

EINDRAPPORT

Smart Growers WP3

Gerichte, alternatieve onkruidbestrijding bij laanbomen en blauwe bes

Februari 2023

Auteurs:

Has van Hal – Compas Agro

Wim Verjans, Joke Vandermaesen – proefcentrum fruitteelt vzw (pcfruit)

Jeroen Lambin - Proefcentrum voor Sierteelt (PCS)

Erik van de Vin – Blueberry Innovators



Wijze van refereren

van Hal, H., Verjans, W., Lambin, J., van de Vin, E., Vandermaesen, J. (2023) Gerichte, alternatieve onkruidbestrijding bij laanbomen en blauwe bes. Rapport Interreg project 'Smart Growers', 17 p.

Inhoud

1. Inleiding	3
2. Pelargonzuur: Ecologisch alternatief voor chemische onkruidbestrijding	3
3. Spot-On: Gerichte bespuiting rond de stam bij laanbomen.....	7
4. Treebot: Robot voor gerichte bespuiting o.b.v. cameraherkenning	9
5. WeedControl: Onkruidbestrijding met hete lucht op de schuine rug van de blauwe bes	10
6. Conclusies	14
7. Dankwoord	15
Bijlage 1. Overzicht uitgevoerde testen	16

1. Inleiding

Vooraf in boomkwekerijen en fruitteelt is er vraag naar nieuwe systemen voor onkruidbestrijding. Gewoonlijk worden herbiciden toegepast over het volledige te behandelen oppervlak op gegeven tijdstippen doorheen het seizoen. Door strengere regelgeving en verhoogde eisen van de consument wordt onkruidbestrijding op basis van de traditionele bestrijdingsmiddelen echter steeds moeilijker. De alternatieve (biologische/groene) middelen zoals pelargonzuur dienen frequent en aan hoge dosissen toegediend te worden. Een andere mogelijkheid is het gebruik van thermische technieken, zoals behandelen met heet water of hete lucht. Indien deze technieken op de gebruikelijke manier worden toegepast over het volledige onkruidvrij te houden oppervlak, zullen de werkings- en arbeidskosten voor onkruidbestrijding in de toekomst sterk oplopen. Gerichte bestrijding waarbij enkel de onkruidplant/de relevante zone rond de plant behandeld wordt en automatisatie bieden hier grote potentiële meerwaarde. Er is echter nog grote onduidelijkheid over de toepasbaarheid en efficiëntie van biologische en thermische technieken voor onkruidbestrijding.

Daarom onderzochten, ontwikkelden en demonstreerden we in het project Smart Growers verschillende technologieën voor gerichte biologische en thermische onkruidbestrijding. Hiervoor is in 2020 gestart met een selectie van perspectiefvolle technologieën, waaronder LVS-spuittechnieken, pelargonzuur, de heteluchtmachines van WeedControl, de Caffini Graskiller met water onder hoge druk en de Spot-On techniek van Mantis. Enkele van deze bleken echter niet geschikt voor toepassingen in laanbomen en/of blauwe bes. Het systeem van WeedControl werd wel weerhouden en verder verfijnd om de onkruiden op de schuine rug van de blauwe bessen gericht te behandelen met hete lucht. Ook de Spot-On techniek werd uitgebreid getest en verbeterd. Tenslotte werd een kleine robot (Treebot) ontwikkeld met een camerasysteem dat onkruiden herkent en vervolgens verschillende spuitdoppen aanstuurt voor gerichte bespuiting van de aanwezige onkruiden. Zowel de Spot-On als de Treebot maken gebruik van pelargonzuur als ecologisch alternatief voor de traditionele chemische onkruidbestrijdingsmiddelen. Om de teler te kunnen adviseren in het gebruik van dit nieuwe middel, werd de werking en toepasbaarheid ervan uitvoerig onderzocht. Een volledig overzicht van alle uitgevoerde testen wordt weergegeven in 0.

2. Pelargonzuur: Ecologisch alternatief voor chemische onkruidbestrijding

Een ecologisch alternatief voor de traditionele, chemische onkruidbestrijdingsmiddelen bij laanbomen en blauwe bes is pelargonzuur (nonaanzuur), een middel van biologische oorsprong dat onkruiden afdoodt door brandwerking. Om een zo volledig mogelijk advies te kunnen geven over de werkzaamheid van verschillende soorten pelargonzuren werden in dit project proeven uitgevoerd met verschillende doseringen en formuleringen van voor de teelt beschikbare pelargonzuren (Katoun Gold, Ultima en Beloukha), verschillende hulpstoffen en toepassingstijdstippen.

In 2020 werden enkele eerste verkennende testen uitgevoerd naar het gebruik van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen. Het azijnzuur Harmonix leaf Active had een minimale werking op bestaande onkruiden. De pelargonzuren Katoun Gold, Ultima en Beloukha vertoonden wel een goede brandwerking op bestaande onkruiden tot een maximale grootte van 7 cm. Het middel Ultima bestaat uit pelargonzuur waar maleinehydrazide aan toegevoegd is om de werking te verbeteren. De beste resultaten werden behaald met Ultima, maar de nodige dosering ervan werd wel hoog geacht, zijnde 160 L/ha, t.o.v. Katoun Gold of Beloukha die gespoten worden aan 16 L/ha. Aangezien de nodige

dosering sowieso hoog ligt voor alle pelargonzen, is dit type onkruidbestrijding aanzienlijk duurder dan de traditionele, chemische onkruidbestrijdingsmiddelen.

