

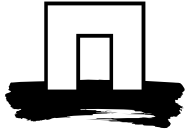


Automatisch onkruid bestrijden PPL-094

Doorontwikkelen algoritmes voor herkenning onkruid in uien, peen en spinazie

Jochen Hemming, Ruud Barth & Ard Nieuwenhuizen





Automatisch onkruid bestrijden PPL-094

Doorontwikkelen algoritmes voor herkenning onkruid in uien, peen en spinazie

Jochen Hemming, Ruud Barth & Ard Nieuwenhuizen

© 2013 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Plant Research International. 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 DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International, Business Unit Agrosystemkunde.

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



PPL-Project: Automatisch onkruid bestrijden: Doorontwikkelen algoritmes voor herkenning onkruid in uien, peen en spinazie, PPL-projectnummer/kennmerk: PPL-094/ZGLE.12.0053

Opdrachtgever: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie

Projectnummer PRI: 3310390406

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR Business Agrosysteemkunde

Adres : Postbus 16, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 82
Fax : 0317 – 41 80 94
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl

Inhoudsopgave

	pagina
1. Inleiding en doelstelling	1
2. Detectie in spinazie	3
2.1 Volvelds spinazie	3
2.2 Detectie met kleurherkenning	4
3. Detectie in uien	7
3.1 Invloed van camera perspectief	7
3.2 Herkenning in veldsituatie	8
3.3 Herkenning met hoge resolutie in kas	13
3.4 Conclusie detectie uien	19
4. Detectie in peen	20
5. Conclusies en aanbevelingen	21

1. Inleiding en doelstelling

Dit rapport bevat de voortgang, resultaten en conclusies van het PPL-Project automatisch onkruid bestrijden, doorontwikkelen algoritmes voor herkenning onkruid in uien, peen en spinazie (PPL-094/ZGLE.12.0053) dat Wageningen UR in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie heeft uitgevoerd.

Onkruidbestrijding heeft al sinds jaar en dag veel aandacht binnen de akkerbouw. Door de eenvoud in gebruik en de relatief goede werking waren in de laatste decenia vooral chemische onkruidbestrijdingsmiddelen in opkomst. Toch wordt men zich er steeds meer van bewust dat chemische onkruidbestrijding een nadelig effect op het milieu zou kunnen hebben. Ook zijn voor speciale, kleinschaligere gewassen geen bestrijdingsmiddelen meer verkrijgbaar of worden niet meer ontwikkeld. Ook is in de biologische landbouw chemische onkruidbestrijding geen mogelijkheid om onkruid te beheersen.

Sinds 2008 werkt Wageningen UR daarom samen met machinefabriek Steketee aan een project het ontwikkelen en op de markt brengen van een mechanische intrarij onkruidbestrijdingsmachine. Aan hand van vorm, kleur een plaats herkent de camera gebaseerde machine de gewasplanten en wordt overal geschoffeld behalve daar waar een gewasplant staat. De laatste periode zijn diverse prototypes van deze machine succesvol getest in suikerbieten, sla, andijve en knolselderij. In alle hierop lijkende gewassen (diverse koolsoorten, groenten), dus rij gewassen die op een regelmatige afstand gezaaid of geplant zijn, kan met het momenteel systeem geschoffeld worden. Het detecteren van onkruiden in ui en peen is met het huidige systeem niet mogelijk omdat de bladeren van deze gewassen erg dun zijn en voor de detectie naar verhouding weinig signaal leveren. Spinazie staat volvelds gezaaid en vraagt een andere benadering van herkenning t.o.v. ui en peen voor de detectie maar vooral ook voor de mechanische onkruidbestrijding.

Het doel van deze studie was het doorontwikkelen van hardware en software uit het Steketee project voor de detectie van onkruiden in uien en peen. Verder is een verkenning van de mogelijkheden van volvelds onkruiddetectie in spinazie uitgevoerd.

Oorspronkelijk was dit project in 3 fases opgedeeld:

- Fase 1: aanpassing aan de belichting en aanpassen analysesoftware.
- Fase 2: velddata verzamelen met aangepaste opstelling in peen en ook in spinazie.
- Fase 3: data verzamelen met een kasproef met aangepaste opstelling in ui.

Doordat het project pas in augustus 2012 gehonoreerd werd was het niet meer mogelijk om in het teeltseizoen nieuwe veldopnames van de gewassen te verzamelen. Wageningen UR beschikt echter over archiefmateriaal van uien, spinazie en peen die met vergelijkbare apparatuur opgenomen zijn. Deze data is gebruikt voor dit project voor peen en spinazie. Voor uien is nog in een aangepaste opstelling in voorjaar 2013 een kas proef uitgevoerd om met goed materiaal algoritmes te kunnen ontwikkelen.

Toelichting per fase

Fase 1

Uien en peen zijn een moeilijk gewas om te herkennen in camera beelden. Dit komt doordat zij een rechtop groeiend gewas zijn met fijne bladeren die daarom weinig concurrentie kunnen geven tegen onkruiden in de buurt van de gewasplant. Om toch deze sprietjes te herkennen kan gestructureerd licht en laserlicht worden toegevoegd om een hoogtepfiel in beeld te krijgen. Dit vereist afstelling aan de belichting en de camera's in een praktijkopstelling om beelden op te kunnen nemen. Als data verzameld is wordt deze met een quick scan in de beeldanalyse software bekeken.

Fase 2

Aan de hand van de quick scan in Fase 1 wordt camera en belichting aangepast voor volgende data verzameling in het veld. Er wordt data verzameld in ui, peen en spinazie. Voor peen worden algoritmes ontwikkeld om onkruid van

het gewas te onderscheiden. Tevens wordt vastgelegd hoe goed deze herkenning gaat, zodat de haalbaarheid van onkruidherkenning in ui en peen beoordeeld kan worden. Voor spinazie wordt een quick scan uitgevoerd op de verzamelde data naar onkruidherkenning. Spinazie staat volvelds gezaaid en vraagt een andere benadering van herkenning t.o.v. ui en peen.

Fase 3

Uit analyse van het archief materiaal voor uien beelden bleek dat door middel van een quick scan in de beeldanalyse software, het gewasmateriaal in een vroeg stadium zeer moeilijk was te onderscheiden van de ondergrond. Dit komt met name door de combinatie van de fijne vorm van het bladmateriaal en de lage resolutie van de beeldopnamen. Om te bepalen wat een hogere resolutie voor invloed heeft op de herkenbaarheid zal een kasproef worden gedaan met een hoge resolutie meetopstelling.

De resultaten in dit rapport worden per gewas behandeld.

2. Detectie in spinazie

2.1 Volvelds spinazie

Figuur 1 toont een veld met spinazie in een groeistadium waar handmatige verwijdering van onkruid plaats moet vinden. Tussen de gewasplanten staan diverse onkruiden met soms verschillende kleur en/of bladvorm



Figuur 1: Volvelds Spinazie (opgenomen op 14.6.2011 bedrijf Biotrio)

Het gewas wordt wel op rijtjes gezaaid, maar zodra het gewas gaat groeien is het een volvelds gewas waarbij de planten niet meer in een regelmatig patroon groeien. Daardoor is het met algoritmes van inra rijwieden niet mogelijk om onkruiden tussen volvelds gezaaide gewassen te herkennen.



Figuur 2: Bovenopname spinaziegewas met onkruiden

Figuur 2 toont een opname van bovenaf waarin te zien is dat het gewas niet regelmatig groeit en dat tussen de spinazieplanten ook onkruidplantjes beginnen te kiemen. Deze groeien ongeveer gelijk met de spinazie op. Als de

spinazie nog wat groter is, dan is de concurrentie kracht van de spinazie groot genoeg. Adequate onkruidbestrijding in dit soort volvelds gezaaide gewassen is al in een heel vroeg stadium, in het kiembladstadium nodig.

