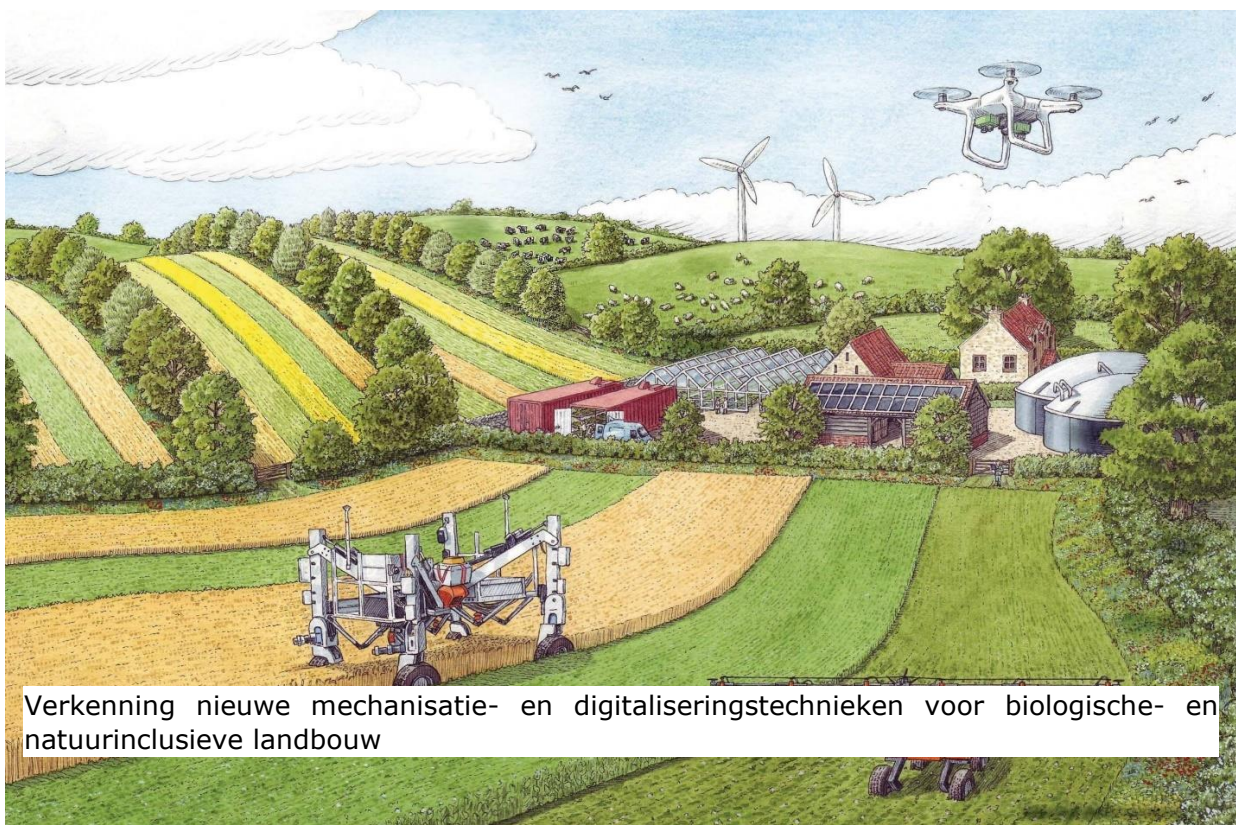


Mechanisatie en digitalisering voor biologische- en natuurinclusieve landbouw



Verkenning nieuwe mechanisatie- en digitaliseringstechnieken voor biologische- en natuurinclusieve landbouw

Eva de Jonge, Thierry Stokkermans, Janne Kool, Bert Lotz, Toon Tielen, Bram Veldhuisen
Wageningen University & Research

Dit onderzoek is in opdracht van het ministerie van LNV (thans LNVN) uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), afdeling Wageningen Plant Research, in het kader van beleidsondersteunend onderzoeksthema MMIP A5 biodiversiteit in de kringlooplandbouw.

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, oktober 2024

De Jonge E., Stokkermans T., Kool J., Lotz, L.A.P., Tielen T., Veldhuisen, A., 2024. *Mechanisatie en digitalisering voor biologische landbouw; Verkenning nieuwe mechanisatie- en digitaliseringstechnieken voor biologische en natuurinclusieve landbouw*. Wageningen Research, Rapport WPR-1385. DOI 10.18174/676348. blz. 53.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/676348>.

Samenvatting. Er is een toenemend tekort aan goede, betaalbare arbeidskrachten in de Nederlandse landbouw. Met name voor verdere ontwikkeling van biologische en natuurinclusieve landbouw in Nederland kan dit arbeidstekort een groot probleem worden, omdat deze vormen van landbouw meestal meer arbeidsintensief zijn. Een oplossing voor dit tekort is inzet van innovatieve technologie in bijvoorbeeld gewasverzorging en het vinden en bestrijden van ziektes, plagen en onkruiden. Dit rapport biedt inzicht in recente ontwikkelingen op het gebied van mechanisatie in andere landen en de potentie hiervan voor toepassing in Nederland. Betaalbaarheid en investeringskosten zijn meegenomen in het onderzoek.

Trefwoorden: Mechanisatie, digitalisering, natuurinclusief, biologisch, legnestdetectie, biodiversiteitsmonitoring, onkruidbestrijding, biologische plaagbestrijding, gewasherkenning.

© 2024 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 72 31; www.wur.nl/plant-research; <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksinstituten/plant-research/business-units/agrosysteemkunde.htm>.

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-1385

Illustratie voorkant: Rechten voorbehouden aan Magzter Inc. Illustratie door Alan Batley.

Inhoudsopgave

Samenvatting		7
1	Introductie	8
2	Waar is in de biologische- en natuurinclusieve landbouw in Nederland behoefte aan?	10
	2.1 Onkruidbeheersing	10
	2.2 Ziekte-en plaagbeheersing	11
	2.3 Legnestdetectie	13
	2.4 Biodiversiteitsmonitoring	15
	2.5 Gewasherkenning	15
3	Resultaten: Overzicht internationale innovaties	17
	3.1 Technology Readiness Levels	17
	3.2 Onkruidbeheersing	17
	3.2.1 Integrale onkruidbeheersingstechnieken	22
	3.3 Ziekte- en plaagbeheersing	25
	3.4 Legnestdetectie	27
	3.5 Biodiversiteitsmonitoring	27
4	Resultaten: Evaluatie technieken door expert-panel	30
	4.1 Aanpak	30
	4.2 Analyse interviews	30
	4.2.1 Onkruidbeheersing	30
	4.2.2 Ziekte- en plaagbeheersing	36
	4.2.3 Legnestdetectie	38
	4.2.4 Biodiversiteitsmonitoring	38
	4.2.5 Gewasherkenning en pixel farming	39
5	Analyse: technieken met potentie voor Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw	41
6	Conclusie	44
	6.1 Knelpunten en oplossingen voor adoptie in de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw	44
7	Afwegingen rond duurzaamheid	46
8	Advies	47
	8.1 Advies aan de sector	47
	8.2 Advies aan beleidsmakers	49
Literatuur		52
Bijlage 1	Overige innovaties beschikbaar in Nederland	54
Bijlage 2	Voorkomen van uitzaaien onkruidzaden	57
Bijlage 3	Low-tech onkruidbeheersing (kieming voorkomen)	60
Bijlage 4	Uitgewerkte Expert-panel interviews	63
Bijlage 5	Begeleidende PPT-presentatie (interviews)	87

Samenvatting

De laatste jaren is er een toenemend tekort aan goede arbeidskrachten in de Nederlandse landbouw. Ook salariskosten vormen een uitdaging voor veel boeren. Een oplossing voor dit tekort is inzet van technologie in bijvoorbeeld gewasverzorging, het vinden en bestrijden van ziektes, plagen en onkruiden en bij het monitoren van gewassen en bij de oogst. Er is daarom behoefte aan (door)ontwikkeling van nieuwe technieken. Met name voor biologische landbouw en natuurinclusieve landbouw in Nederland is dit belangrijk, aangezien deze doorgaans arbeidsintensiever zijn.

Dit rapport biedt inzicht in recente ontwikkelingen op het gebied van mechanisatie en digitaliseringstechnieken in andere landen en de potentie hiervan voor toepassing in Nederland. Betaalbaarheid en investeringskosten zijn meegenomen in het onderzoek.

Uit dit onderzoek blijkt dat sommige buitenlandse technologieën voor onkruidbeheersing interessant zijn voor de Nederlandse landbouw, en ook beginnen aan te slaan. Ook blijkt dat kennis en nieuwe ontwikkelingen uit het buitenland snel doorsijpelen naar Nederland. Voorbeelden zijn de zogenaamde *laser weeders*, en machines die met elektriciteit onkruid kunnen doden. Deze worden ook steeds meer ingezet bij loofddoding in aardappelen.

Ook autonome, of later autonoom gemaakte, trekkers en wiedrobots beginnen langzaam aan een opmars. Knelpunten zijn o.a. de investeringskosten. Voor midden- en kleinbedrijven in de landbouw zijn hoge investeringskosten vanzelfsprekend een grotere drempel om over te gaan op aanschaf. De terugverdientijd van de investering is een belangrijke parameter voor potentiële inzet op biologische- en natuurinclusieve bedrijven. Deze terugverdientijd is bij kleinere bedrijven over het algemeen langer.

Het feit dat machines nog niet volledig autonoom zijn, weegt zwaar mee in de lange terugverdientijd. De boer moet er vanop aan kunnen dat de operator van de machine de handen vrij zal hebben voor ander werk.

Wetgeving speelt een belangrijke rol in het nog niet autonoom zijn van machines. Er zijn strenge regels voor autonoom rijden op de akker, en over de openbare weg naar de akker mag nog niet zonder operator. Voor legnestendetectie met drones geldt hetzelfde; sommige drones kunnen al autonoom vliegen, maar de wetgeving is hier nog niet klaar voor.

Een andere belangrijke observatie is dat de bijna volledige afwezigheid van curatieve ziekte- en plaagbestrijding in de biologische landbouw tot aanhoudende uitdagingen leidt, waardoor boeren de stap naar biologisch telen nog niet aan durven, of zelfs terug naar gangbaar worden gedwongen. Mechanisatie zou daarom vooralsnog gericht kunnen zijn op het verbeteren van 'ziekzoeken', en aangetaste planten in een vroeg stadium van infectie afdoden tegen verspreiding op het perceel. Daarnaast moeten er meer preventieve en curatieve niet-chemische methodes komen om gewassen te beschermen tegen oprukkende infectieziektes, schimmel- en bacterieziektes en plaagdieren. Ook hier zullen innovatieve mechanisatie en digitalisering belangrijk zijn om arbeidsinzet beperkt te houden. Deze studie beschrijft ook nieuwe technieken die daarbij behulpzaam kunnen zijn, maar deze behoeven nog wel ontwikkeltijd.

1 Introductie

Achtergrond

In Nederland is behoefte aan (door)ontwikkeling van nieuwe technieken, met name voor biologische landbouw en natuurinclusieve landbouw. Het doel daarbij is besparen op arbeid door inzet van technologieën in bijvoorbeeld gewasverzorging, bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden en bij de oogst. De hoofdreden is een schrijnend tekort aan goede arbeidskrachten. Hoge salariskosten zijn een tweede reden.

In diverse landen wordt ingezet op technologieën voor de landbouw. Er is behoefte aan inzicht in recente ontwikkelingen op het gebied van mechanisatie en digitalisering in andere landen en de potentie hiervan voor toepassing in Nederland. Zéker voor de opschaling van biologische- en natuurinclusieve landbouw is het nodig dat er zoveel mogelijk handelingsperspectief komt voor boeren, omdat daar de inzet van gewasbeschermingsmiddelen voor ziekten, plagen en onkruiden beperkt zijn en inzet op verbetering- en monitoring van biodiversiteit gewenst is.

Onderzoeksvraag

De volgende onderzoeksvragen ontstaan hieruit:

1. Welke technieken zijn in Nederland al beschikbaar rondom onkruidbeheersing, beheersing van ziekten en plagen, biodiversiteitsmonitoring, legnestendetectie en gewasherkenning (stroken/pixelteelt)?
2. Welke recente ontwikkelingen in mechanisatie- en digitalisering zijn er in andere landen en welke ontwikkelingen zijn interessant voor de biologische- en natuurinclusieve landbouw in Nederland?
3. Moeten deze technieken nog verder worden doorontwikkeld?
4. Hoe kan kennis over nieuwe technieken bij boeren worden gepresenteerd en door boeren worden opgepakt?

Doelstelling

Het doel van dit project is een verkenning van nieuwe technieken voor mechanisatie en digitalisering met potentie voor de landbouw in Nederland, met een focus op technieken die ook in de biologische- en natuurinclusieve landbouw toepasbaar zijn.

Deze verkenning geeft inzicht in internationale ontwikkelingen die zowel voor de gangbare als de biologische- en natuurinclusieve landbouw relevant zijn. De verkenning is bedoeld als ondersteuning om innovatieve en veelbelovende technologie te implementeren of door te ontwikkelen. Deze rapportage heeft als belangrijkste doelgroep de praktijk, vertegenwoordigers en betrokkenen vanuit met name de biologische en natuurinclusieve landbouwsector.

Omdat veel technologie hoge investeringskosten met zich mee brengt, is ook inzicht in de mogelijke kosten belangrijk. Nieuwe technologie moet voldoende betaalbaar zijn om perspectief te bieden voor midden- en kleinbedrijven in Nederland. Overal waar detectie en monitoring belangrijk is, is ook digitalisering belangrijk. De onderzoeksvraag heeft daarom ook betrekking op de stand van zaken van deze digitalisering.

Aanpak

We richten ons in deze verkenning op technologie voor alternatieve onkruidbeheersing, ziekte- en plaagbeheersing, legnestendetectie, monitoring van biodiversiteit en gewasherkenning.

Eerst wordt de stand van zaken rond bekende technieken in Nederland geschetst, en daarna wordt een overzicht geboden met internationale technieken die potentie hebben voor Nederland en die aanvullend zijn op wat reeds in Nederland aan techniek bekend is. Met betrekking tot ontwikkelingen in het buitenland lag de focus op Frankrijk, België, Zuid-Korea en de VS. Ontwikkelingen in verschillende andere landen zijn echter ook beschreven.

In dit project creëren we een overzicht van beschikbare en geschikte nieuwe technologie. Betaalbaarheid en investeringskosten zijn een belangrijk aspect en worden ook meegenomen. De technieken werden vervolgens

door een expert-panel tijdens interviews beoordeeld op hun geschiktheid en potentie voor de Nederlandse landbouwpraktijk, met de focus op biologische- en natuurinclusieve landbouw.

De leden van het expert-panel komen deels uit de (biologische- en natuurinclusieve) landbouwpraktijk en deels van Wageningen University & Research. Alle experts hebben (praktijk)kennis over innovatieve technieken de toepassing ervan. De interviews met het expert-panel gaven belangrijke inzichten, te lezen in hoofdstuk 5.

Het resultaat van dit project is een overzicht van de gevonden technologieën, met daarbij de belangrijkste karakteristieken:

- De aard van de techniek;
- Een inschatting van de geschiktheid voor de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw;
- Kosten (investering, gebruik) van de techniek;
- TRL (Technology Readiness Level) - hoe ver is de technologie uitontwikkeld? Wordt het al ergens commercieel ingezet?

We presenteren vervolgens een advies over hoe de kennis en ervaringen waarvan we aangeven dat die relevant zijn, naar boeren, loonwerkers en adviseurs over te brengen zijn.

Leeswijzer

Het rapport bestaat uit acht hoofdstukken. Hieronder beschrijven we de structuur van het rapport. In elk hoofdstuk komen de volgende onderwerpen terug:

1. Onkruidbeheersing
2. Alternatieve beheersing van ziekten en plagen
3. Algoritmes voor de nestherkenning van akker- en weidevogels
4. Algemene monitoring van biodiversiteit
5. Gewasherkenning

In Hoofdstuk 2 bespreken we waar behoefte aan is vanuit LVVN en vanuit de biologische- en natuurinclusieve boerenpraktijk in Nederland.

In Hoofdstuk 3 bespreken we internationale ontwikkelingen en innovaties die betrekking hebben op bovenstaande onderwerpen.

In Hoofdstuk 4 volgt de analyse door het expert-panel:

- Zijn deze technieken geschikt voor Nederland?
- Zijn deze technieken al klaar voor gebruik?
- Hoe kunnen ze worden doorontwikkeld om ze interessant te maken voor Nederland?

In Hoofdstuk 5 behandelen we de technieken met de meeste potentie voor de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw.

In Hoofdstuk 6, 7 en 8 volgen conclusies, discussie en een advies:

- Welk type mechanisatie-en digitaliseringsoplossingen hebben veel potentie voor de Nederlandse natuurinclusieve- en biologische landbouw en waar liggen knelpunten en kansen voor doorontwikkeling van deze technieken?
- Hoe kan deze kennis bij boeren, loonwerkers en adviseurs terechtkomen?
- Hoe kan een verbinding worden gelegd met faciliteiten als NPPL en Boerderij van de Toekomst voor het stimuleren en faciliteren van leerprocessen?
- Welke richting zou eventueel vervolgonderzoek moeten krijgen?

2 Waar is in de biologische- en natuurinclusieve landbouw in Nederland behoefte aan?

Voor het realiseren van de verschillende maatschappelijke opgaven zet LVVN onder andere in op meer biologische en natuurinclusieve landbouw. Deze toename is mogelijk als er voor de telers die willen omschakelen voldoende handelingsperspectief is om op deze manier te gaan telen. Gereedschap en kennis zijn hier een belangrijk onderdeel van. In dit hoofdstuk beschrijven we specifieke behoeftes aan gereedschap (mechanisatie, digitalisering) en kennis die tijdens het onderzoek naar voren zijn gekomen ten behoeve van biologische en natuurinclusieve landbouw.

Uit de literatuur en uit de expertinterviews komen een aantal uitdagingen voor de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw naar voren. Niet voor al deze uitdagingen is al een oplossing beschikbaar in Nederland. Om te weten welke technieken uit het buitenland interessant zijn of potentie hebben voor de Nederlandse natuurinclusieve- en biologische landbouw, is het nuttig om te weten voor welke uitdagingen nog een sterke behoefte aan nieuwe technieken en oplossingen bestaat. Dit hoofdstuk is opgebouwd met informatie uit de literatuur en uit de expert-interviews.

2.1 Onkruidbeheersing

Andere vormen van onkruidbeheersing zijn nodig als minder of geen chemisch-synthetische gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt. Met name op het gebied van mechanische- en fysische onkruidbeheersing wordt veel geïnnoveerd, want daarmee is veel winst te behalen voor bedrijven in reductie van arbeid. Huidige alternatieven voor chemisch-synthetische onkruidbeheersing zijn namelijk meer arbeidsintensief waardoor er knelpunten ontstaan. Mogelijke oplossingen liggen op het gebied van autonomie (in combinatie met digitalisering), bijvoorbeeld in autonome mechanische bestrijding op basis van beeldanalyse.

Onkruidbeheersing met autonome voertuigen en robots

Een autonoom voertuig is een voertuig dat zelfstandig over het land kan rijden en daarbij bijvoorbeeld een landbouwwerktuig kan trekken, dragen en/of (deels) bedienen. In de praktijk zijn autonome voertuigen en veldrobots twee verschillende technologieën. Een autonoom voertuig (zoals een zelfsturende trekker) kan gekoppeld worden aan een bestaand werktuig (bijvoorbeeld een eg). Een robot is een machine die erop gericht is om een taak geheel zelfstandig uit te voeren (bijvoorbeeld een schoffelrobot).

Er wordt wereldwijd veel ontwikkeld aan autonome trekkers en werktuigendragers, ook in Europa en in Nederland. In de praktijk worden autonome voertuigen nog maar mondjesmaat gebruikt of verkocht in Nederland. Er wordt wel langzaam een lichte toename in autonome voertuigen in privébezit bij ondernemers zichtbaar. Er zijn verschillende redenen waarom autonome voertuigen, en zeker veldrobots, nog niet op grote schaal verkocht worden. Bij robots is de hoge investering een belangrijke reden in combinatie met het in de praktijk toch niet volledig autonoom werken van de machine. Wetgeving rondom autonome voertuigen speelt vaak ook een rol. Daarnaast kunnen de kosten van de investering in tijd en geld kunnen nog niet op tegen de arbeidskosten van een loonwerker. Zeker niet voor kleine- en middelgrote ondernemingen.

De ervaringen met autonome voertuigen zijn al wel voorzichtig positief in Nederland, maar er is bij de boer nog veel voorwerk nodig voordat de trekker of de robot eenmaal rijdt. Daarnaast doet de trekker het werk toch niet altijd zoals de teler het zou willen hebben en doet de teler sommige bewerkingen alsnog liever zelf. Dit speelt met name rondom de kopakker. Omdat de Nederlandse akkers relatief klein zijn, wordt iedere meter

benut en is de kopakker vaak zo smal als strikt noodzakelijk is om te kunnen draaien. Autonome voertuigen kunnen niet altijd met zo'n smalle kopakker overweg. Ze kunnen vaak ook nog niet achteruit rijden. Daarnaast kunnen de meeste autonome voertuigen zichzelf nog niet automatisch herstarten als er een fout optreedt en daarom moet er steeds iemand bij blijven. De teler of werknemer die bij het voertuig moet blijven, heeft wel vaker de handen vrij voor ander werk. Hij/zij kan bijvoorbeeld met een andere trekker achter het autonome voertuig aan rijden voor een vervolgbewerking, of andere werkzaamheden op het land uitvoeren en ondertussen het autonome voertuig in de gaten houden.

Er is vraag naar machines die een echte arbeidsbesparing opleveren (dus dat de operator écht iets anders kan doen). Ook is er vraag naar een groter aanbod in wiedechnieken die in de gewasrij kunnen schoffelen of wieden en een kwalitatief goed resultaat afleveren, zonder het gewas te beschadigen.

Bodem met rust laten

Schoffelmachines gaan door de toplaag van de bodem heen en verbruiken hierdoor vaak aanzienlijk meer energie (diesel) dan spuitmachines. Het bewerken van de bodem heeft nog enkele andere nadelen, zoals het creëren van een zaai- en kiembed voor onkruiden, onnodige verdamping van water, of het verstoren van biodiversiteit op- of in de toplaag van de bodem (vogelnesten, (bodem)insecten, wormen). Er is daarom vraag naar wiedechnologie die de bodem ongemoeid laat maar het onkruid wel doodt.

Groenbemester als onkruid

Groenbemesters, grassen en vanggewassen zijn een prachtige methode om de bodem bedekt te houden, het organische stofgehalte op peil te houden, uitspoeling van overtollig stikstof tegen te gaan. Ze zijn goed voor de biodiversiteit tijdens het najaar en in de winter en voor bodembiodiversiteit het gehele jaar door. Maar als de teler het hoofdgewas wil planten kan het erg lastig zijn om bodembedekkers volledig dood te krijgen, zeker zonder gebruik van chemische middelen zoals glyfosaat. Groenbemesters en grassen kunnen zich in dit stadium als onkruid gaan gedragen. Er is vraag naar een methode om van groenbemesters en gras af te komen zonder chemicaliën te gebruiken en zonder diep te ploegen (Kool & Stokkermans 2023).

2.2 Ziekte-en plaagbeheersing

Er wordt veel ontwikkeld, maar met name op het gebied van ziekte- en plaagbeheersing is er behoefte aan (door)ontwikkeling van technieken. Men wacht op alternatieven voor chemische bestrijding. Omdat niet zeker is of deze alternatieven er zullen komen, is bij biologische ziekte- en plaagbeheersing meer creativiteit nodig. Voor sommige plantenziektes, zoals phytophthora, is biologisch bestrijden nog een grote uitdaging.

Beheersing van schimmelziektes in open teelten

Er is een zeer urgente vraag naar een biologische oplossing voor het bestrijden van een breed scala aan schimmelziektes in allerlei gewassen in de open teelten. Met name phytophthora in aardappelen, fusarium en (valse) meeldauw in peen en uien zijn een bron van zorgen in de biologische landbouw. Eventuele nieuwe methodes zouden dan met robots kunnen worden toegepast, wat een stimulans zal geven voor verdere mechanisatie.

Ziektes herkennen en verspreiding voorkomen

Planten die ziek zijn door een virus, zijn niet te genezen. Maar om te voorkomen dat een virus zich verder verspreidt, moeten zieke planten gedood worden. Wanneer een gastplant dood is kan het virus zich niet verder ontwikkelen en verspreiden.

Deze strategie wordt toegepast in de tulpenteelt, waar virussen zoals TBV en TVX heersen. Virus herkennen is meestal handwerk en het is een uitdaging om hier nog kundige mensen voor te vinden. Het Nederlandse *H2L Robotics* heeft hiervoor een oplossing bedacht: een robot die de zieke plant herkent en doodspuit met glyfosaat. In de biologische bollenteelt kan men deze herkenningstechniek ook gebruiken, maar er is vraag naar een oplossing om de plant zonder glyfosaat te doden.

Dergelijke toepassingen hebben ook veel potentie voor andere biologische gewassen, met elk hun eigen virussen en ziektes die niet chemisch bestreden kunnen worden. Bij Wageningen Plant Research loopt bijvoorbeeld al een aantal jaar onderzoek naar vroege detectie van bacterieziektes en virussen in aardappelen¹. Vooral voor de (biologische) pootaardappelteelt heeft dit veel potentie. Het onderzoek richt zich in de huidige fase alleen op detectie van zieke planten. Het doden van besmette planten komt later in het project ook aan de orde. Dit is uitdagend omdat de knol(len) mee verwijderd moet(en) worden; besmette knollen mogen niet mee gerooid worden met het andere pootgoed. Ook bij Wageningen Research – Glastuinbouw in Bleiswijk wordt onderzoek gedaan naar geautomatiseerd ziekzoeken. Er is dus zeker vraag naar oplossingen voor automatisch ziekzoeken en naar methodes voor het effectief doden en/of verwijderen van de zieke plant.

Problematiek rond groenbemesters

Groenbemesters kunnen zich als een goede gastheer gedragen voor plaaginsecten, gewasziektes, of schadelijke aaltjes (nematodes) in de bodem. Deze kunnen zich dankzij sommige groenbemesters in het voorjaar zeer snel voortplanten en het volggewas al in een vroeg stadium aantasten. Dit vormt een probleem voor telers, zowel gangbaar als biologisch, bijvoorbeeld in de aardappelteelt. Voor dit probleem is het een uitdaging om een mechanische- of gedigitaliseerde oplossing te bedenken. Teeltonderzoek, kennis, en een goede verdieping van de boer in zijn groenbemesterkeuze en gewasrotatie lijken vooralsnog de enige optie.

Mechanisatie voor minimale grondbewerking en groenbemesters

Sommige natuurinclusieve- en biologische telers willen hun grond niet te veel bewerken, omdat dit niet goed is voor de bodemstructuur en het bodemleven. Voor het zaaien of planten wordt er vaak grondbewerking uitgevoerd. Dit overslaan, en in de resten van de vorige teelt of groenbemester zaaien of planten brengt mechanische uitdagingen met zich mee. Het zaaibed is dan minder egaal en mechanisatie is hier in Nederland niet op aangepast. Mechanisatie om door gewas- en groenbemesterresten heen te werken is daarom interessant voor deze boeren.

Bij groenbemesters is er de wens dat de groenbemester zich volledig kan ontwikkelen, waardoor het eigenlijk eerder gezaaid moet worden. Tegelijkertijd is het voor de teler beter als de groenbemester pas opkomt als het hoofgewas al is geoogst of tenminste bijna volgroeid is. Er is dus vraag naar zaaimachines die op verschillende dieptes kunnen zaaien, of techniek waarmee groenbemesters tussen een gewas gezaaid kunnen worden.

Mechanisatie voor mengteelten

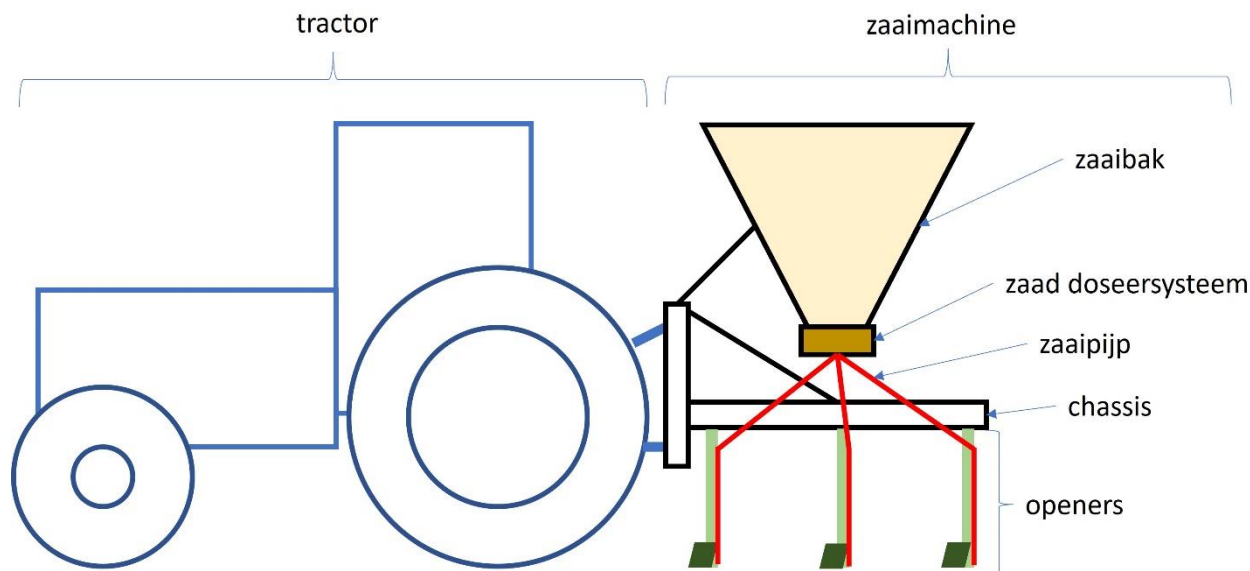
Soms worden verschillende hoofdgewassen door elkaar geteeld die elkaar ondersteunen, ook wel mengteelten genoemd². Deze mengteelten ondersteunen elkaar in o.a. het weghouden van plagen. Deze plantenmengsels moeten wel herkend worden als gewenst. Er is daarom vraag naar gerobotiseerde wiedmachines die alleen die planten wieden die ook daadwerkelijk concurreren met het gewas.

Om de verschillende gewassen in mengteelten gelijktijdig te kunnen zaaien, moeten er minstens twee zaaibakken en twee zaad-doseersystemen op de zaaimachine zitten (Figuur 1). Heel mondjesmaat komen zulke systemen beschikbaar in Nederland en een aantal telers hebben erin geïnvesteerd voor mengsels van haver en erwten. Kosten voor een extra zaaibak en zaaddoseersysteem zijn tussen 5.000 en 30.000 euro, afhankelijk van aantal parameters zoals capaciteit, nauwkeurigheid en bouwkwiteit.

Om succesvol gewasmengsels te telen is wel de juiste mechanisatie belangrijk bij de zaai: een zaaibak en zaaddoseersysteem per gewas om ieder gewas op de goede diepte en dichtheid te zaaien kan een belangrijke rol spelen bij het slagen van de mengteelt (Figuur 1).

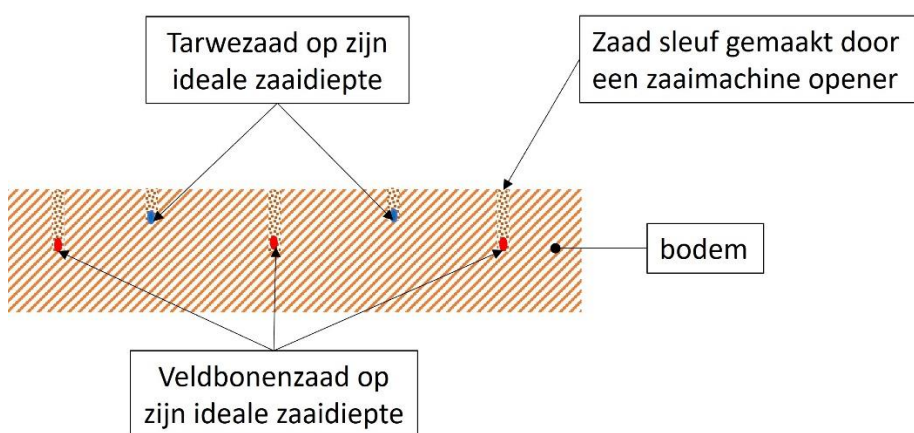
¹ Op dit moment project AGROS: <https://agros-smartfarming.nl/workpackages/werkpakket-2b-ziekte-detectie-in-poot-aardappelen/>

² Een bekend voorbeeld is 'drie zussen': pompoen, bonen en mais (Pleasant, 2006).