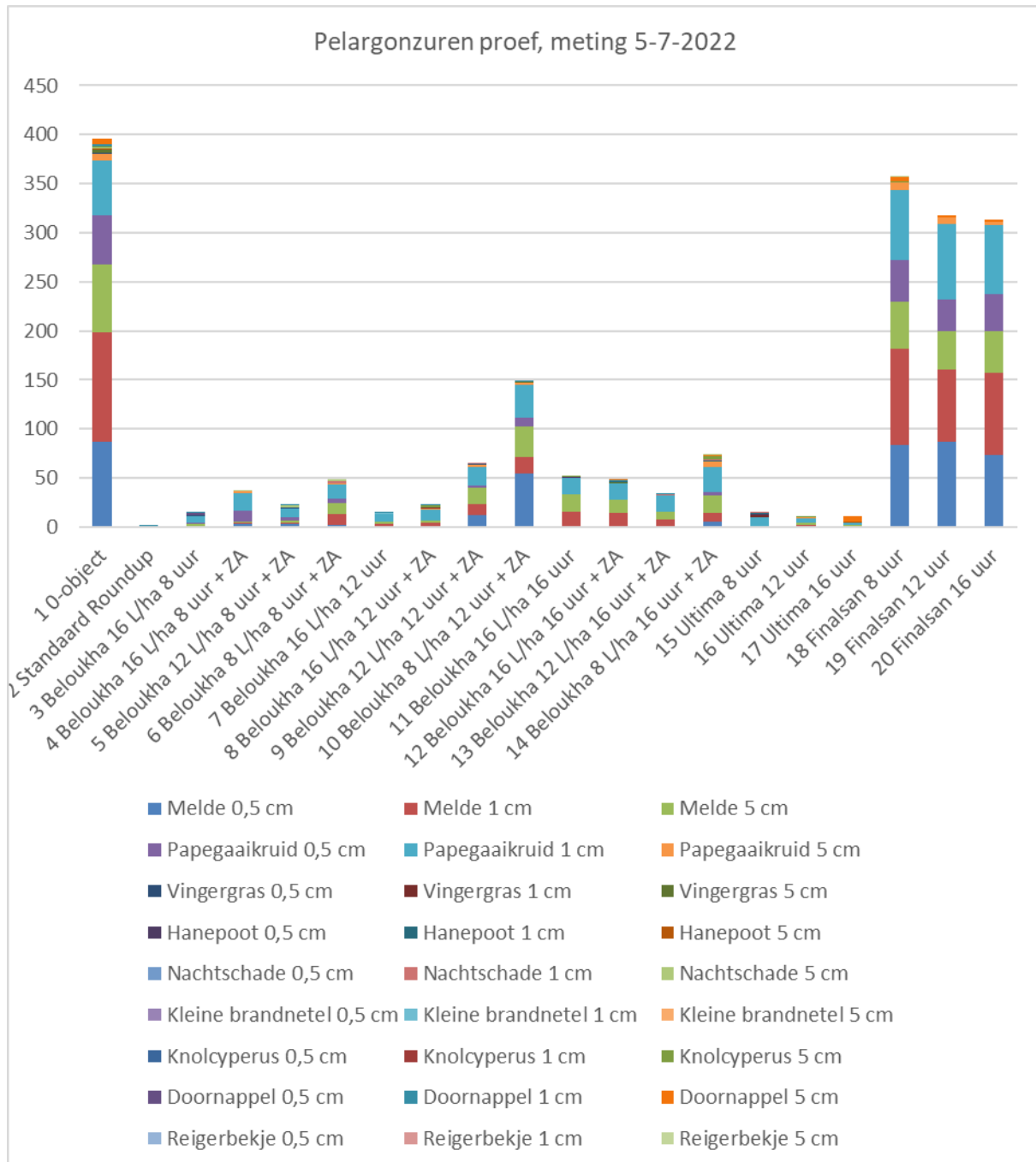
Daarom werden in 2021 bijkomende proeven uitgevoerd om door het toevoegen van hulpstoffen te trachten de dosering van het pelargonzuur te verlagen en de effectiviteit te behouden. Qua hulpstoffen moet gedacht worden aan uitvloeiers die de bedekking van een bespuiting doen toenemen en zo de brandwerking verbeteren. Daarnaast zijn er meerdere testen uitgevoerd met toevoegingen van ammonium nitraat. Ook dit product kan de brandwerking van het pelargonzuur verhogen. Uit de proeven op verschillende locaties blijkt echter steeds dat de effectiviteit van de pelargonzen niet verhoogd kan worden, noch door de uitvloeiers Codacide en Agral Gold, noch door het toevoegen van ammoniumnitraat.

Daarnaast werd in 2021 ook de invloed van de spuittechniek getest, waarbij een reguliere onkruidspuit vergeleken werd met het Laag Volume Systeem (LVS). Hieruit blijkt dat het effectiever is om het pelargonzuur te spuiten met een reguliere spuittechniek in plaats van met een LVS-spuittechniek. Dit is te verklaren door het spuitbeeld van de twee technieken. Met een reguliere spuittechniek is de druppel groter, maar minder geconcentreerd door het hogere volume water wat hierbij in de tankmix wordt toegevoegd. Met LVS techniek wordt er een kleinere druppel gespoten, maar deze druppel bezit een hogere concentratie middel. Met LVS wordt namelijk een kleiner volume water aan de tankmix toegevoegd waardoor de concentratie in de druppel hoger wordt. Met beide technieken wordt hetzelfde volume middel gespoten. Voor middelen die een werking hebben op inhoudelijke systemen van een plant (bv. Roundup) kan met LVS techniek een hogere effectiviteit behaald worden. Dit geldt echter niet voor pelargonzuur, dat een effect heeft op de externe structuur van de plant, waarbij een egale bedekking van het blad van belang is.