2.2 Detectie met kleurherkenning

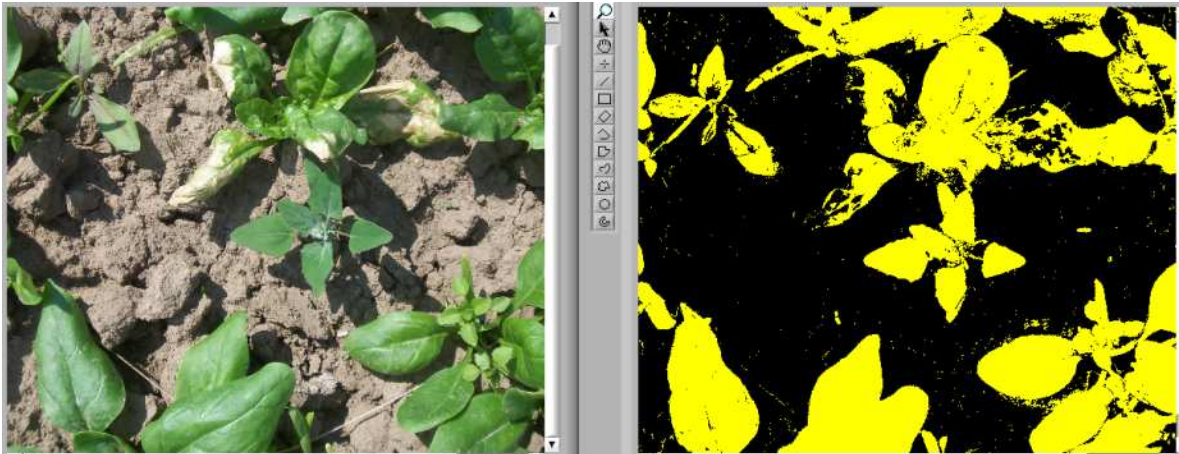
Omdat herkenning op basis van regelmatige plantpatronen niet mogelijk is, is eerst gekeken of herkenning van onkruid op basis van kleur mogelijk is. Het herkennen op basis van kleur is namelijk gemakkelijker dan herkennen op basis van vorm, dit laatste vraagt veel meer rekenkracht en is moeilijker in te regelen bij de variabele omstandigheden die in de landbouwomgeving voorkomen. Figuur 3 en Figuur 4 tonen voorbeelden van onkruiden in volvelds gezaaide spinazie. Zo op het oog zijn er kleurverschillen te zien, het gaat erom of dit met algoritmes ook waar te nemen is.



Figuur 3: Verschillende soorten onkruiden in spinazie, kleine onkruiden

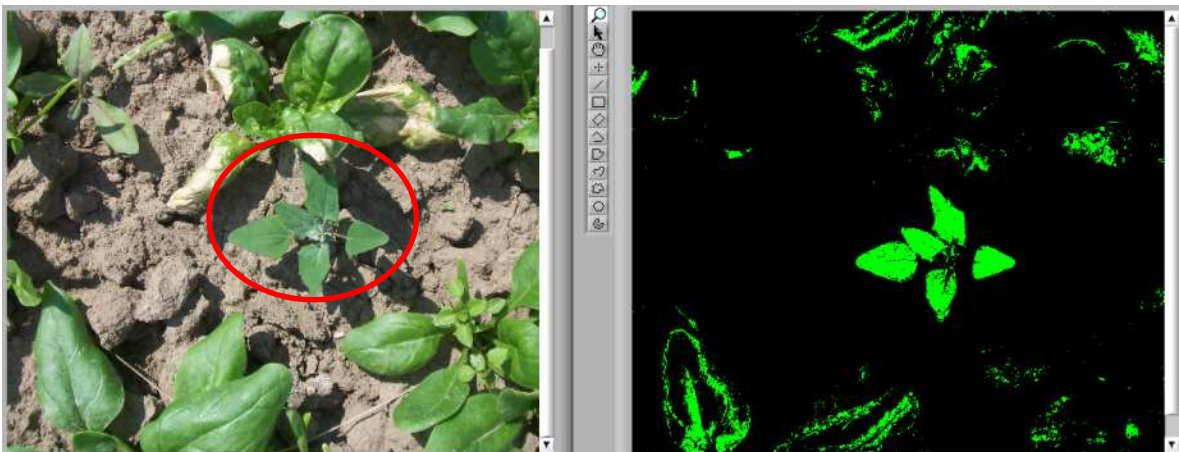


Figuur 4: Verschillende soorten onkruiden in spinazie, grotere onkruiden



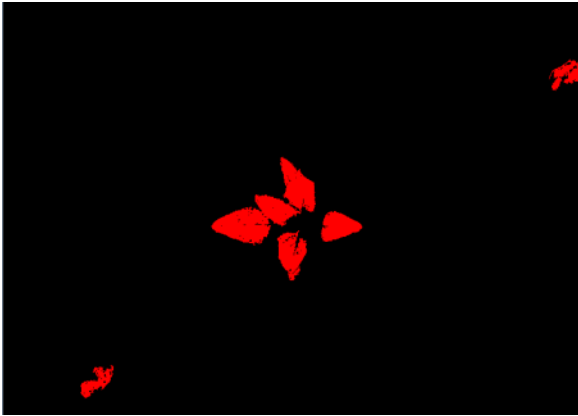
Figuur 5: Kleurherkenning van de groene vegetatie op basis van kleuruimte HSI

Verschillende kleuruimtes zijn mogelijk om onkruiden op basis van kleur te onderscheiden van gewasplanten. Hier is een voorbeeld gemaakt waarbij op basis van de HSI kleuruimte is gesegmenteerd. Het resultaat is weergegeven in Figuur 5. De segmentatie waarden zijn hier: $H= 40-167$, $S=37-255$, $I=51-255$. Dit laat zien dat er een goede achtergrondscheiding te maken is om vegetatie van de grond te onderscheiden.



Figuur 6: Kleurherkenning van het onkruid tussen de spinazie: segmentatie waarden $H= 74-108$, $S=37-84$, $I=77-152$

In Figuur 6 is een voorbeeld getoond waarbij naast de achtergrondscheiding met meer scherpe drempels ook het onkruid gescheiden is op basis van kleur van de gewasplanten, in dit geval spinazie. Dit laat zien dat de kleur wel degelijk afwijkend is van spinazie en dat de kleur als uitgangspunt gebruikt kan worden voor segmentatie van onkruiden in een volvelds gezaaid gewas. Informatie vanuit histogrammen kan nog meer informatie geven om drempels voor kleurdetectie beter in te stellen. Wel zijn vervolgstappen nodig om het onkruid als zodanig te kunnen markeren voor verwijdering. Een van de vervolgstappen is om morfologische operaties op het beeld uit te voeren en kleine onderdelen die in het beeld zijn gevonden weg te laten halen. Dit is weergegeven in Figuur 7. In dit figuur zijn alle objecten kleiner dan een bepaalde oppervlakte uit het beeld verwijderd. Ook zijn objecten geselecteerd die een bepaalde compactheid hebben. Hieruit blijkt dat de onkruidplant te scheiden is van de gewasplanten. Wel moet hier de kanttekening bij geplaatst worden dat het onkruid hier losstaand is van de gewasplanten. Als planten aan elkaar verbonden zijn door occlusie, zijn aanvullende stappen nodig om onkruiden van gewasplanten te onderscheiden.



Figuur 7: select_shape (ConnectedRegions, SelectedRegions, ['area','compactness'], 'and', [5000,1], [63238,15])

Om een goede onkruiddetectie in velds gewassen mogelijk te maken is het belangrijk dat het signaal van het gewas overheerst ten opzichte van het onkruid. Dit is met name belangrijk voor zelflerende algoritmes die meestal een bepaalde (normale) verdeling nodig hebben om op basis daarvan onderscheid te maken tussen klassen die vervolgens automatisch ingedeeld kunnen worden.

Het verdient de aanbeveling om met de camera's en belichting zoals die in de huidige machines toegepast worden opnames te maken in een veldsituatie van de velds gezaaide gewassen. De omgevings variabelen als licht, wind, verplaatsing van de machine beïnvloeden namelijk ook de kansen en mogelijkheden voor onkruidherkenning op basis van kleur en vorm.