Figuur 1 : Schematische illustratie van een zaaimachine

Openers die op verschillende dieptes kunnen zaaien zijn zeer waardevol om het beste uit ieder gewas te halen (Figuur 2). Deze technieken zijn sinds kort beschikbaar in Nederland. Dit moet gezien worden als een bouwsteen om mengteelten beter te laten slagen. Het kan bij mengteelten onder Nederlandse omstandigheden een behoorlijke uitdaging zijn om de afrijping en de oogst van beide verschillende gewassen gelijk te krijgen. Er is nog veel landbouwkundig onderzoek en kennisdeling nodig om mengteelten beter te laten lukken.



Figuur 2 : Schematische illustratie van een mengteelt van tarwe en veldbonen die op twee verschillende dieptes gezaaid zijn.

2.3 Legnestdetectie

Er zijn twee groepen vogels die direct bedreigd worden door managementhandelingen in het veld, omdat zij daar nestelen. Dat zijn de weidevogels, zoals de Kievit en de grutto, die in graslanden nestelen en de akkervogels, zoals weer de Kievit, maar ook de veldleeuwerik en de gele kwikstaart. Deze laatste groep vogels nestelt op akkers en is bijzonder goed in zichzelf verstoppen. Beide groepen vogels gaan al decennia sterk achteruit.

Bij een natuurinclusieve- en biologische landbouw hoort ook het beschermen van biodiversiteit. Een stap om broedende vogels te beschermen is het herkennen van de nesten, zodat ze bij bewerkingen als maaien of

wieden kunnen worden vermeden. Er zijn al camera- en monitoringssystemen en detectiealgoritmes beschikbaar voor het automatisch herkennen van vogelnesten.

Weidevogels

Een klein gedeelte, ongeveer 2.5% van het Nederlandse landbouwareaal, valt momenteel onder het pakket *legselbescherming*. Het meeste daarvan is weidegrond. Klassiek worden weidevogelnesten door vrijwilligers gezocht en gemarkeerd zodat een stuk van het gras eromheen ontzien kan worden bij het maaien. Nadeel hieraan is dat veel predatoren deze markering ook zien en dat dit het nest dus erg kwetsbaar maakt.

Er zijn drones op de markt, die uitgerust zijn met een warmtecamera en een RGB (rood-groen-blauw) camera, waarmee men potentiële nestlocaties 's morgens vroeg kan waarnemen (dan is het temperatuurverschil het grootst). Soms ontstaat er verwarring met andere warmbloedige dieren zoals hazen. Daarom worden de gevonden nesten alsnog in een aanvullende inspectieronde door een teler of medewerker nagetrokken. Deze controle zou ook makkelijker kunnen door de drone te laten zakken.

Drones kunnen tegenwoordig ook de locatie van de legnesten registreren per GPS. Boeren kunnen daar hun acties op aanpassen. Voorwaarde daarvoor is wel dat de boer ook met GPS werkt en dat is lang niet altijd het geval. De Bond Friese VogelWachten (BFVW) werkt sinds dit seizoen (2024) met een systeem dat nesten tot op 10 centimeter nauwkeurig kan lokaliseren.

Er loopt momenteel een subsidieaanvraag voor een project om de drones autonoom te laten vliegen, zodat zelfs een piloot niet meer nodig is. Ondersteunende wetgeving rondom drones en autonoom vliegen zou deze ontwikkeling kunnen versnellen.

Maairobot

Een alternatief of aanvulling op het detecteren van weidevogelnesten per drone zou het detecteren van de nesten en vogels rechtstreeks op de maaimachine zijn. Er zijn hier experimenten mee gedaan. Vaak wordt dan gebruik gemaakt van een thermische camera. Er is november 2023 nog een afstudeerscriptie over verschenen bij de TU Delft (Schuurmans 2023).

Er draait ook vanaf 2024 een project met Wageningen Research en het bedrijf Lely (mechanisatie voor melkveehouderij). In dit project wordt onderzocht welk maaibeeld het best is om effectief gras te maaien en ook een goede habitat te creëren voor weidevogels met behulp van een maairobot. Maairobots zijn kleiner en rijden langzamer dan conventionele maaimachines, dit geeft kansen om nesten en kuikens te beschermen. De herkenning van de weidevogelnesten gebeurt met de drone van de BFVW.

Akkervogels

De bescherming van akkervogelnesten is op het moment zeer gering en gebeurt nog volledig zonder digitalisering of mechanisatie. Het Kenniscentrum Grauwe Kiekendief spoort de nesten van de grauwe- en de blauwe kiekendief – en de incidentele in een akker nestelende bruine kiekendief - op met behulp van vrijwilligers en drones. Deze nesten worden afgebakend. Dit gebeurt ook voor wulpen en Kieviten, voor de eerste wordt er zelfs een stroomhek omheen geplaatst. Drones zijn in opmars, maar veel hiervan is op moment van schrijven nog handwerk. Ook hier speelt wetgeving een rol bij het autonoom laten vliegen van drones.

Voor de veldleeuwerik wordt er op dit moment nog niets gedaan aan directe legselbescherming. Er zijn wel agrarische collectieven in het zuidwesten van Nederland die habitatbescherming in hun pakketten hebben zitten. Doormiddel van zogenaamde veldleeuwerikveldjes, waarbij stukjes land van minstens zeven vierkante meter niet ingezaaid worden. Dit is een effectieve manier om een aantal leeuweriken succesvol te laten broeden (Blösch et al., 2023). Wat automatisering en digitalisatie betreft is er rondom akkervogels in het algemeen en de veldleeuwerik specifiek, nog niet veel ontwikkeld.

Vraag naar herkennen akkervogels met camera op schoffel

In de biologische landbouw wordt veel gebruik gemaakt van schoffelmachines en wiedeggen die tussen de rijen schoffelen. Deze schoffelen de nesten onder, waardoor het nestsucces gering is. Er bestaan zoals hierboven genoemd al AI-technieken om akkervogelnesten te detecteren. Ook is er veel gaande in de

ontwikkeling van cameragestuurde schoffelmachines. Deze ontwikkelingen bieden wellicht kans om de camera's op de schoffel voor beide doelen in te zetten, zodat nesten niet onder geschoffeld raken.

Veel soorten akkervogels zoals de veldleeuwerik en de gele kwikstaart verstoppen hun nesten erg goed. Deze nesten kunnen daardoor niet met drones gevonden worden. In opdracht van gebiedscoöperatie "Het Buitenland van Rhon" is er een haalbaarheidsstudie gedaan naar het detecteren van akkervogelnesten op foto's met positieve resultaten.

Er zijn nog geen schoffelmachines op de markt die de nesten actief mijden. De ontwikkeling hiervan is belangrijk, omdat vanuit de wet- en regelgeving de nesten eigenlijk niet onder geschoffeld mogen worden.

2.4 Biodiversiteitsmonitoring

Het bewerken van de bodem (ploegen, woelen, of schoffelen door biologische telers) kan, net als bij vogelnesten hierboven, ook onbedoeld schade aanrichten aan bodeminsecten en andere gewenste soorten die in- of op de bodem leven. Digitalisering biedt ook hier mogelijkheden voor biodiversiteitsmonitoring en bescherming op de akker.

Insecten

Biologische en natuurinclusieve landbouwbedrijven willen vaak graag aantonen dat hun productiewijze een gunstig effect heeft op de biodiversiteit vergeleken met gangbare landbouw. Een daartoe passende biodiversiteitsmonitoring is echter een grote uitdaging. Een "klassieke" inventarisatie van de fauna op een bedrijf op basis van bijvoorbeeld het waarnemen langs bepaalde looproutes, is tijdrovend en de resultaten zijn dan waarschijnlijk toch nog te beperkt dekkend. Het begrip biodiversiteit in landbouwsystemen is zo breed en rijk dat het een gigantische taak is om biodiversiteit in het algemeen te monitoren. Het is daarom enerzijds belangrijk om een zo breed mogelijk scala aan insecten te kunnen herkennen, maar dit is een uitdaging omdat algoritmes specifiek getraind moeten worden. Daarom is het belangrijk te kijken welke insecten belangrijke indicatoren zijn voor bepaalde trends of ecosysteemfuncties. Denk bijvoorbeeld aan bestuivers, bodeminsecten die iets zeggen over bodemgezondheid, ongewenste plaaginsecten, maar ook juist natuurlijke vijanden van plaaginsecten.

Ook voor onderzoeksdoeleinden zijn dit soort monitoringsmethodes erg belangrijk. Bijvoorbeeld in onderzoek naar mengteelten, strokenteelt, overdracht van ziektes door bijvoorbeeld bladluizen, of de effectiviteit van natuurlijke vijanden.

Bodembiodiversiteit en bodemgezondheid: mechanisatie en monitoren

Telers zijn over het algemeen hongerig naar informatie over de bodem van hun percelen. Informatie helpt om gericht in te zetten op bodemverbetering. Veel telers (zowel gangbaar als biologisch) zijn bezig met bodemgezondheid, dit is immers van groot belang voor gewasgezondheid en -opbrengst.

Monitoren is interessant om te weten of acties en beheermethodes effect hebben op de bodembiodiversiteit en bodemgezondheid in het algemeen, bijvoorbeeld voor de opslag van organische stof in de bodem. De aanwezigheid van wormen en insecten die bijdragen aan omzetting van organische stof, is hierbij ook belangrijk. Vaak vragen telers hoe ze parameters als organische stof of bodembiodiversiteit en veranderingen hierin kunnen meten en monitoren.

2.5 Gewasherkenning

In de biologische groenteteelt heeft men vaak kleinere arealen met verschillende gewassen door elkaar. Deze variatie op de akker past gezien de mogelijke gunstige effecten op biodiversiteit sowieso goed in het plaatje van meer natuurinclusieve landbouw. Op zulke akkers is veel arbeid nodig en daardoor is vraag naar betaalbare, meer veelzijdige machines, bijvoorbeeld kleinere robots die je meerdere taken uit kunt laten voeren (Kool & Stokkermans 2023). Er is ook vraag naar machines die selectief wieden. Selectief wieden wil zeggen dat sommige (bijvoorbeeld goed voor insecten, of minder schadelijke) onkruiden mogen blijven staan.

Het Nederlandse bedrijf Pixelfarming robotics is op weg aan deze vraag voor technologie te voldoen. Hun *Robot One* kan gewassen herkennen en van elkaar onderscheiden op kleine plotjes (pixels), en kan bewerkingen uitvoeren zoals wieden, branden en monitoren. Werktuigen die op de Robot One kunnen zijn een schoffel, rotores, of een CO2-laser. Deze moeten er door de gebruiker op gemonteerd worden. Er is ook een *sensing bar*, waarop algoritmes getraind kunnen worden, maar dit moet de gebruiker ook zelf uitvoeren. TRL schatten we om deze reden op ongeveer 6-7 en dus niet echt marktrijp. De Robot One kost ongeveer 185.000 euro.

Deze aanschafprijs is voor de meeste midden-kleinbedrijven ver buiten bereik. Er is behoefte aan doorontwikkeling om de robot marktrijp te maken, maar maar ook een oplossing om de investering te dragen en terug te verdienen. Wellicht is gedeeld bezit (één machine met gezamenlijk gebruik over meerdere bedrijven) een optie.

Voor zover bekend hebben twee telers in Nederland de robot sinds 2023 in bezit. Eén teler is ook deelnemer van NPPL. Zijn eerste ervaringen van de teler met de Robot One laten zien dat de Robot nog niet uitontwikkeld is. Het bedrijf Pixelfarming Robotics is op dit moment in verschillende projecten actief met doorontwikkelen van de Robot One, en hier is ook vraag naar.



Figuur 3 : Robot One van Pixelfarming Robotics (Bron: Pixelfarming Robotics)

3 Resultaten: Overzicht internationale innovaties

In dit hoofdstuk presenteren we een overzicht van de internationale stand van zaken rondom innovaties op de volgende onderwerpen (uitdagingen): 1) onkruidbeheersing, 2) beheersing ziekten en plagen, 3) algoritmes voor de nestherkenning van weide- en akkervogels, 4) algemene monitoring van biodiversiteit, en 5) gewasherkenning (bijvoorbeeld in de strokenteelt en pixelteelt).

We verkennen innovaties die in het buitenland plaatsvinden en evalueren dan of deze in Nederland ook potentie hebben. Een deel van deze innovaties wordt al commercieel (en soms ook op kleine schaal in Nederland) verkocht, een ander deel is nog in de ontwikkelfase maar wel interessant om te volgen. De innovaties zijn eerst gegroepeerd per uitdaging (onderwerp), en daarna per techniek. In dit rapport komen alleen technieken voor die zijn toegestaan voor de biologische landbouw, op één machine na die naast wieden ook plaatsspecifiek kan spuiten (genoemd in 3.2).

3.1 Technology Readiness Levels

De stand van ontwikkeling van nieuwe technologie wordt vaak uitgedrukt in TRL: Technology Readiness Level. TRL loopt van 1 tot 10. Hoe hoger het getal, hoe rijper de technologie is voor gebruik in de praktijk. In dit rapport wordt waar mogelijk de TRL van de besproken technologie weergegeven.

De Technology Readiness Levels worden vaak opgedeeld in de volgende vier fases:

- Onderzoeksfase: verkennen, TRL 1, 2 en 3
- Prototype-fase: ontwikkelen, TRL 4, 5 en 6
- Conceptfase: demonstreren, TRL 7 en 8
- Opschaal- en vermarktingsfase: praktijkrijp, TRL 9

Als een product op de markt beschikbaar is, wil dit niet altijd zeggen dat de TRL vanzelfsprekend 9 is, ook al beweren fabrikanten dat soms wel. In de praktijk doen oplossingen lang niet altijd dat wat ze volgens de specificaties van de fabrikant wel zouden moeten kunnen. Er is vaak een groot verschil tussen de omgeving waarin de fabrikant bepaalde functionaliteiten heeft getest en de (weerbarstigere) praktijk.

3.2 Onkruidbeheersing

Autonome voertuigen

Buiten Europa (VS, Nieuw-Zeeland, Australië, Zuid-Amerika), waar de percelen vaak groter zijn dan in Nederland, worden autonome werktuigendragers en robots ook al op kleine schaal commercieel ingezet omdat het economisch sneller uit kan. Veel techniek van buiten Europa komt dan ook uit de VS, Canada of Australië. Binnen Europa komen veel innovaties uit Frankrijk, Denemarken, Zweden (en Nederland).

Hieronder volgt een overzicht van internationale autonome voertuigen en robots.

Tabel 1: Autonome voertuigen, variërend van kleine transportrobots voor tuinbouw, tot zelfrijdende- en autonoom werkende robots en autonome trekkers.

Toepassing	Merknaam	Bedrijf	Prijs (€ of \$)	Land	TRL

Werktuigendrager akkerbouw (wiedeg, schoffel, zaaimachine)	Orio	NAIO TECHNOLOGIES	€200k	FR	8-9
Kleine modulaire robot, flexibele wielbreedte	Amiga	Farm NG	\$13k	USA	9
Autonome elektrische trekker met cabine voor handmatig rijden	MK-V Tractor	Monarch Tractor	\$60-80k	USA	8-9
Autonome trekker met cabine	Robot Tractor	Yanmar	€87-134k	Japan	9
Transportplatform voor boomgaarden en kwekerijen	Burro	Augean Robotics	\$15k	USA	9
Autonome werktuigendrager	CEOL	Agreenculture		FR	8-9

Er zijn ook buitenlandse bedrijven die bestaande trekkers autonoom kunnen maken (zoals ook in Nederland, zie 0). Voorbeelden zijn het Israëlisch/Amerikaanse *Bluewhite* (dat al tientallen autonome trekkers heeft rondrijden in de VS), het Amerikaanse *Bear Flag Robotics* (overgenomen door John Deere) en Sabanto, het Chinese ThornTek. De Poolse *Gotrack* (gericht op fruitteelt/boomgaarden) en de France AGC box van Agreenculture zijn in Nederland al verkrijgbaar.

Mechanisch wieden

Vervult de meeste high-tech onkruidoplossingen maken gebruik van mechanische wiedetechniek. Het 'high-tech' zit hem in drie dingen: de detectie van het onkruid, de aansturing van het wiedmechanisme en de vele verschillende mechanische uitvoeringen voor het wieden zelf.

De detectie wordt in de meeste gevallen gedaan met camerabeelden en kunstmatige intelligentie (AI, Artificial Intelligence). De beelden worden dan via een computer door een algoritme verwerkt, dat algoritme is getraind om het betreffende gewas te onderscheiden van onkruidplanten, of andersom.

Soms worden ook de zaailocatie en de plantafstand meestal (via GNSS/GPS) geregistreerd in de machine (als deze alle bewerkingen uitvoert), zodat deze weet waar de gewasrij is en wat de plantafstand is.

Onkruiden kunnen dan gewied worden op basis van beeldherkenning (wieden als een onkruid is gedetecteerd), of op basis van locatie (standaard wieden waar geen gewasplant zou moeten staan). Wieden op basis van beeldherkenning heet ook wel slimme onkruidbeheersing (of *smart weeding* in het Engels). Ook voor onderstaande machines geldt dat een deel ervan al bekend is bij Nederlandse telers. Het blijkt erg lastig om innovatieve autonome wiedrobots te vinden die nog helemaal geen bekendheid hebben in Nederland, zelfs op de FIRA (een autonomie- en roboticsbeurs voor de landbouw) in USA, waar een deel van onderstaande machines stond gepresenteerd.

Tabel 2 : Enkele voorbeelden van mechanische wiedrobots (niet allemaal beschikbaar in Nederland).

Toepassing	Technologie	Gewas	Merknaam	Bedrijf	Prijs	Land	TRL
Autonome wiedrobot	mechanisch	uien, bieten, peen (...)	Ekobot WEAI	Ekobot AB	€90k	SE	8-9
Autonome elektrische wiedrobot op zonne-energie. Kan ook zaaien. Onkruidbeheersing op basis van GPS-gegevens van zaaien vooraf	mechanisch	bieten, ...	Farmdroid FD20	FarmDroid	€90k	DK	
Slimme schoffel (werktuig)	mechanisch	Tuinbouw	Smart Cultivator	Stout		USA	9
Slimme schoffel (werktuig)	mechanisch		inter row weeding	Kult kress		DE	8-9
Slimme schoffel (werktuig)	mechanisch	Bieten, pompoen, mais, aardappel,...	Newman	Ullmann	€100k	CZ	9
Autonome wiedrobot	mechanisch		Vulcan	Farmwise		USA	8-9
Slimme wiedeg (werktuig)	Mechanisch (en thermisch)	Sla, suikerbiet, bieslook	Poulsen	Robovator		DK	9
Autonoom platform op zonne-energie. Kan mechanisch wieden (en spuiten). Gebruikt LIDAR voor hoogtepositionering schoffel	Mechanisch wieden, dunnen	Tuinbouw (broccoli, sla, ...)	Weedspider	Greentech Robotics		Nieuw Zeeland	7

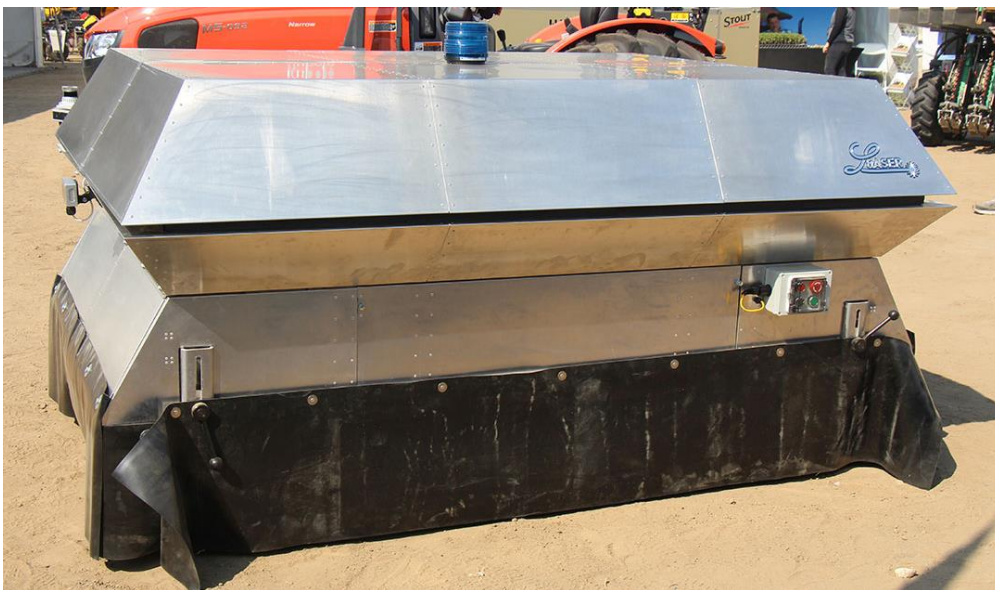
Onkruid doden met laser

Steeds vaker verschijnen er wiedrobots die het onkruid zeer plaatselijk met een laserstraal doden, op basis van AI en camera's. Het algoritme kan de gewasplanten onderscheiden van het onkruid en doodt alleen het onkruid met een laserstraal.

Deze technologie heeft naast het voordeel dat de grond onberoerd blijft, ook nadelen. Er zijn verschillende soorten laser, variërend in golflengte. Er is infraroodlaser met een golflengte van rond de 10 micrometer, maar ook blauwe laser met een golflengte van ongeveer 450 nanometer. Lasers verwarmen het onkruid om zo de cellen te beschadigen. CO₂-infraroodlasers hebben daar veel warmte voor nodig. Die warmte kan ook nadelige gevolgen hebben voor het gewas. CO₂-lasers verbruiken relatief veel energie. Onder droge omstandigheden kan de warmte in combinatie met hoge spanning brandgevaar vormen. CO₂-lasers vereisen meestal ook waterkoelmodules.

Onderzoek heeft aangetoond dat de golflengte van de laser een grote invloed heeft op het effect op onkruid. Blauw licht wordt sterk geabsorbeerd door plantmateriaal (chlorofyl), omdat het actiespectrum voor fotosynthese van chlorofyl A en B op de golflengte van blauw licht zit (Lanoue et al., 2019). De energie uit blauw licht wordt eigenlijk té goed opgenomen door de plant, waardoor deze beschadigt. Daarom is een minder sterke laserstraal nodig om de plant te doden. Dit maakt blauwe laser volgens fabrikanten geschikter om energiezuinig onkruid te bestrijden.

Blauwe lasersystemen zijn een stuk kleiner en lichter in vergelijking met CO₂-lasersystemen. Ze vereisen geen gascapsules en geen koelsysteem. De energie-efficiëntie is hoger en de levensduur is langer. Volgens fabrikanten heeft blauwe laser ook een nauwkeurigere straal dan infraroodlaser. Daardoor zijn ze veelbelovend voor energiezuiniger (en meer lichtgewicht) onkruid beheren dan een infrarood CO₂- laserstraal.



Figuur 4 : de L&Aser van Laudando & Associates LLC uit Amerika, die claimen de eerste laserwieder te hebben uitgevonden (Bron: FutureFarming.com)

Er zijn verschillende EU-projecten waarin lasers een rol hebben. Het Galirumi-project richt zich op het volledig autonoom doden van riddersuring in grasland met laser op een robot. De Galirumi robot is (nog) niet commercieel verkrijgbaar. Dan is er het EU-project WELaser, dat met laser door glasvezelkabels onkruid doodt. De resultaten zijn vorig jaar voor het eerst in Nederland getoond bij de PrecisieLandbouwDagen³ op het bedrijf van Jacob van den Borne in Noord-Brabant.

Het Duitse bedrijf Escarda gebruikt ook glasvezeltechnologie (ook wel halfgeleiderlaser genoemd). Volgens Escarda Technologies en WeLaser is deze techniek ook energiezuiniger dan CO₂-lasertechnologie.

³ <https://trekkeronline.nl/2023/08/precision-days-techniek-welaser-voor-het-eerst-te-zien-in-nederland/>,
<https://galirumi-project.eu/>

Tabel 3 : Overzicht van bedrijven die onkruidbeheersing doen met lasertechnologie

Toepassing	Techniek	Gewas	Merknaam	Bedrijf	Prijs (\$/€)	Land	TRL
Precisie-onkruidbeheersing met CO2-lasers	CO2-laser (10.6µm)	100+	LaserWeeder	Carbon Robotics	€1.3 mln	USA	8-9
Onkruidbeheersing tuinbouw	Blue laser (455nm)	10+	L&Aser	LAUDANDO & ASSOCIATES LLC		USA	
Laseronkruidbeheersing	Laser (halfgeleider/ glasvezel)	Tomaat	Laser Weed Control	Escarda		DE	7
Laser (blauw) onkruidbeheersing	Blauwe laser	Peen (meer in ontwikkeling)	Lumina	Weedbot		Letland	7-8
Onkruidbeheersing met gewasherkenning	Thulium glasvezel-laser	Mais, suikerbiet ...	Welaser	EU project		Spanje / EU	6-7
Onkruidbeheersing met gewasherkenning	Glasvezel (halfgeleiderlaser)		-	Escarda		Germany	5-7

Kokend water

Er zijn ook werktuigen die het onkruid met waterstoom verbranden. Het bandenmerk Continental specialiseert zich ook in wiedsystemen met kokend water (stoom). Zij zijn bezig aan de ontwikkeling van hun Weed Control System. Het is een *smart-weeding* systeem, dus het detecteert en doodt onkruid met behulp van kunstmatige intelligentie. Continental en haar partners valideren en ontwikkelen het systeem nu verder, en zeggen deze techniek binnenkort op de markt te brengen. TRL is 6-7.

Volgens wetenschappelijk onderzoek is heet water alleen echter niet de efficiëntste oplossing. Van heet water is meer nodig omdat het snel wegloopt of verdampt, waarna de plant weer af kan koelen. Volgens verschillende studies is heet water met toevoegingen effectiever. Als het water in de vorm van schuim wordt toegediend, is er 2.5 keer minder water nodig. Dit is getest met biologisch afbreekbaar schuimmiddel, gemaakt van plantenvetten en -suikers (Alkyl polyglucosides). De toelaatbaarheid voor gewassen in Nederland is niet bekend. Het schuim scheelt behoorlijk in de hoeveelheid water en dus ook in het gewicht. De effectiviteit van kokend water en schuim is in de aanbevolen doseringen gelijk (Martelloni et al., 2021).

Heet water als onkruidbeheersing wordt om voor de hand liggende redenen wel als een gevaar gezien voor het (in de toplaag levende) bodemleven.



Figuur 5 : Het Weed Control System van Continental spuit kokend water op het onkruid (Bron: Continental press release)

Branden

De Robovator van Poulsen kan naast mechanisch wieden, ook met vuur (op propaangas) onkruid verbranden. Deze robot is al in Nederland getest en wordt ook al verkocht. TRL is 9 voor mechanisch wieden. Voor verbranden met vuur is de TRL helaas niet duidelijk. Filmpjes die nu te vinden zijn op internet zijn tien jaar oud, ook is het niet duidelijk of de brander verkocht is.

Hete olie

De robot van Tensorfield Agriculture uit Californië verbrandt onkruiden met een microdosis hete olie (160°C). Deze techniek is gebaseerd op wetenschappelijk onderzoek van universiteiten uit Amerika en Duitsland. Olie kan warmer verhit worden dan water, en is bij hogere temperaturen nog vloeibaar en daarom geschikt om op de onkruiden te spuiten. Het bedrijf gebruikt biologisch afbreekbare koolzaadolie. Het is niet bekend wat de effecten zijn voor de bodem of voor bodemleven, en of de olie snel afbreekt in de bodem. Tensorfield zegt aan een commerciële unit te werken die in 2024 af zou moeten zijn. TRL is 7.

Electrocutie

De bedrijven BHF solutions met Agrobot, het Duitse Zasso en RootWave uit het Verenigd Koninkrijk, en het Duitse Crop.Zone en Nufarm met NUCROP, hebben elektrische wieden- en loofdoedingsmachines ontwikkeld.

De Duitse innovatie van CROP.ZONE (nu NUCROP), die eerst een geleidervloeistof spuit door een gewoon uitzierende spuitboom, en daarna in dezelfde werkgang electrocutie uitvoert, is oorspronkelijk ontwikkeld voor loofdoeding in aardappelen en begint internationaal voet aan de grond te krijgen. De toepassing is ook erg geschikt voor het doden van de groenbemester voor het zaaien van het hoofdgewas. Het bedrijf zet nu ook in op wiedoepassingen en deze komen er naar eigen zeggen op korte termijn aan. TRL voor wieden is niet helemaal duidelijk. Deze toepassing, en die van Zasso, zijn al doorgesijpeld in Nederland.

De Agrobot van BHF Solutions uit Canada is een autonome robot die op basis van vision-technologie onkruiden detecteert en vervolgens met twee elektroden electrocuteert. De Agrobot is gepresenteerd op de Fira-beurs in Amerika in 2023. De prijs en TRL zijn onbekend, maar naar eigen zeggen van BHF solutions rijden er al Agrobots rond en is de terugverdientijd slechts één jaar.

Tabel 4 : Overzicht van enkele technieken om onkruid elektrisch te bestrijden

Toepassing	Techniek	Gewas	Merknaam	Bedrijf	Prijs (\$/€)	Land	TRL
Electrocutie voor loofdoeding	Hoogspanning	Aardappelen	Nucrop	CROP.ZONE en Nufarm		Duitsland/ USA	9
Electrocutie voor onkruidbeheersing	Hoogspanning		Agrobot	BHF Solutions		Canada	
Electrocutie voor onkruidbeheersing	Hoogspanning	Fruitteelt, akkerbouw	Electroherb	Zasso		DE	8-9
Electrocutie voor onkruidbeheersing	Hoogspanning	Fruitteelt	RootWave Top Fruit	RootWave		VK	8-9

Zandstralen ('wiedstralen')

In de Verenigde Staten is een aantal jaar geleden een techniek ontwikkeld om onkruid via zandstralen te bestrijden. Bij *abrasive weeding* wordt het onkruid beschoten en beschadigd door kleine korrels die via perslucht op het onkruid worden gespoten. De korrels veroorzaken ontbladering, stengelbreuk of weefsel schade, waardoor het onkruid zou afsterven. Korrels kunnen worden gemaakt van verschillende gemalen hernieuwbare grondstoffen: gemalen maiskolff-kernen, walnootschillen, grof sojameel en grit van kippenmest zijn mogelijkheden.

Wiedstralen is veiliger en minder energie-intensief dan bijvoorbeeld branden of CO2-laseren. Recent onderzoek richt zich vooral op de ontwikkeling van korreltoedieningsmachines en gespecialiseerde sproeikoppen, en de mogelijkheid om organische meststoffen in korrelvorm toe te dienen via dezelfde koppen, om onkruid- en stikstofbeheer in één veldgang te integreren.

De toepassing is in de VS getest op verschillende gewassen⁴, en had daar volgens onderzoekers geen negatieve invloed op de opbrengst. De techniek wordt komend jaar in België getest in het project I-ROWeed, door Proefstation voor de Groenteteelt in België⁵. Het project en de technologie zijn vooral gericht op biologische telers. Het wieden zal in verschillende teelten worden getest. TRL wordt geschat op 6 omdat de techniek na het testen nooit verder gecommmercialiseerd is.



Figuur 6 : De 'abrasive weeding' machine in een testopstelling in de VS

Feedbackmechanisme

Wat vaak nog ontbreekt in high-tech onkruidbeheersing is een feedbackmechanisme: is de bewerking goed gegaan, zit er iets tussen de tanden van de wiedeeg waardoor hij niet goed werkt, doen alle modules het naar behoren? Afhankelijk van de gebruikte technologie zie je dat pas na de bewerking en moet misschien de bewerking herhaald worden. Daarom komt er altijd nog menselijk controlewerk bij kijken en zijn robots voorlopig nog niet 100 procent autonoom.

3.2.1 Integrale onkruidbeheersingstechnieken

In de ogen van veel biologische- of natuurinclusieve telers moet de bodem zo min mogelijk chemisch of mechanisch verstoord worden. Dan moeten herbicides en schoffelen voorkomen worden. Maar de huidige landbouwsystemen zijn dit wel de meest gebruikte en efficiënte methoden om onkruidplanten te bestrijden. Deze startsituatie biedt een uitdagend kader voor innovatie. Interessant genoeg zijn er innovatieve *low-tech* methoden die ook perspectief bieden. We beperken ons in deze paragraaf tot de technieken die gericht zijn op onkruidbeheersing, maar het is belangrijk te beseffen dat er meerdere technieken zijn die niet als op geheeloplossing, maar als onderdeel van een IPM (Integrated Pest Management)- systeem gezien moeten worden.

