk in staat om via het netwerk van hyfen meerdere planten en/of bomen te koloniseren, meestal ook wanneer deze van verschillende soorten zijn. Op deze manier kunnen er ondergronds tal van schimmelnetwerken aanwezig zijn, die voorzien in het transport van diverse stoffen en verschillende functies 'uitvoeren'. Deze netwerken zijn in staat om over grotere afstanden te functioneren. Ook zijn zij in staat om bijvoorbeeld suikers van de ene naar de andere plant te vervoeren. In natuurlijke vegetaties nemen schimmelnetwerken op deze manier een sleutelpositie in het ecosysteem in. In de volgende paragrafen richten we op twee kernfuncties van mycorrhizale schimmels; ziektepreventie en nutriëntentransport.



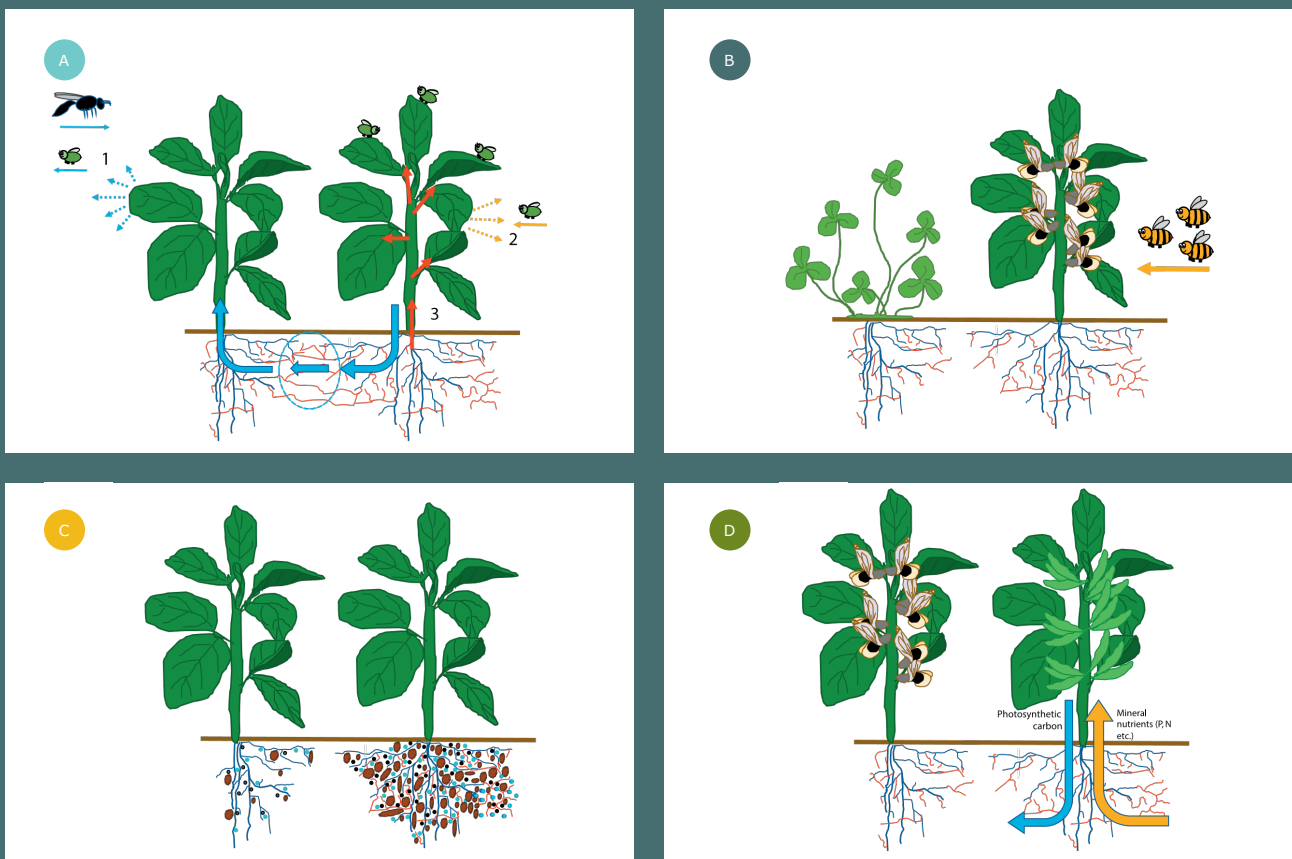
Ziektepreventie

De manier waarop mycorrhizale schimmels planten tegen ziekte kunnen beschermen, en de mate waarin zij dat doen, kent grote verschillen. Daarbij spelen ook tal van (externe) factoren een rol in de beschermende werking van de symbiose (zie afbeelding 2 voor een overzicht van verschillende functies). Wetenschappelijke kennis omtrent bescherming tegen stressfactoren en nutriëntenvoorziening is onvolledig, maar de werking van deze mechanismen is wel aangetoond³. Mogelijkerwijs spelen mycorrhizale schimmels een rol in de aminozuurafgifte van planten⁴, in het bijzonder aminozuren die van invloed zijn bij de verdediging tegen ziekten. Wat ook van invloed kan zijn is dat deze goedaardige schimmels moeten concurreren met kwaadaardige schimmels, die op eenzelfde wijze de plantenwortels infecteren. Hoe meer plaats dus bezet is door de ene groep, hoe minder er overblijft voor de andere, wat zich vervolgens vertaalt in de effecten ervan op de

groei en gezondheid van de plant. Wanneer men weet heeft van één of meerdere beschermende eigenschappen van een bepaalde mycorrhizale schimmel, dan zou men deze schimmel kunnen inzetten bij de bescherming van gewassen die hier baat bij hebben. Zo simpel is het helaas niet. Zo is lang niet altijd duidelijk welk schimmelnetswerk verantwoordelijk is voor welke uitwerking op de gastheer. In het kwetsbare beginstadium van de gewasgroei hebben planten veel baat bij kolonisatie door schimmels, zo is het veelal in deze fase dat vijandige schimmels eveneens de beginnende wortels pogen te koloniseren.