3. Detectie in uien

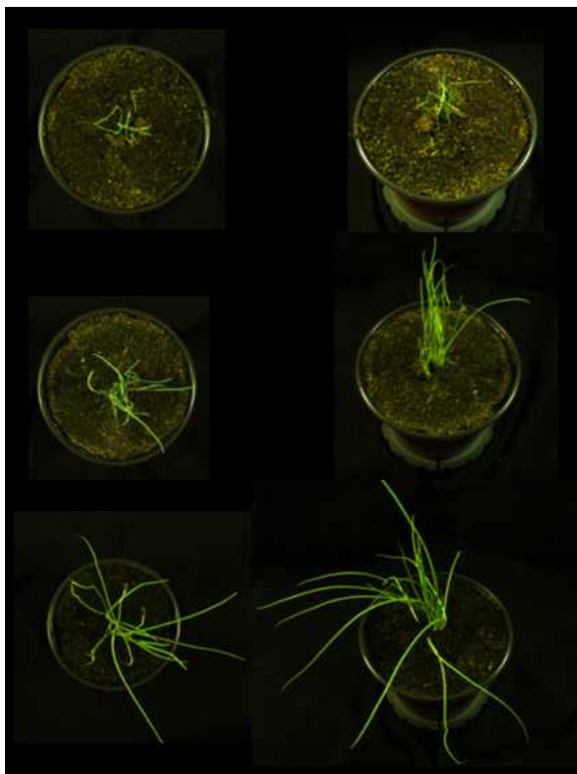
In dit hoofdstuk is geanalyseerd welke aanpassingen van hard- en software in aanmerking komen om onkruiddetectie in een ui gewas te kunnen bewerkstelligen. Allereerst is bepaald of de kijkhoek naar het gewas van invloed is op het bladoppervlak dat kan worden herkend. Hierna is gekeken of segmentatie in laag resolutie beeldmateriaal voldoende perspectief biedt om de onderscheid te kunnen maken tussen ui en onkruid. Ook zijn de inzichten van een kasproef besproken waarbij hoog resolutie data is verkregen van clusters van uien in een vroeg groeistadium.

3.1 Invloed van camera perspectief

Ui is een moeilijk gewas om te herkennen in camera beelden. Dit komt doordat zij een rechtop groeiend gewas zijn met fijne bladeren. Door een perspectief van boven is daardoor slechts een fractie van het plantmateriaal waar te nemen. Doordat deze dunne bladeren weinig licht afvangen, biedt deze plant ook weinig concurrentie tegen onkruiden in de buurt van de gewasplant. Hierdoor ligt de verhouding onkruidmateriaal/gewasmateriaal erg hoog, wat de automatische beeldanalyse bemoeilijkt.

Om te bepalen of het perspectief mogelijk van invloed is op deze verhouding zijn er beelden opgenomen onder verschillende hoeken (0 en 45 graden). Mogelijk zou deze kleine aanpassing van de hardware, een verbeterde verhouding bewerkstelligen.

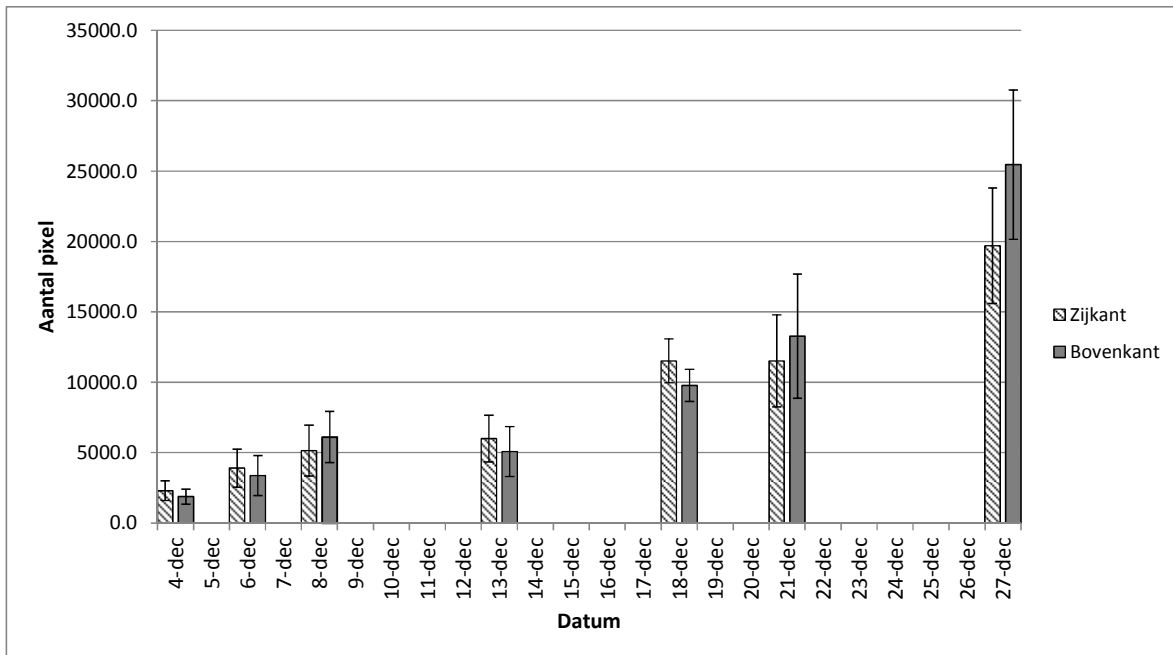
Hiervoor is een experiment uitgevoerd waarbij uien in potten zijn gezaaid en onder 2 hoeken gefotografeerd. Hierna is met beeldanalyse bepaald wat het zichtbare bladoppervlak per situatie is. Ook is de groei over de tijd mee genomen. Hieronder een paar voorbeeld situaties over een tijdsbestek van 3 weken. Zie een voorbeeld in Figuur 8



Figuur 8 Voorbeeld foto's potproef. Per rij zijn de 2 perspectieven weergegeven.

Conclusie

Met de automatische beeldanalyse is gekeken of de zichtbaarheid van de ui veranderd met het perspectief. Hiervoor is het aantal pixels geteld per plant. In Figuur 9 zijn de resultaten hiervan weergegeven. Per meetdatum is per perspectief het gemiddelde aantal gedetecteerde pixels van alle planten weergegeven. Hieruit kan worden geconcludeerd dat een zijaanzicht geen verhoogde detecteerbaarheid heeft ten opzichte van het bovenaanzicht. De huidige meetopstelling heeft dus geen baat bij deze verandering.



Figuur 9 Gemeten aantal plantpixel en standaard deviatie van opnames bovenkant en zijkant gedurende de groei van uienplantjes in potten.

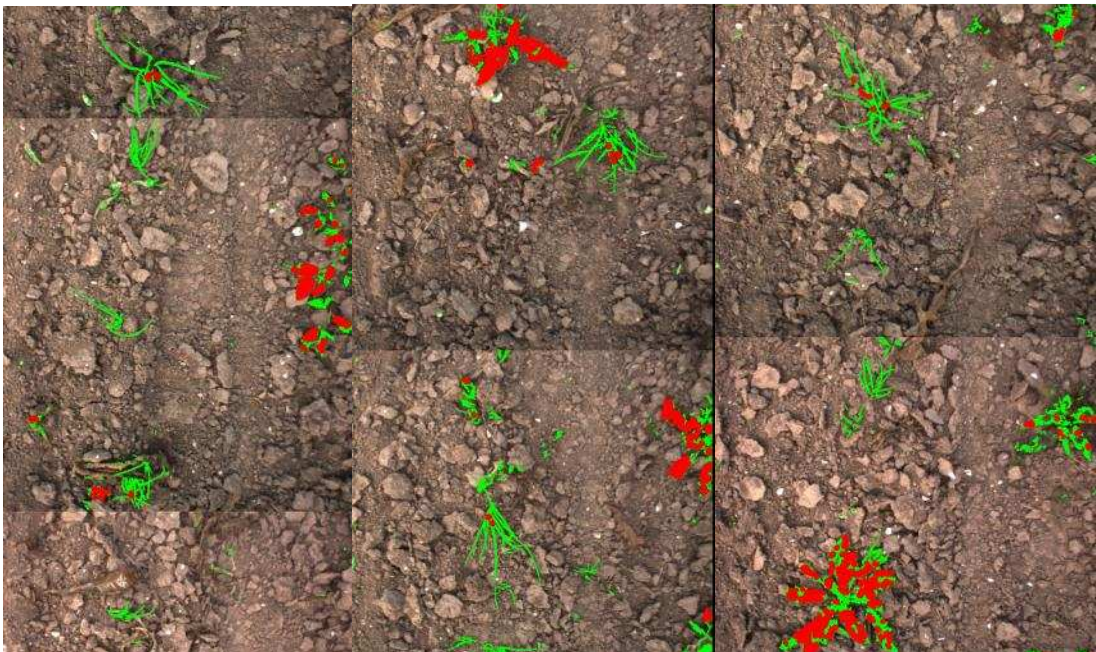
3.2 Herkenning in veldsituatie

In de huidige configuratie neemt de resolutie van de camera 1628 pixels over 150 cm beeldbreedte (1,09 pixel/mm). Omdat de diameter van een uienblad in het bovenaanzicht in een vroeg groei stadium minder dan 1 mm was valt een dergelijk object met de huidige camera in de machine van Steketee niet te detecteren. Voor een goede detectie van een object is minimaal een beeldresolutie van 3 keer de afmetingen van het object vereist (gebaseerd op het bemonsterings theorema van Shannon). Om dit verder te beproeven is er een extra proef gedaan met een aangepaste optica van het meetsysteem. Door gebruik van een andere lens is de resolutie verhoogd naar 3 pixel/mm. Hierdoor was het echter alleen mogelijk één gewasrij per rit op te nemen. De veldsituatie is weergegeven in Figuur 10.