Kneuswiel en kneusrol

Kneuswielen en -rollen zijn een relatief nieuwe innovatie uit Frankrijk, en zijn niet hetzelfde als snijrollen die al te koop zijn in Nederland en de krimprollen die heel populair zijn in de V.S. (*roller crimper*) en Brazilië (*rolofaca*). De innovatie kan als een wiel (kneuswiel) of van een rol (kneusrol) worden uitgevoerd.

Het Orbis-apparaat, van het merk *Roll n Sem* en eigendom van *Comin Industries*, is het eerste geavanceerde kneuswiel in Frankrijk. Ontwikkeld tussen 2015 en 2020, werd het wiel in 2020 geïntroduceerd. Dit innovatieve apparaat is in staat om onkruid effectief te behandelen in zowel open velden als tussen de rijen van gewassen (Figuur 7). Deze machine is oorspronkelijk ontwikkeld om groenbemester te doden in het voorjaar⁶. De rollen (te zien in de figuur) rijden niet helemaal recht over de plant heen en 'stropen' zo de buitenlaag van de steel en bladeren eraf, wat tot het doodgaan van de plant leidt.

⁴ Vooral gewassen met een rectopstaande stevige stengel, zoals o.a. mais, broccoli, zoete aardappel en bonen.

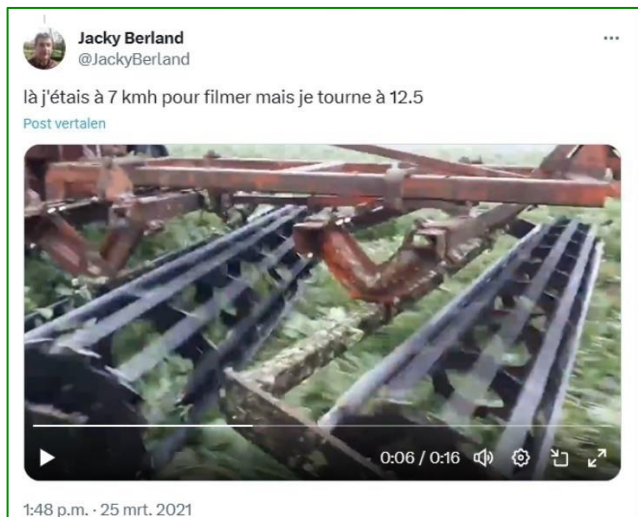
⁵ Voor meer info: <https://www.proefstation.be/project/i-roweed-innovatieve-onkruidbeheersingstechnieken/>

⁶ <https://youtu.be/fo0P9Bo22SQ?si=vbNLjZPsnTndiXCD>



Figuur 7 : Onkruid kneuzen zonder te snijden in een sojabonenveld in Frankrijk (met dank aan Nicolas Bruge, Comin Industrie)

De toepassing van het Franse bedrijfje *Jacky Berland* heeft twee kneusrollen (Figuur 8). Het apparaat bestaat uit twee standaard kooirollen, gemonteerd onder een klassiek schijveneg-chassis. De bijzonderheid van dit ontwerp is dat de rollen onder een hoek zijn geplaatst om effectief planten te kneuzen. Deze machine is specifiek ontworpen voor volvelds gebruik, zoals onkruid afdoden voor de zaai, en het doden van groenbemesters. Het is een interessant en alternatief voor glyfosaat terwijl het tegelijkertijd traditionele grondbewerking vermijdt waartoe biologische telers vaak gedwongen zijn om van groenbemesters af te komen.



Figuur 8 : Kneusapparaat van Jacky Berland, links op het erf en rechts een groenbemester aan het vernietigen

Zowel de eerste gebruikers als de ontwikkelaars melden dat beide machines kunnen worden ingezet voor het bestrijden van eenjarige breedbladige planten. Comin Industries geeft aan dat hun machine ook effectief is tegen eenjarige grasachtige planten. Er moet dan wel op dezelfde dag tweemaal gekneusd worden in twee verschillende richtingen om deze planten voldoende te beschadigen. Twee keer over het land rijden is wel een nadeel; het is eigenlijk niet wenselijk voor de bodemstructuur en het kost meer brandstof. Over de effectiviteit tegen meerjarige planten is nog geen informatie beschikbaar.

Het biologische proces dat in dit geval de planten doodt, is nog niet duidelijk en nog niet wetenschappelijk onderzocht. Er bestaan twee theorieën:

- De apparaten verwijderen de cuticula van de planten, waardoor de planten veel vocht verliezen en uitdrogen.
- De apparaten veroorzaken schade aan de planten door middel van talrijke kleine wonden, tot het punt waarop de planten in een staat van shock raken en uiteindelijk doodgaan. In het immuunsysteem van planten bevinden zich DAMPs (Damage Associated Molecular Patterns), die mogelijk geactiveerd kunnen worden door het kneuzen (Jones & Dangl, 2006).

Jacky Berland is nog niet actief bezig met de verkoop van deze innovatie. Een kostenschatting voor zijn prototype is ongeveer € 10.000 zijn aan onderdelen en ongeveer evenveel aan manuren. Dat maakt het totaal zo'n € 20.000.

Comin Industries is momenteel actief bezig met de verkoop van het *Orbis*-apparaat in Frankrijk. De aanschafprijs is moeilijk te achterhalen; deze wordt tussen de € 10.000 en € 100.000 geschat afhankelijk van werkbreedte en opties. Het was niet te achterhalen wat de drie meter brede machine kost. De huidige low-tech oplossingen zijn in staat om volvelds- en tussen de gewasrijen onkruid te verwijderen, maar missen de mogelijkheid om in de gewasrij te wieden. Voor dit specifieke doel zijn slimme toepassingen vereist die onderscheid kunnen maken tussen het gewas en onkruid.

Onkruidtrekker

Een andere low-tech techniek om onkruid in een later stadium is de zogenaamde onkruidtrekker, deze trekt onkruid dat boven het gewas uitkomt de grond uit. De *Tig'air* (Figuur 9) is ontwikkeld door het Franse Bionalan, en de eerste is inmiddels al operationeel in Nederland. Ze hebben ze zowel in een 3 als een 6 meter brede uitvoering.



Figuur 9: Een foto van de Tig'air onkruidtrekker (met dank aan Martin Heerema, Agri Bio Solutions)

Slim kafbeheer in graangewassen

Het kaf van granen blijft na het dorsen op het land achter en kan veel onkruidzaden bevatten. Een doordachte behandeling van kaf met behulp van slimme technologie kan de onkruiddruk preventief verlagen door het uitzaaien ervan simpelweg te voorkomen. In Bijlage 2 worden een aantal innovatieve technieken opgesomd voor kafbeheer.

Kieming voorkomen

Een tweede manier om onkruiddruk te verlagen is bij de zaai, waar bij normale grondbewerking naast een mooi zaaibed voor het hoofdgewas, ook een zaaibed voor het onkruid ontstaat. Bovendien worden onkruidzaden bij de grondbewerking vaak naar boven gehaald en zullen daardoor nog gemakkelijker (en vaak eerder dan het gewas) kiemen. Het voorkomen hiervan is onderdeel van een Integrated Pest Management (IPM) strategie (zie ook 3.2.1) Voorbeelden van technologische oplossingen hiervoor zijn te vinden in Bijlage 3.

3.3 Ziekte- en plaagbeheersing

Op het gebied van ziekte- en plaagbeheersing kunnen telers preventieve en curatieve maatregelen toepassen. Een curatieve maatregel is een maatregel waarmee de boer een al heersende ziekte of plaag probeert te stoppen. Sommige insecticiden en fungiciden zijn hier zeer effectief in. Zonder deze middelen kan ziekte- en plaagbeheersing erg uitdagend zijn, en het aantal innovatieve technologieën die op dit gebied ontwikkeld zijn loopt schrikbarend achter ten opzichte van die voor onkruidbestrijding.

Een preventieve maatregel vindt plaats voordat het probleem ontstaat. Een goed doordachte gewasrotatie is een voorbeeld van een preventieve maatregel. Het schakelt pathogenen niet uit, maar zorgt wel dat ze zich minder gemakkelijk vestigen of snel verspreiden. Specifiek voor een goed doordachte gewasrotatie zijn meestal geen innovatieve machines nodig. Goede kennis over gewasrotaties speelt wel een belangrijke rol in een succesvolle beheersingsstrategie.

Bladluizen monitoren en bestrijden

Een aantal bladluisoorten zijn schadelijk voor gewassen omdat ze vectoren zijn voor de verspreiding van virussen. Deze bladluizen werden in het verleden bestreden met neonicotinoïden die sinds 2018 verboden zijn in de EU voor gebruik in gewasbescherming. Zonder neonicotinoïden is het erg lastig om bladluizen te bestrijden. Daarom verlenen de meeste landen hier nog steeds vrijstellingen voor. In biologische landbouw is het gebruik van neonicotinoïden sowieso niet toegestaan.

In Nederland worden bladluizen op het moment gemonitord door de NAK en het IRS. De NAK heeft hiervoor 3 zuigvallen; palen waar op 12 meter hoogte lucht naar binnen wordt gezogen, en in het land staan en een groot aantal vangbakken in aardappelpercelen. Suikerbieteninstituut IRS klopt handmatig de bladluizen uit de bietenplanten om ze te tellen.

In Engeland worden bladluizen jaarrond gemonitord met behulp van grote zuigvallen verspreid over het eiland (12 in Engeland, 4 in Schotland), ter bestrijding van het bietenvergelingsvirus dat door bladluizen wordt verspreid. Op basis van het weer en de monitoringsresultaten kan in april de ernst van de virussituatie worden voorspeld. Op basis daarvan wordt al dan niet een ontheffing voor neonicotinoïden gegeven voor de gangbare landbouw.

Door het continu monitoren van luis en virus kan het aantal onnodige toestemmingen beperkt worden. In de biologische landbouw kan monitoren helpen om andere bestrijdingsmethodes zoals natuurlijke vijanden in te zetten. Om dit in Nederland toe te kunnen passen, moeten zowel de luis- als de virusmonitoring eerst grotendeels geautomatiseerd worden. Waarschijnlijk zullen buitenlandse modellen niet 1-op-1 gekopieerd kunnen worden naar de Nederlandse situatie, in verband met verschillen in het klimaat. TRL is 2.

Door IRS en het COBRI (Coordination Beet Research International) wordt ook onderzoek gedaan naar mengteelten om de luizendruk te verlagen, zoals bieten met gerst.

Tegen bladluizen in aardappelen wordt na positieve ervaringen in Frankrijk en Zwitserland geëxperimenteerd met een strodek op aardappelluggen in Nederland. Het geel van het strodek zou de luizen desoriënteren, waardoor ze niet op de aardappel landen. Een enkele teler is hiermee begonnen in 2022, en het strodek lijkt wel 50 tot 70% van de luizen weg te houden bij de aardappelen. Hiervoor zijn de afgelopen twee jaar omgebouwde strodekmachines uit Frankrijk en Zwitserland gebruikt.

Plakvallen

Het Oostenrijkse Pessl instruments heeft de iSCOUT colortrap op de markt, waarbij er een gele plakplaat voor een camera gehangen wordt om vliegende insecten te vangen.



Figuur 10 : Een beeld van de iSCOUT van Pessl waarop enkele insecten worden herkend door een algoritme. Bron: Pessl.

In twee opeenvolgende projecten van Kansen voor West is de functionaliteit van de iSCOUT uitgebreid voor het detecteren van bladluizen. Hiertoe zijn zowel de camera als de plakplaat aangepast. De beelden worden een aantal keer per dag verzonden en geanalyseerd. Alleen bladluizen als insectensoort kunnen nu nog worden herkend. De verschillende soorten bladluizen kunnen niet onderscheiden worden. Deze oplossing is nog niet op de markt, maar is daar wel al klaar voor. De TRL is 8.

UV-C behandeling tegen verschillende soorten meeldauw

Ultraviolette straling, in het spectrum van 100 nm tot 280 nm, werkt in op het DNA of RNA van micro-organismen. Het breekt moleculaire verbindingen en voorkomt zo de voortplanting van microben. Een UVC-bestralingsbehandeling kan daarom effectief zijn om plantenziekten te voorkomen.

- De Amerikaanse startup Tortuga heeft een robot ontwikkeld die zachtfruit plukt, maar ook 's nachts UV-C behandelingen kan uitvoeren. Deze helpen onder andere tegen echte meeldauw. TRL voor plukken is 9, er rijden in Amerika en het Verenigd Koninkrijk al zo'n 160 robots rond. Voor meeldauw-behandelingen is de TRL niet duidelijk.
- Het Interreg- project UV-ROBOT is ook bezig met het ontwikkelen van een UV-robot die tegen meeldauw werkt. Het project wordt in België geleid en is bedoeld voor verschillende gewassen: zachtfruit, tomaten en komkommers in de kas.



Figuur 11 : De Tortuga robot voor rijden en aardbeien

In de open teelten rijden helaas nog geen UV-C machines rond. Hier is wel onderzoek naar gedaan. Helaas hebben praktijkproeven in het verleden uitgewezen dat UV-C licht in de open teelten te weinig perspectief bood om schimmelziektes effectief te lijf te gaan.

Een belangrijke reden hiervoor is de ruimtelijke dichtheid van de gewassen. In de vollegrondsteelten is het na het dichtgroeien van het gewas zeer moeilijk om alle plantendelen te bereiken, en dit is wel nodig om alle sporen te doden. Sporen van sommige ziektes zitten aan de onderkant van het blad, wat het nog ingewikkelder maakt. Daarnaast moet men in risicovolle periodes iedere nacht rijden om de ziektes effectief te bestrijden. Risicoperiodes kenmerken zich door slechte weersomstandigheden.

De combinatie van iedere nacht rijden en slechte weersomstandigheden, met een machine met een klein bereik, zou zeer belastend voor de bodem zijn en op een groot perceel veel praktische bezwaren opleveren. Ook is er geen duidelijkheid over het effect van UV op bodemleven.

In hoogsalderende openteelten met kleinere perceelsgroottes (zoals aardbeien of boomgaarden) is het wellicht mogelijk om infrastructuur voor herhaalde UV-C behandelingen aan te leggen. Bij boomgaarden zal dan wel de boorarchitectuur daarop aangepast moeten worden, namelijk meer in een verticaal platvlak.

3.4 Legnestdetectie

Weidevogels

Er zijn in het buitenland verschillende wetenschappelijke studies gedaan naar het automatisch detecteren van nesten, bijvoorbeeld (Santangeli et al., 2020, Israel & Reihard, 2017). Deze maken altijd gebruik van zowel RGB als thermische camera. We hebben echter geen buitenlandse bedrijven kunnen vinden die hiermee bezig zijn.

Akkervogels

In Duitsland, Frankrijk en Spanje wordt de grauwe kiekendief op een vergelijkbare manier als in Nederland beschermd. In Spanje is er een onderzoek gedaan welke methode er het meest kosteneffectief is; oogst uitstellen, het verplaatsen van het nest, een stuk niet oogsten, het zelf uitbroeden en later vrijlaten van de vogel. Het uitstellen van de oogst was het meest kosteneffectief, maar alleen op die velden waar de productie laag en de compensatie kosten dus ook relatief laag zijn (Santangeli et al., 2014). In Nederland is dit met het kortere groeiseizoen en nat weer eerder in de herfst wellicht niet voor alle gewassen mogelijk of wenselijk.

3.5 Biodiversiteitsmonitoring

In deze paragraaf focussen we op het monitoren van insecten, en op de habitat en voedselbron van insecten, zowel in de lucht als in- en op de bodem. Veel ontwikkelingen zijn gericht op macro-insecten, maar we zien ook een verschuiving: de publieke bewustwording rondom het belang van (vaak kleine tot zeer kleine) organismen in de bodem wordt steeds groter.

Insectenmonitoring

De drie belangrijkste technieken voor insectenmonitoring zijn: 1) beeldanalyse, 2) DNA en 3) vleugelslagfrequentie bepalen met behulp van optische technieken. Er zijn ook combinaties van eerste twee technieken. In de natuurinclusieve landbouw wil je per definitie niet direct met een bestrijding reageren op een waarneming van een plaagorganisme, maar eerder inzicht krijgen in de robuustheid van een teeltsysteem en eventueel de relaties en interacties tussen verschillende insectensoorten begrijpen.

Populatiebiologisch is het zo dat bijna altijd eerst een plaag komt en dat een eventuele natuurlijke bestrijder volgt. De schade kan tegen die tijd al wel te groot zijn. Voor de natuurinclusieve landbouw zal de monitoring dan ook vooral gericht zijn op het in kaart brengen van de biodiversiteit, zodat er op de langere termijn in gestuurd kan worden.

De eerste techniek, beeldanalyse, komt vooralsnog het meeste voor. Een klassieke insectenval wordt dan met een camera uitgerust. Grotere insecten die in of op zo’n val terecht komen, kunnen goed worden gemonitord. Bij deze techniek is er altijd een trade-off tussen de vergroting van het beeld en de oppervlakte die gemonitord kan worden. De meeste insecten zijn klein en relatief zeldzaam, dus de meeste insecten kunnen hiermee niet op naam gebracht worden.

Er zijn wel spelers op de markt. In Nederland is bijvoorbeeld het systeem *Diopsis* reeds op de markt waar een grote gele niet plakkende plaat wordt gemonitord met een camera. De internationale systemen volgen hieronder.

Het Oostenrijkse PESSL Instruments en het Sloveense Trapview hebben valsystemen met een plakkende gele plaat, die bovendien zijn uitgerust met feromonen. Het Portugese Space Value heeft een bekerval met feromonen op de markt, specifiek voor het vangen/bestrijden van fruitvliegen in boomgaarden. In een voucherproject van Kansen voor West is er gepoogd deze bekerval uit te breiden naar een geautomatiseerde versie om loopkevers mee te monitoren. Loopkevers worden gezien als gewenst, omdat ze veel andere (ook schadelijke) insecten opeten. Helaas is het camerasysteem op dit moment nog niet snel genoeg voor het detecteren van loopkevers.

Het Taiwanese bedrijf HiPoint is ook bezig met de ontwikkeling van een AI-algoritme voor het detecteren van insecten voor een gele plaat. Deze toepassing is nog niet getest of verkocht in Nederland, en kan interessant zijn. De resolutie is laag en detectie van ondersoorten van bepaalde insecten is waarschijnlijk nog niet mogelijk. TRL is 6-7.

Dan de tweede techniek; DNA. Bij het *Museum für Naturkunde, Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung* in Berlijn hebben ze een machine ontwikkeld waarmee ze met behulp van een robot een in een malaiseval gevangen insect, van meerdere kanten in hoge resolutie kunnen fotograferen, en vervolgens het DNA kunnen bemonsteren. Dit is een automatiseringsslag in de insectenmonitoring, die veel kennis kan brengen omtrent insecten. Het ontwikkelen van een dergelijk systeem is erg duur. Dit zal waarschijnlijk niet snel een commerciële toepassing vinden.

De derde manier om vliegende insecten te monitoren is het vaststellen van de vleugelslagfrequentie. Hierbij wordt er een laserstraal verzonden en insecten die in de straal vliegen zullen het licht weerkaatsen. Doormiddel van modulatie kan op deze manier de afstand, grootte en de vleugelslagfrequentie van insecten gemonitord worden. Ook hiermee kun je niet tot op soort de insecten determineren, maar je kunt wel een inschatting maken van de insectendichtheid en het aantal verschillende soorten (Rydhmer et al., 2024). Het Deense FaunaPhotonics heeft dit op de markt, en het Canadese FarmSense heeft iets vergelijkbaars.

Bodeminsecten meten

Het Hongaarse *Edaphone* heeft in samenwerking met Syngenta een geautomatiseerde bodeminsectenval ontwikkeld; de Edapholog. De val is gebaseerd op een berlaiseval, waarbij een bodemmonster op een zeef gelegd wordt en continu belicht. Bodemdieren kruipen naar beneden en vallen in een trechter voor de camera, waar ze gedetermineerd worden door een algoritme. Het algoritme kan in ieder geval springstaarten en bodemmijten detecteren (deze zijn belangrijk bij humus-omzetting). Deze techniek wordt in de loop van 2024 verder gecommercialiseerd en Edaphone is hiermee een van de eersten die zich richt op nuttige bodeminsecten.

Tabel 5: Overzicht van geautomatiseerde insectenmonitoringstechnieken

Insecten groep	Valtype	Techniek	Bedrijf/omstelling	Land	TRL
Bodemdieren	Berlaise val	Beeldverwerking	Edaphone/Syngenta: Edapholog	Hongarije	7
Vliegende insecten	-	Optisch	PaunaPhotonics/ Farmsense	Denemarken/Canada	7
Fruitvlieg	Feromonenval	Beeldverwerking	Trapview/PESSL/Space value	Oostenrijk/Slovenië/Portugal	9

Vliegende insecten	Plakval	Beeldverwerking	Trapview/ PESSL/Diopsis/HiPoint	Oostenrijk/Slovenië/NL/Taiwan	9
Vliegende insecten	Malaise val	Beeldverwerking + DNA	Museum für Naturkunde, Berlijn	Duitsland	nvt
Loopkevers	Bekerval	Beeldverwerking	Space value	Portugal	4

Bodemgezondheid meten

De habitat en de voedselbron van de meeste bodemorganismen bevinden zich in de bodem of net boven de bodem. Een stabiele bodem en bodembedekking zijn vaak van belang voor een stabiel bodemleven. Aan de andere kant moeten telers kunnen produceren, waarbij grondbewerking en kale bodems gunstig kunnen zijn tegen onkruid en parasieten zoals aaltjes. Voor natuurinclusieve telers is het soms een evenwichtsoefening tussen het behouden van een gezonde en bedekte bodem als habitat voor bodemleven, en het verstoren daarvan.

Om resultaten op bodembiodiversiteit te kunnen beoordelen, zijn indicatoren voor het monitoren van het bodemleven nodig. Dit kan door het bodemleven zelf te meten, maar ook door andere eigenschappen van de bodem te meten, die het waarschijnlijk maken dat een bepaalde bodem een goede habitat is voor een divers bodemleven:

De 'bedektheid' van de bodem meten. Deze methode wordt toegepast door de overheid in Queensland, Australië. De methode dient als een eenvoudige indicator om de kwaliteit van de habitat en voedselbron voor bodemleven te bepalen. Ze werken met satellietbeelden (multispectraal). Classificatie is opgedeeld in kale bodem, groene bodem (levende planten), niet-groene bodem (dode en/of stervende planten) of een variatie tussen deze drie (zie Figuur 12). Het algoritme produceert drie kwantitatieve waarden. Een vierkant van 1m bij 1m (een pixel) kan 18% kale bodem, 23% groen, en 59% dood plantenmateriaal bevatten. Deze informatie kan natuurinclusieve telers helpen bij het bepalen van de bodembedekking en de kwaliteit ervan. Met deze informatie kunnen ze verschillende vervolgstappen nemen, zoals het beoordelen van de homogeniteit van de bodembedekking op een perceel, het vergelijken van verschillende percelen, en het uitwisselen van informatie in hun studiegroep.



Figuur 12 : De Australische 'bodembedekkingsdriehoek'

Intensiteit van grondbewerking

Deze methode wordt toegepast in de Verenigde Staten en kan dienen als een eenvoudige indicator om verstoring van de bodem als habitat en voedselbron te bepalen. Ze werken met een index. Om die te berekenen, moeten grondbewerkingen worden geregistreerd. Enkele telers in de VS doen dit al in hun teeltregistratiesoftware. De Amerikaanse versie van de grondbewerkingsindex is geoptimaliseerd voor graangewassen zoals maïs en sojabonen, en geeft geen informatie over het telen van aardappelen op ruggen en rooigewassen zoals uien, wortelen of suikerbieten. Voor Nederland is het nu nog ondenkbaar om een dergelijke methode toe te passen omdat grondbewerking nog zo'n belangrijk onderdeel is van de hedendaagse Nederlandse akkerbouw.

4 Resultaten: Evaluatie technieken door expert-panel

Voor dit project is een expert-panel samengesteld. Het expert-panel is een diverse groep van wetenschappers en boeren met expertise op het gebied van (biologische) landbouw, innovatie en techniek. Er zijn (biologische) akkerbouwers en tuinbouwers als expert geïnterviewd. Daarnaast zijn er wetenschappers geïnterviewd die expert zijn op het gebied van moderne landbouwtechniek, onkruidbeheer en entomologie.

De deelnemende boeren hebben elk hun eigen interesses. Eén subgroep is actief bezig met innovatie en techniek. Deze boeren nemen deel aan technologie-netwerken zoals de Nationale Proeftuin Precisielandbouw (NPPL). Aan de andere kant is er een subgroep die meer werkt vanuit een focus op teeltsystemen en interactie met natuur, maar ook bekend is met techniek. Alle geïnterviewde boeren zijn op hun eigen manier bezig met natuurinclusieve landbouw, biologische landbouw en/of regeneratieve landbouw.

4.1 Aanpak

Voor het interviewen van de experts is vooraf een vragenlijst opgesteld. De aanpak was om met de vragenlijst erbij, gezamenlijk alle technieken uit dit rapport te doorlopen. De technieken zijn hiervoor in een PowerPointpresentatie gezet, waarin de technieken per slide aan bod komen (zie bijlage 5).

Per techniek konden de experts een reactie geven aan de hand van een aantal vragen, waaruit een beeld is ontstaan dat hieronder wordt beschreven. Vervolgens konden de experts nog een algemene beschouwing geven en aangeven of er nog technieken ontbreken in dit rapport.

Sommige interviews zijn live uitgevoerd, en sommige interviews via beeldbellen uit praktische overwegingen.

De resultaten worden hieronder besproken per onderwerp en vervolgens per techniek/innovatie. Ze worden besproken in de volgorde: Onkruidbeheer, ziekte- en plaagbeheersing, biodiversiteitsmonitoring, legnestdetectie en gewasherkenning. De uitgewerkte interviews staan in bijlage 4.

4.2 Analyse interviews

4.2.1 Onkruidbeheersing

Voor het thema onkruidbeheersing zijn alle technieken uit het rapport voorgeschoteld aan de experts. Hieronder zijn de belangrijkste opmerkingen en reacties samengevat.

Autonome voertuigen

De ondervraagde experts vinden autonome voertuigen zonder meer interessant. Autonome voertuigen kunnen een oplossing bieden voor een aantal werkzaamheden op het land. Maar volgens deze experts zou het autonome voertuig meer moeten kunnen dan alléén onkruidbeheer kan doen. Het meest genoemde nadeel is de financiële investering voor een machine die maar beperkt inzetbaar is (ofwel de uiteindelijke kostprijs per hectare). Ook zijn de voertuigen volgens sommige experts nog niet uitontwikkeld en dus nog niet echt autonoom te noemen. Ook benoemden ze dat dergelijke machines veel werk vragen bij het opstarten en verplaatsen. Deelnemers zien dus wel een toekomst voor autonome voertuigen in Nederland, maar niet om er uitsluitend onkruidbeheer mee te doen.

Als een autonoom voertuig daarentegen meerdere werktuigen kan dragen en dus multifunctioneel is, lijkt dat de experts aantrekkelijker dan een voertuig dat maar één bewerking kan uitvoeren. Aangezien sommige bestaande trekkers ook achteraf autonoom gemaakt kunnen worden én nog steeds handmatig kunnen worden gebruikt, is deze oplossing veelal ook goedkoper en ligt hij dicht bij de huidige praktijk. Let wel, een autonome trekker is vooralsnog wel voornamelijk voor eenvoudigere grondbewerkingen (veelal voor de zaai) inzetbaar. Autonoom wieden met een trekker vereist een slim werktuig, die bij de investering moet worden opgeteld om de vergelijking te kunnen maken met een wiedrobot.

Wiedrobots

Slimme werktuigen of robots om mechanisch te wieden worden al redelijk positief ontvangen door de experts. Telers geven aan dat de robots steeds beter worden in onkruid beheren. De meeste experts zijn wel kritisch over de inzetbaarheid van deze robots, zoals in de sectie hierboven ook al werd aangegeven ten aanzien van de breedte van inzet. Veel robots zijn ontwikkeld om in één of twee gewassen te kunnen wieden.

Wanneer hier de investeringskosten voor een robot bij worden genomen, is vaak de conclusie dat wiedrobots te duur zijn voor wat ze kunnen (en mogen). Deze observatie kwam zowel bij de experts gericht op precisielandbouw als bij de experts gericht op natuurinclusieve landbouw naar voren. Het werd ook zowel door de biologische- als door gangbare telers genoemd.

Eén geïnterviewde teler die een wiedrobot op zijn boerderij getest heeft, vond de machine onvoldoende autonoom om netjes tussen de rijen te rijden en/of te schoffelen. Deze teler zou het geteste voertuig nog niet durven inzetten om onkruid te beheren. Voor hem is er nu nog een te grote kans dat schoffel- en/of wiedmachines iets fout doen en substantiële schade veroorzaken aan het hoofdgewas.

Een ander gaf aan dat wiedrobots en slimme werktuigen, vanwege de investeringskosten, de meeste kans van slagen hebben in hoogsalderende gewassen zoals groente- en tuinbouwgewassen, waar in de huidige situatie meer arbeid nodig is en die per hectare meer geld opbrengen.

Twee telers (één gangbaar, één biologisch) denken dat deze techniek sneller zal worden opgepakt in de biologische sector door het grote tekort aan werknemers om met de hand te wieden. Een bio-teler hoopt dat slimme machines de deur openen naar selectief wieden (niet al het onkruid weghalen).

De onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen geeft ook aan dat het zelfstandig kunnen rijden van een machine echt essentieel is om met autonome (wied)machines aan de gang te gaan. Dat dit vaak nog niet kan, komt volgens hem met name door beperkende wetgeving, maar ook door het nog niet gereed zijn van de technologie.

Laser

De geïnterviewde experts zien een aantal positieve aspecten aan onkruidbestrijding met behulp van een laser. Planten doden met laser is snel en nauwkeurig. Helaas is het wel duur (*"houd bij deze investering ook rekening met de optelsom van de investering en jaarlijkse abonnementskosten voor updates"*). Daarnaast kost het gebruik van een laser veel energie. Deze energie komt meestal uit een fossiele bron. Een van de boeren had kritische vragen over energiegebruik en het gebruik van aardolie in de landbouw. Deze boer zag deze techniek niet als een positieve ontwikkeling op dit gebied.

Twee boeren vergeleken deze techniek met "spot-spraying-techniek" (Engels voor plaatsspecifiek spuiten, om gewasbeschermingsmiddel te besparen). Zij zeggen dat de laser duurder zal uitkomen dan spot spraying, en dachten dat het onder de streep ook niet duurzamer zou zijn met het gebruik van fossiele brandstoffen meegerekend.

Eén van de biologische telers heeft goede ervaringen met de Carbon Robotics laser wiedmachine (€>1mln) in groente, vooral met klein opkomend onkruid. Deze teler hoopt dat een vergelijkbare ontwikkeling ooit met een waterstraal zal opkomen. De teler verwacht dat dat minder energie kost dan een hittebron of laser. De teler heeft hier een keer een test mee gezien.

Kokend water of stoom

Het gebruik van kokend water/stoom om onkruid te doden is over het algemeen minder bekend onder de telers. Sommige deelnemers hadden vragen over de inzetbaarheid, de nauwkeurigheid, mogelijke schade aan zowel de bodem (bodemleven) als het gewas, en het energiegebruik om water aan de kook te krijgen. Eén van de telers had twijfels over het richten van stoom op onkruidplanten zonder de gewasplanten te raken en was bang dat kokend water te veel zou sputteren en stomen, en daardoor nevenschade zou veroorzaken. Een andere teler vond kokend water meer iets voor gemeenten en maakte zich ook zorgen over het bodemleven. Weer een andere teler maakte zich zorgen om het gewicht van de hele installatie. Om echt schade aan het onkruid aan te brengen, dacht hij dat er veel water nodig zou zijn.

Eén teler kende de techniek, in de variant die gebruikt wordt om stoepen onkruidvrij te houden. Hij vond het positief dat deze techniek alleen water gebruikt, maar was kritisch over het feit dat het slechts een oppervlakkige behandeling is. Zijn ervaring is dat het onkruid dan tijdelijk weg is en na korte tijd terugkomt doordat de wortel niet (geheel) afsterft.

De biologische bedrijfsleider en teler merkte op: *"waarom zou kokend water beter of goedkoper zijn dan de andere technieken? Wat is de meerwaarde? Het kost toch weer energie en water, en je moet het water transporteren. De vraag is: welke toepassing verbruikt onder de streep de minste brandstof?"*

Branden

Het gebruik van vuur (gasbranden) om onkruid te doden was redelijk bekend bij de deelnemers. Ze hebben het vaak gezien op (sociale) media maar niet iedereen al in de praktijk. Eén van de telers gebruikt het al. Hij vindt het efficiënt maar niet duurzaam door de hoeveelheid gas (bijv. propaan) die gebruikt wordt.