Toevoer van voedingsstoffen

De tweede belangrijke rol die mycorrhizale schimmels voor planten vervullen is voedselvoorziening. Schimmelpartners zijn zeer goed toegerust voor nutriëntopname. De voorziening van stikstof en fosforverbindingen naar planten verloopt dan



Afb.2 | Een overzicht van verschillende functies van mycorrhizale schimmelnetswerken. a & b: Schimmelnetswerken beïnvloeden de hormoonafgifte van planten, waardoor verdedigingsmechanismen op gang gebracht worden. Het netwerk kan signalen van planten doorgeven aan andere exemplaren (blauwe pijlen) b: Stimulatie van bloei en aantrekkelijkheid voor bestuivers. c: Niet alleen het benutbare bodemvolume neemt toe met de aanwezigheid van mycorrhizale schimmels, maar ook de mogelijkheden van wateropname door de plant (blauw), en structuurvorming van de bodemdeeltjes (bruin). d: opname van suikers door schimmels (blauwe pijl) en afgifte van nutriënten aan de gastheerplant (gele pijl). (uit: *Journal of Ecology* (2017) 105: 921-929, Thirkell et al.)

ook deels vanuit het schimmelnetwerk, uiteraard altijd in opgeloste vorm. Het gaat het hier ook om andere (micro)nutriënten als magnesium en ijzer⁵. Hoe groot deze toevoer is, is ook hier afhankelijk van factoren als seizoen en bodemgesteldheid. Zo kan het belang van de symbiose in arme gronden groter zijn dan in rijke gronden. Helaas is over de exacte werking ook hier veel onduidelijk, zeer waarschijnlijk spelen gradiënten van stoffen hier een grote rol. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld een tekort aan stikstofverbindingen in het ene deel van een netwerk, bijvoorbeeld in een plantenwortel, als vanzelf leidt tot een instroom hiervan vanuit een andere plaats waar een overschot heerst. Ook in dit geval kunnen schimmels deze rol in het bijzonder vervullen wanneer planten nog in het beginstadium van de groei verkeren en de plant onvoldoende tot ontwikkeling is gekomen om aan de nutriëntenbehoefte te kunnen voldoen. Zo is in het geval van bomen aangetoond dat zaailingen zelfs kunnen profiteren van door het schimmelnetwerk geleverde koolstofverbindingen die door hun grotere verwanten zijn aangemaakt.