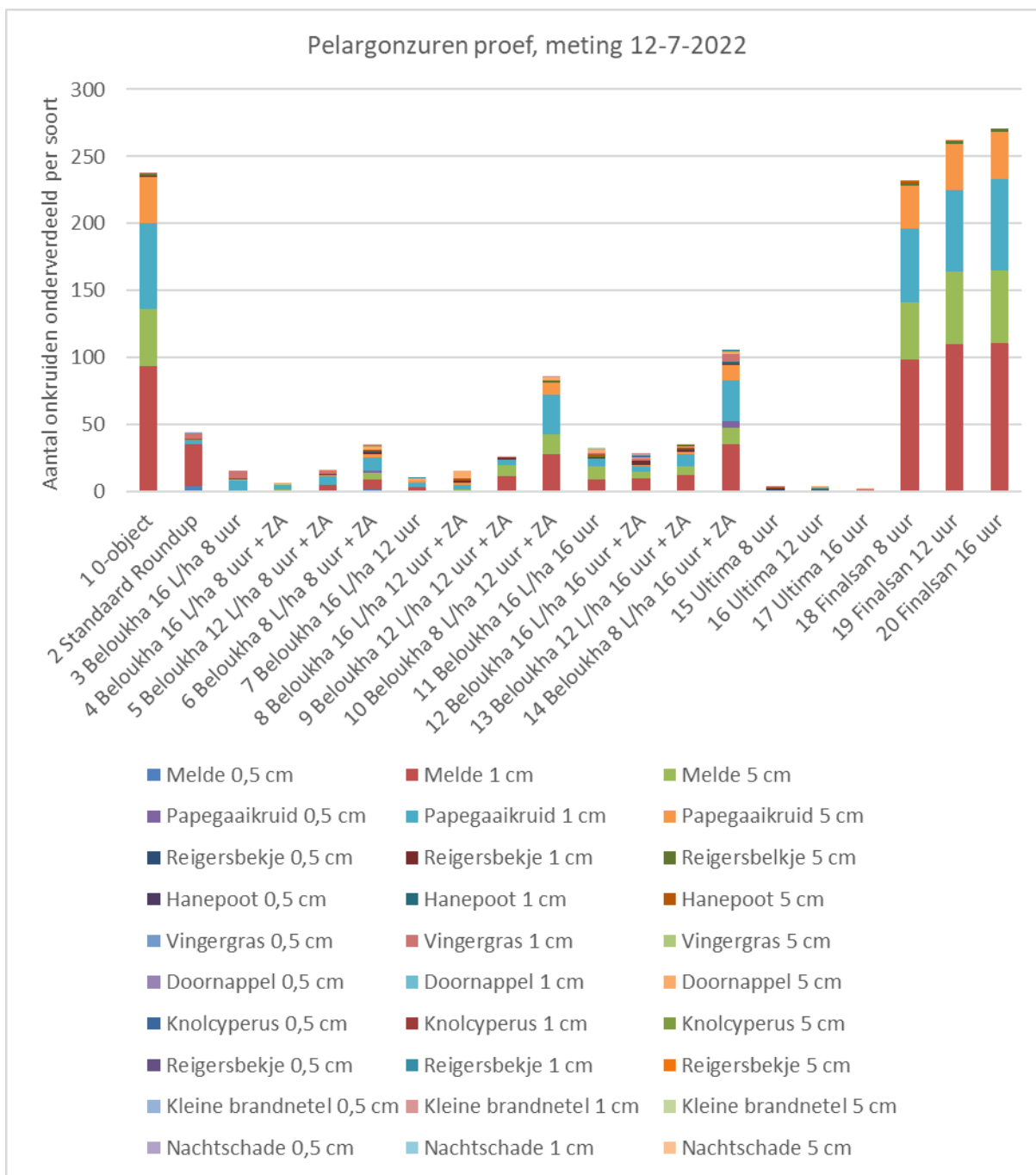
Vervolgens werd in 2022 onderzocht of het toevoegen van de meststof zwavelzuur ammoniak (pH 5) de brandwerking van de pelargonzen zou kunnen verhogen. We moeten hierbij wel opletten dat de tankmix niet té zuur wordt om degradatie van leidingen en spuitdoppen te vermijden. Daarnaast werd in 2022 het toepassingstijdstip doorheen de dag geëvalueerd. De beste resultaten van 2021 werden namelijk behaald in een proef waarbij de pelargonzen werden toegepast om 8u 's morgens. Hieruit is het vermoeden ontstaan dat waslaag op het blad van het onkruid doorheen de dag steeds dikker wordt en het pelargonzuur op een onkruid met een dikke waslaag een verminderde effectiviteit heeft.

Daarom werden op 1/07/2022 op een braak terrein van Compas Agro 20 verschillende objecten bespoten met de pelargonzen Beloukha, Ultima en Finalsan, in verschillende concentraties, in sommige objecten met een toevoeging van zwavelzuur ammoniak, op verschillende tijdstippen van de dag. Finalsan is een aangepaste en goedkopere vorm van de Ultima waarbij de stof Maleinehydrazide is verwijderd. De initiële onkruiddruk was vergelijkbaar voor alle objecten, met onkruiden van 0 tot 7 cm. De bespuiting werd uitgevoerd met een Solo spuit op een droge overwegend bewolkte dag. Het was 21 °C en de windsnelheid was 2,4 km/u. Het resultaat van de bespuiting werd beoordeeld na 4 dagen (5/07/2022, Figuur 1) en na 11 dagen (12/07/2022, Figuur 2). Hieruit bleken vooral Ultima en Beloukha een goede werking gehad te hebben, met een hogere effectiviteit voor de toepassingen om 8u en 12u in vergelijking met de toepassing om 16u. In de namiddag zal de waslaag dikker worden en neemt de effectiviteit van de bespuiting af. Wanneer Beloukha tijdig en goed wordt toegepast met een dosering van 16 L/ha is het met een enkele bespuiting in staat om de onkruiden (0 tot 5 à 7 cm) weg te branden van 75 naar 4 onkruiden per vierkante meter, dit is een bestrijding van 97%. Bij Finalsan waren echter nog evenveel onkruiden aanwezig als in de onbehandelde controle. Dit is een onverwacht resultaat gezien de goede ervaringen met dit middel in Duitsland. Het toevoegen van zwavelzuur ammoniak blijkt geen meerwaarde te hebben.

