

Weed-it, selectieve behandeling van onkruid met behulp van een chlorophyl fluorescentie sensor

Ir. T. Timmermans en dr. R. Visser

Instituut voor Agrotechnologisch Onderzoek (ATO-DLO)

Postbus 17, 6700 AA Wageningen

telefoon 0317-475271, telefax 0317-475347

e-mail: a.j.m.timmermans@ato.dlo.nl

ATO-DLO heeft in samenwerking met een aantal bedrijven uit de regio een machine ontwikkeld voor het selectief beheer van onkruid op verhardingen. Een unieke sensor gebaseerd op het principe van chlorophyl fluorescentie. Een besturingssysteem is opgebouwd uit een industriële computer met I/O interfaces naar de sensoren en de spuitkleppen, waarbij interactie met de gebruiker mogelijk is en de procesvariabelen worden gevisualiseerd via een LCD-display. In de besturingssoftware zijn patroonherkennings-technieken toegepast om de machine bij alle typen ondergrond en omgevingsomstandigheden te laten functioneren. Een eerste proefserie is gebouwd in 1997 en de verwachtingen voor de toekomst zijn hooggespannen.

De ontwikkelde technologie is niet direct toepasbaar voor selectieve behandeling van gewassen in de landbouw. Er zijn echter ideeën en plannen om de opgedane kennis en ervaring met betrekking tot digitale beeldverwerking en cameratechnologie te combineren met opto-elektronische systemen om de metabole activiteit van chlorophylhoudende planten te meten. Hiermee kunnen op termijn nieuwe innovatieve toepassingen gerealiseerd worden, zoals de herkenning van onkruid tussen het veldgewas en de detectie van zieke planten tussen gezond gewas. Deze technologie kan een belangrijke rol gaan spelen bij de verdere invulling van de precisie-landbouw.

Trefwoorden: onkruidbeheer, opto-elektronica, spuitsysteem, sensorontwikkeling, precisie-landbouw.

Met de invoering van het Meerjarenplan Gewasbescherming 1995 werden terecht extra beperkingen gesteld aan de uitstoot van chemische bestrijdingsmiddelen naar het milieu. In de Nederlandse gemeenten wordt de helft van de jaarlijkse bestrijdingsmiddelen gebruikt voor onkruidbestrijding op verhardingen (CBS, 1994). Alternatieven voor chemische onkruidbestrijding, zoals bijvoorbeeld borstelen of branden, zijn kostbaar of niet effectief en vaak minstens zo slecht voor het milieu. Eén van de oplossingen om te komen tot een milieuvriendelijker en kosteffectieve benadering van dit probleem is het selectief behandelen van het onkruid op alleen die plaatsen waar het

onkruid daadwerkelijk aanwezig is. Om dit idee te verwezenlijken is ATO-DLO in 1995 gestart met het onderzoeksproject Weed-it, hetgeen staat voor Weed: Effective and Economic Destruction of it, using Information Technology. Het project had een looptijd van 2 jaar en is uitgevoerd in nauwe samenwerking met de partners in het project, Schouls groenverzorging b.v. en Kamps de Wild b.v. beiden uit Zevenaar.

Het gericht behandelen van het onkruid op alleen die plaatsen waar het onkruid daadwerkelijk aanwezig is heeft een aantal voordelen. Op verhardingen levert selectief spuiten een besparing van 50-90% op