Huidige teelt

De landbouw heeft zich decennialang volledig toegelegd op hoge mestgiften, het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen en intensieve grondbewerking. Allemaal factoren die de groei en functie van mycorrhizale schimmels nadelig beïnvloeden of simpelweg elimineren. Een overschot aan eenvoudig beschikbare stikstof bijvoorbeeld, maakt het voor gastheren minder aantrekkelijk om een symbiose met de schimmelpartner aan te gaan. De plant is in elk geval beter af om zelf de benodigde voedingsstoffen op te nemen, zonder de eigen duurgemaakte koolstofverbindingen hiervoor op te offeren. Verliezende partij is hier uiteraard de schimmel, die niet zonder deze koolstofverbindingen kan leven en dus het veld ruimt. Het is overigens niet zo dat hieruit geconcludeerd kan worden dat bemesting en mycorrhizale schimmels niet samengaan. Tot een bepaald niveau kan het toevoegen van nutriënten, in combinatie met schimmelnetwerken, zelfs een positieve uitwerking hebben. Intensieve grondbewerking heeft daarentegen wel een vernietigend effect op schimmelnetwerken. Met het scheuren van de bovenste bodemlagen wordt dit netwerk ook aan flarden getrokken en gaat de functie ervan verloren. Mycorrhizale schimmels blijven wel aanwezig, maar zijn gefragmenteerd en zeer beperkt in het aangaan

van een volledig functionerende symbiose. Het resultaat is verlate kolonisatie van de gastheerplant en een verminderde, eveneens vertraagd op gang komende beschermende werking. Veel planten zijn juist kwetsbaar in het beginstadium van de groei, wanneer het wortelstelsel nog minimaal is. Hier zou kolonisatie door een volledig functionerend schimmelnetwerk veel voordelen kunnen bieden.

Wat zijn de voordelen van agroforestry in combinatie met mycorrhizale schimmels?

De gelijktijdige aanwezigheid van bomen, gewassen en de diverse samenstelling van kruiden in de boomstroken kan bijdragen aan een meer robuust ondergronds schimmelnetwerk. De bovengrondse variatie in soorten kan zich dan ondergronds vertalen in de aanwezigheid van meerdere mycorrhizale schimmelsoorten. Dit vergroot dan weer de kans op positieve effecten op gewassen (bijvoorbeeld de genoemde bescherming tegen ziekten, evenals de toename van grondvolume dat voor plantenwortels bereikbaar is waardoor voor gewassen meer voedingsstoffen en water beschikbaar is).