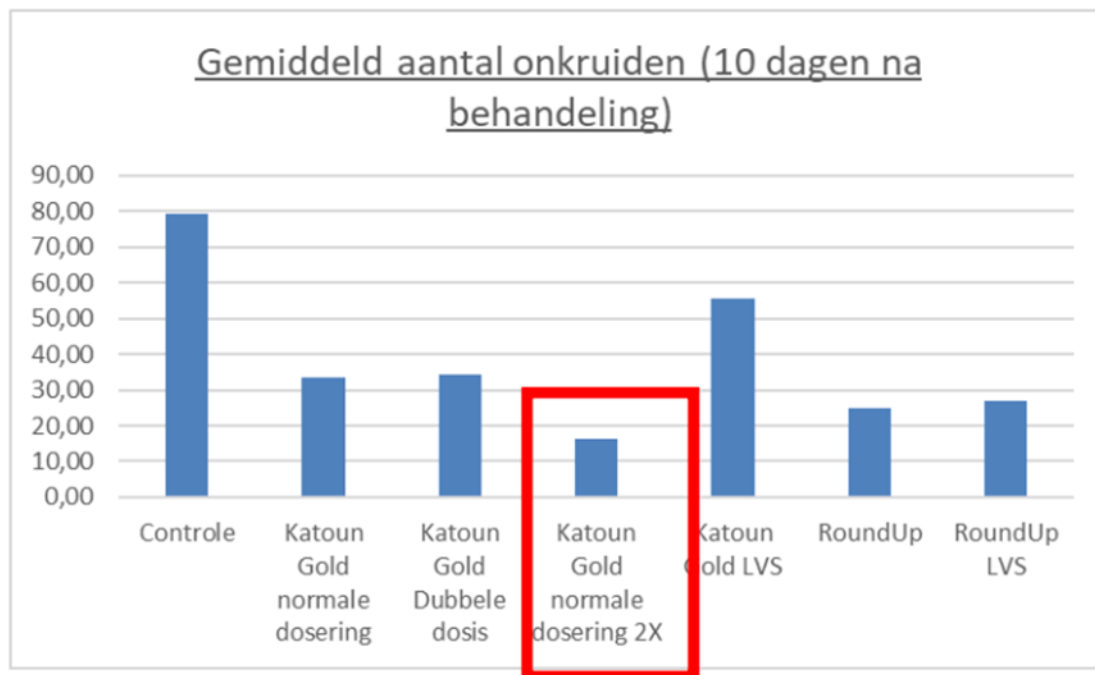
Tot slot werd in 2022 nogmaals het azijnzuur Harmonix leaf Active getest om de bevindingen van 2020 te bevestigen. Tegelijkertijd werden verschillende objecten behandeld met Katoun Gold. De beste resultaten werden behaald wanneer twee maal Katoun Gold werd toegepast, met 7 dagen tussen de twee bespuitingen (Figuur 3). Daarnaast zien we bij het gebruik van de LVS-techniek dat de effectiviteit van Katoun Gold drastisch afneemt, wat de eerdere resultaten van 2021 bevestigt.



Figuur 1. Resultaten voor de pelargonzuurproef bij Compas Agro in 2022, 4 dagen na bespuiting. Per object wordt het aantal onkruiden weergegeven per soort.



Figuur 2. Resultaten voor de pelargonzuurproef bij Compas Agro in 2022, 11 dagen na bespuiting. Per object wordt het aantal onkruiden weergegeven per soort.



Figuur 3. Resultaten voor de pelargonzuurproef bij PCS in 2022, 10 dagen na bespuiting. Per object wordt de onkruidbedekkingsgraad (%) weergegeven.

3. Spot-On: Gerichte bespuiting rond de stam bij laanbomen

De Spot-On is een techniek ontwikkeld door Mantis waarbij een sensor vooraan de tractor de stam detecteert, bijvoorbeeld bij laanbomen, opzetters en spillen. Vervolgens wordt een spuitdop aangeschakeld die enkel rond de stam spuit. Bij een plantafstand van 2 meter is het hierdoor mogelijk om tussen de stammen gras te zaaien en 50% effectiever om te gaan met de onkruidbestrijdingsmiddelen. In 2020 vonden de eerste kleinschalige testen met de Spot-On techniek plaats in verschillende laanbomenpercelen (Figuur 4). De techniek bleek veel potentieel te bieden om spuitmiddel te besparen in de boomkwekerij door enkel in de onkruidvrij te houden zone te spuiten, nl. rond de stam.