Veel boeren hadden vragen over schade aan bodemleven en de inzetbaarheid (bijvoorbeeld: kan het ook gebruikt worden na opkomst van het gewas?). In het algemeen vinden deelnemers deze techniek interessant maar de kennis is beperkt. Eén teler gaf aan dit niks te vinden; een andere vond het vernuftig, maar zou dan graag in de rij willen branden en niet tussen de rij. Een teler merkt op dat het heel handig is voor de biologische wortelteelt. Je kunt opkomend onkruid oppervlakkig wegbranden zonder de wortelzaden in de bodem te schaden.

Volgens de onderzoeker onkruidbeheersing hangt het succes van deze oplossing (en ook van heet water) deels af van de bodemconditie op dat moment: als de bodem nat is, is de kans op succes lager dan wanneer de bodem droog is.

De biologische teler- en bedrijfsleider gebruikt al een brander; om opkomend onkruid te doden net na het zaaien, en voor loofdoding in aardappelen. Ondanks dat vindt de teler gas- of propaanbranden niet duurzaam. Hij hoopt dat een dergelijke toepassing in de toekomst met waterstof kan, in plaats van propaangas.

Meer algemeen wil deze teler ook meegeven dat al deze technieken niet één op één moeten worden vergeleken, maar steeds een net iets andere toepassing hebben. Branden is bijvoorbeeld ideaal om vóór de opkomst van het gewas en bij het loofdoden van aardappelen te gebruiken, in combinatie met later tussen de rijen schoffelen en eggen, en in de rij onkruiden verwijderen.

Hete olie

Onkruid doden met hete olie was nieuw voor bijna alle deelnemers en ze stelden veel vragen. De drie meest voorkomende vragen waren: hoeveel olie is er nodig/wordt gebruikt? Kan de hete olie spetteren (op gewasplanten)? Wat voor olie is het en is het afbreekbaar? Sommige deelnemers waren verrast door deze techniek, vonden het interessant en willen er graag meer over leren/zien in Nederland. Twee van de deelnemers zien hete olie niet als serieuze optie in verband met de chemie en/of het bodemleven. Een andere teler verwacht dat je met weinig olie al veel schade toe kan brengen aan onkruid, en dacht dus juist dat dit zeer effectief was.

De onderzoeker gewasbescherming merkt op dat olie een hogere 'calorische' waarde heeft, ofwel het kan meer warmte-energie overbrengen dan water van dezelfde temperatuur. Hij gaf ook aan dat olie op zich al agressief voor (onkruid)planten kan zijn omdat het een hogere zuurwaarde heeft waarmee het planten aantast. Daarnaast kan olie verder verhit worden zonder te verdampen, wat ook meer hitte betekent voor de plantjes.

Al met al was zijn interesse wel gewekt. Wel gaf hij nog mee: succesvol richten op de juiste plek (het groeipunt van de plant) is uiteindelijk belangrijker dan 'heter' verwarmen.

Elektrocutie

Planten elektrocuteren is een bekend principe en de deelnemers kennen het van de loofdodingstoepassing (van Nucrop). Het principe is goed bekend onder de boeren. Velen noemen het een "mooie techniek". Sommigen hadden het al getest om aardappelloof te doden. Eén (grotere, gangbare) aardappelteler zegt de Zasso electrocutietechniek direct te willen kopen, als de prijs zakt.

O.a. de snelheid spreekt aan. De telers weten dat de toepassing veel energie gebruikt. De hoeveelheid diesel die hierbij wordt gebruikt, vinden ze acceptabel voor loofdoding maar excessief voor het doden van onkruid en/of groenbemesters. Een andere teler denkt dat deze techniek nog te veel in de kinderschoenen staat. De machine vraagt veel te veel vermogen en is te zwaar. Potentieel interessant maar nog niet toepasbaar. Ook is onduidelijk hoe lokaal de techniek is en of je er individuele planten mee doodt.

De biologische teler- en bedrijfsleider geeft aan dat elektrocutie voor onkruidbeheersing ook tegen wortelonkruiden zoals knolcyperus heel effectief kan zijn, waar andere oplossingen de wortel onvoldoende aantasten. Wat loofdoding betreft weet de teler niet of electrocutie beter is dan branden, wat ze nu doen. Daarvoor zou hij eerst meer ervaring met de machine op willen doen.

De onderzoeker gewasbescherming geeft aan dat sommige electrocutietechnieken (zoals Nucrop) werken met een geleidingsvloeistof, wat de kans op slagen verhoogt.

Zandstralen

Het gebruik van zandstralen om onkruid te doden was totaal onbekend bij de deelnemers, maar ze snapten het principe zonder enige uitleg. Sommigen vonden het grappig en anderen vreemd. De laatsten stelden vragen over de nauwkeurigheid van de straal en de kans om het hoofdgewas te beschadigen. De meeste deelnemers hadden geen serieuze interesse in deze techniek. Een bio-teler vond wel interessant als je in plaats van zand stukjes hard organisch materiaal gebruikt, want dan sla je twee vliegen in één klap (het toevoegen van organisch restmateriaal).

De onderzoeker gewasbescherming denkt dat het best zou kunnen werken, maar hoe mik je nauwkeurig genoeg zodat de gewasplant overeind blijft? Met een harde waterstraal hebben zij het principe ook getest, maar als je dan niet perfect op de plant mikt, geef je deze juist een boost met het extra water, aldus de onderzoeker.

Onkruidtrekker

Onkruid uittrekken is een bekende techniek bij het expert panel. Twee telers hebben er al mee geëxperimenteerd. De één vond het een redelijk goede machine, maar helaas gingen de onkruiden niet voldoende dood. Een groot deel van de onkruidstengels brak af en groeide daardoor terug. Het succes van uittrekken verschilde per type onkruid. Nachtschade was in zijn geval het grootste probleem.

Eén teler heeft een Kramer onkruidtrekker van 9 meter, die het onkruid met draaiende rubberbanden verwijdert. Volgens deze teler is dit een hele interessante techniek voor bieten- en conserventeelten waar onkruiden zoals melde snel bovenuit komen. De teler is er enthousiast over. Om het afbreken te voorkomen is het belangrijk dat je met een goede mulchlaag werkt, zodat de onkruiden niet te diep wortelen.

Meerdere boeren zagen potentie in de techniek, maar tegelijkertijd merken ze op dat het deze techniek een hele specifieke toepassing heeft: het is niet mogelijk om kleinere plantjes uit te trekken. Het onkruid moet voor deze techniek al boven het gewas uitsteken en dat is niet altijd het geval. Onkruiden kunnen even groot of kleiner dan het gewas zijn en toch schade veroorzaken. Bovendien laten niet alle onkruiden zich even gemakkelijk uittrekken: sommige breken af, zoals al eerder genoemd.

Meerdere boeren vroegen zich ook af of er een risico was op zaadvorming omdat onkruiden groter 'moeten' zijn. Soms heeft zaadvorming al plaatsgevonden tegen de tijd dat onkruidplanten groter zijn dan het gewas. Eén teler had vragen over het aantal dagen waarop deze machine kan worden gebruikt op klei- en zavelgrond.

De grond moet voldoende droog zijn om met de trekker erover te rijden en tegelijkertijd voldoende nat om het onkruid er met wortels en al uit te kunnen trekken. Deelnemers hadden interesse in het principe, maar zien het als een specifieke oplossing voor een specifieke situatie: grote onkruiden in een laag gewas.

Afmaaien is ook nog een optie. Vooral tegen zaadsetting van duist in granen is dit interessant. Een machine die wordt genoemd is de Zweedse 'CombCut, die iets wegheeft van een maaidorser met een verhoogde bek. Combcut is een bekende machine in Nederland, Martijn Heerema uit Groningen is importeur). Er rijden naar schatting al een aantal jaar ruim vijf van deze machines rond in Nederland.

Een teler benoemt nog de onkruidmaaier van Nederlands loonbedrijf Van Raak, die van een hooimachine gemaakt is. Deze kan met 16 meter breed heel gemakkelijk over het gewas heen. (Er rijden ook al zo'n tien jaar dergelijke machines van meerdere leveranciers en merken rond in Nederland, vandaar dat deze machine niet benoemd werd in het rapport).

Onkruid (of groenbemester) kneuzen

Sommige geïnterviewden hadden de machines die planten kneuzen zonder te snijden al gezien, maar het werkprincipe was minder bekend. De telers die de machine niet kenden, dachten vaak dat dit een *roller crimper* was, een techniek die al een aantal decennia populair is in bijvoorbeeld de V.S. en Brazilië.

Meerdere boeren zagen potentie in het kneuzen van onkruid en/of groenbemesters. Een teler noemde het *low-tech* aspect van de techniek een groot pluspunt: "dit soort techniek spreekt boeren aan die zoeken naar beperkte elektronica en complexiteit". Een ander zag het als een mooie techniek die helpt om de bodem bedekt te houden. Voor regeneratieve landbouw erg interessant om te volgen. Er waren meerdere vragen over de effectiviteit, het groeistadium en de grootte van het onkruid dat hiermee gedood kan worden en de types groenbemesters die hierbij passen. Er is interesse in deze techniek, maar tegelijkertijd zijn er veel vragen.

Kaf afvoeren, kneuzen of wegleggen

Volgens de onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen is het afvoeren, kneuzen of wegleggen van kaf voor Nederland niet echt interessant omdat er in de regel niet zoveel graan wordt verbouwd en de akkers in Nederland volgens hem 'vrij schoon' zijn, ofwel: er staat vaak weinig onkruid tussen het graan. Het idee om de onkruid-zaadbank niet verder te vergroten spreekt de onderzoeker wel aan, maar dit is volgens hem meer iets voor grotere extensievere graangebieden.

De experts begrepen wel het verschil tussen kaf afvoeren, kaf kneuzen en kaf wegleggen. In de praktijk zijn de investering, biologische aspecten (organisch materiaal op het land) en effectiviteit tegen onkruid behoorlijk verschillend tussen de drie methodes.

Het idee om kaf af te voeren is bij sommige telers wel bekend. Sommige zien hier geen effectieve oplossing in. Anderen vinden het juist zeer interessant om op de langere termijn de onkruiddruk te verlagen. Door deze telers wordt het gezien als effectief in maaigewassen (en zelfs in rooigewassen die de zelfde onkruiden ervaren). Een van de telers benadrukt dat dit helaas geen totaaloplossing is, maar een bouwblok voor de onkruidbeheersstrategie. Dezelfde teler had ook vragen rondom de hoeveelheid kaf die wordt geoogst en de logistiek om het af te voeren.

Kaf kneuzen wordt gezien als eenvoudig maar ook duurder dan kaf afvoeren. Het kaf wordt meteen behandeld en daarna verspreid op het land. Er is geen logistieke operatie nodig en dat vinden de telers interessant. Helaas kost kaf kneuzen wel veel energie en telers zijn daar kritisch over. De balans tussen de kosten en de effectiviteit zal bepalen of deze techniek echt interessant is voor de geïnterviewde telers.

De meeste telers vinden kaf wegleggen een eenvoudige techniek maar hebben ook vragen bij het totale plaatje. Kaf wegleggen vraagt weinig tijd, aandacht en kennis om het uit te voeren. Maar het beheer van het weggelegde kaf is vervolgens niet duidelijk. Een van de boeren zag het kaf als verloren strookjes waar geen gewas geteeld kon worden op de korte termijn. In zijn NKG systeem waar hij geen vaste rijpaden gebruikt, is het bewerken van een kaf-*zwad* inderdaad een bron van onkruid. Dit is een duidelijke negatieve consequentie van de techniek en met de huidige grondprijzen in Nederland en is het geen optie om een deel van het land niet te gebruiken. Dat maakt kaf wegleggen aanzienlijk minder interessant.

Van de drie kaf-beheerstechnieken om onkruidverspreiding te verminderen wekten de machines om kaf te kneuzen de meeste interesse. Kaf kneuzen is inzetbaar in het huidige systeem zonder teeltsystemen en technieken aan te passen. Dit maakt de adoptiefase makkelijker en de kans van slagen groter. De kaf-kneuzer kan op de maaidorser gemonteerd worden. Deze zal dan een hoger energieverbruik hebben.

Vastegrondzaamachines – beschikbaarheid is laag

De meeste experts zijn bekend met *no-tillage seeding* (of vastegrondzaaien in het Nederlands). Vastegrondzaaien betekent echt geen grondbewerking. Alle geïnterviewde experts zijn redelijk geïnformeerd over geen- of minimale grondbewerking en de voor- en nadelen van deze methode, hoewel er echte puristen tussen zitten en experts die alles wat met minder grondbewerking te maken heeft, onder de noemer 'Niet-Kerende grondbewerking' scharen. Sommige telers vinden het helemaal niks voor hun bedrijf, terwijl enkele anderen er al een aantal jaar mee experimenteren.

Een aantal telers die graag regeneratief willen telen, hebben stappen ondernomen om vastegrondzaamachines te gebruiken, maar ervaren moeilijkheden met de beschikbaarheid van zaaimachines in Nederland. Eén teler wil verschillende gewassen in vaste grond inzaaien en heeft contact gelegd om een zaaimachine te importeren uit de V.S (een *Precision Planting* 6 of 12 rijen vastegrond maiszaaimachine, op 50cm rijafstand). Deze teler loopt tegen uitdagingen aan. De machine is een forse investering, en daarnaast blijkt het onmogelijk om eerst een demo te zien op zijn land voor hij tot de investering over gaat. Deze teler is al drie jaar lang bezig met zijn traject en heeft nog geen oplossing gevonden.

Fabrikanten lijken weinig interesse hebben in de Nederlandse markt. Onder andere de schaal en het areaal van de Nederlandse landbouw maken het blijkbaar minder interessant voor sommige bedrijven om een commercieel netwerk in Nederland op te zetten. Een aantal telers zijn geïnteresseerd in vastegrondzaaien, maar de beschikbaarheid van goede mechanisatie, zoals vastegrondzaamachines, is een kip-en-ei situatie die lijkt stil te staan op dit moment.

Gewasresten snijden met een waterstraal

Gewasresten snijden door middel van een waterstraal is een volledig onbekende oplossing voor de geïnterviewde telers. Een van de telers was verrast door deze oplossing (bedoeld om een zaaisleuf te maken in vaste grond tussen gewasresten en te voorkomen dat de gewasresten in de sleuf terecht komen). De telers die meer met regeneratieve landbouw en minimale grondbewerking bezig zijn, zien hier een belangrijke link tussen het beheren van grote hoeveelheden gewasresten en effectieve zaai van het hoofdgewas. De kwaliteit van het inzaaien is belangrijk om goede gewasopbrengsten te behalen.

Deze watersnijtechniek (samen met vastegrondzaamachines) is eigenlijk niet echt bedoeld als directe onkruidbeheersing, maar als onderdeel van een integrale teeltstrategie om natuurlijke evenwichten te herstellen waardoor onkruiden, ziektes en plagen minder snel grip op het gewas krijgen.

Een aantal telers en de onderzoeker gewasbescherming zien de meerwaarde van snijden met een waterstraal niet in hun werk. Bij een kleine groep telers draait alles om het minimaal bewerken van de grond, maar bij het gros van de telers (en zelfs bij de onderzoekers) is er weinig kennis en bovendien weinig interesse. Vastegrondtoepassingen zijn voor veel biologische- en natuurinclusieve telers niet interessant omdat zij (nog) niet met vastegrondzaaien bezig zijn. Misschien verandert dit in de toekomst.

Beschouwing: welke technieken zijn geschikt voor natuurinclusieve- en biologische landbouw?

Bij het evalueren van een techniek is het belangrijk om verschillende (neven)effecten van de techniek mee te nemen. Zo is biologisch niet altijd per sé duurzamer (als je naar energieverbruik kijkt en het aantal werkgangen dat nodig is bij mechanische onkruidbestrijding vergeleken met chemisch). Ook de effecten op het bodemleven worden ook regelmatig ter discussie gesteld (als men volvelds schoffelen vergelijkt met plaatsspecifiek spuiten in een lichte dosering). Alle beschreven technieken uit deze paragraaf hebben hun eigen toepassingen, hun eigen effectiviteit en hun eigen energieverbruik. Naast de praktische toepasbaarheid voor de Nederlandse praktijk moeten ook deze elementen worden meegenomen in de afweging welke meer- of minder geschikt zijn.

Volgens de onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen: *“Vanuit zowel de biologische- als gangbare landbouw zal in de toekomst veel vraag komen naar alternatieve onkruidbeheermethodes. Ik zie de individuele technieken in dit rapport elk als een onderdeel van de algehele onkruidbeheersingsstrategie. Ik verwacht niet dat één robot of werktuig de gehele onkruidbeheersing (ploegen, eggen, tussen de rijen wieden en in de rijen wieden) zal vervangen. Door het als onderdeel van de strategie te zien (i.e. vervanging wiedbed/schoffelen) kun je ook beter uitrekenen wanneer je een investering terugverdiend hebt.*

(...) Als we alle plaatsspecifieke onkruidbestrijdingstechnieken onder één noemer nemen, kun je voor de detectie van het onkruid (of het gewas) eigenlijk steeds vergelijkbare algoritmes gebruiken. Ook in gangbare teelten kun je met onkruiddetectie tot 95% middelenbesparing halen door precisietoepassingen. Kortom, het proces is tot het moment van onkruid doden eigenlijk steeds hetzelfde. In het doden zit hem het verschil. Daar zou je moeten kijken: welke methodes zijn dan qua kosten dan het meest effectief en efficiënt, het minst schadelijk voor het bodemleven, en het laagst in uitstoot en energieverbruik?”

4.2.2 Ziekte- en plaagbeheersing

Plaaginsecten

Zowel de onderzoekers als de meeste telers geven aan dat technologie in biologische- en natuurinclusieve landbouw vooral ingezet kan worden om te scouten of monitoren. De stand van ziektes of plaaginsecten kan zo worden bijgehouden, en soms kan dan op ziektes en plagen geanticipeerd worden. In gangbare landbouw kan zulke data vervolgens worden gebruikt om gericht te spuiten, maar in de biologische landbouw is de gereedschapskist voor bestrijding zo goed als leeg. De opties zijn op dit moment: plagen monitoren en indien mogelijk handmatig of machinaal verwijderen. Natuurlijke vijanden uitzetten of de leefomstandigheden voor natuurlijke vijanden bevorderen. Of zieke planten opsporen en deze afdoden tegen verdere ziekteverspreiding (bij infectieziektes).

Coloradokevers oogsten en vernietigen is bekend bij alle geïnterviewde experts⁷. De experts zijn enthousiast over deze technologie. De expert plaagbeheersing en entomologie vertelt dat er ook een veel oudere machine is, de ‘beetle eater’ uit Canada, waarmee nu ook in asperges en spruitkool getest wordt om vliegjes en motjes te verwijderen. Teler hebben vragen rondom ziekteverspreiding, gewasschade, effectiviteit en kosten.

Virusverspreiding is een groot probleem voor telers en het hele gewas “meppen” wordt ook gezien als een nadeel omdat alle beweging in het gewas virussen kan helpen verspreiden. Een van de telers ziet potentie voor consumptieaardappelen, maar niet in pootgoed. Meerdere telers geven aan dat één behandeling onvoldoende is om de insecten onder controle te krijgen en verwachten dat de machine regelmatig door het gewas heen moet. Eén teler verwacht dat het in jaren met hoge plaagdruk een uitdaging kan worden om op tijd alle planten te behandelen. Ook is de kostprijs op dit moment hoger dan voor insecticiden spuiten. Eén akkerbouwer wil erg graag komend jaar de Fieldworkers coloradokevermachine⁸ proberen. De experts zien potentie in deze techniek, maar zijn benieuwd naar de neveneffecten zoals ziekteverspreiding.

Wat het detecteren van plaaginsecten betreft: de onderzoeker entomologie geeft ook aan dat insecten moeilijker te detecteren zijn naarmate ze kleiner van formaat zijn. Een voorbeeld hiervan is tabakstrips, die grote schade kunnen veroorzaken in ui en prei. De onderzoeker geeft aan dat technieken gericht op monitoring- en detectie van kleine insecten verder ontwikkeling behoeven.

Een van de telers geeft aan het langdurig monitoren van plaaginsecten niet zo nuttig te vinden in de biologische landbouw, omdat je met de huidige techniek nog niet veel met de informatie kunt. Je kunt beter je teeltsysteem zo inrichten dat er meer natuurlijke vijanden komen zegt hij. Bijvoorbeeld door strokenteelt toe te passen.

UV-C behandeling tegen meeldauw

De technologie en de drie gepresenteerde machines die er gebruik van maken zijn nog niet heel bekend bij de telers. Sommige boeren waren enthousiast over de mogelijkheden en bijna allemaal hadden ze vragen over de effectiviteit op valse meeldauw in uien of fytoftora in aardappels.

⁷ Zie Bijlage 1

⁸ Zie Bijlage 1

Aan het andere eind van het spectrum zien sommige telers natuurinclusieve landbouw als een manier om op een meer integrale manier dergelijke ziektes te behandelen. Ze geven zelfs niet de voorkeur aan oplossingen die curatief werken.

Virussympptomen herkennen en gastplant doden

Zieke planten opsporen en ze vernietigen om de ziekte te beheersen is een bekend principe bij de telers. De H2L robot die virus detecteert en de gastplant doodt met spot spraying (ontwikkeld in Nederland, zie 2.2) doet het goed in de berichten. Volgens sommige experts heeft deze robot veel potentie voor hoogsalderende gewassen (bijv. tulpen). Wel noemde één van de experts een dergelijke grote investering in spuittechniek riskant in verband met de toelating van glyfosaat, wat in de biologische- en natuurinclusieve landbouw natuurlijk sowieso niet gewenst is. Maar het vroeg detecteren van zieke planten is wel zeer relevant, en de zieke plant kan ook op een andere manier gedood worden (branden of laseren voorkomt ook dat een schimmel of bacterie zich verder verspreidt).

Eén teler noemde deze oplossing "een ambulance onder aan het klif"; hij verwacht dat er in een veld met zieke planten al grote aantallen besmette bladluizen rondvliegen die gezonde planten zullen besmetten. Ook voor dit onderwerp zijn de meningen over de technologie en de teeltsystemen die erbij passen dus verdeeld.

Een biologische teler geeft aan: *"Ziekte detectie is in biologische teelten heel interessant, maar spuiten tegen de ziekte kan niet. De gastplant doden is dan de enige oplossing om een haard te voorkomen. Hier zit zeker toekomst in. Ik zie persoonlijk niet veel in precisielandbouw, maar plaatselijke detectie van o.a. ziektes en daarop eerder en beter kunnen acteren, zeker wel."*

Partnerplanten en mengteelten

Eén teler is erg enthousiast over het 'drie zusters' teeltconcept, waarbij drie planten (mais, bonen en pompoen) worden gemengd. Aardappel en boekweit werkt ook goed volgens deze teler, het leidt tot een vitaler bodemleven. De teler zegt dat hierover vooral bij ecologen veel kennis zit, omdat het agronomisch lange tijd is genegeerd als bedrijfsadvies.

Volgens dezelfde (gangbare) teler is ook kennis van onkruiden belangrijk. "Als we beter weten wat de functie van onkruiden is, kunnen we daar nog veel van leren, en het is belangrijk na te denken met welk doel de plant wordt verwijderd. Het veld vrij houden van onkruid is niet altijd de enige keuze voor een optimale opbrengst."

Ook een andere teler ziet veel voordeel in het gebruik van partnerplanten (ook wel gezelschapsplanten of 'service crops' genoemd) en denkt dat dit de toekomst is. Deze teler heeft een sterke focus op gezonde gewassen telen. Hij vindt dat er snel meer kennis moet komen over welke plantcombinaties goed zijn. Hij had een aantal jaar terug het onkruid dat opkwam gemaaid, en de gewasresten bij de planten gelegd. De knollen waren mooi gezond geworden, maar de opbrengst was maar 30% van wat hij normaal had. Dit komt waarschijnlijk door een gebrek aan kennis over de effecten van verschillende onkruiden of plantenresten. Hij zag wel perspectief met Phacelia tussen de aardappels. Dat trekt toch al veel natuurlijke vijanden van de bladluis aan.

Volgens de onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen worden mengteelten en partnerplanten al mondjesmaat toegepast. Bij het project Cropmix (WUR) is er bijvoorbeeld postelein als *service crop* gezaaid tussen de veldbonen om de grond te bedekken tegen het opspatten bij regen. Dit helpt tegen schimmelziektes, waar veldbonen gevoelig voor zijn, aldus de onderzoeker.

Eén teler experimenteert al volop met mengteelten. Deze probeert elk jaar nieuwe combinaties van planten uit, met als voornaamste doel een grotere activiteit van bodemleven.

Verder zijn er natuurlijk gewassen die een positief effect op elkaar hebben, zoals wortel en ui, of Phacelia (als ondersteuning bij ui), of kolen en graan. Maar zowel een bio-teler als een onderzoeker denken dat deze effecten in strokenteelt te klein zijn. De planten staan dan toch te ver van elkaar. De vraag is dan: hoe teel je zulke planten door elkaar heen voor maximaal effect, maar houd je het toch praktisch met de onkruidbestrijding en mechanisatie? Hoe krijg je het gelijk rijp? En hoe oogst je de gewassen?

Dubbele zaaibakken voor mengteelten zijn daarom zeker een belangrijke en interessante toepassing voor hen die met mengteelten aan de gang willen. Wel verschilt het per mengteelt welke technologie er nodig is. Dit maakt het ingewikkeld. Mengteelten hebben volgens de onderzoeker zeker potentie, met name voor veeteelt waar de geogoste planten meestal niet gescheiden hoeven te worden.

De geïnterviewde telers zijn meestal bekend met het dubbele zaaibak- en doseersysteem (zie Figuur 1). Een teler wist dat subsidies kunnen helpen om hierin te investeren. Geen van de telers van plan om dit vooralsnog te doen. De voordelen van deze techniek zijn bekend, maar de interesse is niet voldoende en terugverdientijd is bijna niet uit te rekenen.

Telers zien de meerwaarde vooral voor succesvollere bodembedekkers en groenbemester-mengels. Helaas, maar begrijpelijk, zit daar niet voldoende geld of energie om serieuze investeringen te doen.

Beschouwing

De meeste geïnterviewde experts komen tot een vergelijkbare conclusie: monitoring van ziektes en plagen is belangrijk, maar in de natuurinclusieve- en biologische teelt staat men vervolgens vaak met lege handen. Actie na de detectie van een plaag is vaak al geen optie meer om een plant te genezen, maar ziekzoeken en de gastplant doden wel (zeker bij schimmelziektes). Een aantal routes die worden aangedragen zijn: beter worden in (vroeg) detectie van plaag- en ziekte-overdragende insecten, en meer kennis opdoen over het nut van gewascombinaties tegen plagen. En het inzetten van natuurlijke vijanden (zowel via eerder genoemde gewascombinaties als via handmatig uitzetten).

De onderzoeker entomologie en plaagbeheersing sluit het interview af met de volgende opmerking: *"Als LVVN stappen wil zetten in meer gerichte aanpak van plagen, om bijv. een reductie in chemie te behalen, dan moet je het zoeken in plaats en tijd, dan zijn betere en meer algoritmes vanuit de entomologie gezien echt nodig."*

4.2.3 Legnestdetectie

Legnestdetectie is een bekend principe bij de geïnterviewde boeren. De meeste boeren benoemden lokale acties om kuikens te beschermen, zoals het Natuur Collectief Veluwe, die warmte beeld camera's gebruikt om verschillende dieren te monitoren. Telers vinden de innovaties op dit gebied interessant. Maar de meesten verdiepen zich er niet echt in; de lokale natuur organisaties trekken dit soort acties. Eén teler denkt dat de technologie goed schaalbaar is.

Een teler is in het voorjaar van 2024 op een boerenlandvogeldag van het Noord-Hollands landschap geweest, en laat nu in het seizoen vrijwilligers legnesten zoeken op zijn land. Hij krijgt een waarschuwing op zijn telefoon als hij in de buurt van een nest komt en legt het nest dan even opzij (met kievitsnesten kan dit). Dat heeft veel verbinding gegeven; hij begrijpt nu meer van de vogels, en de vrijwilligers zagen ook hoe moeilijk het is om gewassen te telen in zo'n nat jaar.

Een onderzoeker van WUR geeft aan dat legnestdetectie belangrijk is en ook efficiënt kan, vooral als het multifunctioneel is. Als een nest van één weidevogelsoort kan worden opgespoord met infrarood, neem dan andere weidevogels, reekalfjes, en bijvoorbeeld hazen ook mee. De infraroodsensor kan bijvoorbeeld voorop de trekker hangen, zodat tijdens het maaien duidelijk wordt waar gemedend moet worden. Voor een boer is dit niet ideaal, in verband met planning. Twee experts geven aan dat drones erg handig zijn voor legnestdetectie, omdat het meer overzicht geeft, en ruimte om te bedenken hoe met een nest om te gaan, dan detectie rechtstreeks op de trekker of (maai)machine. In het geval van reekalfjes moet dit uiteraard direct voor het betreden van het land gebeuren.

4.2.4 Biodiversiteitsmonitoring

De meeste experts vinden biodiversiteitsmonitoring zonder meer interessant, maar zien het niet als essentieel voor de bedrijfsvoering. De boer heeft er niet per sé direct iets aan, tenzij hij/zij geïnteresseerd is in biodiversiteit als gevolg van aangepast beheer. Eén van de onderzoekers vertelt nog over zogenaamde 'LED-emmers' om nachtvlinders te monitoren, van de Vlinderstichting.

Eén teler heeft de Pessl Iscout veel gebruikt en is enigszins kritisch. Er blijven soms ook vogels op de platen plakken, en er wordt volgens deze teler maar een klein deel van het insectenleven rondom de akker echt gemeten op deze manier (de teler heeft ook andere methodes vergeleken en onderzoek van anderen gelezen). Deze teler noemt ook toepassingen die bijen en honingontwikkeling tellen, dit kan ook interessant zijn voor telers.

Een andere teler zegt ook bekend te zijn met insectenmonitoring, de meeste van de voorgestelde toepassingen zijn al getest. Voornamelijk om te kijken of er verschil is tussen stroken en monocultuur. Maar als je dat eenmaal weet, is blijven meten niet zo interessant meer volgens deze teler.

De onderzoeker plaagbeheersing en entomologie geeft aan dat biodiversiteitsmonitoring interessant is om de weerbaarheid (diversiteit) op een perceel te karakteriseren. Dit vindt de onderzoeker vooral voor bodeminsecten relevant, aangezien vliegende insecten zich over honderden meters (of enkele kilometers) verplaatsen. Ook vangt men met plakkende platen niet het gehele scala aan vliegende insecten.

Bodembedekkingsindex als indicator voor bodembiodiversiteit

Geïnterviewde experts zijn bewust van de link tussen bodembedekking en de rol van de bodem als habitat en voedselbron voor de biodiversiteit. Het digitaal meten ervan was nieuw. De reacties gingen verschillende kanten op. Eén teler vond het goed dat stoppels ook worden meegenomen als bodembedekking. Hij ziet meerwaarde voor biodiversiteit als gewasresten op- en in de grond aanwezig blijven.

Een andere teler dacht dat deze data de sector kan helpen om positieve ontwikkelingen in de landbouw aan te tonen. Een derde teler vond het interessant maar wist niet hoe hij deze nieuwe informatiebron zou inzetten en koppelen aan andere informatie op zijn boerderij en daarmee beter te boeren. Het meten van een bodembedekkingsindex kan meerwaarde creëren voor de teler als motivator om het nog beter te doen.

Grondbewerkingsindex als indicator voor bodembiodiversiteit

Dat grondbewerking een effect heeft op biodiversiteit, is wel bekend bij de telers. Echter het concept van een grondbewerkingsindex was voor bijna iedereen nieuw (één teler kende het al). Deze laatste had er tijdens zijn afstuderen gebruik van gemaakt in een rapport. Hij vindt het een goede index om de *"landgebruiker een gevoel te geven over zijn/haar praktijk"*. *"Het geeft inzicht"*. Een tweede teler vond het interessant omdat hij NKG toepast, en naar handvatten zoekt om op een slimmere manier grondbewerking uit te voeren.

Een grondbewerkingsindex is misschien niet het eerste hulpmiddel waar natuurinclusieve boeren naar zouden vragen, maar voor hen die zich zorgen maken over grondbewerking kan het een belangrijke ondersteuning zijn.