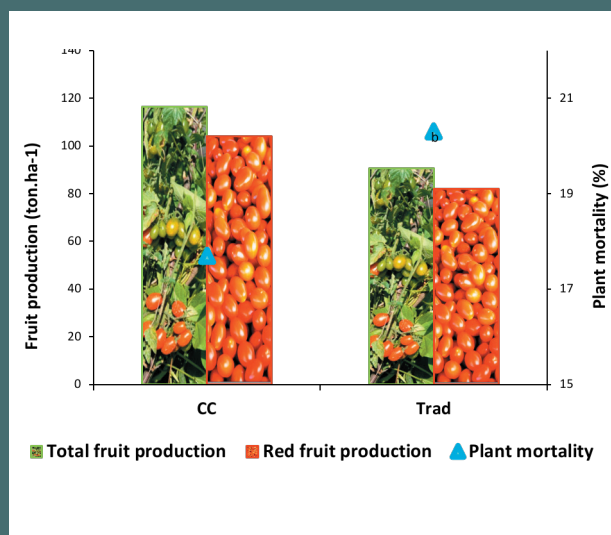
Bovendien kunnen bomen, in combinatie met schimmels, nutriënten uit diepere grondlagen oppompen, die anders wellicht zouden uitspoelen in het grondwater. Deze voedingsstoffen komen vervolgens via het bladafval opnieuw in de bodem terecht, waar ze voor gewassen opneembaar zijn. De precieze werking van de genoemde mechanismen is nog onvoldoende bekend om deze goed te duiden. Het verdient daarom aanbeveling dat er in Nederland meer onderzoek wordt gedaan naar de kansen voor mycorrhizale schimmels bij de teeltcombinatie van akkerbouw/vollegrondsgroenten en bomen. Een positief aanknopingspunt dat natuurlijke schimmelnetwerken tot minder schadelijke schimmels (en daarmee tot opbrengstverhoging) kan leiden komt vanuit het onderzoek dat in Portugal is uitgevoerd, zie kadertekst 'Inzet van natuurlijke schimmelnetwerken in de vollegrondsgroenteteelt: een voorbeeld'. Mycorrhizale schimmels zijn gebaat bij weinig verstoringen in de bodem. Hoe sterker de grondbewerking gereduceerd kan worden, hoe beter dit in beginsel is. Opnieuw biedt Agroforestry hier een extra voordeel, omdat in de boomstroken geen grondbewerking plaatsvindt. Zodoende is er altijd een intact schimmelnetwerk op korte afstand aanwezig, zelfs na grote verstoringen van de bodem.

Inzet van natuurlijke schimmelnetwerken in de vollegrondsgroenteteelt: een voorbeeld

In Nederland is nog weinig bekend over de werking van natuurlijke schimmelnetwerken in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Elders in de Europese Unie wordt hier meer onderzoek naar gedaan, bijvoorbeeld naar de bestrijding van de ook in Nederland beruchte schimmel Fusarium (*F. oxysporum*). Tomaten zijn hier erg gevoelig voor. Normaal gesproken wordt deze schimmel met chemicaliën bestreden en wordt in het voorjaar, voorafgaand aan inzaaien van de tomaten, de grond bewerkt. In een experiment in Portugal werd gebruik gemaakt van plant-schimmelsymbiose die op natuurlijke wijze (en dus kosteloos) tot stand kwam om fusarium te bestrijden. Er was geen sprake van kunstmatige inoculatie. Het experiment vond plaats op een akker waar tomaten aanzienlijke schade door fusarium leden. Zelfs met het gebruik van bestrijdingsmiddelen bedroeg het oogstverlies jaarlijks zo'n 25% per hectare.

In de eerste fase van onderzoek werd via een kleinschalig experiment aannemelijk gemaakt dat tomaten, geteeld op onverstoorde grond waarin eerst raaigras (*Lolium rigidum*) groeide, aanzienlijk minder kwetsbaar waren voor besmetting met fusarium. Gerst (*Hordeum vulgare*) heeft vergelijkbare eigenschappen als raaigras. Met dit in het achterhoofd werd een grootschalig vervollexperiment gestart. Om te beginnen werd alle gangbare grondbewerking op een zwaar door fusarium aangetast tomatenperceel na de oogst uitgevoerd. Normaliter zou dit het volgend jaar, voorafgaand aan het inzaaien plaatsvinden. Hierop werd de akker ingezaaid met de resistente gerst. Dit gewas bleef gedurende de winter tot aan het volgende groeiseizoen staan. In deze periode ontwikkelde zich in de bodem vanzelf het bij gerst behorende natuurlijke schimmelnetwerk,

waarvan werd verondersteld dat dit bijdroeg aan de ongevoeligheid van gerst voor fusarium. Bij aanvang van het volgende groeiseizoen werd het gerst gedood door inzet van glyfosaat, zodat de grond onverstoorde bleef. Daarna werd zonder verdere grondbewerking het perceel met tomaten ingezaaid. Het oorspronkelijk schimmelnetwerk bleef dus intact en zodra de tomaten tot ontkieming kwamen, koloniseerde dit de tomatenwortels. Deze tomaten bleven het verdere seizoen in grote mate beschermd tegen fusarium. Afbeelding 3 toont de op deze manier behaalde oogst van 120 ton per hectare, ten opzichte van een met gangbare bestrijdingsmiddelen behaalde 90 ton, direct aangrenzend op dezelfde akker, in hetzelfde jaar.