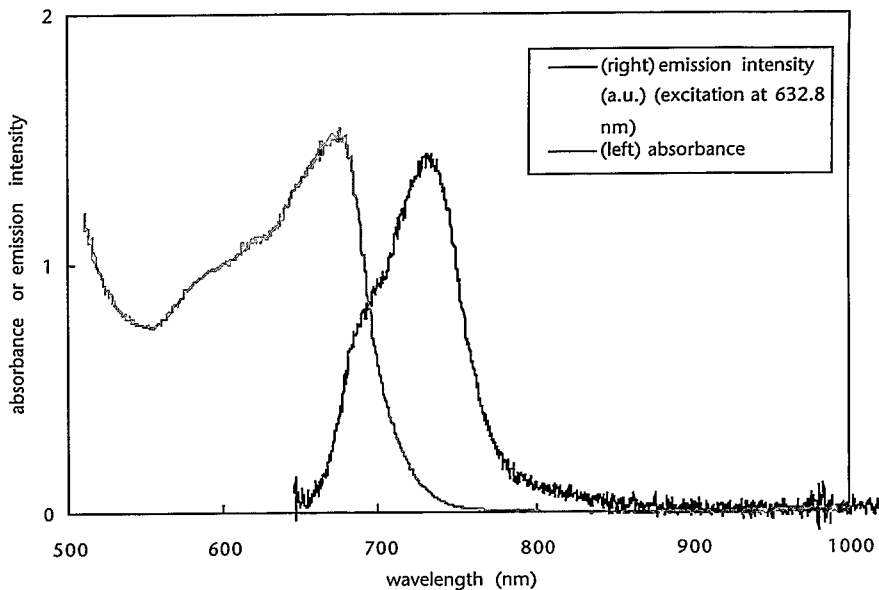
(afhankelijk van de bedekkingsgraad) in vergelijking met het spuiten over de volle breedte. De capaciteit van het systeem is vele malen hoger dan de selectieve bewerking d.m.v. handmatig toepassen van een mechanisch of chemisch middel. Daarnaast speelt de ontwikkelde technologie in op een aantal trends in het beheer van onkruid:

- Het systeem kan worden toegepast met volledig bio-afbreekbare onkruidbestrijdingsmiddelen, waarvan enkele middelen reeds beschikbaar zijn en waarvan door de diverse onderzoekscentra nieuwe generaties worden ontwikkeld;
- Er vindt een verschuiving plaats van onkruidbestrijding naar onkruidbeheer. Dit heeft o.a. tot gevolg dat kleiner onkruid en mossen niet als storend worden ervaren en omdat het sensorsysteem instelbaar is op de grootte van het te behandelen onkruid leidt dit tot een extra besparing aan middelen.

De onkruidsensor

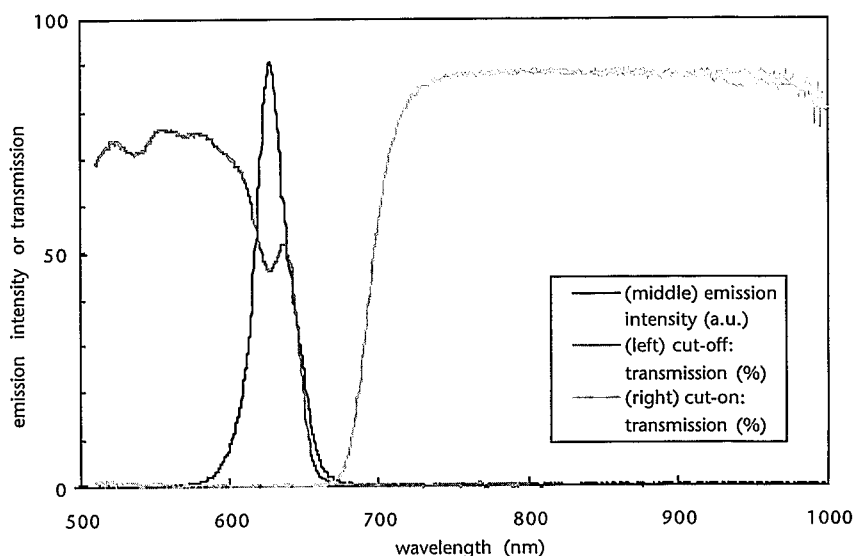
Tijdens de haalbaarheidsfase van het project zijn diverse alternatieve methoden en technieken onderzocht, waarmee het onkruid van de achtergrond onderscheiden kan worden. Uiteindelijk is gekozen voor een principe dat uniek is voor chlorophylhoudende bladeren, waardoor geen storende invloed van de diverse typen ondergrond verwacht kon worden, zelfs al zou deze een groene kleur hebben. Het meetprincipe van de onkruidsensor is gebaseerd op de fluorescentie eigenschap van het chlorofyl in de bladeren. Bladeren hebben maximale lichtabsorptie in het gebied tussen 600 en 700 nm en stralen licht terug in het nabij-infrarood gebied (650-850 nm), wanneer deze aangestraald worden in het gebied met maximale