Omwille van de goede resultaten in 2020 werd op 18/10/2021 de Spot-On uitgebreid getest op het laanbomenperceel te Boskoop (NL). Verschillende objecten werden aangelegd waarbij de pelargonzuren Beloukha en Ultima werden toegepast op een rij laanbomen van 90 m, in 3 herhalingen per object (Tabel 3). De bespuiting heeft plaatsgevonden met een kantdop van 110°. Gedurende de bespuiting was het een koude (16 °C), maar zonnige dag. De aanwezige onkruiden waren slechts tussen de 1 en 3 cm groot. Het resultaat van de bespuiting, nl. het aantal en de grootte van de onkruiden per soort, werd beoordeeld op 27/10/2021 en 04/11/2021 (Figuur 5). De beste resultaten werden behaald met Ultima aan 160 L/ha, maar ook bij een dosering van 66,8 L/ha werden met Ultima nog goede resultaten bereikt. Het toevoegen van Fulvic 25 had hier geen meerwaarde. Wanneer de dosering voor Ultima (object 6) en Beloukha (object 1) gelijk gesteld werd, toonde Ultima de beste werking. In tegenstelling tot Ultima had het toevoegen van Fulvic 25 bij Beloukha wel een meerwaarde.

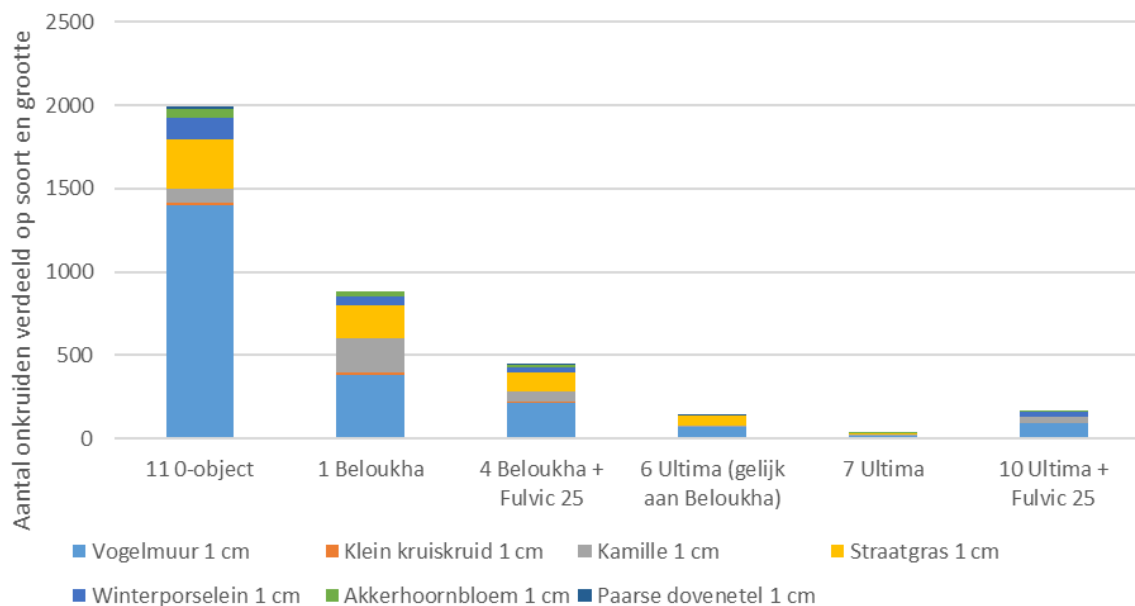


Figuur 4. Spot-On techniek van Mantis gemonteerd op een trekker voor toepassing van pelargonzuur in de laanbomen. Enkel wanneer de sensor een stam detecteert, wordt de spuitdop aangeschakeld.

Tabel 1. Verschillende objecten aangelegd in de Spot-On test op het laanbomenperceel in Zundert (NL) op 18/10/2021.

Object	Dosering
1	Beloukha 16 L/ha
4	Beloukha 16 L/ha + Fulvic 1,5 L/ha
6	Ultima 66,8 L/ha (Nonaanzuur gelijk aan concentratie van Beloukha)
7	Ultima 160 L/ha
10	Ultima 160 L/ha + Fulvic 1,5 L/ha
11	Onbehandelde controle

Waarneming onkruiden 4-11-2021



Figuur 5. Resultaten voor de Spot-On test op het laanbomenperceel te Boskoop in 2021, 16 dagen na bespuiting met pelargonzuur. Per object wordt het aantal onkruiden weergegeven per soort.

4. Treebot: Robot voor gerichte bespuiting o.b.v. cameraherkenning

Het Treebot platform is een prototype autonome robot ontwikkeld door ILVO binnen het gelijklopende Interreg V VL-NL project CIMAT (Figuur 6 links). Het platform wordt aangedreven door rupsbanden, is relatief licht (ongeveer 300 kg) en geschikt voor gebruik in wijngaarden en kleinfruit aanplantingen zoals rode en blauwe bes, maar ook in andere teelten. Het platform kan bediend worden door middel van afstandsbediening maar kan ook autonoom rijden door middel van GPS- en computersturing.

Om binnen Smart Growers de gerichte bespuiting van onkruiden o.b.v. cameratechniek te kunnen testen en demonstreren, werd een samenwerking met CIMAT opgezet. Zo werd op het Treebot platform een watertank van 20L, een spuitboom met 5 dophouders en een multispectrale camera geïntegreerd (Figuur 6 rechts). De spuitboom kan onder een hoek geplaatst worden en zo ideaal gericht worden op de schuine rug in de blauwe bessenteelt. De camera staat boven de spuitdoppen opgesteld en brengt constant de bodem over de hele breedte van de spuitboom in beeld. Uit de multispectrale camerabeelden wordt door de computer van de Treebot realtime de Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berekend als maat voor de onkruidbedekking. Het beeld wordt hiervoor verdeeld in 5 compartimenten die overeenkomen met de 5 spuitdoppen. Om de spuitdoppen aan te sturen en enkel te laten spuiten bij voldoende hoge onkruiddruk kan men een grenswaarde instellen voor de NDVI (meestal tussen 0,3 en 0,4). Men kan ook de bedekkingsgraad instellen, waarbij we meestal een waarde tussen 0,5 en 10% hanteren.