Afb.3 | Tomatenoogst en plantsterfte in een met *Fusarium* besmette akker. Links de opbrengsten in combinatie met het arbusculaire schimmelnetwerk van *Hordeum vulgare*, rechts de traditioneel verkregen opbrengst. CC= cover crop (*Hordeum vulgare*). (Brito I., Goss M. J., Alho L., Brigido C., van Tuinen D., Felix R., Carvalho M. (2019) *Fungal Ecology*)

Onderzoek door de universiteit Evora, Portugal, gepubliceerd als o.a.; Goss et al. 2017; Brigido et al. 2017; Brito et al. 2018



¹ Brito I., Goss M. J., Alho L., Brigido C., van Tuinen D., Felix R., Carvalho M. (2018) *Fungal Ecology*

² Andere vormen van mycorrhizale symbiose vormen de zogenaamde ericoïde-mycorrhiza's, te vinden bij de heidefamilie, en mycorrhizale schimmels die gespecialiseerd zijn in orchideeën. Beide zijn in deze context van ondergeschikt belang.

³ Harrier & Watson, 2004; Horton et al. 2015; Goss et al. 2017

⁴ Harrier & Watson, 2004

⁵ Percentueel kan het belang van mycorrhizale schimmels in de nutriëntenvoorziening van planten enorm variëren, al naar gelang de betrokken soorten, seizoenen en omgevingsfactoren.



Bronnen | Literatuur

Bainard L. D., Koch A. M., Gordon A. M., Newmaster S. G., Thevathasan N. V., Klironomos J. N. (2011) Influence of trees on the spatial structure of arbuscular mycorrhizal communities in a temperate tree-based intercropping system *Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol.144:13-20

Brito I., Goss M. J., Alho L., Brigido C., Van Tuinen D., Felix M. R., Carvalho M. (2018) Agronomic management to AMF functional diversity to overcome biotic and abiotic stresses – The role of plant sequence and intact extraradical mycelium *Fungal Ecology* 40 (2019) 72-81 Elsevier

Goss M. J., Carvalho M., Brito I. (2017) *Functional Diversity of Mycorrhiza and Sustainable Agriculture* Academic Press

Harrier L. A., Watson C. A. (2004) The potential role of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi in the bioprotection of plants against soil-borne pathogens in organic and/or other sustainable farming systems. *Pest Management Science* 60:149-157

Horton T. R., (eds.) (2015) *Mycorrhizal Networks* (hfd. 1, 2, 3, 4, 5, 9) Springer Science + Business Media B.V. Dordrecht, Nederland

Karasawa T., Kasahara Y., Takebe M. (2002) Differences in growth responses of maize to preceding cropping caused by fluctuation in the population of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi *Soil Biology & Biochemistry* Vol.34:851-857

Auteur | Folkert van der Meer

Met medewerking van | Maureen Schoutsen, Isabella Selin-Norén & Marcel Vijn

Vormgeving | Caroline Verhoeven

Foto's | Maureen Schoutsen

Contact |

Wageningen University & Research | Open Teelten
E | maureen.schoutsen@wur.nl T | +31(0)320 29 16 40
E | isabella.selinoren@wur.nl T | +31(0)320 29 11 74

Deze factsheet is onderdeel van de serie 'Factsheets Agroforestry'. Deze factsheet is een resultaat van het 'Landelijk onderzoeksprogramma (PPS) Agroforestry (2019-2022)' (medegefinancierd door het ministerie van LNV).

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

© 2022 Wageningen University & Research