lichtabsorptie. In figuur 1 is deze spectrale karakteristiek weergegeven voor een blad van een ficus benjamina. Het grote voordeel van het ontwikkelen van een sensor op basis fluorescentie is de selectiviteit van het systeem, omdat er in een natuurlijke omgeving geen objecten bestaan die op een vergelijkbare manier reageren op licht. Een nadeel is dat de quantum efficiëntie van het proces laag is. Minder dan 1% van het aangestraalde licht wordt weer geëmitteerd door de bladeren in het NIR gebied. Een alternatieve oplossing is het gebruik van de verhouding van de reflectie in het rode gebied ten opzichte van de hoeveelheid gereflecteerd licht in het NIR golflengtegebied. Een tweetal systemen ontwikkeld in Australië (Felton, 1991) en de Verenigde Staten (Beck, 1992; Audenaert 1996) maken gebruik van dit principe. Nadeel van deze methode is dat deze minder selectief is en dat herijking op de verschillende ondergronden nodig is.



Figuur 1. Emissie en absorptie van een blad van een Ficus Benjamin

De onkruidsensor bestaat uit een aantal LED's die rood licht uitstralen naar de bodem. Met een aantal fotodiode detectoren met een gevoeligheid in het nabij-infrarood wordt het uitgestraalde licht waargenomen. De optimale configuratie voor selectiviteit en nauwkeurigheid wordt verkregen door een combinatie van collimator lenzen en optische filters en de toegepaste signaal-versterking. In figuur 2 is de optische filtering weergegeven. Daarnaast worden elektronische filtering en modulatie technieken gebruikt, zodat de sensor zowel bij vol daglicht als in het donker functioneert. Door het principe van modulatie gaan de lampjes met een frequentie van 50 kHz aan en uit, waarbij de sensor alleen 'kijkt' wanneer de lampjes aan zijn. De uiteindelijke sensor kan onkruidplantjes van 1 cm² waarnemen vanaf een hoogte van 30 cm (Visser, 1996).

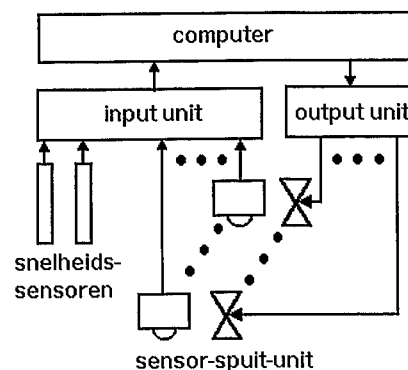


Figuur 2. Spectrale transmissie van de optische filters en emissie van de LED's

Het complete systeem

Achter elke onkruidsensor is een spuitkop gemonteerd, die wordt aangestuurd door de centrale verwerkingsunit. De breedte van een unit bedraagt ca. 15 cm en is afhankelijk van de openingshoek van de spuitmondjes en de werkhoogte. De werkbreedte van een compleet systeem met 8 sensoren/spuitkoppen is ca. 1 meter. Een normale rijnsnelheid van het apparaat is 5

km/uur; een snelheid tot 10 km/uur is mogelijk. Een aantal snelheidssensoren zijn op de wielen geplaatst om de actuele snelheid van het voertuig te meten. De optische sensoren zijn gemonteerd op een frame dat aan verschillende soorten tractie kan worden bevestigd. Een mini-tractor met cabine en voorraadtank is geschikt voor bewerking van grote gebieden. Daarnaast is een handstelsysteem ontwikkeld dat handmatig voortgeduwd kan worden en vooral geschikt is voor kleine oppervlakten. In figuur 3 is een schematische voorstelling van het systeem gegeven.