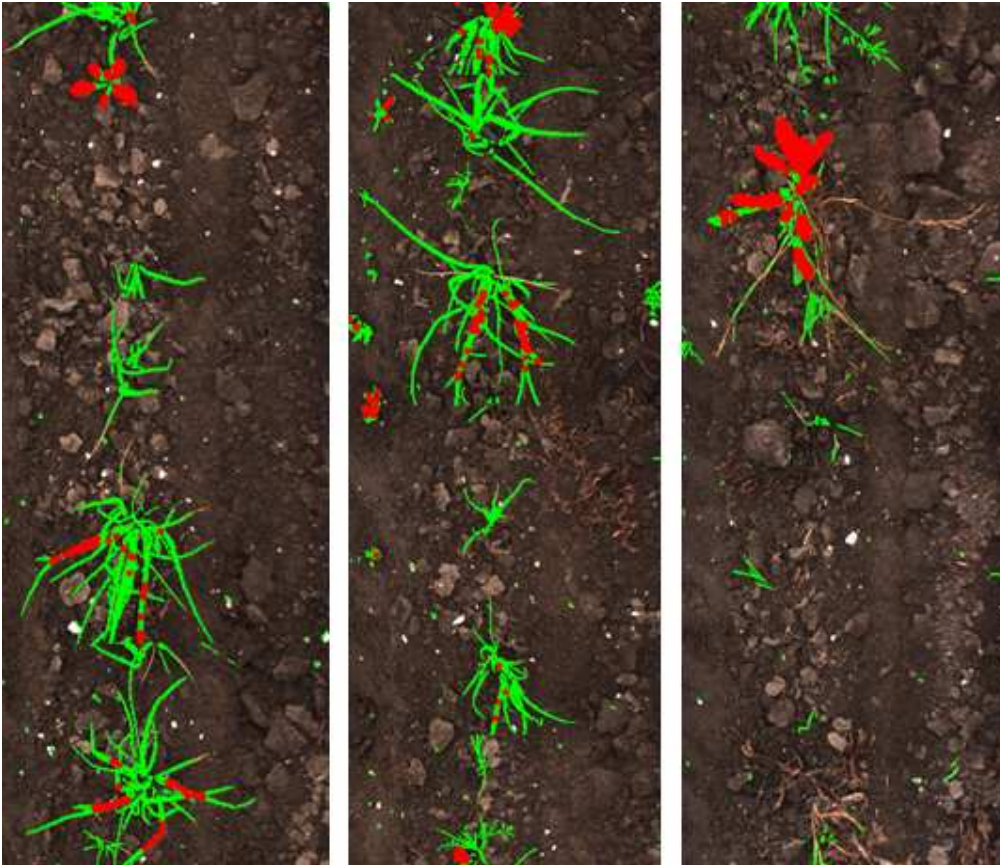


Figuur 10 24-09-2008 Situatie uien in het veld

De veldmetingen zijn gedaan in verschillende groeistadia van de ui. Voor ieder stadium is vervolgens de beeldanalyse toegepast waarbij plantgroei wordt gesegmenteerd en onkruid wordt herkend. Hieronder zijn in Figuur 11 en Figuur 12 een aantal voorbeelden weergegeven in de verschillende late groeistadia in de lage resolutie.



Figuur 11 09-06-2006 Segmentatie van lage resolutie beeldopname ui. Gedetecteerd onkruid is rood gemarkeerd.



Figuur 12 27-6-2006 Segmentatie van lage resolutie beeldopname ui. 3 Verschillende rijen Gedetecteerd onkruid is rood gemarkeerd.

Figuur 13 laat zien dat het met morfologische methoden mogelijk is om onkruiden van uien te onderscheiden op basis van het criterium sprieterigheid.

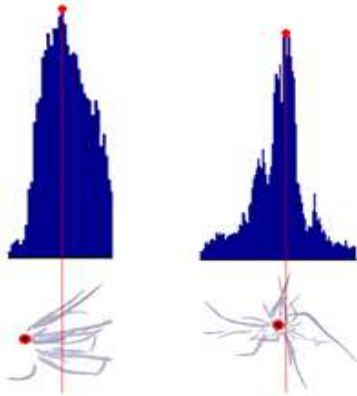


Figuur 13 27-6-2006: Geavanceerde morfologische onkruiddetectie in 1 rij. Het blauw gemarkeerde deel is herkend als onkruid.

Segmentatie van plantmateriaal is met deze hoge resolutie beelden goed te verkrijgen. Ook kan een groot deel van het onkruid worden onderscheiden door plantspecifieke vorm kenmerken.

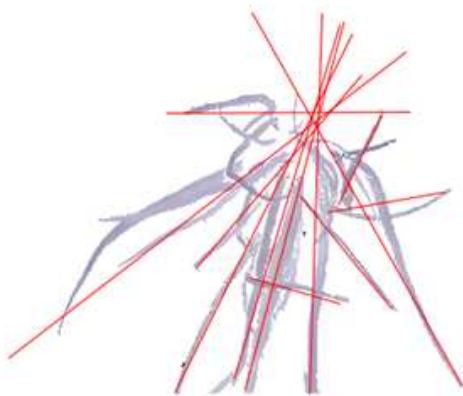
Na segmentatie en onkruiddetectie moet worden bepaald of de uien planten zelf kunnen worden gedetecteerd. Het is belangrijk dat bij het automatisch onkruidwieden, niet te schoffelen daar waar de ui de grond uit komt. Doordat de

bladeren van de ui lang en dun zijn, zijn ze erg wendbaar. Door wind en andere invloeden komt het voor dat alle bladeren in een bepaalde richting liggen. Hierdoor is de verdeling van plantmateriaal in het bovenaanzicht verschoven. Dit heeft invloed op de bepaling waar de ui de grond in gaat en waar wel of niet automatisch geschoffeld kan worden. In Figuur 14 is een voorbeeld gegeven over de verdeling van plantmateriaal in het bovenaanzicht ten opzichte van het punt waar de ui de grond uit komt.



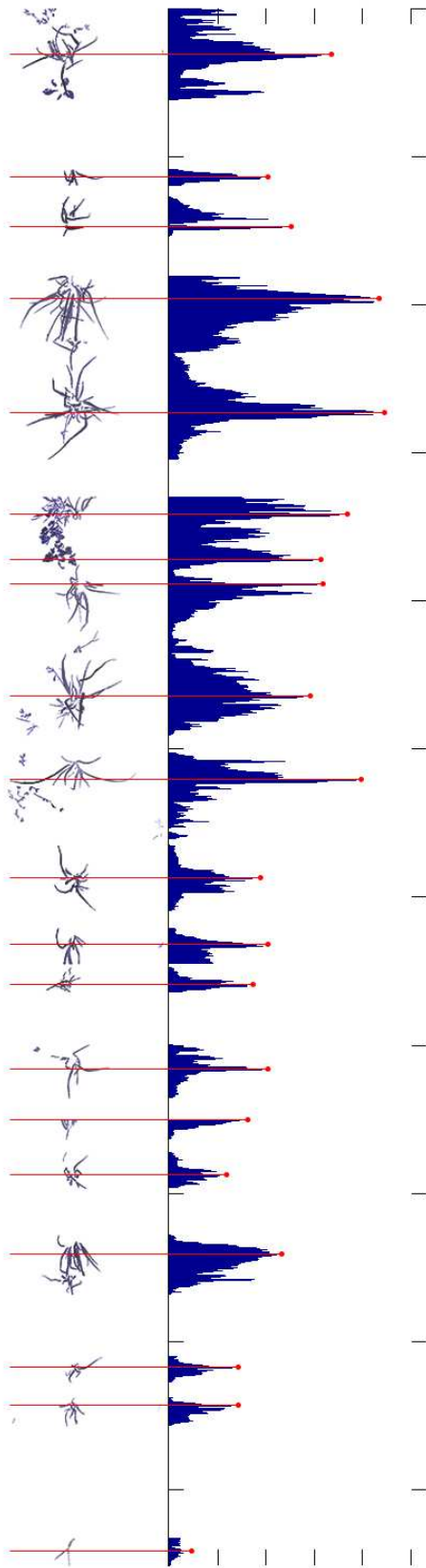
Figuur 14 Voorbeeld van een onjuiste en juiste bepaling van positie waar de ui de grond uit komt door middel van verdeling van plantmateriaal in het gesegmenteerde beeld.