Figuur 6. Het Treebot platform voor (links) en na (rechts) de aanpassingen voor plaats specifieke bespuiting van onkruiden in de blauwe bessenteelt.

Op 31/05/2022 werd de Treebot een eerste maal gedemonstreerd tijdens de “Demodag smartfarming en robotisatie” bij ILVO te Merelbeke (B). Hiervoor werd een klein demonstratieperceel van twee rijen jonge blauwe bessenstruiken aangelegd. Zoals op [dit filmpje](#) te zien is, werden de aanwezige onkruiden succesvol herkend en plaats specifiek bespoten.

Op 18 en 19/10/2022 hebben op de parkeerplaats van pcfruit enkele testen plaatsgevonden met de Treebot, voornamelijk m.b.t. het camerasysteem, de herkenning van onkruiden en mos en het bedienen van de spuitboom. De NDVI-grenswaarde werd herhaaldelijk aangepast. Zo werd een gepaste setting gevonden om het plaatselijke onkruid te detecteren en niet onnodig te spuiten. Achteraf bleek dat de NDVI-grenswaarde anders ingesteld moet worden afhankelijk van de lichtcondities. Bij donker weer mag de grenswaarde lager zijn dan bij zonnig weer. Er werd wel een

fout gevonden in het systeem bij snel veranderende schaduwen. Als er schaduw snel passeert (bijvoorbeeld wanneer een persoon voorbijloopt), stijgt plots de NDVI waardoor de spuitdoppen onnodig aanspringen.

Behalve de detectie van aanwezige onkruiden, werden ook andere voorwerpen getest om te beoordelen of deze ook door de camera aangeduid worden als onkruid. Groene doosjes werden niet herkend door de camera aangezien deze geen chlorofyl bevatten (NDVI = 0). Appels en met name groene appels werden wel herkend door het camerasysteem. Deze bevatten namelijk wel chlorofyl. Dit kan ook belangrijk zijn als het systeem ooit zou gebruikt worden in pitfruit (appel en peer). Mos en appels kunnen gedeeltelijk uitgefilterd worden door de NDVI-grenswaarde te verhogen, mits het risico dat er ook wat onkruiden niet meegenomen worden.

Vervolgens werd de Treebot getest op 24/10/2022 in één rij blauwe bessen op het demonstratieperceel te Oudsbergen (B). De bedoeling was om deze uit te voeren met pelargonzuur, maar door de hevige wind die dag werd alleen gespoten met water. De hoek van de spuitboom kon goed ingesteld worden voor deze blauwe bessenruggen. Het midden van de rug kon echter niet goed bereikt worden zonder dat de camera constant het blad van de struiken detecteerde. Veel takken die wel nog boven de spuitboom stonden kwamen onder de camera, waardoor de spuitdoppen aanschakelden ongeacht of er onkruiden aanwezig waren (Figuur 7).



Figuur 7. Test met de Treebot op het blauwe bessenperceel te Oudsbergen (B) op 24/10/2022. De onderste takken van de struiken komen tussen de spuitboom en de camera waardoor de spuitdoppen onnodig aangeschakeld worden.

5. WeedControl: Onkruidbestrijding met hete lucht op de schuine rug van de blauwe bes

De WeedControl is een hete lucht techniek. Door middel van LPG wordt lucht verwarmd tot een temperatuur boven de 300 °C. Wanneer de hete lucht wordt toegepast op de onkruiden zullen de eiwitten stollen vanaf een temperatuur van 67 °C en de bladcellen kapot gaan vanaf 80 °C. De wortel wordt echter niet aangetast waardoor herkieming mogelijk is, maar door middel van uitputting zullen onkruiden bij reguliere herhaling na meerdere toepassingen afsterven. In het najaar van 2020 werd de "Air Combi Comfort" versie van WeedControl voor het eerst getest op een laanbomenperceel van Greentraders in Zele (B) (Figuur 8). De aanwezige onkruiden werden afgedood bij goed en juist raken, maar bij halvelings raken was het effect aanduidend minder. Daarnaast was er een snelle herkieming van een aantal onkruidsoorten. Omwille van de omvang van de machine t.o.v. de rijafstand bij de laanbomen bleek deze techniek echter niet geschikt. Er zijn weliswaar kleinere hete lucht machines beschikbaar, maar deze hebben een maximale werksnelheid van 2,5 km/u. Om de techniek interessant

te kunnen maken voor de praktijk zou deze minimaal 4 km/u moeten kunnen rijden. Daarnaast was de machine voornamelijk geschikt voor onkruidbestrijding tussen de rijen laanbomen. Hier wordt meestal echter een grasstrook aangelegd waar geen onkruidbestrijding nodig is. Daarnaast was er geen techniek beschikbaar die aan een tractor gekoppeld kon worden en in de planrij de onkruiden op de grond kon bestrijden. Om deze redenen werden in de laanbomen geen verdere testen uitgevoerd met hete lucht technieken.



Figuur 8. Eerste test met de machine van WeedControl in de laanbomen.

Een toepassing o.b.v. hete lucht is echter wel interessant om onkruiden te bestrijden in de blauwe bessenteelt. Hier zijn er namelijk weinig (mechanische) alternatieven beschikbaar voor de traditionele bestrijdingsmiddelen, denk maar aan schoffelen. Dit zou namelijk de wortels van de blauwe bes aantasten en tot opbrengstverlies leiden. Hete lucht, daarentegen, brandt alleen het onkruid weg en komt niet in aanraking met de wortels van de blauwe bessenplant. Daarom werd in november 2020 de machine van WeedControl aangepast naar de noden van de blauwe bessenteelt: de blaasmonden werden verstelbaar gemaakt en op de schuine rug gericht (Figuur 9). Het onkruid dat behandeld werd met de WeedControl is duidelijk aangetast.