4.2.5 Gewasherkenning en pixel farming

Volgens de onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen heeft gewasherkenning veel potentie voor innovatieve, complexe teeltsystemen. Als zo'n machine volledig autonoom kan werken, is deze veelzijdig en flexibel inzetbaar en zal veel arbeid wegnemen. Maar de onderzoeker betwijfelt of de TRL hoog genoeg is. Verder benadrukt de onderzoeker dat techniek een middel moet zijn om aan duurzaamheidsdoelen te voldoen. Het moet geen doel op zich worden. Maar gewasherkenning kan zeker bijdragen aan het hanteren van complexe, meer diverse teeltsystemen zonder de boer extra uit te dagen.

Telers zijn over het algemeen sceptisch over de toepassing. Ze zijn het erover eens dat gewasherkenning interessant zou zijn, maar de eerste verhalen over de Pixelfarming robot zijn nog niet erg positief, en meerdere telers vragen zich ook af hoe je de gewassen dan moet oogsten. Het lijkt ze ingewikkeld. En oogsten moet snel en is weersafhankelijk. Daar is vaak maar zeer korte tijd de kans voor. Dat zien de telers de Pixelfarming robot niet in één/twee dagen doen op grotere percelen. Twee robots aanschaffen is voor hen geen optie in verband met aanschafkosten.

De onderzoeker gewasbescherming vindt gewasherkenning en pixel farming zeer interessant en leerzaam. Het ontwikkelen van algoritmes noemt hij als belangrijk en op dat vlak moet nog veel geleerd worden. Er wordt veel gediscussieerd over schaal: op welke schaal zou je een gewas moeten verbouwen? Dit zie je ook terug bij de strokenteelt-discussie. De schaal hangt ook af van wat je beoogt: smaller is niet altijd beter, en soms is

heel smal nog niet genoeg. Soms moeten gewassen dicht bij elkaar staan, maar dit hangt zeer van de gewascombinatie af. Oogst zal voor pixel farming in het Nederlandse klimaat een knelpunt blijven.

5 Analyse: technieken met potentie voor Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw

In dit hoofdstuk gaan we verder in op een aantal kansrijke internationale technieken uit hoofdstuk 3. Deze technieken werden door de geïnterviewde experts benoemd als interessant en met potentie voor de Nederlandse natuurinclusieve- en biologische landbouw. We bespreken per techniek een aantal factoren die de mate van succes en de waarschijnlijkheid van adoptie in de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw kunnen beïnvloeden, en waarop vanuit de overheid eventueel bijgestuurd kan worden. Deze factoren staan hieronder uitgelegd en vervolgens per techniek weergegeven in Tabel 6.

Bij het maken van de tabel is de EU-verordening biologische productie (2018) aangehouden als richtlijn om de technieken en benodigde producten te controleren op *toelaatbaarheid* in biologische landbouw. Als er 'niet gespecificeerd' staat, betekent dit dat een techniek of product niet wordt beschreven in de verordening. Als een product gemaakt is van uitsluitend natuurlijke bestanddelen, is er voorsnog geen reden is om aan te nemen dat het niet is toegestaan in de biologische landbouw.

De technieken in deze tabel zijn technieken die potentie hebben, en inspelen op een behoefte vanuit de natuurinclusieve- en biologische landbouwpraktijk of vanuit de overheid (zie hoofdstuk 2).

De *rijpheid* van de techniek is de Technology Readiness Level; is de techniek al klaar voor de eindgebruiker? Of bevindt het zich nog in de opstart-, prototype- of demonstratiefase (zie ook 3.1).

De *effectiviteit* van de techniek is de mate waarin de techniek erin slaagt te doen waar deze voor bedoeld is. Bijvoorbeeld, hoe groot is de kans dat onkruid effectief gedood wordt met een wiedechniek? Of hoe goed worden legnesten, biodiversiteit of insecten waargenomen? De effectiviteit is onderverdeeld in laag, gemiddeld en hoog, gebaseerd op literatuur en reacties van de experts.

De *terugverdientijd* is het aantal jaren of effectieve werkuren waarin de kosten van de techniek kunnen worden vergeleken met 'de oude situatie'. In de meeste gevallen is er een moment vanaf waar de kosten van de techniek lager zijn dan de kosten die men anders gemaakt zou hebben aan dezelfde bewerking. Dan is de investering terugverdiend. We delen deze onder in kort, gemiddeld of lang.

De terugverdientijd is niet voor alle toepassingen gemakkelijk te kwantificeren. Een aantal toepassingen uit dit rapport leveren geen direct financieel resultaat op voor de boer, maar een indirect resultaat (denk aan meer bestuivers, gewasdiversificatie of bodembiodiversiteit). Andere maatregelen worden opgelegd vanuit de overheid of zijn vrijwillig, maar leveren ook geen direct financieel resultaat op (akker- en weidevogelbescherming).

Het energieverbruik is de hoeveelheid energie (elektriciteit en/of fossiele brandstoffen) die de toepassing gebruikt in vergelijking met hoe de handeling zonder deze techniek (dus in de huidige situatie) zou worden uitgevoerd, met biologische landbouw als uitgangspunt.

Tabel 6: Kansrijke internationale mechanisatie- en digitaliseringstechnieken die aan een behoefte van de biologische- en natuurinclusieve landbouw in Nederland

Toepassing	Techniek	Toelating biologische landbouw	Rijpheid techniek	Effectiviteit	Terugverdiëntijd	Energieverbruik
Onkruidbestrijding	Autonome trekker	Ja	Demonstratiefase/ marktrijp	Gemiddeld/ hoog	Kort/ Gemiddeld	Hoog
	Wiedrobot	Ja	Demonstratiefase/ marktrijp	Gemiddeld/ Hoog	Lang	Hoog
	Laserwieden	Ja	Marktrijp	Hoog	Lang	Hoog
	Electrocutie	Ja	Marktrijp	Hoog	Gemiddeld/ lang	Hoog
	Hete olie	Niet gespecificeerd ⁹	Prototypefase	Gem./ Hoog	Onbekend	Gemiddeld
	Heet water/ schuim	Ja / niet gespecificeerd	Prototypefase	Gemiddeld Gem/hoog	Onbekend	Gemiddeld
Ziekte- en plaagbeheersing	Bladluizen monitoren	n.v.t.	Prototypefase	Gemiddeld	Onbekend	Gemiddeld/ hoog
	Ziekte detectie in planten	n.v.t.	Varieert sterk per gewas/ziekte	Gemiddeld	Onbekend	Gemiddeld
	UV-C in vollegrondsteelt	Ja	Onderzoeksfase	Laag in vollegrondsteelt	Onbekend (lang?)	Onbekend
	Mechanisatie voor zaai (en oogst) mengteelten	n.v.t.	Demonstratiefase tot marktrijp	Hoog	n.v.t.	Laag/ zelfde als nu
Legnestdetectie	Drone met camera	n.v.t.	Marktrijp	Hoog	n.v.t. (Snel t.o.v. handmatig zoeken)	n.v.t.
Akkervogelnestdetectie	Op slimme schoffel	n.v.t.	Onderzoeksfase	Hoog	n.v.t.	laag
Biodiversiteitsmonitoring	Bodem-insecten	n.v.t.	Demonstratiefase	Laag/ Gemiddeld	n.v.t.	n.v.t.

Niet al deze technieken zijn (op dit moment) effectief, sommige wel. Technieken zoals wieden met laser en elektrocutie zijn al commercieel verkrijgbaar en effectief bevonden door gebruikers. Deze technieken zijn helaas nog erg duur, wat de terugverdiëntijd in veel gevallen lang maakt. De lange terugverdiëntijd is een belangrijke factor in de beperkte verspreiding van deze technieken.

Ook wordt uit de tabel duidelijk dat sommige technieken waar vele behoefte aan is, eigenlijk nog niet voldoende uitontwikkeld (of effectief) zijn. Voorbeelden uit de tabel zijn autonome trekkers, wiedrobots, luizenmonitoring en gewasziektebestrijding met UV-C licht. Deze technieken hebben wel een grote potentie om oplossingsrichtingen te bieden voor belangrijke knelpunten in de biologische sector.

⁹ 'Niet gespecificeerd' betekent dat een techniek of product niet wordt beschreven in de EU-verordening biologische productie. Als een product gemaakt is van uitsluitend natuurlijke bestanddelen, gaan we er vanuit dat het is toegestaan in de biologische landbouw.

Bij luizenmonitoring is het essentieel om de aanwezigheid van luizen zo vroeg mogelijk te detecteren, zodat ziektes eerder worden ontdekt als de schade nog beperkt is. Zieke planten kunnen dan eerder worden gevonden en gedood, om verdere besmetting te voorkomen. Omdat in de biologische landbouw de besmette planten verloren gaan, is een vroege detectie des te belangrijker. Helaas is de detectie van bladluizen nog niet voldoende geautomatiseerd om effectief te werken in de praktijk. Detectie van zieke planten is al iets verder. Een oplossing zoals de Nederlandse H2L robot (zie 2.2) die zieke lelies en tulpen detecteert, heeft ook potentie voor andere teelten zoals bijvoorbeeld biologische ui, peen en aardappel. Wel spelen ook hier investeringskosten en terugverdientijd een belangrijke rol.

Het gebruik van UV-straling tegen verschillende schimmelziektes (bijvoorbeeld meeldauw) heeft grote potentie omdat er in de biologische landbouw nog geen curatieve maatregelen tegen deze ziektes bestaan. UV-bestraling wordt echter nog nauwelijks buiten de glastuinbouw¹⁰ toegepast. Er zijn tests gaande in de teelt van zachtfruit zoals vollegrondsaardbeien. Voor de open teelten lijken er nog veel uitdagingen te zijn, wat het onduidelijk maakt of de methode hier ooit effectief tegen schimmelziektes kan worden ingezet (zie ook 3.3).

Vervolgens komen mengteelten, legnestdetectie en biodiversiteitsmonitoring aan bod. Wat meteen opvalt is dat de potentie van al deze technieken hoog is; ofwel ze voldoen aan een behoefte vanuit de overheid of vanuit de teler. Technieken als legnestdetectie en biodiversiteitsmonitoring zijn in eerste instantie vooral interessant voor overheden en natuurbeschermingsorganisaties, maar er is ook bij boeren zeker interesse en welwillendheid. Sommige biodiversiteit is ook direct of indirect nuttig voor de boer. Dit geldt ook voor gewasdiversificatie en mengteelten. Door de indirecte relatie met gewasopbrengst is voor deze vier onderwerpen de terugverdientijd moeilijk te berekenen (in elk geval voor de boer). Niet al deze toepassingen zijn bedoeld is om de opbrengsten, de bodem of de teelt te verbeteren, maar soms iets anders zoals overheidsdoelen rondom biodiversiteit. Als deze acties niet worden beloond, is er voor de boer geen sprake van terugverdientijd.

In de tabel komt dit niet aan bod, maar wetgeving komt in het rapport ook een aantal keer naar voren als belemmerende factor voor het implementeren van nieuwe technieken in de praktijk. Met name bij autonoom rijdende machines en drones wordt dit genoemd.

Concluderend lijken de factoren terugverdientijd, marktrijpheid/effectiviteit en wetgeving de adoptie en verspreiding van technieken het meest te beïnvloeden.

¹⁰ <https://www.groentennieuws.nl/article/9645963/uv-c-licht-op-de-spuitboom-ter-bestrijding-van-schimmels/>

6 Conclusie

Bij het schrijven van dit rapport hebben we geconstateerd dat kennis en nieuwe ontwikkelingen uit het buitenland snel doorsijpelen naar Nederland. Er zijn een aantal technologische koplopers in de Nederlandse akkerbouw. Zij zijn snel op de hoogte van nieuwe buitenlandse technieken en ontwikkelingen, ondersteund door programma's als NPPL, webinars, beurzen en vakbladen. Het is nu van belang dat kennis van nieuwe technieken breder verspreid wordt onder Nederlandse boeren, met name ook in de biologische- en natuurinclusieve landbouw.

Internationale bedrijven weten de Nederlandse markt ook te vinden. Een nieuwe machine die vorig jaar bij schrijven van dit rapport nog nauwelijks bekendheid had in Nederland, stond deze zomer al op de Future Farm and Food Experience in Lelystad¹¹. Ook worden Nederlandse boeren regelmatig benaderd voor tests en feedback met nieuwe machines.

Voordelen hiervan zijn dat Nederlandse telers vaak al vroeg de mogelijkheid hebben om nieuwe technieken uit te proberen en op te pakken. Dit kan helpen bij versnelling in adoptie, en als gevolg daarvan versnelde doorontwikkeling van innovaties, waarin ook de wensen van Nederlandse telers kunnen worden meegenomen. Een bredere adoptie van nieuwe technieken onder Nederlandse boeren blijft echter vaak achter.

Daar tegenover kan gesteld worden dat buitenlandse fabrikanten die zich meer op een niche-markt bevinden (zoals niet – kerende grondbewerking en vastgrondteelten), soms de Nederlandse markt juist te klein en niet interessant genoeg vinden. Dit kan groei en verdere innovatie in dergelijke teeltsystemen juist in de weg zitten.

6.1 Knelpunten en oplossingen voor adoptie in de Nederlandse biologische- en natuurinclusieve landbouw

Aan de hand van de gepresenteerde technieken en de reacties van experts hebben we inzicht gekregen in waar veel ontwikkeling zit en waar ontwikkeling nog stukt terwijl er wel vraag is. Ook worden er een aantal factoren duidelijk waaraan een innovatie moet voldoen om interessant te zijn voor Nederlandse biologische- en natuurinclusieve telers, én voor een wat kleiner bedrijfsformaat.

We hebben internationale technieken gevonden. In hoofdstuk 6 zijn technieken met veel potentie uitgelicht en aan de hand van een aantal factoren is aangegeven waar kansen en knelpunten liggen.

Terugverdientijd

Er is vanuit zowel de biologische- als gangbare hoek al veel interesse voor alternatieve onkruidbeheersingsmethoden die minder arbeid vereisen. Wat wieden betreft: als je dankzij een bepaalde techniek of een robot geen mensen op een wiedebed meer nodig hebt, wordt het direct interessant. De experts vragen zich af: worden deze apparaten over een jaar of vijf goedkoper, als er meer verkocht zijn? Voor de kleinste bedrijven zijn veel van de innovaties qua investeringskosten en terugverdientijd buiten bereik.

De algehele indruk is dat oplossingen die dicht bij de huidige praktijk liggen, effectief blijken te zijn en waarbij de terugverdientijd van de investering goed is, de meeste kans maken om opgepikt te worden. Voorbeelden zijn onkruidbeheerstechnieken zoals kneusrollen, elektrocutie, onkruid trekken of maaien en slimme werktuigen, hoewel de laatste vaak al duurder zijn. Ook zal de interesse voor autonome (en autonoom gemaakte) trekkers waarschijnlijk geleidelijk toenemen.

Ook laser-wieden heeft voor Nederlandse telers veel potentie maar nu nog te duur. Zeker voor midden- en kleinbedrijven. Laser is vooral interessant voor bepaalde gewassen die anders mechanisch moeilijk schoon te

¹¹ De Bionalan Tig'air onkruidtrekker.

houden zijn omdat ze minder dicht groeien, zoals peen en ui. Bij lasertechnologie is het bekende hoge verbruik van (fossiele) brandstoffen wel een afweging.

Inzetbaarheid

Een tweede punt is de inzetbaarheid van machines, met name dure machines zoals robots. Een investering zal eerder terugverdiend zijn als een machine gedurende het seizoen meerdere bewerkingen kan uitvoeren (bijv. niet alleen wieden maar ook grondbewerking, zaaien, zieke planten detecteren en vogelnesten herkennen).

Autonoom is nog niet 100% autonoom

Op dit moment laten veel verschillende bedrijven en tech-startups, robots zien. Het aantal robots dat echt commercieel gebruikt wordt door boeren is echter nog laag. Veel robots kunnen nog niet goed genoeg om met de grote variatie die er in de praktijk is. Robots missen nog de capaciteit om hun eigen werkkwaliteit te beoordelen, én die dan ook (positief) te beïnvloeden. Hierdoor is er in de praktijk nog altijd iemand bij de robot nodig die de werkkwaliteit in de gaten houdt en de robot waar nodig bijstelt. Ook moet er iemand bij zijn om de robot na een storing weer op te starten, dit kunnen ze nog niet zelf.

Knelpunten rondom regelgeving

Een andere barrière is wet- en regelgeving rondom autonome voertuigen: Mag een voertuig in de nabije toekomst zonder toezicht rijden op- of naar het veld? Nu is het zo dat dat alleen is toegestaan als er een hek of een sloot rondom de hele akker staat of ligt. Dit maakt de aanschaf en het gebruik van autonome voertuigen ook minder interessant voor boeren.

Hetzelfde geldt voor de detectie van akker- en weidevogelnesten en andere innovaties zoals het uitzetten van natuurlijke vijanden met drones. De wetgeving rondom drones maakt het in gebruik nemen van deze technologie in sommige gebieden in Nederland nog lastig. Een gemoderniseerde wetgeving zal ook hier bijdragen aan een bredere adoptie.

Preventie en bestrijding van ziektes en plagen

Wat biologische ziekte- en plaagbeheersing betreft, maken de experts zich zorgen over het bijna geheel ontbreken van gebruiksklare oplossingen. Het spuiten van fungiciden- en insecticiden is een curatieve oplossing waarvoor nog geen goed alternatief is in de biologische ziektebestrijding. De 'curatieve toolbox' voor biologische telers is zo goed als leeg, en ze zien hun oogst soms verdampen. Sommige bio-telers grepen in de natte zomer van 2024 zelfs terug naar gangbare gewasbeschermingsmiddelen tegen schimmelziektes om nog wat te kunnen oogsten.

Om de verspreiding van gewasziektes- en plagen te beperken in de biologische- en natuurinclusieve landbouw, moeten we inzetten op betere *preventie* van ziektes en plagen door een vroege detectie, gevolgd door een actie; de zieke plant doden. *Curatieve* oplossingen zijn o.a. het verwijderen van plaaginsecten. Zo wordt de 'coloradokeverklapper' momenteel getest om ook andere plaaginsecten te verwijderen (4.2.2). Sommige experts zijn echter bang dat het 'bewegen' van zo'n machine juist de verspreiding van schimmelziektes in de hand kan werken. Een curatieve oplossing tegen schimmelziektes die potentie heeft, is het behandelen van zieke planten met bijvoorbeeld UV-C licht tegen meeldauw, alternaria, fusarium en phytophthora. Het is momenteel niet voldoende duidelijk of deze toepassing in open teelten effectief kan werken. Hier is in het verleden wel al onderzoek naar gedaan (Lamers & Topper, 2010).

Tot slot

Uit dit onderzoek blijkt dus dat de terugverdientijd van de investering, de mate van uitontwikkeld zijn van technologie en wetgeving knelpunten zijn. Ook de afwezigheid van effectieve tijdige ziektedetectie en curatieve ziekte- en plaagbestrijding in de biologische landbouw leidt tot aanhoudende uitdagingen waardoor boeren de stap naar biologisch telen niet durven maken, of zich zelfs gedwongen voelen terug naar gangbare landbouw te gaan.

Het oplossen van bovenstaande knelpunten zal naar alle waarschijnlijkheid bijdragen aan een bredere adoptie van robots in de praktijk.

7 Afwegingen rond duurzaamheid

Data-intensieve technologie

Er zijn steeds meer machines op de markt die elektrisch worden aangedreven, soms met zonnepanelen, en die moderner, lichter en slimmer worden. Maar het verminderen van dieseluitstoot is niet het enige dat een machine duurzamer maakt. Het genereren, opslaan en analyseren van data (online) kost ook veel energie.

Algoritmes genereren en analyseren steeds meer data. Het draaien van (zware) algoritmes kost behoorlijk veel energie. Die energie is op locatie onzichtbaar omdat hij elders wordt verbruikt, in datacenters waar dag en nacht computers aan het rekenen zijn. Er komt langzaam steeds meer informatie beschikbaar over het energieverbruik door algoritmes en kunstmatige intelligentie. Het is belangrijk om integraal te kijken naar de introductie van nieuwe technologieën: misschien merkt men er op het land niet direct iets van, maar zijn ze onder de streep wel echt duurzamer? Het energieverbruik van algoritmes op geavanceerde landbouwvoertuigen moet naast dieselgebruik worden gelegd. (Ook verminderd gebruik van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen dankzij precisie- en datagedreven landbouw heeft misschien een optimum: als de winst weinig is, is het data- en energieverbruik misschien relatief zo hoog dat het niet uit kan). Datagebruik is een aspect dat niet vergeten mag worden in duurzaamheidsanalyses van nieuwe toepassingen.

Fossiele- brandstofverbruik

Hoewel steeds meer mensen voorstander zijn van biologisch geteeld voedsel zonder chemie, moeten we het dieselverbruik van machines niet vergeten. Er is een vraag gesteld vanuit een landbouwcollectief om fossielvrij te werken. In het bijzonder de tractor is moeilijk fossielvrij te krijgen. In verband met impact elders op de wereld is een overstap naar op batterijen werkende machines ook iets om kritisch mee om te gaan.

Er zijn wel al enkele machines op zonnepanelen beschikbaar, die in dit rapport zijn opgenomen. Het is bij veel biologische technieken inderdaad belangrijk om de uitstoot van fossiele brandstoffen ook mee te nemen, omdat die in veel gevallen hoger is dan bij gangbare landbouw (dit komt voornamelijk door zwaardere grondbewerkingen zoals schoffelen t.o.v. spuiten). Het energieverbruik van andere alternatieve onkruidbestrijdingsmethoden is belangrijk om mee te nemen.

Innovatieve vormen en lichte frames van sommige nieuwe werktuigendragers bieden mogelijkheden om totaal anders te gaan werken. Autonoom rijden kan ook met minder energie, als de machine met lagere snelheid een bewerking kan doen.

Energiegebruik

De geïnterviewde telers zijn allemaal geïnteresseerd in minder energie gebruiken. Ze kijken hier kritisch naar op zowel de individuele machines als op systeemniveau. Machines die veel energie gebruiken, zoals bij elektrocutie van onkruid, hebben niet hun voorkeur, zeker niet voor volvelds planten doden. Liefst moet de machine minder energie gebruiken dan de machine die ze nu hebben. In veel gevallen is de huidige referentie een gewasbeschermingsmiddel en helaas gebruiken veel *high tech* innovaties meer energie dan de huidige spuit.

Teelt- en landbouwhandelingen die veel energie vereisen hebben ook niet de voorkeur van telers. Grondbewerking en irrigatie zijn de twee elementen die het vaakst terug komen op dit gebied. Grondbewerking is een groot aandachtspunt, en toenemende kennis groenbemesters en het belang van bodemleven bieden mogelijkheden om het in de toekomst anders te doen. Alternatieve technieken zoals niet-kerende grondbewerking kunnen hier een oplossing voor zijn, maar niet alle boeren zijn hierin geïnteresseerd. Deze technieken kunnen energie besparen bij het inzaaien van zowel groenbemesters als voor het hoofdgewas (bijv. mais, uien, bieten) omdat geen grondbewerking meer nodig is. In regeneratieve landbouw worden energieverbruik en kosten van grondbewerking als nevenargumenten genoemd om minder grondbewerkingen te doen, en wordt de boer uitgedaagd om naar winstgevendheid (dus ook verminderde uitgaven) te kijken in plaats van naar gewasopbrengst per hectare.

8 Advies

Uit dit onderzoek komt een aantal interessante technieken naar voren. Wel wordt duidelijk dat de terugverdientijd van de investering, de gereedheid van de techniek en de wetgeving nog knelpunten vormen voor de implementatie ervan in de praktijk. Het aanpakken van deze knelpunten zal waarschijnlijk bijdragen aan een bredere inzet van innovatieve technieken in de biologische- en natuurinclusieve landbouw.

Hoe kunnen kansrijke nieuwe technieken nu worden (door)ontwikkeld en succesvol opgepakt door biologische- en natuurinclusieve telers in Nederland? Waarom is een verbinding met faciliteiten als NPPL en Boerderij van de Toekomst daarbij nuttig? In dit hoofdstuk geven we suggesties richting de sector om technieken verder door te ontwikkelen en voor boeren om ze gemakkelijker op te pakken. Daarna geven we een advies richting de overheid waar sturend beleid nodig is om in de juiste richting door te ontwikkelen en hoe om te gaan met subsidies, regelgeving en kennisverspreiding.

8.1 Advies aan de sector

Terugverdientijd verbeteren (boeren en fabrikanten, evt. overheid)

Voor een aantal veelbelovende technieken is de terugverdientijd te lang om de investering te maken, zeker voor wat kleinere boeren met kleinere percelen. Maar er zijn zeker mogelijkheden om de terugverdientijd van machines te verkleinen of het gewicht van de investering te verdelen. Voorbeelden hiervan zijn:

- Delen van machines met telers in de buurt (indien de periode van gebruik/seizoen dit toelaat);
- Het inzetten van een machine door een loonwerker of 'as-a-service' in plaats van aanschaf door de teler zelf;
- De machine breder inzetten en zorgen dat deze zoveel mogelijk arbeidsuren draait. Dit kan op verschillende manieren: de machine voor meerdere toepassingen gebruiksklaar maken, vaker inzetten, onderling uitlenen zijn hier voorbeelden van.
- Een laatste optie is aantrekkelijke leningen of subsidies vanuit de overheid om de investeringskosten te drukken of de terugverdientijd te overbruggen.

Autonomie van robots verbeteren (fabrikant)

Er zijn twee oplossingsrichtingen die het nog niet volledig autonoom werken van robots tackelen. De eerste is om te accepteren dat de robot niet 100% autonoom is, en niet zonder toezicht kan. Toezicht van een operator is geen probleem als de capaciteit groot genoeg is, zodat de arbeidsefficiëntie van de operator hoog is. Dit kan zelfs betekenen dat de robot helemaal geen robot hoeft te zijn. Een voorbeeld hiervan is de evolutie die Ecorobotix doorgemaakt heeft. Zij kwamen eerst op de markt met een kleine autonome lichte robot, maar deze had te veel praktische problemen. Nu is Ecorobotix succesvol met een brede, in de hef van de trekker gedragen, variant van hun eerste idee. Dit vraagt wel een trekker en chauffeur, maar toch vervangt de machine nu zo'n 80% van eerder benodigde arbeid. Daarnaast is de arbeid voor de operator aangenamer; in plaats van door het veld te lopen, zit de operator nu comfortabel in de cabine.

Een ander voorbeeld hiervan is de Andela ARW-912. Dit is wel een zelfrijdend platform, dus er is geen trekker nodig. Maar waar veel robots een werkbreedte hebben van een of twee meter, heeft de robot van Andela een werkbreedte van negen meter en twaalf identieke werkarmen. Dat de machine nog steeds een operator behoeft die in de buurt blijft en toezicht houdt, is hierdoor geen probleem. Ook hier geldt dat de arbeidsbesparing van ongeveer 80% voldoende is om bedrijfseconomisch interessant te zijn.

De tweede oplossingsrichting gaat ervanuit dat de robots in de toekomst zelf hun eigen werkkwaliteit kunnen meten, zodat de robot hier zelf actie op kan ondernemen. Als eerste kan de robot stoppen en om hulp vragen als de werkkwaliteit te laag wordt. De operator kan dan andere werkzaamheden doen tenzij de robot om hulp

vraagt. In een tweede fase kan de robot zelf corrigerende acties ondernemen om de werkkwaliteit hoog te houden. Dan is nog minder interactie met de operator nodig.

Van deze oplossingsrichting zijn nog geen voorbeelden op de markt, maar op de Agritechnica beurs¹² waren bij meerdere fabrikanten voorbeelden te zien van sensoren op werktuigen. Deze sensoren moeten de kwaliteit van het werktuig waarnemen. In de ontwikkelfase zijn fabrikanten dus wel bezig met de eerste generatie “slimme werktuigen” (*smart implements*). Wel is het zo dat dit nu nog met name geldt voor simpele problemen op simpele werktuigen. Om ook meer complexe fouten en op meer complexe machines waar te nemen is nog veel, ook fundamenteel, onderzoek nodig. Deze technologie zal een intensief dataverbruik hebben.

Verder doorontwikkelen van technieken (fabrikant, wetenschap)

Andere kansrijke nieuwe technieken die uit dit onderzoek komen zijn: onkruidbestrijding met lasers, elektrocutie en branden. Deze technieken zijn in hun huidige vorm al vrij ver uitontwikkeld, maar hebben nadelen. De grootste praktische nadelen van deze technieken zijn aanschafkosten en energieverbruik. Doorontwikkeling om dergelijke of liefst vergelijkbare oplossingen te genereren met een aanzienlijk lager energieverbruik is zeer gewenst.

In het onderzoek en uit de expertinterviews kwamen al interessante en min of meer vergelijkbare alternatieven aan bod die misschien minder energie verbruiken: een korte harde waterstraal, een microdosis hete plantaardige olie, zandstralen, of een soort lasertechniek met waterstof. Deze technieken zijn nog niet commercieel verkrijgbaar in Nederland en moeten nog worden doorontwikkeld. Er werd wel genoemd dat de machine bij dergelijke technieken perfect moet kunnen richten op het hart van de onkruidplant, omdat ze anders niet effectief is. Een slecht gemikte waterstraal kan de onkruidplant zelfs een voorsprong geven.

Standaardisatie en inzetbaarheid (fabrikant)

Een ander punt dat altijd belangrijk blijft bij innovatie en techniek, en met name voor adoptie en implementatie, is standaardisatie van werktuigen en communicatie tussen het voertuig en het werktuig. Zolang fabrikanten welwillend zijn om deze elementen te standaardiseren, wordt het ook gemakkelijker voor de teler om nieuwe technieken aan te kopen, en kan men zelf verschillende combinaties van leveranciers maken.

De inzetbaarheid van een machine vergroten verkort de terugverdientijd. Denk aan grondbewerking, zaaien, schoffelen, zieke planten detecteren en vogelnesten herkennen, of enkele combinaties hiervan. De Pixelfarming robot heeft hier veel potentie, maar is op het moment van schrijven eigenlijk nog niet voldoende uitontwikkeld voor ‘de gewone teler’, die niet in de voorhoede met techniek bezig is.

Curatieve ziekte- en plaagbestrijding (wetenschap/fabrikanten)

Wat ziekte- en plaagbestrijding betreft: veel alternatieve ziekte- en plaagbestrijdingsmethodes staan nog in de kinderschoenen en kunnen verder doorontwikkeld worden. Een voorbeeld is het uitbreiden van de ‘coloradokevervanger’ om ook andere plaaginsecten te vangen. Hier loopt wel wetenschappelijk onderzoek naar (zie 4.2.2). Experts benoemden wel dat het ‘bewegen’ in het gewas de verspreiding van aanwezige plantenziektes zoals phytophthora kan verergeren.

Een andere techniek die potentie heeft voor verdere doorontwikkeling is UV-C licht bij valse meeldauw in ui, vroeg in het teeltseizoen. Ui is vooral vroeg in het seizoen geen dicht gewas, daarom biedt de technologie hier mogelijk perspectief. De belichting met UV-licht zou valse meeldauw effectief kunnen bestrijden in combinatie met een attenderingssysteem dat de kans op sporenvorming van valse meeldauw in kaart brengt. Dit vermindert het aantal keren dat een machine ‘s nachts het land op moet aanzienlijk. Hier is op kleine schaal mee geëxperimenteerd (Lamers en Topper, 2010), maar meer onderzoek hiernaar heeft potentie voor interessante resultaten. Factoren zoals weersomstandigheden en de dichtheid van ui in een later groeistadium maken het uitdagend om goed met het UV-C licht de gehele plant te behandelen. Alle sporen moeten geraakt worden voor een effectieve bestrijding.

¹² In november 2023 in Hannover

Regionale kennis- en innovatiegroepen voor boeren

Een structuur van studiegroepen, bijvoorbeeld rondom specifieke teelten en thema's die daarin spelen, kan een hele versnelling opleveren in adoptie van nieuwe methodes en technieken. In zo'n studiegroep kunnen telers elkaar ondersteunen en kennis delen bij het verkennen van nieuwe technologie.

Studiegroepen kunnen bijvoorbeeld vormgegeven worden met innovatielocaties waar een studiegroep omheen georganiseerd wordt. Zo wordt het ook mogelijk om de inspanningen van een bedrijf in de adoptie in de praktijk te zien, snel te delen en eventueel te kopiëren (olievlekwerking). Een andere mogelijkheid is om innovatielocaties te organiseren rondom een maatschappelijk thema en daar een gebiedsgerichte aanpak aan toe te voegen. Voorbeelden zijn bijv. studiegroepen binnen gebiedsgerichte aanpak rondom zoet/zout water, rondom veenweiden of "landbouw- inclusieve natuur".

8.2 Advies aan beleidsmakers

Ook vanuit de overheid zijn er mogelijkheden om de doorontwikkeling en adoptie van technieken voor de biologische- en natuurinclusieve landbouw gericht te stimuleren. In de tekst hieronder een aantal suggesties voor beleidsmakers.