Om dit verschijnsel in kaart te brengen is een gehele rij op bovenstaande manier geanalyseerd. Het zou kunnen blijken dat er geavanceerdere algoritmen nodig zijn om de positie waar de ui de grond uit komt te bepalen. Hieronder is een mogelijk algoritme hiervoor geschetst. Per blad wordt een doorkruisend lijn bepaald. De intersectie van deze lijnen zullen dan het meest waarschijnlijke punt zijn waar de ui de grond uit komt. Deze berekening is echter wel rekenintensief, maar is mogelijk richting praktijk, en weergegeven in Figuur 15



Figuur 15 Geavanceerd algoritme om uit een 2 dimensionaal beeld te bepalen waar de ui de grond uit komt.

In Figuur 16 is de verdeling van gesegmenteerd plantmateriaal te zien van 1 plantrij. Ook het onkruid is voor een deel weggefilterd.



Figuur 16 Detectie resultaat geclusterde zaaiuien

Uit deze analyse blijkt dat in dit groeistadium het punt waar de ui de grond in gaat, goed is te detecteren. Dit gaat echter niet in alle gevallen op. Echter zit de detectie via deze methode er nooit veel naast. Voorgesteld is om voor het gewas ui een aangepaste marge bij het schoffelen te hanteren.

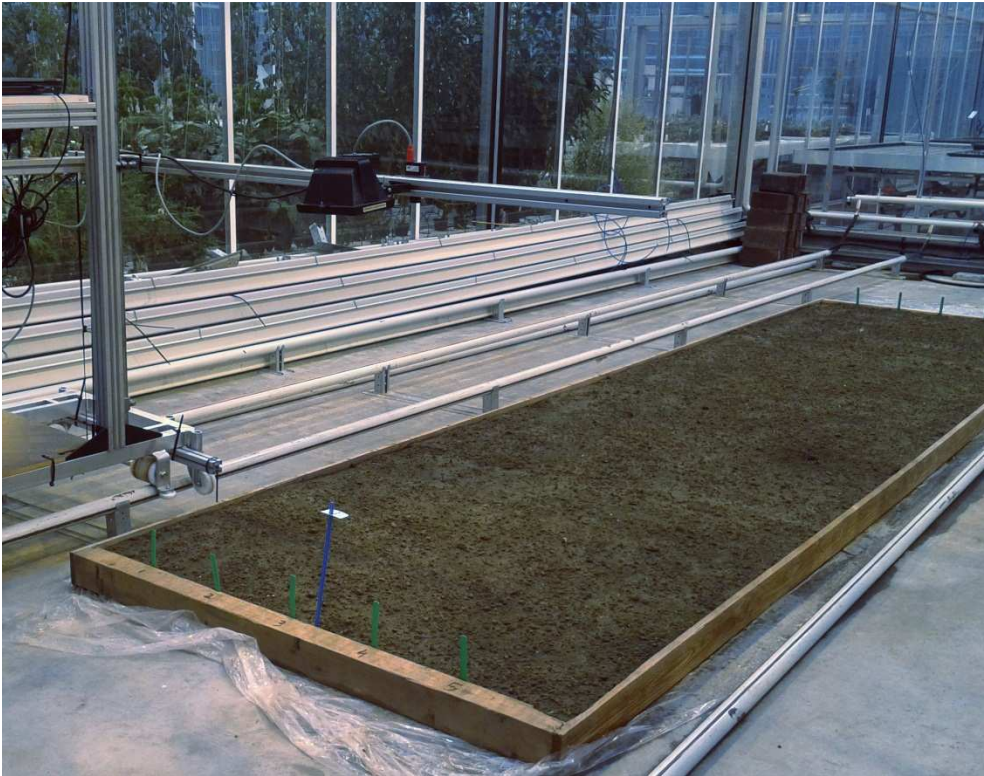
3.3 Herkenning met hoge resolutie in kas

In een vroeg groeistadium van het ui gewas zijn de bladeren zeer klein en dun. Met slechts een lage resolutie van 1mm/px is gebleken dat de segmentatie in het beginstadium van de groei onvoldoende kan worden gerealiseerd. In het onderstaande beeld in Figuur 17 is een voorbeeld van de onvolledige segmentatie weergegeven.



Figuur 17 11-5-2006 Segmentatie van lage resolutie (1px/mm) beeldopname ui in een vroeg groei stadium.

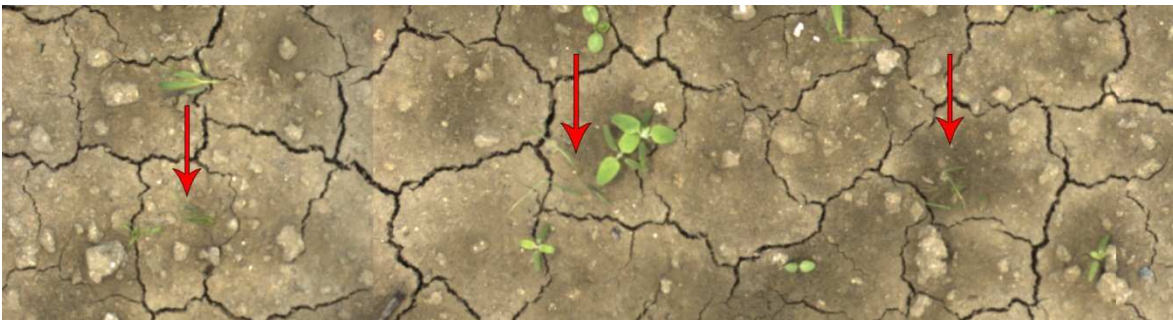
Om te bepalen of een hogere resolutie dit kan verhelpen, is een kasproef opgezet om een set nieuwe beelden op te nemen. In de onderstaande Figuur 18 is de opstelling afgebeeld. Een bed van 5 meter lang en 1,50 meter breed is ingezaaid met 5 rijen ui. Deze zijn regelmatig iedere 25cm en in clusters ingezaaid. Naast dit bed is een opstelling op rails gebouwd welke langs het bed kan bewegen. Een arm aan deze opstelling reikt over het bed heen op een hoogte van 1.00 meter. Een camera is aan deze arm bevestigd. Deze is verstelbaar over de breedte van het bed. 2 Lenzen zijn gebruikt om zowel lage als hoge resolutie opnames te maken. De lenzen zijn 4mm en 12mm en geven respectievelijk 1 en 3 px/mm resolutie.



Figuur 18 Meetopstelling kasproef.

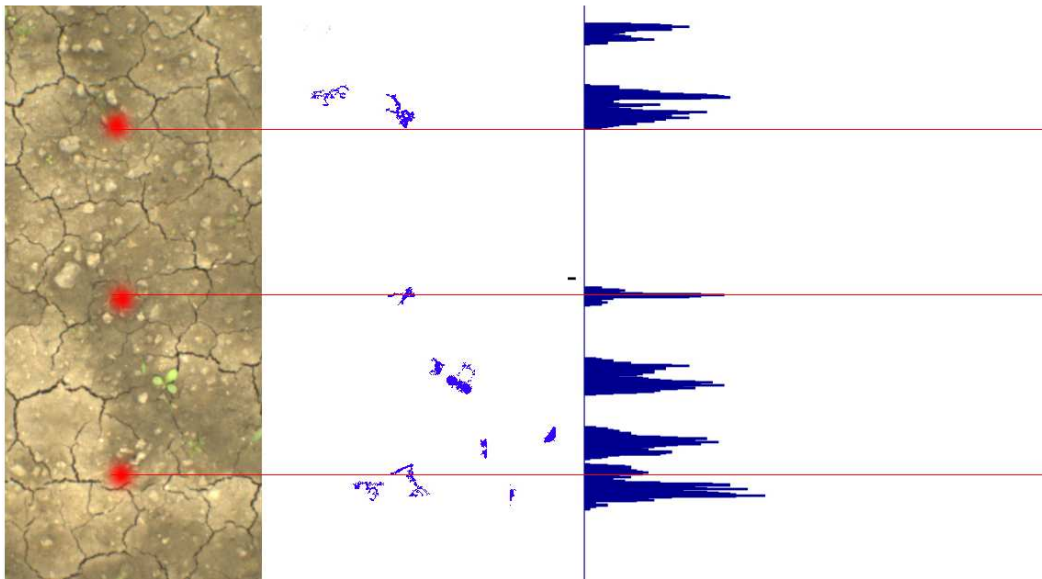
Resultaten

Er zijn 7 meetdagen geweest tijdens de kasproef. 1 Week na inzaaiing kwamen de eerste uien op. Hieronder is een voorbeeld rij weergegeven in Figuur 19. Hierin is zowel onkruid als 3 clusters met uien te zien. Opvallend is wederom de scheve verhouding van bladoppervlak tussen gewas- en onkruidmateriaal.