Figuur 3. Schematische weergave van het onkruid detectie systeem

Computerconfiguratie

Voor de controle van het systeem wordt een industriële computer gebruikt. Met behulp van I/O boards met ADC (analoog/digitaal omzetters) worden de signalen van zowel de chlorophyl sensoren als de snelheidssensoren gedigitaliseerd. De spuitkleppen worden aangestuurd via een PIA (Periferal Interface Adaptor). Een LCD-display wordt gebruikt voor het weergeven van actuele systeem informatie. Via een functietoetsenbord kan de gebruiker on-line instellingen van het systeem aanpassen. Een besturingsprogramma controleert de werking van de machine. In principe controleert dit programma continu de ingangssignalen van alle individuele sensoren. Op het moment dat eeningangssignaal boven een drempelniveau komt wordt op basis van de actuele rijnsnelheid en de afstand tussen de sensor en de spuitkop het precieze moment van uitsluiting berekend. Op het moment dat de spuitkop zich boven het onkruid bevindt wordt de klep aangestuurd. De cyclustijd bij de gebruikte processor is 5 msec. Bij lage rijnsnelheid wordt de spuitkop gepulseerd aangestuurd, zodat de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte bij benadering constant is.

Het gebruikersinterface is opgebouwd uit een aantal schermen die via het functie-toetsenbord opgeroepen kunnen worden. Beschikbare informatie voor de gebruiker is bijvoorbeeld:

- de actuele rijnsnelheid
- de afgelegde afstand
- de hoeveelheid vloeistof in de tank
- het besparingsrendement t.o.v. vollevelds spuiten

Via het toetsenbord kunnen o.a. de volgende instellingen worden veranderd:

- gevoeligheid per sensor (grootte van de minimaal waar te nemen plant)
- in/uitschakelen sensoren (bij rijden langs bijvoorbeeld grasveld)
- invoeren gegevens tankvoorraad
- in/uitschakelen hele systeem
- testen spuitunits
- schoonspoelen systeem

Figuur 4. Eerste prototype van het selectieve onkruidbestrijdingssysteem

Patroonherkenning

In principe is de ontwikkelde plantsensor ongevoelig voor verandering van de omgeving en reageert alleen wanneer chlorophyl houdend materiaal in het zichtsveld aanwezig is. Er zijn echter een tweetal factoren die wel degelijk invloed hebben op het niveau van de signalen. Als eerste beïnvloedt de omgevingstemperatuur het functioneren van de elektronica en daarmee het grondniveau van de uitgangsspanning. Ten tweede heeft de hoeveelheid daglicht invloed op de signaal/ruis verhouding van de sensoren. Bij toenemend daglicht wordt de signaal/ruis verhouding lager. De hoeveelheid directe reflectie van de ondergrond is afhankelijk van het type ondergrond en dit heeft een vergelijkbare invloed op het grondniveau van de sensor als veranderingen in daglicht. De verandering van de temperatuur verlopen zeer gelijkmatig, terwijl de verandering van de hoeveelheid daglicht of de wisseling van ondergrond zeer plotseling kunnen plaatsvinden. Om de invloed van deze factoren op te vangen is in de software een correctiefactor ingebouwd per sensor. Op basis van patroonherkenning en modeleringstechnieken wordt een schatting uitgevoerd van het grondniveau van het sensorsignaal (signaalniveau zonder plantmateriaal).

Status van het project

In de zomer van 1997 is op basis van het ontwikkelde prototype een proefserie ont-

wikkeld van zowel de sensoren als de overige onderdelen. Hierbij is de kennis van zowel de optica, elektronica en software overgedragen aan de partners in het project en een ingenieursbureau dat de sensoren en elektronica seriematig gaat vervaardigen. De eerste proefserie van de sensoren werkt naar verwachting en procedures voor ijking en standaardisatie worden opgesteld. Het systeem wordt gedurende de rest van het jaar verder getest en indien nodig geoptimaliseerd. In figuur 4 is het eerste proefmodel afgebeeld.