Moderniseren van wet- en regelgeving

Aangepaste wetgeving rondom autonome machines en drones voor de landbouw kan een belangrijke bijdrage leveren aan een versnelde verspreiding- en opname van nieuwe technologieën in Nederland, en kan voorkomen dat de ontwikkeling van nieuwe technologieën stagneert.

De huidige wetgeving werkt op een aantal fronten de doorontwikkeling en introductie van innovaties voor de (natuurinclusieve- en biologische) landbouw in Nederland tegen. Ter illustratie een fragment uit een nieuwsbrief¹³ over autonome trekkers:

"Voor fabrikanten van ombouwsets die eigendom zijn van- of samenwerken met trekkerfabrikanten, geldt vaak dat ze vooralsnog niet in Europa leveren, naar eigen zeggen opnieuw vanwege wet- en regelgeving. Denk aan Bear Flag Robotics (John Deere), JCA Technologies (Agco/PTx Trimble) en Raven (CNH Industrial). Het grote voordeel van een autonome of tot autonome uitvoering omgebouwde standaard trekker, is dat deze zonder beperkingen ook met bestuurder in te zetten is. Je kunt zo'n trekker dus gewoon zelf over de openbare weg van het ene naar het andere perceel rijden. En je kunt 'm naast onbemande werkzaamheden ook gebruiken voor bemande bewerkingen."

Het is duidelijk dat in dit geval de Europese wetgeving de introductie van innovaties uit het buitenland (zoals USA en China) in de weg zit. Voor drones geldt hetzelfde; innovaties rondom drones komen lastig van de grond door strenge wetgeving, wat de markt en de ontwikkeling van innovatieve dronetoepassingen in de Nederlandse landbouw vooralsnog klein houdt.

Kennis naar boeren, loonwerkers en adviseurs brengen

Hoe kan de verbinding worden gelegd met praktijkinitiatieven en telers? Hoe kunnen we de boeren stimuleren en leerprocessen faciliteren?

Het is belangrijk om te kijken wat in de voorhoede al is getest. Deze innovaties bereiken daarmee nog niet vanzelfsprekend de boeren die niet in de voorhoede zitten. Het kan zinvol zijn om innovaties daarom alsnog in een proefbedrijf-setting testen, om verdere verspreiding van kennis te bevorderen. Ook testen op verschillende bodemsoorten kan helpen om meer interesse te wekken bij telers. Daarnaast moet er ook op het boerenerv geëxperimenteerd worden met machines om echt interesse bij boeren te wekken. Een demonstratie van een machine is niet voldoende, omdat de teler vooral wil zien hoe het op zijn bedrijf, in zijn eigen grond en teelten werkt.

¹³ <https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/autonome-trekker-of-veldrobot-wie-neemt-het-stuur-over-1/>

Het inrichten van innovatielocaties en/of field labs is belangrijk om technologie in eerste instantie bij de teler te krijgen. Dat is onmisbaar om de toegevoegde waarde van een technologie in de bedrijfsvoering te testen. Op innovatielocaties komen allerlei zaken bij elkaar. Bijvoorbeeld maatschappelijke uitdagingen, die bijvoorbeeld met de nieuwe technieken deels kunnen worden opgelost. Voor kleinere telers kunnen zulke locaties ook leiden tot contacten, coöperaties en organisaties waarin ze een machine lokaal kunnen delen. Dit zou een oplossing zijn om de hoge investeringskosten te overbruggen (zie ook 9.1).

Er zijn al programma's waarin deze elementen terugkomen. Voorbeelden zijn NPPL (de Nationale Proeftuin Precisielandbouw), de Boerderij van de Toekomst en dan met name de voucherregeling, Crkls en Groen Kennisnet. Ook zijn er al demobedrijven voor verschillende technieken. NPPL en Boerderij van de Toekomst zijn bij uitstek geschikt om verder nieuwe innovaties te testen. De nieuwe technieken uit dit rapport kunnen via deze programma's direct bij de boer op het erf geïntroduceerd worden. Dit gebeurt in samenwerking met tech-fabrikanten, eindgebruikers (boeren) en met ondersteuning van onafhankelijke WUR- experts en media. Gezamenlijk beoordelen zij de techniek voor gebruik in de Nederlandse landbouw. NPPL en de Boerderij van de Toekomst hebben uitstekende communicatiekanalen en een trouwe schare volgers. Ze staan bekend om hun eerlijke communicatie over bepaalde technieken en teeltmethodes, en waarom deze wel of niet hebben gewerkt in de proef.

Verder is als onderdeel van de NPPL jaren geleden al een agenda ontwikkeld voor de zogenaamde "last mile" van innovaties: het introduceren en bestendigen van de innovaties op het boerenerf. In deze knelpuntenanalyse¹⁴ zijn elf verbeterdoelen voor adoptie en doorontwikkeling van precisielandbouw genoemd, die in de meeste gevallen ook van toepassing zijn op de ontwikkeling van de technieken uit dit rapport.

Een belangrijk knelpunt uit dit rapport was een gebrek aan ondersteuning vanuit leveranciers, en soms ook vanuit kennisinstellingen. Het concept van NPPL, waar nieuwe technologieën op een (proef)bedrijf worden getest in operationele omgeving en waarover eerlijk wordt gerapporteerd, heeft al bijgedragen aan snellere adoptie en verbeteringen vanuit de fabrikant. Hier zijn verschillende voorbeelden van. Een flankerend ondersteuningsprogramma zoals NPPL kan dus van grote waarde zijn voor goede introductie van innovatieve techniek in de natuurinclusieve- en biologische landbouw. Er zit al een aantal natuurinclusieve- regeneratieve en biologische telers bij het project; het publiek is erg divers.

Een suggestie is om hier bijvoorbeeld zogenaamde kennisvouchers voor beschikbaar te stellen.

Hieronder samengevat een aantal kenmerken van communicatie naar eindgebruikers via projecten als NPPL en Boerderij van de Toekomst (TRL 8-9):

- NPPL: Fabrikanten en eindgebruikers testen en optimaliseren technieken samen onder begeleiding van experts en met communicatie via Misset in vakbladen en nieuwsbrieven.
- NPPL en BvdT-voucherregelingen leveren ook inzichtelijkheid in behoeftes van de eindgebruiker. Het is van belang dat de behoeftes vanuit de agrarische sector en de overheid duidelijk worden gecommuniceerd richting het bedrijfsleven, zodat innovaties gericht kunnen worden ontwikkeld of indien nodig bijgestuurd.
- De communicatie door media en vakbladen, in combinatie met open dagen, veldtests en webinars helpt om kennis over nieuwe technieken verder te verspreiden in de sector.

Andere communicatiekanalen die kunnen worden ingezet voor verdere verspreiding van de kennis uit dit rapport zijn:

- HAS- opleidingen;
- BioLa;
- Bestaande boerenstudiegroepen of eventueel door de overheid gesteunde studiegroepen (zie 9.1);
- Voucherregelingen (BvdT). Hierboven al kort genoemd: Vouchers verstrekken aan boeren om technologie die gebruikt wordt op de BvdT naar de boeren brengen.

¹⁴ van der Wal, T., Kempenaar, C., & Vullings, L. A. E. (2020). *Nationale Agenda Precisielandbouw: knelpuntenanalyse: een studie in het kader van de Nationale Proeftuin Precisie Landbouw (NPPL)*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/522260>

Subsidies voor doorontwikkelen en verspreiden van technieken

Overheidssubsidies of aantrekkelijke leningen kunnen een zeer stimulerend middel zijn voor boeren om investeringskosten te drukken en de terugverdientijd te verkorten, waardoor ze gemakkelijker investeren in nieuwe technologie (zie ook 9.1).

Doorontwikkelen om de marktrijpheid en effectiviteit van technieken te verhogen kan worden ondersteund of gestimuleerd door gerichte subsidies richting het bedrijfsleven, al dan niet in combinatie met onderzoeksprojecten zoals PPS-en. Daarnaast is communicatie naar de sector over interessante technieken die marktrijp zijn belangrijk.

Hieronder enkele voorbeelden van (ook hierboven genoemde) initiatieven die gesubsidieerd kunnen worden ten behoeve van doorontwikkeling en verspreiding van nieuwe technieken:

- Gerichte subsidies naar bedrijfsleven (TRL 8-9):
 - Subsidies die gericht zijn op het gebruiksvriendelijker, marktrijper en geschikter maken van (bepaalde onderdelen van) bestaande innovaties voor Nederland.
 - Subsidies om technieken te helpen vermarkten.
- Test- en demonstratielocaties, -bedrijven en projecten (TRL 8-9):
 - Bestaande test- en demoprogramma's zoals NPPL en BvdT, en demonstratiebedrijven blijven voeden met nieuwe wensen, en de thema's scherp en actueel houden. NPPL krijgt vanaf 2025 ook de thema's robotisering en biodiversiteit mee. Deze sluiten goed aan op dit rapport.
- Initiatief nemen voor boerenkennisgroepen:
 - Innovatielocaties inrichten of middelen aanbieden voor ondersteuning en hier de beschreven technieken demonstreren.

Techniek als middel, niet als doel

Tenslotte, techniek moet een middel blijven om een doel gemakkelijker te behalen. Om aan natuurinclusieve- of biologische landbouw te doen, zijn bepaalde methodes vereist waar techniek een handig hulpmiddel bij is. Maar de techniek zelf moet niet het doel zijn. Voor de introductie van technologische innovaties staat dat doel ook op het erf bovenaan: het moet gemak of nut leveren, liefst beide. Vaak zijn dan de kosten ook minder een probleem. Ook investeren om te voldoen aan normen voor omgevingsprestaties (*licence to operate*) of productkwaliteit (*licence to produce*) vallen onder het nut, als basis voor continuïteit van het bedrijf.

Literatuur

- Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R., Chamen, W.C.T., Reicosky, D.C., Ribeiro, M.F.S., Justice, S.E. and Hobbs, P.R. (eds.). 2007. No-Tillage Seeding in Conservation Agriculture. 2nd ed. CABI, Wallingford, UK.
- Blösch, S., Batáry, P., Zellweger-Fischer, J., & Knop, E. (2023). A systematic review on the effectiveness of crop architecture-related in-field measures for promoting ground-breeding farmland birds. *Journal for Nature Conservation*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126515>
- Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Hongwen, L. (201) Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *Int J Agric & Biol Eng*, 2010; 3(1). DOI: 10.3965/j.issn.1934-6344.2010.01.0-0
- Derpsch, R., Franzluebbers, A.J., Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny W.G., Sá, J.C.M. and Weiss, K. 2013. Why do we Need to Standardize No-tillage Research? Letter to the Editor in: *Soil & Tillage Research* 137: 16-22.
- Desbiolles, J., Taki, O. and Butler, G., (2020), A laboratory evaluation of waterjet cutting of crop residue using the *Aqua-Till®* liquid coulter, *Soil and Tillage Research*, volume 198, April 2020, <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104537>
- Dewar, Alan M. , and Qi, Aiming. (2021). The Virus Yellows Epidemic in Sugar Beet in the UK in 2020 and the Adverse Effect of the EU ban on neonicotinoids on sugar beet production.
- Europees Parlement en de Raad van de Europese Unie, 2018. Verordening (EU) 2018/848 van het Europees Parlement en de Raad, van 30 mei 2018, inzake de biologische productie en de etikettering van biologische producten en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 834/2007 van de Raad. Publicatieblad van de Europese Unie, 14-6-2018.
- Israel, M., & Reihard, A. (2017). Detecting nests of lapwing birds with the aid of a small unmanned vehicle with thermal camera. *International Conference on Unmanned Aircraft Systems*, 1199–1207
- Jones, J. D. G., & Dangl, J. L. (2006). The plant immune system. *Nature*, 444(7117), 323–329. <https://doi.org/10.1038/nature05286>
- Kassam, A., Derpsch, R. & Friedrich, T., (2021), Development of Conservation Agriculture Systems Globally. *Journal of Agricultural Physics*, Vol.21 No.1, pp. 10-51.
- Kool, J. and Stokkermans, T. (2023). Getting 10x better, Verkenning van uitdagingen in de technologie voor de natuurpositieve landbouw, <https://edepot.wur.nl/644269>
- Lamers, J. G., & Topper, C. G. (2010). De bestrijding van valse meeldauw in ui door middel van UV-C licht. *Praktijkonderzoek Plant & Omgeving*. <https://edepot.wur.nl/181204>
- Jason Lanoue, Evangelos D. Leonardos, Bernard Grodzinski, 2019. 4.68 - Artificial Lighting Technologies for Agricultural Production. *Comprehensive Biotechnology (Third Edition)*, Pergamon, Pages 818-832, ISBN 9780444640475, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64046-8.00468-7>.
- Martelloni, L., Frascioni, C., Sportelli, M., Fontanelli, M., Raffaelli, M. and Peruzzi, A. (2021) "Hot foam and hot water for weed control: A comparison", *Journal of Agricultural Engineering*, 52(3). doi: 10.4081/jae.2021.1167.
- Pleasant, Jane (2006). "The science behind the Three Sisters mound system: An agronomic assessment of an indigenous agricultural system in the northeast". In John E. Staller, Robert H. Tykot, and Bruce F. Benz. *Histories of maize: Multidisciplinary approaches to the prehistory, linguistics, biogeography, domestication, and evolution of maize*. Amsterdam. pp. 529–537.
- Rydmer, K., Jansson, S., Still, L., Beck, B.D., Chatzaki, B., Olsen, K., Van Hoff, B. Grønne, C., Meier, J. K., Montor, M., Schmidt, I. K., Kirkeby, C., Smith, H. G., & Brydegaard, M. (2024). Photonic sensors reflect variation in insect abundance and diversity across habitats. *Ecological Indicators*, 158, 111483. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111483>
- Santangeli, A., Chen, Y., Klun, E., Chirumamilla, R., Tiainen, J., & Loehr, J. (2020). Integrating drone-borne thermal imaging with artificial intelligence to locate bird nests on agricultural land. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67898-3>
- Santangeli, A., Di Minin, E., & Arroyo, B. (2014). Bridging the research implementation gap - Identifying cost-effective protection measures for Montagu's harrier nests in Spanish farmlands. *Biological Conservation*, 177, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.06.022>

- Schuurmans, J. 2023, <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:eadd5ba1-d1f4-4afb-bf74-6ce687345188>
- Tigchelhoff, F., Kempenaar, C., Nysten, S., Booij, J., (2021), Toepassing van Bodemscans voor Smart Farming, AERES (<https://edepot.wur.nl/550492>)
- Voermans, J.A.M., Harkink, H.J. (1975) Organisatorische aspecten van de teelt van mais na een voorgewas, IMAG, publikatie 36
- Walsh, M., Powles, B., (2022) Harvest weed seed control: impact on weed management in Australian grain production systems and potential role in global cropping systems, crop & pasture Science, doi:10.1071/CP21647

Bijlage 1 Overige innovaties beschikbaar in Nederland

Om te weten welke technieken interessant zijn voor de natuurinclusieve- en biologische landbouw in Nederland, is het ook interessant om te weten welke innovaties al in Nederland gebruikt worden. Nederland loopt, wat landbouwinnovaties betreft, eigenlijk al in de voorhoede. In deze bijlage volgt een overzicht van innovaties die in Nederland ontwikkeld zijn of die al in Nederland worden ingezet en enige bekendheid hebben.

Onkruidbeheersing: autonome voertuigen en robots

Nieuwere, meer natuurinclusieve vormen van landbouw zetten de boer voor uitdagingen. Mechanische onkruid- en plaagbeheersing zijn nodig als minder chemische gewasbeschermingsmiddelen kunnen worden gebruikt. In Nederland is in 2023 binnen het programma NPPL een bestaande trekker van het merk Steyr getest, die door het bedrijf *GPX solutions* ofwel *iQuus*, autonoom gemaakt is¹⁵. Ook de voertuigen uit Tabel 7 hieronder zijn al eens in Nederland gedemonstreerd of getest, maar nog niet tot nauwelijks verkocht aan telers.



Figuur 13 : De autonome Steyr voerde succesvol een grondbewerking uit bij een NPPL-teler, er zit niemand in de cabine. (Bron: Doorgrond.nl, Nationale Proeftuin Precisielandbouw)

De bedrijven Odd.bot en Steketee/Lemken met de IC-weeder-AI hebben autonome wiedrobots op de markt in Nederland. In andere landen binnen en buiten Europa is ook volop ontwikkeling te zien op het gebied van autonoom wieden. Hiervoor worden vele verschillende technieken ingezet, zie ook hoofdstuk 3.

Tabel 7 : Enkele voorbeelden van autonome voertuigen en wiedrobots van Nederlandse bodem, of redelijk bekend in Nederland

Toepassing	Technologie	Gewas	Merknaam	Bedrijf	Prijs	Land	TRL
Lichtgewicht gewasverzorgingsmachine (1.9t, nu 3m werktuig) op zonnepanelen	Mechanisch/ vergelijkbaar met trekker	Akkerbouw/ tuinbouw	E-Horse	Van der Veen Farming Innovation	€100k	NL	7
Autonoom werktuigdragend voertuig, zonder cabine	Mechanisch/ vergelijkbaar met trekker	Voornamelijk tuinbouw	Robotti	AgroIntelli	€180k	DK	9

¹⁵ Op <https://www.proeftuinprecisielandbouw.nl/steyr-on-tour-in-onstwedde-gert-sterenborg/> lees je de ervaringen met de Steyr.

Autonome werktuigendrager (diesel)	Mechanisch/ vergelijkbaar met trekker	Akkerbouw/ tuinbouw	AgBot 2.055W4	AgXeed	€190k	NL	9
Autonome werktuigendrager voor zware bewerkingen, rupsbanden voor drukverdeling	Mechanisch/ vergelijkbaar met trekker	Akkerbouw/ tuinbouw	AgBot 5.115T2	AgXeed	€320k	NL	9
Bestaande tractor autonoom maken.	Mechanisch/ vergelijkbaar met trekker	Akkerbouw/ tuinbouw	iQuus	GPX solutions BV	€50k	NL	8-9
Autonome wiedrobot	mechanisch	peen	Odd.bot	Odd.Bot	€100k	NL	7
Slimme schoffel (werktuig)	mechanisch (AI)	Tuinbouw, bieten	IC-Weeder AI	Steketee/ Lemken	€127k	NL	9
Autonome wiedrobot 9 m, aluminium, 12 armen	'kookstift'	Rode biet, ui, witlof, peen	ARW-912	Andela	€800k	NL	8-9
Wieden, loofdoeding, ook wortelonkruiden. prototype	electrocucie	Aardappel,	prototype	Andela	n.v.t.	NL	4-5

GPS

Binnen het autonoom maken van voertuigen en landbouwwerktuigen is een precieze positionering van groot belang. Bij verkeerde positionering kan de machine bijvoorbeeld de bewerking op de verkeerde plek uitvoeren, en gemakkelijk schade aan het gewas aanrichten.

De precisie hangt onder andere af van het aantal satellieten, en ook van de aanwezigheid van grond-referentiepunten (dit wordt ook wel RTK-GPS genoemd). Doormiddel van een referentiepunt op de grond, wat veel dichterbij is en daardoor nauwkeuriger, kan de precisie van de satellieten bepaald en eventueel verbeterd worden. RTK-GPS is dan ook de meest nauwkeurige GPS die op dit moment beschikbaar is, en autonome voertuigen zijn daar altijd mee uitgerust. In Nederland is er de GPS-ontvangst meestal goed.

Internationale bedrijven die zich bezighouden met GPS en positionering, zijn onder andere Trimble, Septentrio, Hexagon (NovAtel). Al deze GPS- en positioneringssystemen zijn te koop in Nederland.

UV tegen schimmelziektes

Er zijn voor de glastuinbouw al enkele toepassingen voorhanden waarbij UV-licht schimmelziektes zoals meeldauw kan bestrijden. Nederlandse bedrijven zijn Mycothon BV, CleanLight en Octiva. De laatste heeft robots rondrijden die met UV-licht meeldauw kunnen bestrijden in de glastuinbouw. De TRL is 9 (in de kas).

Coloradokevers oogsten en vernietigen

De coloradokever is een insect dat grote schade veroorzaakt in de aardappelteelt. Ze eten het blad op en dat heeft een negatief effect op de opbrengst. Er wordt in de gangbare teelt veel insecticide ingezet om coloradokevers te beheren. In de biologische teelt is daartoe het middel Spinosad toegelaten. Het alternatief is de larven en kevers van de plant verwijderen.

Rond 1800 bestond dit idee al, en meerdere ontwikkelaars bedachten toen al oplossingen. Een houten kar met houten flappen werd door de aardappelen gereden en deze flappen sloegen de kevers van de plant af, waarna ze in een bak kwamen.



Figuur 14 : Coloradokever-vanger uit 1894

Dit principe is onlangs in Nederland opnieuw in het leven geroepen. De startup *FieldWorkers* heeft een moderne versie van de keurvanger gemaakt. Het werktuig slaat de coloradokevers van het blad af, waarna ze in een bak worden opgevangen en afgevoerd. De technologie lijkt zowel de larven als de kevers goed te vangen en bevat goed bij telers die ermee hebben geëxperimenteerd.



Figuur 15 : Het Fieldworker systeem in actie (Bron: Fieldworkers)

Weidevogels

Bij een natuurinclusieve- en biologische landbouw hoort ook het beschermen van biodiversiteit (diverse flora en fauna) op de akker. Handelingen op de akker kunnen de biodiversiteit bedreigen. Door detectie en actie kan dit beperkt worden.

In Tabel 8 staan de grootste spelers in Nederland op dit gebied samengevat.

Tabel 8: Overzicht van de grootste spelers in Nederland op het gebied van weidevogelbescherming met een behulp van een drone.

Bedrijfsnaam	RGB + Warmte	RTK-GPS	Opmerking
Dronemata	Ja	Nee	Inspecteren ook op reekalfjes voor het maaien. Kalfjes worden dan buiten het veld gelegd.
Dronexpert	Ja	Ja	Gebruikt de software van robot-nature.
De Friese vogelwachten	Ja	Ja	Hebben in 2022 en 2023 data opgehaald van de meeste weidevogels. Verwachten in 2024 operationeel te zijn voor de automatische herkenning.
Orphiction	Ja	Ja	
Agrarische collectieven	Soms	Soms	Verschilt erg per collectief
Aeret	Ja	Ja	
Robor Nature	Ja	Ja	Heeft software hiervoor ontwikkeld, ook voor ree-detectie.
Vliegend	Ja	Ja	

Akkervogels

Er is nog geen (geautomatiseerde) herkenning beschikbaar.

Bijlage 2 Voorkomen van uitzaaien onkruidzaden

Onkruidzaad oogsten of vernietigen

Onkruidzaad dat aan de moederplant gehecht blijft, kan in de meeste gevallen op twee verschillende momenten worden beheerd: (a) vóór de oogst van het hoofdgewas of (b) tijdens de oogst van het hoofdgewas. Het verzamelen van onkruidzaad vóór de oogst van een graangewas komt sporadisch voor in Nederland¹⁶. Hierbij moet wel vermeld worden dat graangewassen in Nederland maar een klein deel uitmaken van het bouwplan, en er daardoor minder kan worden geïnvesteerd.

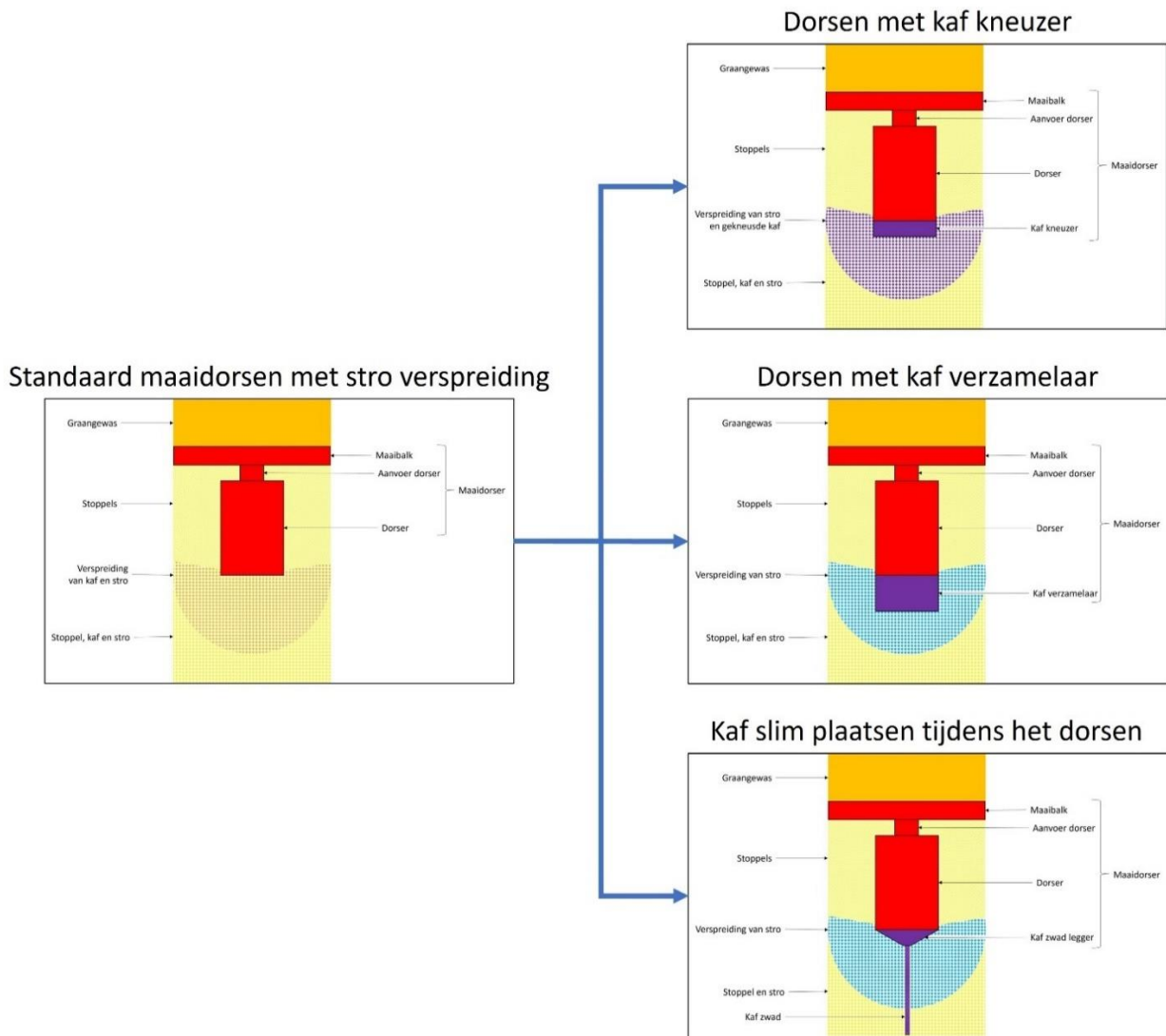
Het tweede scenario doet zich ook voor in Nederland, zij het uitsluitend om ongewenste groei te voorkomen door opslag in rooigewassen. Bij sommige bollenrooiers worden bijvoorbeeld bollenkneuzers gebruikt om te kleine bollen te vernietigen voordat ze terug op het land vallen. Helaas zijn er nog geen vergelijkbare systemen beschikbaar op maaidorsers in Nederland. Dergelijke oplossingen bestaan en worden gemaakt en verkocht in de volgende gebieden: Europa (Frankrijk), Azië (Turkije, Pakistan, ...), Noord-Amerika (VS en Canada) en Oceanië (Australië).

In de praktijk komt er redelijk veel onkruidzaad (als er tijdens de oogst onkruid staat) door de maaidorser heen, dat aan de achterkant wordt verspreid. Deze zaden worden samen met het kaf – het fijne afval van het dorsproces – uitgestrooid over het land. Zowel wilde onkruidzaden als zaden voor opslag worden zo verspreid.

Het is relatief eenvoudig om een systeem dat kaf behandelt aan de maaidorser toe te voegen, om dit zaad te verwerken. Het systeem is niet exclusief ontworpen om alleen onkruidzaden te verwerken, maar behandelt het volledige kaf. Er worden drie verschillende technieken toegepast: *afvoeren*, *kneuzen* en *chaff lining*. Deze concepten kunnen worden toegepast, zowel terwijl het stro op het land blijft liggen als wanneer het wordt geoogst. Figuur 16 geeft een schematische illustratie van de diverse methoden voor kafbeheer in een situatie waarin het stro op het land blijft.

We bespreken deze 3 technieken hieronder apart.

¹⁶ <https://www.homburg-holland.com/nl/zurn>



Figuur 16 : Verschillende manieren om het kaf te behandelen tijdens het maaidorsen met verspreiding van stro; de manieren worden van boven af gezien terwijl het maaidorsen aan het werk is.

Kaf met onkruidzaden afvoeren

Onkruid kan in sommige gevallen ook al eerder aangepakt worden; door het uitzaaien ervan te voorkomen. Een voorbeeld hiervan in de granenteelt is door het opvangen en afvoeren van kaf bij het dorsen. Hier zitten vaak veel onkruidzaden tussen. Op de combine wordt dan een systeem gemonteerd dat het kaf met het verdere dorsafval verzamelt (Figuur 17). Het geogoste dorsafval wordt van het land afgevoerd. Het kan gecomposteerd worden of hergebruikt onder verschillende vormen (energie opwekken, stalstrooisel). Deze methode wordt toegepast in Frankrijk, Turkije, Pakistan, Australië en Canada.

In Frankrijk bieden twee fabrikanten verschillende oplossingen aan: *Bionalan*¹⁷ en *Thierart*¹⁸. De Franse voorlichting ziet er een toegevoegde waarde in maar geeft ook aan dat de effectiviteit verschilt per type onkruid. De efficiëntie bij het onkruid wilde haver in de tarwe is bijvoorbeeld laag, want de zaden vallen op de grond voordat de tarwe rijp is. Bij Italiaans raagras¹⁹ als onkruid in tarwe is de efficiëntie redelijk.

¹⁷ <https://www.bionalan.fr/nos-produits/recuperateur-de-menue-paille>

¹⁸ <https://www.thierart.fr/agriculture/filiere-menue-paille/>

¹⁹ https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/R%C3%A9cup%C3%A9rer_la_menue_paille_lors_de_la_r%C3%A9colte



Figuur 17 : kaf verzameling systeem in Australië. Deze is getrokken achter de maaidorser en is op de foto kaf aan het lossen op de kopakker.

Machines die kaf kneuzen

Het kaf kan ook gekneusd worden. Het blijkt zeer efficiënt te zijn maar vraagt veel vermogen en energie. Het wordt gebruikt in Australië. *Tecfarm Engineering*²⁰ en *Seed Terminator Pty. Ltd*²¹. zijn Australische bedrijven die kneuzers hebben ontwikkeld. Kneuzers bestaan al meerder jaren maar door het hoge energie gebruik worden weinig gebruikt (Walsh & Powles, 2022).

Chaff Lining

Kaf kan slim geplaatst worden op het veld. Dat wordt *chaff lining* genoemd in Australië. Een optie is het kaf op de (vaste) rijpaden te leggen. Zo verspreid je het in ieder geval niet verder op het bouwland.

In Australië passen boeren die vastgrondzaaien *chaff lining* toe²². Het kaf wordt op een nauwe zwad gelegd. De zaden kunnen moeilijker wortelen tussen het droge dorsafval. De efficiëntie is relatief hoog en de kosten laag (zelfgemaakte oplossing kan onder de 5000 euro). Chaff lining past alleen in een teeltsysteem zonder grondbewerking. Als de kaf met de grond wordt gemengd zijn er geen positieve effecten van *chaff lining*. Hoe goed dit in het vochtigere Nederlandse klimaat werkt, moet onderzocht worden.

Alle bovenstaande methodes worden toegepast in Australië. Deze technieken dragen bij aan het realiseren van schonere akkers (Walsh & Powles, 2022). Het zijn principes die het algehele beeld verbeteren, maar het zijn geen opzichzelfstaande oplossingen om de onkruidpopulatie volledig onder controle te houden. Een beter kafbeheer biedt potentie voor Nederlandse agro-ecologische boeren om schonere akkers te realiseren.

Hierbij moet wel vermeld worden dat graangewassen in Nederland maar een klein deel uitmaken van het bouwplan, en er daardoor minder kan worden geïnvesteerd. De bovenstaande toepassingen zijn daarentegen wel relatief goedkoop.

²⁰ <http://www.tecfarm.com.au/tfwp/?p=1200>.