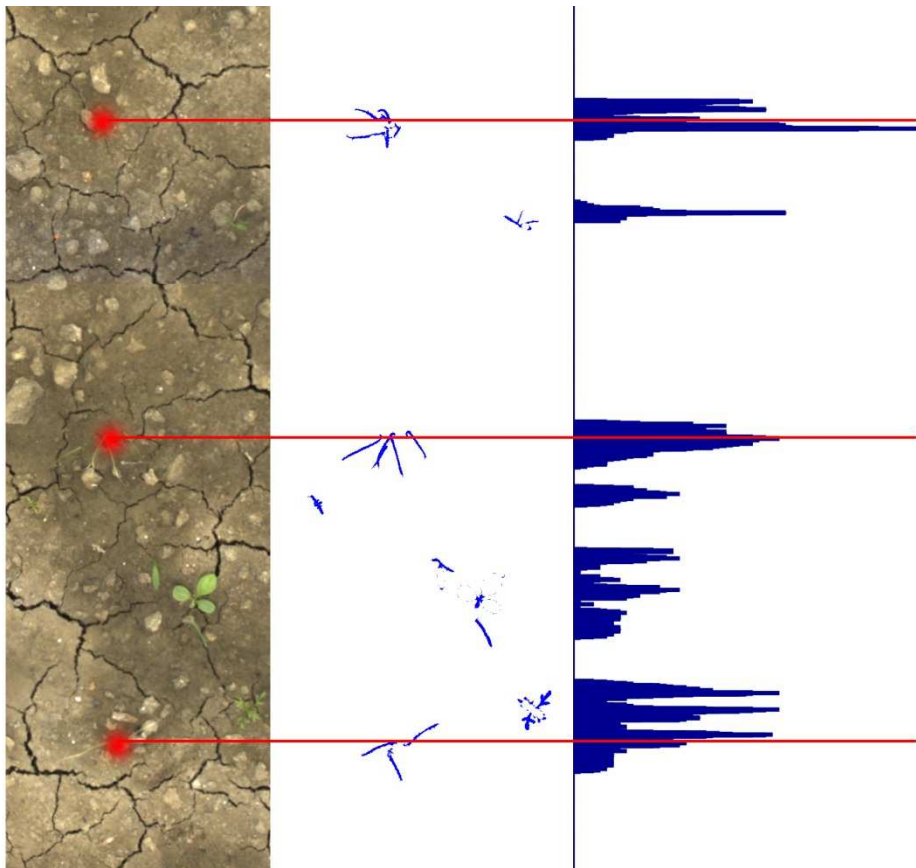
Figuur 19 Voorbeeld beeldopnamen 3px/mm. 3 Clusters met uien zijn weergegeven bij de pijlen.

2 Weken na inzaaiing en 1 week na opkomst zijn de uien gemiddeld 5 cm groot. In de lage resolutie beelden is op dat moment geen goede segmentatie mogelijk. In de onderstaande Figuur 20 is dit weergegeven.

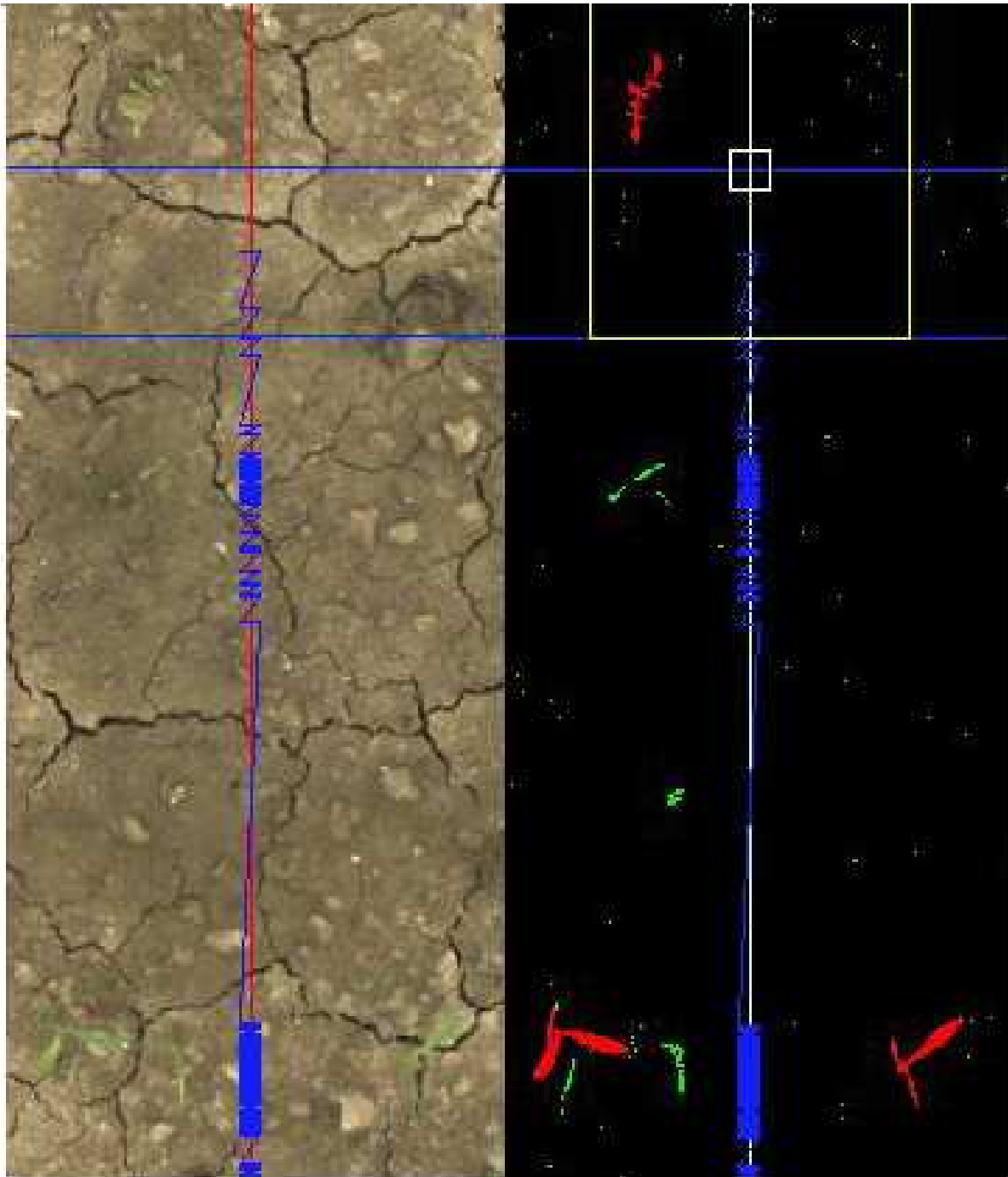


Figuur 20 Links het originele beeld, daarnaast de segmentatie en verdeling van gesegmenteerde pixels per rij van het gesegmenteerde beeld. Bij de rode punten bevinden zich uien, deze zijn welliswaar gesegmenteerd maar morfologische informatie gaat verloren. Hierdoor zijn er geen karakteristieke pieken in de verdeling te zien.