Toekomstige ontwikkelingen

De afdeling Optische Meetsystemen van ATO-DLO is gespecialiseerd in ontwikkeling van beeldanalyse of visionsystemen. Verdere uitbouw van de in het Weed-it project ontwikkelde technologie door toevoeging van geometrische en additionele (spectrale) informatie biedt perspectieven tot nieuwe innovatieve toepassingen. Een van de onderzoeksvelden die een logische stap lijkt door combinatie van de vision en onkruiddetectie is de herkenning van onkruid tussen het veldgewas, waardoor selectieve behandeling van het onkruid tussen het gewas mogelijk is. Een ander gebied betreft de vaststelling van de vitaliteit van het gewas op bepaalde delen van een areaal en vervolgens selectieve behandeling (bemesting, watergift, ziektebestrijding,



etc.). ATO-DLO heeft een kwaliteitsmeter ontwikkeld waarmee op basis van veranderingen in lichtabsorptie van groene plantdelen de inwendige toestand van planten gemeten kan worden. Deze meter wordt o.a. toegepast bij het voorspellen van het resterende vaasleven van rozen en de houdbaarheid van komkommers. In principe is de ontwikkelde en gepatenteerde technologie geschikt om voor alle groene planten de inwendige metabole activiteit te meten.

ATO-DLO is bezig met de voorbereidingen om een grootschalig project op te starten in samenwerking met een aantal bedrijven in de land- en tuinbouwsector en bedrijven die gespecialiseerd zijn in sensor-ontwikkeling. Doel van dit project is om de cameratechnologie te ontwikkelen om real-time beelden te genereren, waarbij de pixelwaarden van de camera gecorreleerd zijn met de mate van metabole activiteit van de planten. Door gebruik te maken van beeldverwerkingstechnieken kunnen vervolgens bij-

voorbeeld zieke planten van gezonde worden onderscheiden en planten met een hoge activiteit van planten met een lage activiteit (bijvoorbeeld onkruid en zaailingen).

Acknowledgements

Het Weed-it project is uitgevoerd in samenwerking met Schouls groenverzorging b.v. en Kamps de Wild b.v., beide uit Zevenaar, met ondersteuning van het Innovatiecentrum Midden- en Zuid Gelderland. Het project is gesubsidieerd door het Ministerie van Economische Zaken in het kader van de Senter IT-regeling. Behalve de auteurs hebben Gomar Bijl, Theo Borm en Berry van de Weert, allen ATO-DLO, bijgedragen aan het succesvolle verloop van het project.

Referenties

- Audenaert, J.A.R. 1996. Onkruidbestrijding. Selectieve bestrijding met de Selectspray. Tuin en park techniek, Vol. 2, pp. 26-27, 1.
- Beck, J. 1992. Intelligent sprayer from Patchen California. Proceedings of the 44th California weed conference, p. 216, Fremont, California.
- CBS. 1994. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), persbericht 11 januari 1994, Den Haag.
- Felton, W.L., A.F. Doss, P.G. Nash, K.R. McCloy. 1991. A microprocessor controlled technology to selectively spot sprayer weeds. Automated agriculture for the 21st century. Proceedings of the 1991 symposium, 16-17 December 1991, pp. 427-432, ASAE publication, Chicago, Illinois., St. Joseph, Mich.
- Visser, R. en A.J.M. Timmermans. 1996. WEED-IT: a new selective weed control system. in: Proceedings SPIE P-2907, 120-129. @