²¹ <https://www.seedterminator.com.au/>

²² <https://www.youtube.com/watch?v=M2Jtvv015HM>

Bijlage 3 Low-tech onkruidbeheersing (kieming voorkomen)

Om kieming te beperken bestaan er twee agronomische methodes: (a) de grond niet bewerken en (b) de grond bedekken met een *mulch*. Om in deze omstandigheden een nieuwe gewas in te zaaien is een vastegroundzaaimachine nodig. Dit is een machine die in een grond die vast ligt (i.p.v. losse grond) kan zaaien. Een van de uitdagingen in rijke gronden is door de gewas resten te snijden om de gewas zaaizaad in de grond te plaatsen. De nieuwste ontwikkeling op deze gebied is een waterstraal snijder.

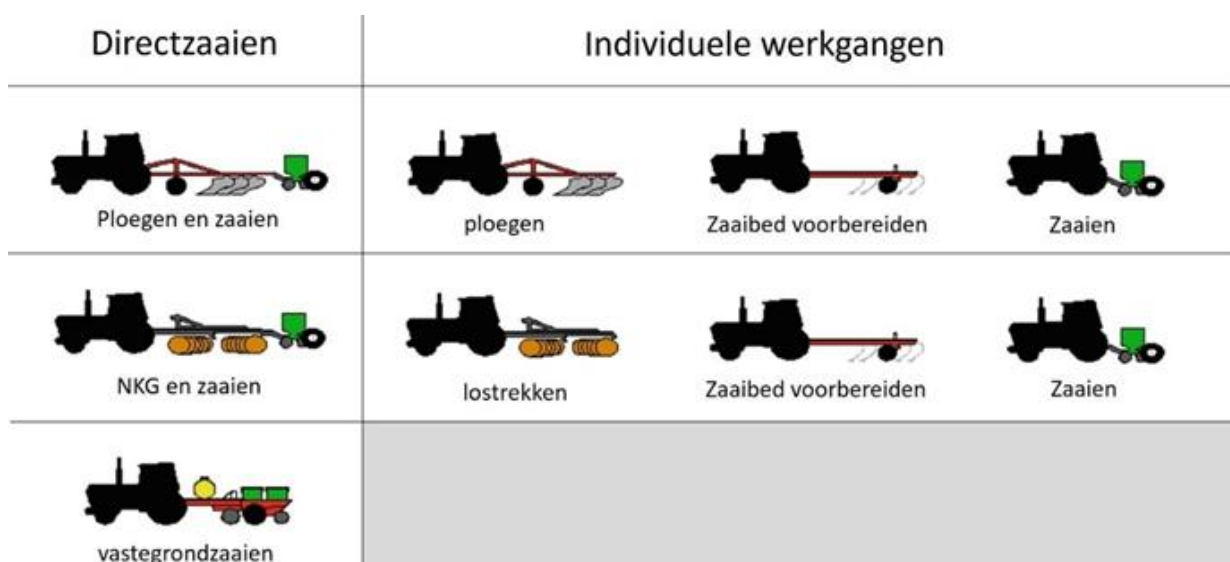
Vastegroundzaaimachines

Minimale grondbewerking kan ook worden toegepast als onkruidstrategie. Grondbewerking heeft namelijk een positief effect op de kieming van onkruid:

- Grondbewerking kan onkruid zaaizaad blootstellen aan licht, wat positief is voor de kieming.
- Grondbewerking creëert gunstige condities voor het kiemen, wortelen en ontwikkelen van onkruiden. Zaaibedvoorbereiding is een typisch voorbeeld hiervan. Een goed zaaibed biedt immers goede kiemomstandigheden aan alle zaden, ook aan het onkruid.

De grond niet bewerken kan dus helpen om kieming van onkruiden te beperken. Werkgangen om het zaaibed te bereiden worden overgeslagen en het gewas wordt direct in vaste grond gezaaid. Vastegroundzaaien is een vorm van *direct zaaien*²³, een strategie waar de trekker maar één keer over het land rijdt om van stoppelland een vers ingezaaid veld te maken. De machine maakt een zaaisleuf tussen de vaste grond, waarin het zaaizaad valt.

Internationaal groeit het areaal akkerbouwgewassen in vaste grond. De mondiale oppervlakte *no-till farming*²⁴ kan gebruikt worden als indicatie voor het toepassen van vastegroundzaaien. In 2009 was er 111 miljoen hectare *no-till farming* en dat is circa 7% van het wereldwijde landbouwooppervlak dat geschikt voor akkerbouw (Derspach et al. 2010). In 2019 was dat 205 miljoen hectare wereldwijd; circa 14% van het akkerbouwooppervlak (Kassam et al. 2021). Een groot deel van dit areaal is in gebruik voor sojabonen, tarwe en mais (Figuur 18).



Figuur 18 : Verschillende strategieën om een gewas in te zaaien met en zonder grondbewerking.

²³ Bij direct zaaien wordt niet vooraf een aparte grondbewerking gedaan. Wel soms in dezelfde werkgang, door verschillende werktuigen achter elkaar te hangen.

²⁴ De Engelse term no-till staat voor geen of zeer weinig grondbewerking.

Wereldwijd zijn de bedrijven die de meeste kennis en oplossingen hebben met betrekking tot vastegronddaaien *Baker No Tillage Limited* en *Cross Slot IP Limited* in Nieuw Zeeland. Het zijn *spin offs* van Massey University in Palmerston North. Ze hebben zich gespecialiseerd op zaaimachines voor granen, voedergewassen en groenbemesters. Deze zaaimachines zijn robuust en breed inzetbaar. Nieuw-Zeelandse loonwerkers zaaien met deze machines mais, gras, kruiden en voederbieten²⁵.

Voor andere gewassen zijn er een aantal andere ontwikkelingen zoals vastegronddaaien bij uien in Brazilië en Argentinië (Figuur 19). De daar gebruikte zaaimachines kunnen zeer specifieke taken uitvoeren tijdens het zaaiwerk, zoals bijvoorbeeld druppelirrigatieslangen inwerken.



Figuur 19 : Argentijnse vastegronddaaimachines voor uien. Links: kleine machine die in dezelfde werkgang druppelirrigatieslangen en vaste kunstmest aanbrengt. Rechts: brede machine die direct vloeibare kunstmest injecteert (Met dank aan: Juan Pablo D'Amico, INTA)

Vastegronddaaien is niet nieuw in Nederland (Voermans & Harkink, 1975), maar heeft hier nooit voet aan de grond gekregen. Een belangrijke reden is dat we in Nederland veel rooigewassen telen. Gedurende de teeltrotatie is er bij het rooien al een aanzienlijke grondverstoring (of 'bewerking'). Bij gewassen zoals mais, gras, granen, peulvruchten en verschillende groenten is no-till zeker een optie.

Een andere gewasrotatie en nieuwe, efficiëntere vastegronddaaimachines en meer kennis en ervaring kunnen helpen om succesvollere vastegrondd-strategieën in Nederland van de grond te krijgen. Kosten voor vastegronddaaien kunnen flink verschillen. De aanschafkosten van een 3 meter brede vastegronddaaimachine kan variëren van €30.000 tot €200.000. De kwaliteit van de zaaisleuf, de aantallen zaai bakken en zaaidoseersystemen en de algemene bouw kwaliteit zijn drie parameters die invloed op de prijs hebben.

Mulch

Een *mulch*-laag toepassen is een andere interessante methode om de onkruiddruk te verminderen voor de kieming. Deze bodemdekking kan synthetisch of organisch zijn. Synthetische *mulchs* zijn meestal van plasticfolie die op het land uitgerold wordt. Deze worden later in het jaar opnieuw opgerold. Maar er blijven soms toch stukjes plastic achter op het veld. Milieutechnisch, en met het oog op de toekomst, is plastic niet bepaald aantrekkelijk.

Organische *mulchs* bestaan meestal uit gewas- en plantenresten. Ze worden omgezet in organische stof en voedingsstoffen. Organische mulchs zijn interessant voor agro-ecologische boeren, maar ze zijn moeilijk te beheren. Het kan bijvoorbeeld een uitdaging zijn om te zaaien wanneer er een dikke laag mulch op het land ligt. De zaaimachine moet dan eerst door de bodembedekking heen.

Waterstraal-snijmachine om door mulch heen te zaaien

Australische boeren worden ook geconfronteerd met dit probleem, en er is daar een oplossing bedacht om de mulch open te snijden met een *waterstraalsnijmachine*. Ze hebben hier goede resultaten mee behaald (Desbiolles et al., 2020). De waterstraalsnijtechniek is in Australië op de markt gebracht onder de naam *Aqua-Till*. Deze innovatie kan ook in Nederland helpen om mulch aantrekkelijker te maken.

²⁵ <https://directdriller.com/how-nz-contractors-no-till-3000ha-year-with-a-3m-seeder/>

Vastegrondzaaien en mulch kunnen gecombineerd worden om een efficiëntere onkruidbeheersstrategie te ontwikkelen. Figuur 20 is hiervan een voorbeeld. De teler heeft een mulch geteeld (de groenbemester). In de foto wordt de groenbemester platgereden om mulch te vormen. De trekker trekt een vastegrondzaaimachine die bezig is met het zaaien van wintertarwe.



Figuur 20 : Vastegrond tarwe zaaien in een groenbemester in België (met dank aan François Dessaert, Greenotec ASBL)

Bijlage 4 Uitgewerkte Expert-panel interviews

Evaluatie door Jacob van den Borne: Akkerbouwer met grote voorliefde voor nieuwe technologie

1. Wat is je algemene beeld van de technieken die je tegenkomt in dit rapport? Zitten er interessante technieken tussen, of technieken die voor jou nieuw zijn?

Het is een mooi overzicht, de meeste technieken ken ik wel en wat op zandgronden zinvol is heb ik al uitgeprobeerd. We hebben ook de robots en bijvoorbeeld Zasso electrocutie laten komen, echter de grote uitdaging is kostprijs per Ha. High Value crops heeft dan meer toekomst en zeker biologische teelt. Vanuit NPPL Zuid en Boerderij van de Toekomst Zuid-Oost zou Maurits Bax als groenteteler deze vragen moeten krijgen. Voorkomen is beter dan genezen. Wij zien veel potentie in gezelschapsplanten, we proberen dit in allerlei combinaties ieder jaar uit en zien goede effecten in activiteit van bodemleven. Hier is veel te brengen door boeren, al het leven in het gebied begint bij het kleinste beestje in de bodem. De kneuswielen en kneusrol zouden we graag eens gaan proberen. FarmDroid is een mooie ontwikkeling waarvoor bietenteelt veel toekomst in zit.

2. Welke techniek zou je weleens willen proberen (en misschien zelfs kopen?)

Low tech onkruid : Kneuswiel, kneusrol.

VDBorne : Interessant om te proberen en in te investeren. Offerte al gehad.

Onkruid'trekker'

VDBorne : Is interessant voor bietenteelt en conserventeelt. Tig'air ken ik niet, wij hebben een ander geprobeerd (youtube WN. Kramer Onkruidtrekker 9 meter).

Fieldworkers coloradokever-mepper.

VDBorne : Deze zou ik komend jaar graag proberen.

3. Welke techniek zou je willen hebben maar is te duur?

Zasso (electrocutie) is te duur, als die prijs zakt kopen we hem direct. De snelheid is goed en zou passen voor ons areaal.

Alle robots zijn voor de high-value crops. We hebben ze getest, allemaal interessant maar zijn te duur voor akkerbouw. Als autonoom echt mag (dus niemand iemand in de regen in het veld verplicht) en 3 tegelijk 24/7 dan wordt het interessant. De snelheid wordt dan minder doorslaggevend.

Wij helpen groenteteler met Carbon Robotics, deze is 1,3 mln en werkt heel goed met klein opkomend onkruid. De andere technieken laser zijn interessant maar nog niet marktrijp of heb ik nog niet aan het werk gezien.

4. Welke techniek spreekt je totaal niet aan en waarom niet?

Direct zaai machines, doorzaaimachines, strip teel zaaimachines.

VDBorne : Niet til leem/klei gaat goed. Zandgrond niet.

Onkruid oogsten of vernietigen tijdens de teelt

VDBorne : zie ik voor akkerbouw op zand geen toekomst in. Maar misschien bedoel je hier maaien mee, dat is wel interessant.

Vuur, branden, hete olie zie ik voor mij geen toekomst in.

Kokend water is iets voor gemeenten. Het bodemleven vindt het ook niet prettig volgens mij.

UV C niet zelf gezien, van Eijk heeft het in Agrobots Community getest. Ik heb mijn twijfels, maar er is nog te weinig bekend uit onderzoek.

5. Welke interessante innovaties of start-ups hebben we totaal gemist in dit rapport?

Onkruidmaaier gemist als een van de opties. Met een omgebouwde hooimachine gebouwd, loonbedrijf Van Raak. Dit is een oplossing omdat deze op 16 meter breed werkt en dan rij je veel minder kapot.

Er zit een stukje in over Pessl Iscouts. Deze hebben we de afgelopen 2 jaar 8 gehad en vergeleken met handmatig en trachees. Probleem is dat op plakplaten ook vogels blijven hangen. En we zien in onderzoek derden dat er maar een klein deel van het insecten leven geregistreerd worden.

Insectenmonitoring met de Beehive is interessant, telt bijen die erin en eruit komen en honing ontwikkeling.

Daarnaast zijn er projecten m.b.t. optisch vogels en auditief insecten registreren o.a. bij Naturalis. Als teler wil je heel graag automatisch gaan meten en kijken of het bij minder tot geen chemie beter wordt. Ook de biodiversiteit in perceel verhogen, wat het effect is. Daar is nog veel te winnen wat boeren niet in de weg zit.

Herten en Reeën lokaliseren met drones doen we al jaren voor de maairondes.

6. Overige opmerkingen?

Potentie bevriezen:

Om van onkruid af te komen denk ik dat bevriezen met vloeibare stikstof, spotsprayen alle onkruid, potentie heeft.

Energetisch:

Hittebron kost veel stroom en dus op dit moment diesel. Ipv laserstraal zou dezelfde techniek ook met een waterstraal/straalsnijder kunnen denk ik. We hebben een test gezien, het gaat zo hard met zo'n dunne straal dat zand niet wegvliegt.

Preventief en natuurlijke vijanden bevorderend :

3 zusters is interessant. Aardappel en boekweit werkt goed, minder luizen, meer bodemleven dus meer actie rondom de wortels. Vitaler bodemleven. Er zit heel veel kennis bij ecologen die agronomisch vergeten zijn omdat het niet direct een bedrijfsadvies is.

De natuur laat ook planten groeien als er teveel van een andere plant in de buurt is. Standaard trekken we dat 'onkruid' eruit, maar daar moeten we een betere balans in gaan vinden wanneer we wat en hoe weghalen met welk doel anders dan het veld schoon houden.

Evaluatie door Lennart Fuchs: Expert teeltsystemen duurzame akkerbouw (onderzoeker bodem- en bedrijfssystemen)

1. Wat is je algemene beeld van deze technieken? Interessant? Nieuw voor jou?

Onkruidbeheersing

- Autonome voertuigen: Als er een werktuig ergens aan kunt hangen is het interessant, i.v.m. beschikbaarheid van personeel. Succesfactor van het werktuig is net zo belangrijk als de werking van het autonome voertuig zelf. Regels maken het lastig om dergelijke technologie op te pakken. Arbeid is best wel een groot probleem. Kan een complexer systeem zoals strokenteelt aantrekkelijker maken; arbeidsbesparing, lichtere machines. Uitdaging zit in: wat mag er, hoe krijg je hem op het perceel.
- Wiedrobots: minder arbeid is altijd goed. Mechanische onkruidbestrijding gaat in de rij toch vaak niet goed. Odd.bot en Ekobot zijn wel geschikt om in de rij te wieden door de grippers. Als dit goed werkt is dat heel interessant. De vraag is vooral: werkt het echt goed genoeg? Zo ja, dan is het per definitie interessant. Volgende vraag is: werkt dit onder verschillende weersomstandigheden ook goed? Je moet je momenten kiezen wanneer je wat gaat doen. Samengevat: nuttige innovatie maar de techniek moet zich nog bewijzen.
- Laser: potentieel heel nuttig, redelijk onafhankelijk van weersomstandigheden wat het erg flexibel maakt. Boer gaat niet een laser weeder én een Odd.bot kopen. Welke is dan het effectiefst? Hoe zwaar is een laser weeder? Laser kost erg veel energie. Ook dataverbruik. Laser weeder voor laatste beetje onkruid, echt ter vervanging van wieden. Verder wordt er nog steeds geploegd, geëgd, geschoffeld tussen de rij etc.
- Stoom/water: niet bekend met de techniek. Zal ook wel vrij veel energie kosten... de vraag is: wanneer zou je dit dan toepassen? Heel precies? Of volvelds? Wat doet dit volvelds met je bodemleven? Het zal wel plantspecifiek zijn. Wederom: wat is de rol binnen je gehele onkruidbeheersingsstrategie? Heeft steeds vergelijkbare functie: welke is het effectiefst, meest robuust, kost het minste energie (oddbot, laser, branden, stoom)?
- Branden/vuur/gasbranden: energie-intensief. Kan zowel volvelds als precisie. Bij precisie moet je vergelijken met voorgaand commentaar. Bij volvelds goed kijken welke plek het binnen je onkruidbeheersingsstrategie heeft. Is dit dan zinvol en wat zijn de kosten/baten?
- Hete olie: zie voorgaande precisieapplicaties. Te weinig bekend mee om te weten hoe effectief het is. Ook weer energie-intensief. Alleen interessant als je het voor precieze toepassingen doet. Hele ingewikkelde technologie moet ook niet kapot gaan.
- Electrocutie/zandstraal: over 5-10 jaar zal blijken welke achteraf het interessantst was voor telers.
- Roller crimper etc.: hangt af van het gewas. In sommige gewassen kun je direct zaaien. In pootgewassen moet je een bed/rug/etc. hebben. Alleen gewassen die geschikt zijn voor direct zaaien.
- Tig'air onkruidtrekker: Kan interessant zijn als je halverwege het teeltseizoen grote onkruiden hebt. Maar je wilt ze het liefst in het begin al aanpakken. Iets minder interessant...
- Behandelen/wegleggen/afvoeren van kaf met onkruidzaad: kan interessant zijn, maar in NL staat er in de regel weinig onkruid in het graan. Misschien biologisch wel. Is in extensiever graangebieden een grotere issue dan hier. Het idee: onkruid zaadbank niet onnodig verhogen, spreekt wel aan.
- Waterstraal: waarom is dit beter dan een andere methode om een zaaibed te creëren?

Ziekte-plaagbeheersing

- Bladluizen: je kunt technologie inzetten om te scouten: hoe is de stand van plaaginsecten, en dan kun je ziektes of plagen beter anticiperen of bepalen wanneer je gaat bestrijden (wat zonder spuiten dan al weer een stuk ingewikkelder wordt bij plagen). Slimme monitoring kan helpen bij gericht ingrijpen. Als je daar zonder chemie nog middelen voor hebt. Bij coloradokevers klappen kan dat dus nog. Bij pootgoed of bollen, is het herkennen van virus ook interessant.
- UV kan interessant zijn voor uien en aardappelen.
- Virus herkennen is nodig omdat deskundig personeel ernstig afneemt voor pootgoed, tulpen, lelies.
- Dubbele zaaibakken voor mengteelten: is een functionele innovatie als je met mengteelten aan de slag wil! Mengteelten: heeft wel potentie, sowieso voor veeteelt. Humane voeding moet je goed kunnen scheiden.
- 'service crops' i.p.v. partnerplanten. Binnen CropMix is er bijv. postelein gezaaid tussen veldbonen tegen het opspatten van grond wat weer schimmelziektes veroorzaakt.

Legnestdetectie

- Heel goed, heel logisch, zeker ook als je verschillende soorten kunt detecteren: kan vooraf met een drone, of direct op de trekker tijdens de bewerking.

Insectenmonitoring:

- interessant voor monitoring van biodiversiteit, maar ook voor bestrijding. Heeft boer niet per sé veel aan, tenzij hij/zij geïnteresseerd is in biodiversiteit als gevolg van betere praktijken. Verder zijn er nog de LED-emmers van de Vlinderstichting, voor nachtvlinders.
- Grondbewerkingsindex is interessant om te kijken hoe intensief je de grond bewerkt. Maar of het voor biodiversiteitsmonitoring nou per sé interessant is, ik snap niet zo waarom dat interessant is.

Gewasherkenning / pixelfarming

- Als je veel verschillende dingen autonoom kunt uitvoeren, kun je in zeer complexe teeltsystemen aan de slag. Dit maakt het veelzijdig en flexibel. TRL is nog erg laag. Techniek is een middel om aan duurzaamheidsdoelen te voldoen, maar het moet geen doel op zich worden. Kan zeker bijdragen aan het hanteren van complexere teeltsystemen zonder de boer extra uit te dagen.

2. Is het afhankelijk van de grondsoort of deze techniek interessant is?

Niet echt.

3. Zou je deze techniek willen proberen (en misschien zelfs kopen?)

- a. *Waarom* vind je deze techniek aantrekkelijk?
- b. Waarvoor biedt het een oplossing? Zou je het daar ook voor gebruiken?
- c. Zitten er nadelen aan deze techniek?
- d. Is prijs een belemmering, en op welke manier? Wanneer is het te duur?

Laser: heel interessant maar nu nog te duur. ZEKER voor MKB. Vooral interessant voor bepaalde gewassen die anders mechanisch moeilijk zijn omdat ze minder dicht groeien: peen en ui.

4. Welke barrière moet eerst opgelost worden om jou enthousiast te maken over deze techniek, mocht dat al mogelijk zijn?

Autonomie: Wet- en regelgeving: Wanneer mag je zo'n apparaat zonder toezicht laten rijden? Zolang toezicht nodig is, is het nog niet echt zinnig. Apparaten moeten taken wel echt autonoom kunnen uitvoeren.

Voor de laser weeder: prijs, en inzicht in energieverbruik.

Na het doorlezen:

5. Wil je over bepaalde technieken specifiek iets zeggen?

-

6. Welke techniek zou je willen hebben maar is te duur?

-

7. Welke techniek spreekt je totaal niet aan en waarom niet?

-

8. Welke interessante innovaties of startups hebben we gemist in dit rapport?

De onderzoeker vertelt nog over zogenaamde 'LED-emmers' om nachtvlinders te monitoren, van de Vlinderstichting.

9. Overige opmerkingen?

Ik denk dat er vanuit zowel de bio- als de gangbare hoek heel veel vraag zal komen naar alternatieve onkruidbeheersingsmethodes, als een onderdeel van de gehele onkruidbeheersingsstrategie. Ik verwacht niet dat één apparaat de gehele onkruidbeheersing (ploegen, eggen, tussen de rijen wieden en in de rijen wieden) zal vervangen. Door het als onderdeel te zien (i.e. vervanging wiedbed/schoffelen) kun je gemakkelijk uitrekenen wanneer je hem eruit hebt.

Als je alle plaatsspecifieke onkruidbestrijding onder één noemer neemt: kun je dezelfde AI gebruiken voor alle toepassingen. Zo kun je ook in gangbare teelten met dezelfde AI/detectietechnologie tot 95% middelenbesparing halen. Het proces is hetzelfde, tot het punt van onkruid doden. Daarin zit verschil.

Daar zou je moeten kijken: welke methodes zijn qua kosten dan het meest efficiënt/effectief en het minst schadelijk voor bodemleven, uitstoot brandstoffen en energieverbruik?

1. Wat is je algemene beeld van deze technieken? Interessant? Nieuw voor jou?

- Autonomie: wij hebben de AgBot T2 met rupsbanden. Wij hebben er bewust voor gekozen om de AgBot als vervanging voor de trekker voor wat simpelere werkzaamheden aan te schaffen. Reden is dat dat nu werkzaamheden zijn waar je niet veel op hoeft te controleren als alles eenmaal goed is afgesteld. Als je dan bijvoorbeeld naar een autonome schoffel kijkt, moet je veel meer bijstellen: diepte, veerdruk, etc. We vinden het daar nu nog wat vroeg voor.
We hebben de AgBot nu voor het tweede jaar. Je moet vooraf veel meer voorbereiden, instellen en een plan maken. Dat is anders dan bij een trekker. We hebben vorig najaar i.v.m. natheid weinig kunnen ploegen, en toen dit voorjaar met de paragrubber(voorzetwoeler) en een kopeg achter de AgBot het land toch goed los kunnen maken. Het mooie van de AgBot is dat hij voldoet aan alle veiligheidsprotocollen. De dealer stelt met GPS harde veiligheidsgrenzen in (mogen wij niet), en daar gaat hij nooit buiten. Daarom kon hij echt alleen op het veld en hadden we er geen omkijken naar. Het enige kleine nadeeltje is dat hij stopte voor alle meeuwen die dichtbij kwamen tijdens het woelen. Ik wil nog iets zeggen over natuurinclusief. Vaak worden robots echt gepromoot als super-machines om natuurinclusief en biologisch aantrekkelijker te maken, maar in de praktijk is in elk geval de AgBot daar helemaal niet op ingericht. Is echt gemaakt voor monocultuur. De robot kiest in principe zelf zijn route. Maar eigenlijk willen wij dat hij onze GPS-lijnen volgt, waar onze stroken komen. Dat is niet heel ingewikkeld, maar toch lukt het met de AgBot nog niet.
- Slim wieden: wij hebben de IC-weeder, een oudere uitvoering, een soort cameraschoffel. Sinds 6 jaar. We hebben ook wat ervaring met de Andela wiedrobot (AR-W912). Volgens mij is dit veruit de meest praktijkrijpe wiedrobot. Maar Andela richt zich wel echt op grote bedrijven (>200 hectare). Dus voor de kleinere bio-teler kan zoiets niet uit. De Andela brandt het onkruid dood met armen.
- Over 5 jaar zijn wiedrobots wel gemeengoed denk ik. Ik ben over de Odd.bot niet echt enthousiast, hij laat te veel onkruid staan doordat hij ernaast grijpt of het op een andere manier niet eruit komt.
- Laser: kost meer dan een miljoen. Toen ik de filmpjes zag dacht ik 'wauw'. Maar op de biovelddag vond ik hem er heel groot en zwaar uitzien. Ik vond hem ook niet accurater overkomen dan de Andela machine bijvoorbeeld. Misschien is deze techniek wel de toekomst, kan het misschien toch beter wegbranden met laser. De hitte is misschien meer gericht/preciezer.
- Mij maakt het als boer niet echt veel uit hoe zo'n apparaat het onkruid weghaalt. Het mag laser, branden of een knijpertje zijn, als hij het onkruid maar verwijdert. Mijn aanname is dat laser preciezer is.
- Kokend water: ik heb niet echt een mening, maar waarom is dit dan beter of goedkoper dan de andere technieken? Wat is de meerwaarde? Het kost toch ook weer energie en water. De vraag is: wat kost nou de minste energie?
- Branden: wij hebben ook twee branders: volvelds en stroken. Die gebruiken we voor opkomst, eigenlijk is het effect heel oppervlakkig. Ik maak me eigenlijk niet echt zorgen over het bodemleven dat in de bodem zit. Insecten op de bodem gaan natuurlijk wel dood. Ik wil nog toevoegen dat gas- of propaanbranden niet echt duurzaam is. Misschien kan dat in de toekomst met waterstof.
Deze technieken hebben toch allemaal hun eigen toepassing. Branden kan nog steeds vóór de opkomst en bij het loofdoden van aardappelen, en dan in combinatie met tussen de rijen schoffelen en eggen, in combinatie met tussen de rij onkruiden verwijderen.
- Olie: daar word ik niet direct wild enthousiast van. Ik vraag me af wat de toegevoegde waarde hiervan is. En wat is uiteindelijk het effect van die olie op de bodem?
- Electrocutie. Gaat vooral in op loofdoding. Ik vind wel dat je er een vrij grote trekker voor nodig hebt. Het is zeker t.o.v. loof doodspuiten milieuvriendelijker. Deze machine kan wel heel veel effect hebben op wortelonkruiden t.o.v. branden. Electrocutie is daar waarschijnlijk effectiever in. We willen de toepassing graag testen op knolcyperus die in ons perceel zit. Qua loofdoding zie ik er nog niet echt een voordeel in omdat we al een goede methode hebben. Misschien om van het propaan af te komen in de toekomst. Ik heb er nog niet genoeg kennis en ervaring mee.
- Zandstralen: roept dezelfde vragen op als olie: wat is het effect hiervan op je bodem? En is dit toepasbaar voor ons bedrijf? Zie ik voor ons geen toegevoegde waarde in.
- Onkruid/groenbemester kneuzen: wij hebben een messenwals van Bosch. Ik was er wat sceptisch over. Mosterd gaat wel dood, maar graangewassen zoals rogge willen toch niet echt klein worden, meer de grond in gedrukt. Uiteindelijk moeten die dan toch met de frees of schijveneg dood. Maar de

kneuzer heeft relatief weinig brandstof nodig om snel een grote oppervlakte te doen. Is echt een fijne machine om erbij te hebben, vooral voor mosterd. Geen enkele machine kan alles.

Biomulchers die heel oppervlakkig de groenbemesters doodmaken heb je tegenwoordig ook.

- Onkruid trekken: wij hebben niet de Bionalan maar de Weed Puller. Is best wel een handige machine, vooral om onkruid te verwijderen wat je er niet uit hebt kunnen halen voordat het gewas dicht groeide. Onze onkruidtrekker trekt met draaiende bandjes alle onkruid eruit. Wij gebruiken hem vooral in bieten, maar eigenlijk in alle gewassen. Ook mais. Bijvoorbeeld bij meldes.
- Kaf afvoeren, kneuzen, wegleggen: is voor ons niet interessant. Wij vinden het niet erg als er onkruid opkomt, en we werken dat ook weer onder.
- Vastegrondzaaien: We hebben thuis luzerne staan, en we hebben dat dit voorjaar nog eens gemaaid. En we willen de mais daar eigenlijk tussen zaaien. We hebben de luzerne losgetrokken met de cultivator, dan weer laten vallen, en daartussen de mais gezaaid. Maar de luzerne komt nu toch weer helemaal terug. Kan voor bepaalde teelten zeker een uitkomst zijn.
- Waterstraal: geen mening. Lijkt me een Amerikaanse toepassing voor hele grote velden. Bodem blijft bedekt, voorkomt onkruidontwikkeling en erosie is minder.

Ziektes en plagen

- Coloradoklapper: mooie machine. Werkt goed. Je moet er een aantal keer doorheen.
- Bladluizen: hebben wij ook wel op gemonitord. Onze ervaring is dat er inderdaad weleens wat luis in de erwten zit, maar het gewas kan het goed hebben. Wat we wel weten is dat diversiteit helpt om de juiste insecten aan te trekken. Als je die in je veld hebt, ben je ook minder vatbaar voor bladluis.
- UV- behandeling tegen schimmels. Kan ik eigenlijk niks zinnigs over zeggen, maar als het tegen meeldauw werkt ben ik zeker geïnteresseerd. Zeker tegen fytoftora in aardappelen. En tegen meeldauw in uien.
- Virus/ziekzoeken en gastplant doden: detectie helpt in biologische teelten heel goed, maar spuiten kan dan natuurlijk niet. Gastplant doden is dan de oplossing om een haard te detecteren. Hier zit zeker toekomst in. Precisielandbouw zie ik niet veel in, maar detectie / monitoring en daarop eerder kunnen acteren zeker wel.
- Gezelschapsplanten en mengteelten: zie ik wel wat in ja. Kunnen bloemen zoals phacelia helpen tegen trips in uien? In een strook ernaast werkt het eigenlijk niet goed genoeg. Hoe kan het er doorheen zonder dat je met verdere onkruidbestrijding zit? Er moet meer onderzoek komen naar wanneer het nog functioneel is.
Er is ook getest met kolen waartussen andere planten zijn gezaaid die de plaaginsecten weglokken (nog lekkerder voor de insecten dan de kool zelf). Erg interessant. Hier moet zeker meer onderzoek naar komen. Er is ook onderzoek naar kool en graan, zodat in het graan de natuurlijke vijanden voor de plaaginsecten in kool komen (strokenteelt). Bloemenstroken naast kolen helpt ook.
Mengteelten wordt ook wel gedaan. De reden dat wij dat niet doen is praktisch: hoe oogst je het dan? Hoe krijg je het gelijk rijp?

- Legnestdetectie: ben ik erg benieuwd naar. Als je weet dat er in je grasklaver/luzerne een nest zit (je kan dat te voet nooit vinden), is het met maaien heel goed om nesten te vinden. Is met een drone toch? Op de drone lijkt me praktischer, dan kun je vooraf kijken wat je gaat doen. En er vooraf overheen vliegen lijkt me effectiever. Moet ieder jaar.
- Insecten/biodiversiteitsmonitoring: we zijn er bekend mee, en doen de meeste van deze dingen ook wel. Maar om eerlijk te zijn doen we het vooral om te kijken of we verschil zien tussen de stroken of monocultuur. Als je het dan weet, ga je dat niet nog jaren blijven meten.
- Bodembedekkingsindexen: we doen mee aan een LNV- project KPI-k, vanuit kringlooplandbouw. Het idee is dat de overheid van een regulerende rol naar een doelsturende rol wil. Boeren mogen zelf bepalen hoe ze hun doelen behalen. En die moeten dan gemeten worden. Bodembedekking wordt meegenomen. De vraag is alleen of partijen bereid zijn om hier dan ook iets voor te betalen?