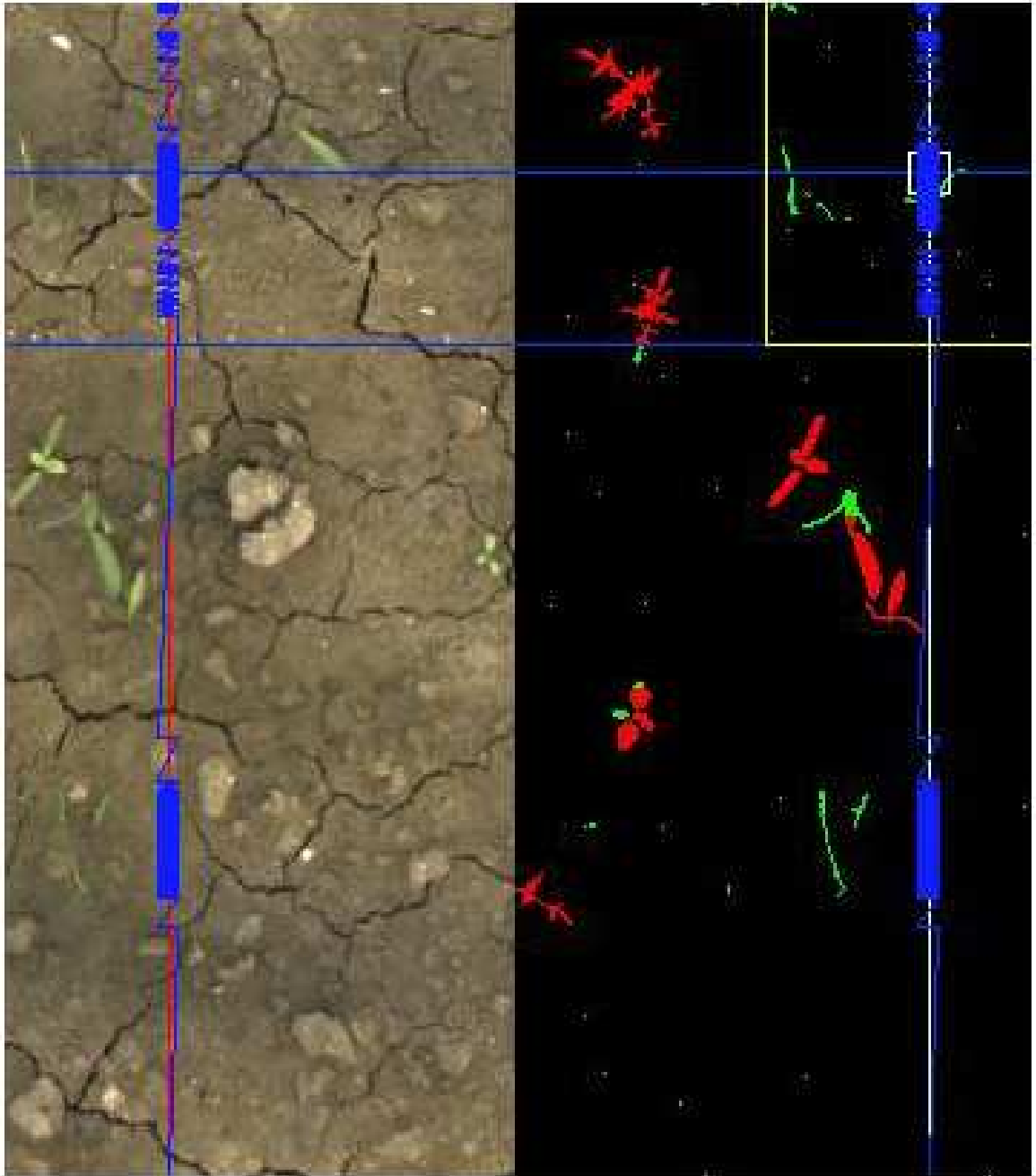
In het hoge resolutiebeeld (3 px/mm) is zijn de uien wel duidelijk segmenteerbaar. In de onderstaande Figuur 21 is dezelfde positie van het bed van dezelfde dag afgebeeld en geanalyseerd. Hierin zijn de dunne sprietjes van de ui goed en duidelijk gesegmenteerd. In de verdeling zijn al beter pieken herkenbaar.



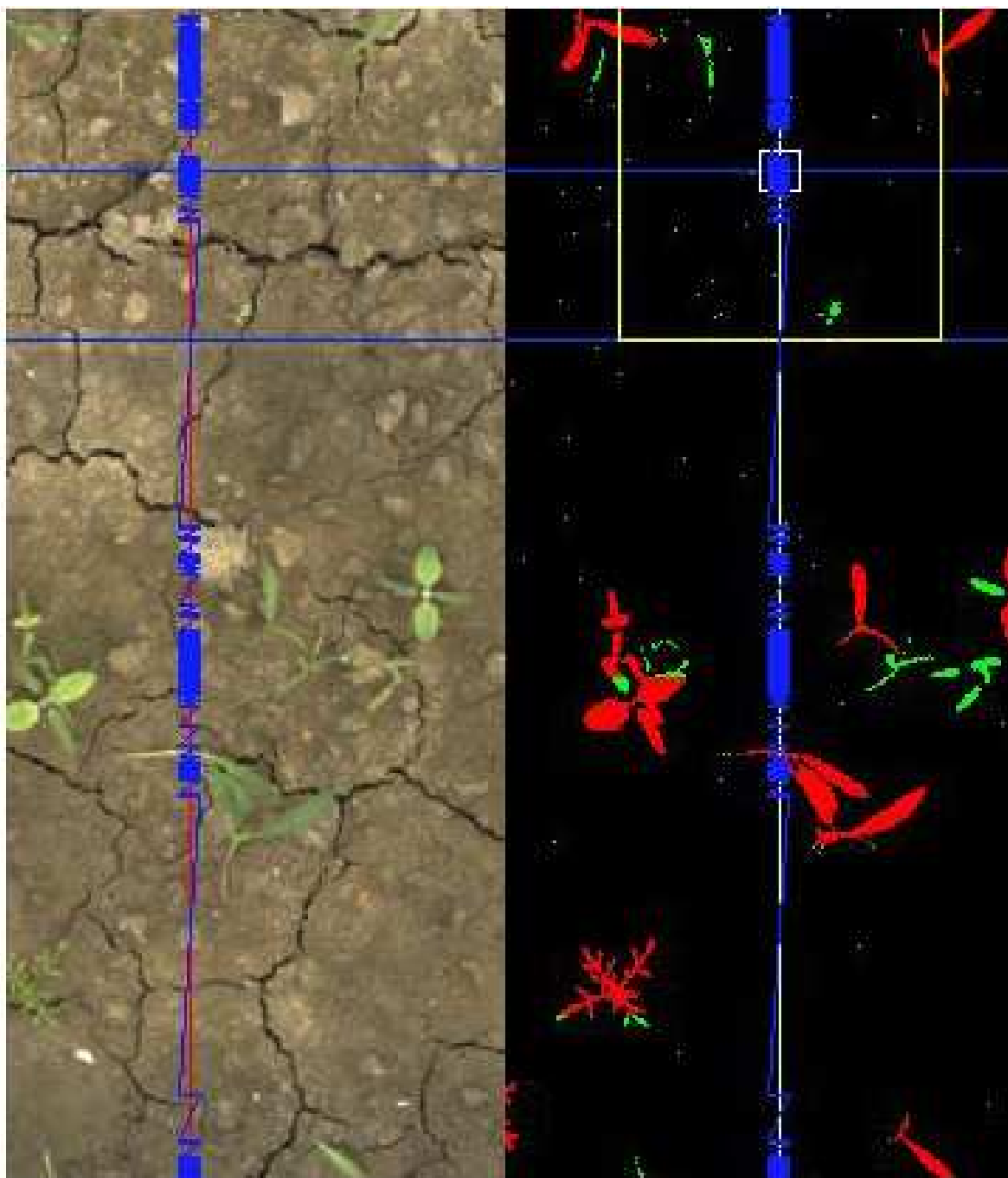
Figuur 21 Detectie resultaat hoge resolutie beeld.



Figuur 22 Beelden van kasproef geanalyseerd door de huidige schoffelmachine software (A)



Figuur 23 Beelden van kasproef geanalyseerd door de huidige schoffelmachine software (B)



Figuur 24 Beelden van kasproef geanalyseerd door de huidige schoffelmachine software (C)

Als de hoge resolutie beelden worden ingelezen en geanalyseerd in het onkruiddetectie algoritme voor de Steketee machine, kunnen we bepalen in hoeverre de uien in een vroeg stadium te onderscheiden zijn van onkruid. In de afbeelding hiernaast zijn een paar voorbeelden weergegeven van het resultaat van de analyse.