De opbouw van een bodemdatabase voor precisielandbouw: informatica-aspecten

Dr. P.A. Finke,

DLO- Staring Centrum

Postbus 125, 6700 AC Wageningen

telefoon (0317) 474258, telefax (0317) 424812

e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

Ing. H.W.G. Booltink

LUW-Bodemkunde en Geologie

Duivendaal 10, 6701 AR Wageningen

telefoon (0317) 472422, telefax (0317) 472419

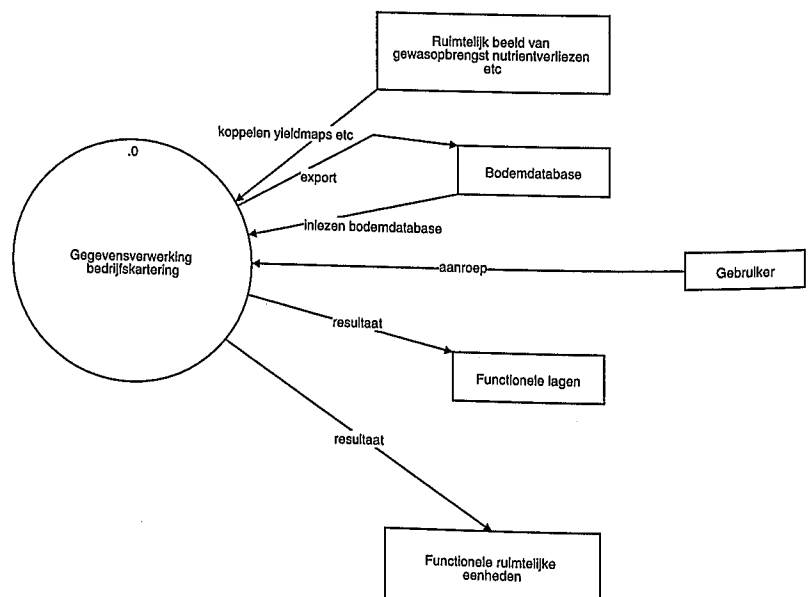
Precisielandbouw is een kennisintensieve vorm van landbouw. In dit artikel brengen we de kennis- en gegevensstromen en de aansturende processen met betrekking tot de bodemkundige gegevensverzameling in kaart vanuit een IT-perspectief. Het blijkt, dat de processen die dicht tegen het veldwerk aan liggen, de hoogste implementatiegraad kennen. Processen die te maken hebben met het definiëren van ruimtelijke bewerkingseenheden, uitmondend in behandelingskaarten, verkeren nog in het ontwikkelingsstadium. We definiëren deze processen op een globale manier, en formuleren een aantal functionaliteitseisen. Bij de implementatie van precisielandbouw is sterke behoefte aan beslissingsondersteunende systemen, die kunnen leren van eerder bereikte resultaten.

Precisielandbouw kan niet zonder ruimtelijk gedetailleerde basisgegevens over de bodemopbouw en ontwateringstoestand binnen het bedrijf. Omdat precisielandbouw in Nederland nog in een experimenteel stadium verkeert, is er nog relatief weinig aandacht besteed aan het stroomlijnen van acquisitie en opslag van data. In dit verhaal analyseren we aan de hand van een uitgevoerde bodeminventarisatie op een bedrijf in Voorne-Putten (Finke, 1997) de procesgang van veldwerk tot een eerste

definitie van managementseenheden uit functionele verschillen in bodemeenheden. Ook gaan we in op de mate waarin de pro-

cessen met de huidige hard- en software zijn gerealiseerd, en waar de leemtes liggen.

Bij het in kaart brengen van de essentiële processen en de datastromen die tussen de processen plaatsvinden gebruiken we een hiërarchisch opgebouwd stelsel van data stroom-diagrammen (DFD's). In DFD's worden processen aangegeven met cirkels, zijn tijdelijke bestanden aangegeven met twee horizontale lijnen, en zijn bestanden en resultaten die ook buiten het systeem benaderbaar moeten zijn aangegeven met rechthoeken. Op het hoogste hiërarchische niveau geeft een context diagram aan in welke omgeving we het systeem plaatsen, en wat we van het systeem verwachten.



Figuur 1 – Context diagram