Gewasherkenning:

- Is niet echt praktijkrijp. Heb erover gehoord dat het allemaal niet zo succesvol is wat er in de praktijk gebeurt met deze robot.
- Los van de techniek staat het me erg tegen dat het gewas ook nog een keer geoogst moet worden. Hoe doe je dat met pixels? Dat zie ik die robots nog niet doen? Zeker akkerbouwmatig niet, hoe krijg

je zulke hoeveelheden gewas van je land af? Moet ook allemaal snel, daar is ie echt te langzaam voor, je kunt er moeilijk twee aanschaffen, daar zijn ze te duur voor.

2. Is het afhankelijk van de grondsoort of deze techniek interessant is?

-

3. Zou je deze techniek willen proberen (en misschien zelfs kopen?)

- a. *Waarom* vind je deze techniek aantrekkelijk?
- b. Waarvoor biedt het een oplossing? Zou je het daar ook voor gebruiken?
- c. Zitten er nadelen aan deze techniek?
- d. Is prijs een belemmering, en op welke manier? Wanneer is het te duur?

4. Welke barrière moet eerst opgelost worden om jou enthousiast te maken over deze techniek, mocht dat al mogelijk zijn?

Sommige machines, zoals de Odd.bot en andere wiedzachines, werken niet goed genoeg en zijn niet autonoom genoeg om de investering eruit te halen.

Na het doorlezen:

5. Wil je over bepaalde technieken specifiek iets zeggen?

6. Welke techniek zou je willen hebben maar is te duur?

7. Welke techniek spreekt je totaal niet aan en waarom niet?

Zandstralen, hete olie, heet water en pixelfarming. De eerste drie passen gevoelsmatig niet bij mij, en pixelfarming lijkt me heel erg onhandig met de oogst.

8. Welke interessante innovaties of start-ups hebben we gemist in dit rapport?

9. Overige opmerkingen?

1. Wat is je algemene beeld van deze technieken? Interessant? Nieuw voor jou?

Onkruidbeheersing

- Hete olie: kan meer 'calorische' waarde hebben: meer warmte-energie overbrengen dan water van dezelfde temperatuur. Branden/water hangt nogal af van of de grond droog of nat is. Dat zou hier zomaar eens minder kunnen zijn. En meer temperatuur is ook meer calorische waarde natuurlijk. Plantaardige olie is ook vrij zuur/ vrij agressief van zichzelf.
- 'Warmer' of 'beter' branden is niet per sé effectiever: het belangrijkste is dat het groeipunt afsterft, niet alleen de blaadjes. Anders overleeft de plant het als deze nog genoeg massa over heeft.
- Electrocucie: Nucrop werkt met geleidingsvloeistof die ze over een plant sprayen waardoor de elektrocutie beter lukt.
- Zandstraal: zou best kunnen werken. Maar: hoe houd je hier de gewasplant overeind? Hoe werk je er netjes omheen? Technisch kan het best werken.
- We hebben weleens met een waterstraal/hogedruk gewerkt, dat kan goed werken, maar als je ernaast zit, geef je de onkruidplant met het water juist een boost.
- Kneuzen: werkt in de generatieve fase, richting het einde van de groeicyclus. Dan kan de plant niet meer zo makkelijk herstellen van de kneuzing. Rogge kan een vervolggewas trouwens chemisch beperken door stoffen die erin zitten.
- Uittrekken: er is ook een machine met rubberbanden die onkruid uittrekt in bieten. En afmaaaien met de *CombCut* uit Zweden kan ook. Dit werkt goed tegen zaadzetting van duist in granen.
- Waterstraal snijden: 'waarom zou je dit willen?'

Ziekte-en plaagbestrijding

- Coloradokevers: er zijn canadese machines die 'beetle eaters' heten, een soort grote stofzuiger. Dit kan ook tegen vliegen in asperges, spruitkool etc.
- Bladluizen: worden gemonitord omdat ze gemakkelijk te monitoren zijn. Is voornamelijk met virusoverdracht interessant. Maar wat doe je vervolgens concreet met de informatie?
- Hoe kleiner het beest, hoe ingewikkelder monitoren wordt. Plaaginsecten kunnen bijv. wel op gebiedsniveau worden gemonitord. Misschien kun je dan snel natuurlijke vijanden inzetten, maar de gereedschapskist is voor bio eigenlijk leeg. Je moet er heel vroeg bij zijn, als je al een maatregel hebt. De vraag is of dit soort systemen voldoende op tijd zijn om bruikbaar te zijn.
- UV tegen meeldauw: kan me er iets bij voorstellen. Hebben we ook met aardappels en uien geprobeerd, maar je moest er ontzettend vaak door heen, en dat was eigenlijk praktisch niet bruikbaar. Het maakt uit met wat voor tolerantiegens je te maken hebt. Bij valse meeldauw en phytophthora is die tolerantiegrens dusdanig laag dat het nauwelijks bruikbaar is. Bij een hogere tolerantiegrens van schimmelziektes wordt dit interessant.
- Bij lage tolerantie moet de gastplant gedood worden. Met virusherkenning in pootaardappelen is ook geëxperimenteerd. Altijd onderscheid maken tussen detectie en actuatie: zowel bij plagen als bij onkruid.
- De detectie lijkt vaak op elkaar, maar je moet soms naar een andere actuatie.
- Mengteelten en gezelschapsplanten: mechanisatie moet zo ingericht zijn dat je precies de goede balans in de 'symbiose' of verhouding tussen je teelt en je *companion plant* hebt. Je kunt de gezelschapsplant onderdrukken door hem dieper te zaaien zodat hij een achterstand oploopt enzo (service crops).
- Service crops is wat breder. Companion plant is meer voor multitrofische interacties. Zoals een wortellexudaat dat wordt uitgescheiden. Of de bodem bedekken tegen ziekte. Je moet in alle gevallen heel goed snappen wat je aan het doen bent. Als je het principe snapt, kun je de mechanisatie daarop inrichten.

Legnestdetectie

- Ik snap dat de voorkeur naar drones uit gaat. Je hebt veel capaciteit, en je verstoort de bodem niet. Je moet sporen rijden. Wat doe je als daar net een nest zit? Een drone is dan input-output wegend, het effectiefste. Als je algoritme goed werkt.

Biodiversiteitsmonitoring

- Door dit een aantal jaar op een perceel te doen, kun je de weerbaarheid van je perceel karakteriseren? Wat mag ik verwachten aan achtergrondbiodiversiteit/predatoren? Wel vliegen veel vliegende insecten echt ver; hectometers of kilometers. Voor bodeminsecten handig om bodemstrategie te monitoren.
- Bodembedekkingsindexen: wij hebben niet zoveel met erosie te maken, en eigenlijk weet ik verder niet zo goed wat ik hiermee moet voor Nederland.

Gewasdetectie/ pixelfarming

- Reuze interessant. Ik denk dat het gedachtegoed interessant is en waardevol, leerzaam. Op grotere schaal zie ik het nog niet opereren, maar er wordt veel geleerd. Met name i.v.m. de discussie over schaal. Op wat voor schaal zou je moeten werken met een cultuurgewas? Het raakt een beetje aan de strokenteelt-discussie.
- Het hangt allemaal af van wat je beoogt. Hoe smaller, hoe beter, gaat vaak niet op... uiteindelijk zijn we erachter dat ui-peen wel goed werkt als het echt binnen een halve meter van elkaar vandaan zit. Maar binnen stroken moet je je afvragen of dit nog wel nuttig is. Uien en mais bijvoorbeeld, moet juist minder smal zijn omdat mais zo hoog wordt en dan staan de uien in de schaduw. Het is zeker niet heilig, en er valt nog veel te leren.
- Oogst is vaak het knelpunt, zeker bij pixelfarming. Met vaste rijpaden en strokenteelt is het vaak al lastig. Je hebt nu de NEXAT werktuigdrager die 20-24 meter breed is. Ze zeggen dat je daarmee per saldo de bodem minder verdicht. Dat zou kunnen, maar moet wel onderzocht worden.
- Maar samenvattend: als je individuele plantensoorten kunt herkennen, wordt vanalles mogelijk.

2. Is het afhankelijk van de grondsoort of deze techniek interessant is?

3. Zou je deze techniek willen proberen (en misschien zelfs kopen?)

- Waarom* vind je deze techniek aantrekkelijk?
- Waarvoor biedt het een oplossing? Zou je het daar ook voor gebruiken?
- Zitten er nadelen aan deze techniek?
- Is prijs een belemmering, en op welke manier? Wanneer is het te duur?

4. Welke barrière moet eerst opgelost worden om jou enthousiast te maken over deze techniek, mocht dat al mogelijk zijn?

Na het doorlezen:

5. Wil je over bepaalde technieken specifiek iets zeggen?

De olie kan weleens interessant zijn.

6. Welke techniek zou je willen hebben maar is te duur?

-

7. Welke techniek spreekt je totaal niet aan en waarom niet?

De waterstraal snijder, de Australische bodembedekkingsindexen en de granen- kaf behandelmethodes: de granen in Nederland zijn al heel schoon en veelal vrij van onkruid (zaden).

8. Welke interessante innovaties of start-ups hebben we gemist in dit rapport?

Heb er al een paar genoemd hierboven. Ik denk dat je alle principes wel gehad hebt. Ik weet niet of je alle leveranciers of afzonderlijke initiatieven in beeld hebt.

9. Overige opmerkingen?

Wat is er nog nodig? Er moet nog een hoop werk gedaan worden om allerlei algoritmes te ontwikkelen om goede herkenning te laten plaatsvinden, van bijvoorbeeld plaaginsecten.

Naarmate insecten kleiner zijn worden ze moeilijker te detecteren. De vraag wordt dan: detecteer je ze in het gewas, of al in een eerder stadium zoals een voorgewas of na de winter.

Tabakstrips (thrips tabaci) veroorzaken grote schade aan uit en prei, en zijn heel erg klein. Hoe detecteer je die? Dan corrigeer je steeds met de gevonden actuele situatie. Een aantal geautomatiseerde systemen zijn

gebaseerd op een monitoringssysteem dat er al was, maar dan gecombineerd met een camera en een algoritme. Er zijn nog veel datapunten nodig.

Als LNV stappen wil zetten in meer gerichte aanpak van plagen, om bijv. een reductie in chemie te behalen, dan moet je het zoeken in plaats en tijd, dan zijn betere en meer algoritmes vanuit de entomologie gezien echt nodig.

Per techniek:

1. Wat is je algemene beeld van deze technieken? Interessant? Nieuw voor jou?

Autonome voertuigen en robot schoffelen is wel interessant, zeker als je in de toekomst daar ook selectief mee kunt wieden.

Laser wieden is waarschijnlijk duurder dan mechanisch wieden, misschien is het ook wel duurder. Ze is niet tegen laster wieden, maar mechanisch voelt logischer.

Stoom of hete olie gebruiken om van je onkruiden af te komen lijkt haar heel erg raar om te doen, om dat je meer kapot maakt dan alleen het onkruid. Ook kost het heel veel energie.

Branden kan heel nuttig zijn voor worteltelers. Het is vrij oppervlakkig en je kunt het dus doen zonder je wortelzaad te beschadigen.

Bij electrocutie vraagt ze zich af hoe lokaal het is, als het lokaal en snel is kan het nuttig zijn.

Zandstralen kan nuttig zijn voor nog klein onkruid. Als je het met organisch materiaal doet kan dat ook nog iets toevoegen aan je bodem.

De roller/kneuzer van groenbemesters lijkt haar super interessant als je er direct in kunt planten, want dan heb je een mulchlaag. Waarschijnlijk moet hij wel zwaar zijn om echt dodelijk te zijn, dus daar maakt ze zich wel zorgen over.

Onkruid trekken kan best handig zijn. Het apparaat is wel groot. Zou ook bij andere gewassen dan bieten heel goed kunnen.

Van kaf en tarwe heeft ze weinig verstand, maar afvoeren is zonde van het organische materiaal. Zij zou eerder al het kaf op een lijn gaan leggen.

Vastegrondzaaien wil ze graag doen. Dat scheelt weer een handelingen, laat je bodem met rust en dus kunnen de schimmelstructuren erin blijven. Ook is je grond dan bedekt en heb je direct een vorm van bemesting. Waarschijnlijk oef je zelfs minder te beregenen.

Gewasresten snijden door middel van water kan net zo goed interessant zijn als je meerdere handelingen in een keer kunt doen.

Coloradokevers oogsten: Je kunt beter zoeken naar een natuurlijke manier om ze in te dammen. Er is weinig biologische aardappelteelt op het moment, dus als deze oogster het weer aantrekkelijk maakt om aardappels te telen dan is het een goed idee.

Bladluizen en virussen monitoren om niet onterecht derogatie te geven is een goed idee. Blasluizen monitoren op het veld is niet erg nuttig. Je kunt beter met kleinere percelen gaan werken zodat er natuurlijke vijanden kunnen komen. Eeuwig alles monitoren zonder er echt iets mee te kunnen is niet zo zinvol.

Meeldauw met UV is misschien handig voor grotere telers. Natuurlijk brengt meeldauw de productie omlaag bij haar courgette teelt, maar het is relatief onschuldig en die schimmels zijn vast ook ergens nuttig voor. Zij zou daar niet zo groot op inzetten.

Virus detecteren op tulpen en dan de tulp chemisch doden lijkt haar niks. Als het mechanisch gaat is het allicht zinvol.

Dubbele laadbak: prima en handig als je niet een dubbel gewicht krijgt.

Vogelnesten detecteren: best ok, maar vraagt zich af hoe effectief het is.

Insectenmonitoren in het algemeen: Heel interessant, omdat je meer weet wat er leeft. Kan het meer waardering geven voor de plek. Kan bij dragen aan respect voor de natuur.

Groenbester in bewerkingsindex, compensatie op basis van dergelijke indices is een goed idee.

Pixelfarming: Selectiefwieden lijkt haar iets heel erg moois.

2. Welke techniek zou je willen hebben maar is te duur?

Haar bedrijf is te klein. Ze zou graag een combinatie van technieken in een machine willen.

Zoekt eerder iets modullairs. Pixelfarming, als er ook biodiversieismonitoring zou zien zou het mooi zijn.

3. Welke techniek spreekt je totaal niet aan en waarom niet?

Die olie was echt bizar en het hete water ook.

4. Welke interessante innovaties of start-ups hebben we gemist in dit rapport?

Van HAK schoffeltechniek kan verschillende werktuigen hangen met zonnepaneeltjes en het is mechanisch. Die kan interessant zijn.

Deze teler heeft alle soorten grond, zand zwavel een zware klei. Hij teelt knolselderij, pompoenen en aardappels. Deels gangbaar en inmiddels 3 kwart biologisch. Welke technieken hij interessant vindt hangt nogal af van de tijd van het jaar, het is maar net wat hij nu nodig heeft.

Dat branden is vernuftig. Maar in die buizen brand je toch alleen tussen de rij. Tussen de rij is makkelijk, hij is op zoek naar oplossingen in de rij.

En hete olie is veel handiger dan water. Want het is veel heter en je hebt minder materiaal nodig.

Elektrocutie is nog veel te zwaar, dat staat nog in de kinderschoenen. Dat moet nog even door ontwikkelen voordat hij interesse heeft.

Hij dacht niet dat zandstralen precies genoeg is.

Het rollen van de groenbemester kan goed in een landklimaat. Hier komt het allemaal veel te snel weer op.

Voor het onkruid trekken moet je wel een losse mulch laag hebben anders is het onkruid veel te diep geworteld. En krijg je het er dan niet uit. Hij zou dit apparaat wel eens in actie willen zien.

Al die dingen met kaf en tarwe leek hem niet zo nuttig. Niet alleen omdat hij geen tarwe teelt, maar ook omdat hij niet dacht dat het veel zou doen.

Qua direct planten doet hij al met wisselende resultaten.

Hij heeft geen last van coloradokevers, anders zou hij de coloradoklapper wel interessant vinden.

Volgens hem detecteren ze in Roemenië bladluisschade met een drone en spuiten ze plaats specifiek.

Tegen meeldauw robot vond hij ook erg interessant, zeker al het niet teveel energie kost.

Mengteelten en gezelschapsplanten zijn de toekomst, maar er is nog te weinig kennis. Hij had een jaar terug met een maaiertje onkruid gemaaid en dat vervolgens naar de planten toegebracht. Het zag er allemaal heel mooi uit, geen vraat aan de knollen, maar de opbrengst was maar 30% van normaal. Het belangrijkste is dat het systeem klopt. Hij probeert zo gezond mogelijke groente te telen.

Legnestdetectie vond hij heel erg interessant. Geeft ook verbinding met de maatschappij. Hij was er nooit zo mee bezig, maar toen hij in februari bij een meeting van het Noord-Hollands landschap was heeft hij contact gemaakt met een aantal vrijwilligers. Die vinden het leuk om over zijn veld te lopen om die nesten te zoeken. Hij krijgt nu via zijn telefoon binnen als hij in de buurt van een nest komt. Dat legt hij dat even opzij.

Monitoring is leuk, maar hij zou er zelf nooit iets mee doen. Maar het is wel goed om het beest te leren kennen, dan weet je waar je eventuele schade kunt verwachten. Van sommige insecten zou hij dan de schadegrens wel willen weten.

Indices voor bedektheid is interessant, daar zou je eventueel vergoedingen vanaf kunnen laten hangen. Dat doet natuurlijk ook iets met de CO2 opslag en de biodiversiteit.

Evaluatie door akkerbouwer uit Gelderland

Autonome voertuigen:

- Leuk.
- Nu te duur.
- Veel werk voor de gebruiker met opstarten en verplaatsen.

Wiedrobots:

- Vervangt goed hand arbeid in de biologische landbouw.
- Nog niet voor gangbare boeren.

Laser onkruidbestrijding:

- Nog duurder dan wiedrobots
- Langzaam tegenover *spot spraying*.
- Kost veel energy (gasolie).

Kokend water/stoom onkruidbestrijding:

- Lijkt op "spuiten zonder chemie".

Vuur onkruidbestrijding:

- Wat is het effect op bodem leven?

Hete olie onkruidbestrijding:

- Onbekende techniek.
- Wat is het voor olie?
- Lijkt meer precies dan de stoom wieder.

Elektrocutie onkruidbestrijding:

- Mooie ontwikkeling.
- Gebruikt te veel brandstof/energy.

Zandstraal onkruidbestrijding:

- Onbekende techniek.

Groenbemester/onkruid kneuzen zonder te snijden:

- Bekende techniek.
- Goede mulch effect.
- "moet niet hoeven te schoffelen".
- Er is meer onderzoek hierover nodig, bijv. welke groenbemester.

Onkruid uittrekken:

- Teler heeft de wielen uittrekker getest.
- Onkruid kan breken en groeit terug (bijv. nachtschadde).

Kaf afvoeren:

- Interessant voor graangebieden, maaidors gewassen.
- "Wat doe je met de kaf?"

Kaf kneuzen:

- Grote mechanische vermogen nodig.

Kaf wegleggen:

- Geen mening.

Vastegrondzaaien:

-
- “moet ik hebben voor meerdere gewassen: uien, mais, ...”
 - Hij is in gesprek met een noord Amerikaanse fabrikant om hun mais vastegrondzaamachine te kopen en gebruiken in Nederland.

Waterstraal om gewasresten te snijden:

- Onbekende techniek.

Coloradokevers oogsten en vernietigen:

- Kan het virussen verspreiden?
- Oude principe.
- Het zou moeten werken en de kevers beheren/onder-control-hebben.
- Goed voor normale jaren maar niet extreme jaren.
- Kost minsten drie keer duurder dan insecticide.

Bladluizen monitoren en weren:

- GeoBase heeft een insecten teler die te koppelen is aan het weer station.
- Veel richting informatie en betere beslissingen.

UV-C behandeling tegen meeldauw:

- Ook met phytoftora geprobeerd?
- Als het werkt zal het een mooie oplossing zijn.

Virussymptomen herkennen en gastplant doden:

- Met welke techniek/methode dood het de onkruid?

Dubbele zaaibak en zaad doseersysteem:

- Geen mening.

Dubbele zaaidiepte:

- Misschien in de toekomst.

Legnestdetectie:

- “hier is ook legnest protectie actief”
- Gebruikt een warmte beeld camera via de lokale natuur collectief.

Insectenmonitoring:

- Heeft Edaphona al ooit gebruikt.

Bodembedekkingsindex:

- Mooie dat stoppel land wordt mee genomen.

Grondbewerkingsindex:

- Hij zoek handvatten om grondbewerking slimmer te beslissen. “is het een goede idee om te woelen, zo ja, hoe diep?”

Gewasherkenning:

- Misschien ooit om kleinschalige groenten te telen voor lokale afzet.

Evaluatie door veeteler uit Gelderland

Autonome voertuigen:

- Al heel lang in de ontwikkeling.
- Al 15 jaar een mest robot in de staal.
- Autonome voertuigen zijn onvoldoende effectief om er te investeren: te onspecifiek en te weinig capaciteit

Wiedrobots:

- Deze hebben potentie, toekomst.
- Ze lijken betaalbaar te zijn en spelen op de behoefte.

Laser onkruidbestrijding:

- Heel duur.
- Zijn nauwkeurig.

Kokend water/stoom onkruidbestrijding:

- Principe is bekend bij gemeentes om stoepen en straten onkruid vrij te houden.
- Oppervlakkige behandeling, plant wordt niet dood.
- Water is milieu neutraal.

Vuur onkruidbestrijding:

- Het werkt.
- Kost heel veel brandstof /gas.
- Niet duurzaam.

Hete olie onkruidbestrijding:

- Onbekende techniek.
- Raar gevoel.
- Doe de olie goed afbreken in de bodem?

Elektrocutie onkruidbestrijding:

- NuFarm heeft een elektrocutie machine om loof te doden bij de aardappelen.
- Machinebouwers zijn er steeds verder mee.
- Principe werkt.
- Kost vermogen/brandstof.

Zandstraal onkruidbestrijding:

- Onbekende techniek.
- Grappig.

Groenbemester/onkruid kneuzen zonder te snijden:

- Bekende techniek.
- Low tech.
- Spreek boeren aan die zoeken beperkt elektronica.
- Hoe groot moet de onkruid zijn voor effectieve doding?

Onkruid uitrekken:

- Zelfde als luchtbanden die de onkruid uit trekken.
- Komt er een nieuwe plant op? Nieuwe kieming door de bodem verstoring?
- Ben je eigenlijk niet te laat hiermee?
- Kun je niet better afmaaien dan uittrekken?

Kaf afvoeren:

- Vaker gehord

Kaf kneuzen:

- Meten klaar, geen extra behandeling.

Kaf weggleggen:

- Lekker simpel.

Vastegrondzaaien:

- Super oplossing.
- Welke machine? Hoe krijg je het in Nederland?

Waterstraal om gewasresten te snijden:

- Onbekende techniek.
- Verassend.
- Principe goed om te snappen.
- Hoe is het met de water logistiek?

Coloradokevers oogsten en vernietigen:

- Filmpjes gezien.
- Mooie innovatie.
- Opletten zijn met virussen en virussen overdracht.
- Alleen voor consumptie aardappel, niet voor pootgoed.

Bladluizen monitoren en weren:

- Moet vest goed zijn.
- Beheren van Natuurlijke Vijanden is zeer interessant.
- Mogelijk om het camera werk te checken want dubbel checken door de teler kan het verschil maken.

UV-C behandeling tegen meeldauw:

- Is het curatief of Preventief?
- Onbekende technologie en geen goed gevoel er bij.

Virussyptomen herkennen en gastplant doden:

- Suiit met Roundup.
- Er over gelesd.
- Het kan heel veel tijd schillen voor de teler.
- Investering moet uitkunnen met hoge saldo gewassen.

Dubbele zaaibak en zaad doseersysteem:

- Komt steeds meer voor.
- Front tanken met 2 compartimenten (i.e. Vaderstaat)

Dubbele zaaidiepte:

- In theorie nodig maat in de praktijk geen problemen tegen gekomen met mengsels.
- Moet ik geld er voor uitgeven?
- Is het investering rendabel?

Legnestdetectie:

- Top innovatie.
- Mooie initiatief.
- Goed schaalbaar.
- "Geen een boer wilt nesten kapotrijden."

Insectenmonitoring:

- Grond insecten?
- Betrouwbaarheid van de techniek?

- Telers hebben geen tijd om het zelf te telen.

Bodembedekkingsindex:

- Kan het landbouw helpen om aan te tonen de positieve verandering in de sector.

Grondbewerkingsindex:

- Al gebruik in de studenten jaren.
- Het is theoretisch.
- Goed om landgebruik een gevoel te geven over hun praktijk. Het helpt om inzicht te geven.

Gewasherkenning:

- Het is de ultieme idee maar blijft een uitdaging.
- Interessant voor de onderzoek over hoge biodiversiteit.
- Is het echt zo interessant in de praktijk dan in de theorie?

Algemene opmerking:

- De grootste uitdaging voor de teler: investering hoogte en terug verdiend tijd?

Evaluatie door groenteteler uit Gelderland

Autonome voertuigen:

- Geen mening.

Wiedrobots:

- Dure oplossing.
- Beperkt efficiënt en inzetbaar.

Laser onkruidbestrijding:

- Hoe is het energie gebruik van deze oplossing?
- "Wij eten olie. Onze huidige voedsel systeem gebruikt meer energie dan wat het produceert."

Kokend water/stoom onkruidbestrijding:

- Energie gebruik?

Vuur onkruidbestrijding:

- Geen mening.

Hete olie onkruidbestrijding:

- Interessant.
- Hoeveel olie is er nodig? Per plant? Per ha?

Elektrocutie onkruidbestrijding:

- Energie gebruik?.

Zandstraal onkruidbestrijding:

- Onbekende techniek.
- Mooie oplossing.

Groenbemester/onkruid kneuzen zonder te snijden:

- Bekende techniek.
- Ziet potentie er in.

Onkruid uitrekken:

- Bekende techniek.
- Selectieve onkruidbestrijding. Neemt grote planten weg.

Kaf afvoeren:

- Hij ziet het niet zitten

Kaf kneuzen:

- Energie gebruik?

Kaf weggleggen:

- Niet verkeerd.

Vastegronddzaaien:

- Toekomst.

Waterstraal om gewasresten te snijden:

- Onbekende techniek.
- Oppervlakte vertering is zeer belangrijk.

Coloradokevers oogsten en vernietigen:

- Kan wat betekenen

- Het is better om te voorkomen dat de kevers op de aardappels komen.

Bladluizen monitoren en weren:

- Belangrijk.

UV-C behandeling tegen meeldauw:

- Maar waarom heb je meeldauw om te beginnen?

Virussyntomen herkennen en gastplant doden:

- Er vliegt nog ergens een luis met dat virus. De besmetting proces is niet stil gelegd.

Dubbele zaaibak en zaad doseersysteem:

- Bekende technologie.

Dubbele zaaidiepte:

- Bekende technologie.
- Gewenst op zijn boerderij.

Legnestdetectie:

- Belangrijk.
- Geweest bij een bijeenkomst over patrijzen tellen.
- Laatste jaar 16 kuikens gezien uit een paar zonder de nest ooit te zien.

Insectenmonitoring:

- Belangrijk.
- Loopkevers zijn zeer belangrijk voor de landbouw.
- Het lukt om biodiversiteit te meten. Helaas weinig kennis op hun effecten in de landbouw.
- Welke insecten doet wat op onze bodem leven?

Bodembedekkingsindex:

- Interessant.
- Wat doet ik met de informatie? Hoe is dit te koppelen aan andere informatie om landbouw beter uit te voeren?

Grondbewerkingsindex:

- Geen mening.

Gewasherkenning:

- Kost prijs? Het is heel duur.
- Helaas oogsten kunnen deze robots nog niet.

Algemene opmerkingen:

- Lichte machines om bodem verdichting te voorkomen.
- Voorkeur voor low cost en eenvoudige oplossingen.
- Techniek is mooie naar niet de oplossing voor alles. Het verminderen van techniek is slim. "Hoe kan ik telen met zo min mogelijk techniek?"

Evaluatie door akkerbouwer uit Zeeland

Autonome voertuigen:

- Niet slim zat om tussen de rijen te werken.
- Farmdroid product is tussen robot en autonome voertuig.

Wiedrobots:

- Grote investering voor een zeer specifieke taak.
- Hopelijk brede inzetting voor alle gewassen in de toekomst.
- Slimme schoffelbalk meet interessant dan een kleine robot.

Laser onkruidbestrijding:

- Strom/energie kosten?
- Wat abonnement kosten? Ara (*spot spraying*) uit Switzerland kost circa 6000 euro per jaar aan *abonnement*
- Herkenning van beide gewas en onkruid is een sleutel element.

Kokend water/stoom onkruidbestrijding:

- Voor opkomst? Het lijkt als een voorgewasopkomst technologie.
- Schaden aan gewas? Bodem?
- Effectiviteit tegen over branden.

Vuur onkruidbestrijding:

- Alleen voor opkomst van het gewas.

Hete olie onkruidbestrijding:

- Splashing van hete olie? Zie beeld.
- Hoeveelheid olie? Per plant? Per ha?

Elektrocutie onkruidbestrijding:

- Getest als loofdoding oplossing.
- Zware machine.
- Brandstof gebruik.
- Milieu belasting.

Zandstraal onkruidbestrijding:

- Lijkt niet ideaal.
- Nauwkeurigheid?
- Schoffelen lijkt meer potentie te hebben.

Groenbemester/onkruid kneuzen zonder te snijden:

- Gezien in teler app groep.
- Kan misschien een hype zijn.

Onkruid uitrekken:

- Iet voor lange onkruiden te bestrijden.
- Omstandigheden moeten goed zijn om de wortels uit de grond te trekken.
- Hebben de onkruiden al zaden gevormd?

Kaf afvoeren:

- Grote hoeveelheden kaf.
- Flinke organisatie om het af te voeren.
- Zaal niet alle onkruiden beheren.

Kaf kneuzen:

- Praktischer dan kaf verzamelen en afvoeren.

Kaf weggewen:

- Onbekende techniek.
- Verlies een deel van het land. De kaf lijnen kunnen niet geteeld worden.

Vastegronddaaien:

- Steeds meer boeren proberen het.
- Mechanisatie is een uitdaging. Beschikbaarheid van goede machine in NL is zeer beperkt.

Waterstraal om gewasresten te snijden:

- Onbekende techniek.
- Kan een oplossing zijn voor vastegronddaaien. Het kan helpen om de zaden goed in de bodem te krijgen en niet tussen de gewasresten.

Coloradokevers oogsten en vernietigen:

- "kevers meppen".
- "als het moet dan kan het".
- Zijn schade aan het gewas? Zo ja hoeveel en wat voor schade? Welke consequentie op fytoftora?
- Een keer per seizoen met de machine door het veld zal onvoldoende zijn. Hoe veel keren moet je doen? Hoe vaak?

Bladluizen monitoren en weren:

- Weinig animo voor deze techniek.
- Telers moeten monitoren op perceel niveau. Er moet minstens een sensor per perceel.

UV-C behandeling tegen meeldauw:

- Onbekende techniek.
- Werk het?
- Meeldauw in uien wordt een pijn punt.

Virussympptomen herkennen en gastplant doden:

- Vrij makkelijk te doen.
- Symptomen zijn makkelijk te herkennen met een infra rood camera.

Dubbele zaaibak en zaad doseersysteem:

- Gepromote door de overheden via subsidies.

Dubbele zaaidiepte:

- Nodig voor beter groenbemesters.

Legnestdetectie:

- Op zijn boerderij met de huidige gewassen en beheer, is er geen problemen met legnesten.

Insectenmonitoring:

- Geen mening.

Bodembedekkingsindex:

- Onbekende innovatie.

Grondbewerkingsindex:

- Onbekende innovatie.

Gewasherkenning:

- Herkennen van zieke planten en een kaart er van maken met een druk op een knop is een interessante oplossing.

Algemene opmerkingen:

- Behoeftte om oplossingen te hebben om water kwaliteit van beregening water dagelijks te bepalen. Bijvoorbeeld sensoren monteren bij de water pomp om verschillende parameter van de water te meten.
- Interesse in technieken om de water te onzouten.

Bijlage 5 Begeleidende PPT-presentatie (interviews)

Open de PowerPoint presentatie met een dubbelklik op de slide hieronder.

Mechanisatie en digitalisering voor natuurinclusieve landbouw

**Expert beoordeling van (buitenlandse) technologie
die niet/beperkt beschikbaar is in Nederland**

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1385



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.