Om tot deze sementatie en classificatie te komen moeten de parameters worden aangepast. Door de hogere resolutie is o.a. de rijafstand parameter getweakt om tot goede resultaten te komen.

Doordat de verhouding van bladoppervlak bij ui erg laag ligt ten opzichte van het onkruid, kan het onkruid worden weggefilterd door grote aaneengesloten gebieden te segmenteren en weg te filteren. Ook de ruis kan worden weggefilterd door zeer kleine gebieden te verwijderen.

Dit is te zien in Figuur 22 tot en met Figuur 24. In alle gevallen worden de uien goed herkend. Echter wordt in het tweede beeld ook onkruid gesegmenteerd. Doordat het signaal daar echter niet door het algoritme wordt verwacht

met behulp van het gewasritme informatie, is deze positie gemarkeerd om te schoffelen. Dit geeft de blauwe lijn aan. Daar waar niet geschoffeld mag worden, is deze lijn verdikt aanwezig.

Deze resultaten geven aan dat met enige aanpassingen aan de software het goed mogelijk zou zijn om het ui gewas te onderscheiden van het onkruid en op basis daarvan de juiste locatie te bepalen om te schoffelen. Hierbij moet rekening worden gehouden dat deze conclusie geldt voor dit groeistadium en de aanwezige types onkruid bij de kasproef. Grassige soorten onkruid waren niet aanwezig in deze dataset, deze lijken sterk qua bladoppervlak en vorm op het ui gewas.

Conclusie

Om in een vroeg stadium (1 week na opkomst, 2 weken na inzaaiing) voldoende te kunnen segmenteren is een hoge resolutie van 3px/mm voldoende. De lage resolutie van 1px/mm biedt onvoldoende onderscheidend vermogen. Het is echter wel zo dat in dit vroege stadium, de verhouding gesegmenteerde bladoppervlak van de uien ten opzichte van de gesegmenteerde bladgroen erg hoog is. Uit de analyse met de gebruikte software is gebleken dat de parameters zo te zijn in te stellen, dat in de test situatie onderscheid kan worden gemaakt tussen ui en onkruid. Hiervoor zijn verschillende aanpassingen nodig in de software. Op basis van dit onderscheid kan hierna succesvol de schoffelacties worden bepaald.

3.4 Conclusie detectie uien

Gekeken is naar de mogelijkheden van onkruiddetectie in het uien gewas. Op basis van archief materiaal en nieuwe meetdata is een analyse gemaakt m.b.v. de eerder gebruikte segmentatie verdelingen in de huidige software.

Geadviseerd wordt de hardware van het systeem zo aan te passen dat 3px/mm beelden opgenomen kunnen worden. Dit verbetert de segmentatie aanzienlijk voor uien in een vroeg groeistadium. De hoek van de camera's hoeft niet te worden aangepast, aangezien is gebleken dat dit niet voldoende effect heeft op de zichtbaarheid van het plantmateriaal. Door de hogere resolutie zou ook eventueel de rekenkracht moeten worden bijgesteld.

Voor uien in een laat stadium is goede segmentatie mogelijk met de huidige opstelling. Onkruid is deels weg te filteren en de verdeling die overblijft is bruikbaar voor een goede schatting van de positie van de ui. Voorgesteld wordt om een grotere marge bij het schoffelen te hanteren doordat de verdeling van de bladeren in bepaalde richtingen een scheef beeld kunnen geven over de daadwerkelijke positie waar de ui de grond in gaat.

Voor de uien in een vroeg groei stadium is de huidige methode, waar men kijkt naar de verdeling van gesegmenteerde pixels, voldoende. Hoewel het hoge resolutiebeeld (3px/mm) geeft het onkruid veel signaal geeft in de verdeling, kunnen individuele uienclusters worden onderscheiden in de software door de juiste instelling van parameters.

4. Detectie in peen

Het onderzoek naar detectie van onkruid in peen is gebaseerd op reeds beschikbare data uit eerder afgerond promotieonderzoek van Jochen Hemming (werkzaam bij Wageningen UR, PRI). Uit de experimenten uitgevoerd met uien blijkt al dat een voldoende hoge resolutie perspectief biedt om goede detectie mogelijk te maken. Er is zeker invloed van groeistadium omdat dit de verhouding tussen bladmassa en dus groene pixels tussen onkruid en gewas beïnvloed. Deze aspecten gelden ook voor onkruiddetectie in een peengewas. Voorbeelden van een peengewas in een kassituatie zijn getoond in Figuur 25.



Figuur 25 Peenplantjes met onkruid in verschillende groestadia

Figuur 25 laat vooral zien dat er grote verschillen zijn in de vorm van het gewas bij verschillende groeistadia. Peen heeft in het kiembladstadium twee heel karakteristieke lange kiembladjes die gebruikt kunnen worden bij herkenning van het gewas ten opzichte van het onkruid. Echter als peen in een groter groeistadium komt krijgt het blad een heel andere vorm met meerdere verschillende sprieterige blaadjes. Dit is op zich niet erg. Maar als rondom de opkomst geschoffeld moet worden, en dit is meestal het geval, maakt dit het classificeren van gewas en onkruid extra lastig. Immers er zijn meerdere verschillende soorten groeistadia op het veld aanwezig die op verschillenden manieren onderscheiden moeten worden van onkruiden. Peen heeft wel een karakteristieke vorm, maar er is net als bij ui naar verwachting een hoge vergelijkbare resolutie nodig om deze vorm eigenschappen ook werkelijk te benutten om ze voor herkenning bruikbaar te maken.

5. Conclusies en aanbevelingen

Spinazie

Detectie van onkruiden in een volvelds gewas als spinazie heeft zeker kans van slagen. Op basis van het beschikbare beeldmateriaal zijn richtingen aangegeven hoe onkruid in volvelds gewassen herkend kan worden. Helaas was geen beeldmateriaal beschikbaar van de huidige machine met camera's in een volvelds gezaaid spinazie gewas. Echter, op basis van het beschikbare beeldmateriaal is aangegeven dat op basis van kleur en vorm herkenning perspectief biedt. De succes kans van de onkruidherkenning op basis hiervan kan nog niet worden aangegeven, daarvoor is een grotere dataset van beeldmateriaal nodig die aan een uitgebreidere test wordt onderworpen.

Uien

Detectie van onkruiden in uien is mogelijk. Op basis van historisch beeldmateriaal op lage en hoge resolutie, aangevuld met een goede kasproef met beelden op hoge resolutie hebben aangetoond dat onkruid van geclusterde zaaiui kan worden onderscheiden. Rekening moet worden gehouden met de invloed van de onkruidplanten op het percentage goede gedetecteerde uienclusters. Onkruidplanten met grote bladeren geven veel meer signaal (meer groen) dan de dunne blaadjes van de uien waardoor de automatische detectie van de gewasrij lastig wordt. Grasplanten als onkruid hebben van bovenaf gezien nagenoeg dezelfde vorm als uien waardoor een onderscheid gebaseerd op vorm niet mogelijk is. Op de foto's gemaakt met een fototoestel schuin van boven van het gewas zijn de clusters uien wel goed herkenbaar door deze handmatig te interpreteren. Voor dit type gewas zal het algoritme gebaseerd op beelden opgenomen met een camera/sensorpositie schuin of vanaf de zijkant van de planten tot veel betere detectieresultaten halen. Voor gebruik van het systeem bij geclusterde zaaiuien is een andere opzet van het camerasysteem nodig waarbij de resolutie met minimaal een factor 3 verhoogd moet worden. Vergeleken met de andere gewassen zal de rij- en plantdetectie moeilijker gaan, vooral met hoge onkruiddruk, omdat de bladeren van uien erg dun zijn en voor de detectie naar verhouding weinig signaal leveren.

Peen

Voor detectie van onkruiden in peen gaat vrijwel hetzelfde op als beschreven bij de uien. Peen heeft namelijk ook een zeer sprieterig blad karakter. Belangrijk extra onderscheid is dat peen na de kieming twee verschillende karakteristieke vormen heeft. Peen heeft eerst twee rechte kiembladeren, waarna pas de echte sprieterige bladeren gaan groeien. Dit geeft een extra uitdaging aan de herkenning om daar onderscheid tussen te kunnen maken. Als peen een belangrijk gewas blijkt om intrarijwiedtechnologie in te zetten moeten ook van een peengewas meer data onder praktijkomstandigheden worden verzameld en aan een uitgebreidere test onderworpen om kwantitatieve uitspraken te kunnen doen.