Figuur 9. Links: Eerste aangepaste versie van de WeedControl machine voor de blauwe bessenteelt. Rechts: Resultaat 3 dagen na toepassing van hete lucht met deze machine.

Op basis van de eerste testen werd de machine nog verder aangepast (Figuur 10). Met deze versie werden in 2021 en 2022 meerdere testen uitgevoerd, waarbij de onkruiden doeltreffend werden afgedood (Figuur 11). De machine verbruikte naar schatting zo'n 69 liter LPG per hectare. Dit verbruik is gebaseerd op een rijafstand van 3 meter en een rijnsnelheid van 1,6 km/u met 8 branders. Uit de testen blijkt echter dat er een hogere effectiviteit behaald zou kunnen worden wanneer er 12 branders worden gebruikt in plaats van 8 branders. Door integratie van warmteterugwinning op de machine zou bovendien zo'n 60% energie bespaard kunnen worden. Onder de kap van de WeedControl werd een temperatuur gemeten van 350 °C. Bij deze temperatuur kan aan een snelheid van 1,6 km/u gewerkt worden en wordt het onkruid toch nog doeltreffend bestreden. Om een jaar rond enkel met hete lucht het onkruid op de ruggen te behandelen zou de machine naar verwachting ongeveer 10 keer per jaar over de ruggen moeten rijden in de periode maart tot september, met 2 tot 3 weken tussen de behandelingen. Daarbij is het belangrijk dat het onkruid dat wordt behandeld droog is.



Figuur 10. Tweede aangepaste versie van de WeedControl machine voor de blauwe bessenteelt.



Figuur 11. Resultaat voor de tweede versie van de WeedControl machine voor de blauwe bessenteelt, 1 week na toepassing.

Verder bouwend op de resultaten van 2021 werd in 2022 een proef opgezet op het blauwe bessenperceel in Oudsbergen (B) met als doel een strategie te bepalen om door de combinatie van

bespuitingen met pelargonzuur (al dan niet afgewisseld met het azijnzuur Harmonix Leaf Active) en behandelingen met de WeedControl een jaar rond de onkruiden te bestrijden (Tabel 2). Een week na elke behandeling werd telkens de bedekkingsgraad van de onkruiden beoordeeld (Tabel 3). Wanneer de onkruiddruk te groot werd en de opbrengst van de blauwe bessenstruik in gevaar dreigde te brengen werd ingegrepen door een chemische correctie. In de onbehandelde controle was op 14/07/2022 de onkruiddruk al flink opgelopen en werd een chemische correctie uitgevoerd om de bestaande onkruiden af te doden. Object 2, waar drie keer behandeld werd met Beloukha aan 16 L/ha, is gedurende de proef het beste object gebleken. De maandelijkse bespuiting van Beloukha gaf telkens een goede brandwerking. Er was echter een slechtere werking tegen Paardenbloem en grassen. In object 3 had Harmonix leaf Active weinig tot geen effect op de onkruiden. Hierdoor is er al vroeg ingegrepen met een chemische correctie, omdat de onkruiddruk te hoog opliep. Bij de test met de WeedControl in object 4 werden vooral op 14/07/2022 de onkruiden (zowel dicotylen als monocotylen) op de behandelde strook doeltreffend afgedood. De WeedControl machine behandelt echter enkel de zijkant van de rug. Bovenop de rug kan de machine niet behandelen, omdat dit de blauwe bessenplant zelf zou kunnen schaden. Omdat de werkbreedte van de machine beperkt is, wordt bovendien een gedeelte onder aan de rug niet goed behandeld.

Tabel 2. Verschillende objecten aangelegd in de onkruidbestrijdingsproef op het blauwe bessenperceel in Oudsbergen (B) in 2022.

Object	18/05/2022	15/06/2022	14/07/2022	10/08/2022
1 Onbehandeld			Chemische correctie	
2 Beloukha	Beloukha 16 L/ha	Beloukha 16 L/ha	Beloukha 16 L/ha	Chemische correctie
3 Beloukha + Harmonix Leaf Active	Harmonix leaf Active 50 L/ha	Beloukha 16 L/ha	Harmonix leaf Active 50 L/ha	Chemische correctie
4 WeedControl	3,5 km/u	3,5 km/u	Chemische correctie	

Tabel 3. Percentage van de bodem dat bedekt is met onkruiden per object in de onkruidbestrijdingsproef op het blauwe bessenperceel in Oudsbergen (B) in 2022.

Object	25/05/2022	15/06/2022	30/06/2022	5/08/2022
1 Onbehandeld	12,6%	25,2%	45,83%	
2 Beloukha	4,25%	4,25%	3%	11,33%
3 Beloukha + Harmonix leaf Active	9,8%	9,9%	4,33%	20,83%

6. Conclusies

Met als doel technieken te ontwikkelen waarbij enkel de onkruidplant/de relevante zone rond de plant behandeld wordt op een duurzame manier (biologisch / thermisch), werd in dit project eerst en vooral de werking onderzocht van pelargonzuur en azijnzuur als ecologische alternatieven voor chemische onkruidbestrijding. Het azijnzuur Harmonix leaf Active en het pelargonzuur Finalsan hadden onvoldoende brandwerking om de onkruiden af te doden. Voor de overige pelargonzuren Beloukha, Katoun Gold en Ultima worden de resultaten samengevat in de volgende richtlijnen voor praktijktoepassingen:

- Evalueer op voorhand de aanwezige onkruidpopulatie: de onkruiden mogen nog niet te groot zijn (< 7 cm). Beloukha, Katoun Gold en Ultima hebben effect op een breed spectrum aan kruidachtige gewassen. Er is echter een verlaagde effectiviteit naar moeilijke onkruiden zoals Kleine brandnetel, Paardenbloem en grassen.
- Let op de gebruikte spuittechniek. Een LVS-spuittechniek zorgt namelijk voor een verminderde effectiviteit van het pelargonzuur. Gebruik daarom altijd een reguliere spuittechniek met 2 bar druk.
- In het project is een breed scala aan hulpstoffen getest, waaronder zowel meststoffen voor verhoging van de brandwerking als uitvloeiers voor een betere verdeling over de plant. Geen van deze verbeterde de brandwerking van pelargonzuur. Het is dus beter om pelargonzuur niet te mengen met hulpstoffen.
- Voor het toepassen van pelargonzuur is het aan te raden om de dosering die door de fabrikant wordt aangeraden niet te wijzigen: 16 L/ha voor Beloukha, 22,5 L/ha voor Katoun Gold en 160 L/ha voor Ultima.
- Neem de kostprijs van de producten goed in acht voor het toepassen. De kosten voor een bespuiting met Beloukha (16 L/ha) of Ultima (160 L/ha) bedragen respectievelijk ruwweg €160 tot €1600 per hectare.
- Let op dat Beloukha en Katoun Gold tussen 8 uur en 12 uur in de ochtend worden toegepast op een (overwegend) bewolkte dag, zodat de waslaag van de onkruiden nog niet heel dik is en het onkruid nog week is. Hierdoor is de effectiviteit van het middel het grootste en geeft het de beste brandwerking op een breed scala aan onkruiden. Ultima kan de gehele dag worden toegepast.
- De middelen Beloukha, Ultima en Katoun Gold kunnen prima gecombineerd worden met mechanische onkruidbestrijdingstechnieken (vb. schoffelen). Bij juist en tijdig gebruik kunnen deze middelen en technieken elkaar versterken.

Gezien de hoge kostprijs van de beschikbare pelargonzuren is het aangewezen deze middelen niet over het volledige bodemoppervlak te spuiten, maar enkel op de onkruidplant zelf of de relevante zone rond de plant. Hiervoor werden twee technieken ontwikkeld en gedemonstreerd: de Spot-On en de Treebot.

De Spot-On is een spuittechniek die wordt ingezet bij laanbomen, waarbij een sensor vooraan de trekker de stammen detecteert en enkel rond de stam een spuitdop aanschakelt. De techniek werd binnen het project succesvol toegepast met pelargonzuur. Er werden gelijkaardige resultaten behaald als in de pelargonzuurproeven met een reguliere spuit. Door enkel de zone rond de stam te behandelen

verwachten we echter tot 50% middel te kunnen besparen, wat de kostprijs van deze behandeling sterk zal drukken. Tussen de bomen, in de plantenrij, kan gras gezaaid worden. Er waren geen technische problemen met de techniek zelf. De techniek is inmiddels commercieel beschikbaar en wordt reeds toegepast bij verschillende boomkwekers in Zundert.

De Treebot is een kleine autonome robot uitgerust met 5 verschillende spuitdoppen op een spuitboom die onder een hoek geplaatst kan worden. De spuitdoppen worden apart aangestuurd op basis van multispectrale camerabeelden waaruit de NDVI berekend wordt als maat voor de onkruiddruk. Zo kan de Treebot gebruikt worden voor plaats specifieke bespuiting van de onkruidplant op de schuine rug in de blauwe bessenteelt. Uit de eerste testen met de Treebot blijkt dat de onkruiden met succes gedetecteerd worden en onderscheiden worden van andere (niet plantaardige) groene objecten. Vervolgens worden de spuitdoppen succesvol aangestuurd en spuiten ze enkel daar waar er onkruiden aanwezig zijn. Bij testen onder praktijkomstandigheden bleek echter dat er nog belangrijke optimalisaties moeten doorgevoerd worden om het prototype uit te bouwen tot een commercieel systeem. Momenteel moet de NDVI-threshold telkens worden ingesteld afhankelijk van de omstandigheden. Deze is namelijk afhankelijk van de hoeveelheid licht in de omgeving (zon vs. bewolking/schaduw). Dit kan verbeterd worden door de NDVI automatisch te corrigeren a.d.h.v. een sensor die het invallende licht meet of door de robot 's nachts te laten werken m.b.v. een artificiële (constante) lichtbron. Daarnaast moet ook de plaatsing van de camera t.o.v. de spuitboom herbekeken worden. Met de huidige opstelling worden namelijk ook laaghangende takken in beeld gebracht, waardoor de NDVI stijgt en de spuitdoppen worden aangeschakeld onafhankelijk van de aanwezigheid van onkruiden. Desalniettemin achten we deze technologie mits de nodige aanpassingen kansrijk voor implementatie in de sector. Het te behalen percentage middelbesparing zal daarbij afhangen van de onkruiddruk op het perceel.

Naast het toepassen van biologische onkruidbestrijdingsmiddelen werd ook onderzocht op welke manier thermische technieken kunnen worden ingezet voor onkruidbestrijding in de laanbomen en blauwe bessenteelt. Een bestaande hete luchtmaschine van WeedControl werd aangepast zodat de hete lucht doelgericht wordt toegepast op de schuine ruggen in de blauwe bessenteelt. Uit praktijktesten blijkt dat de aanwezige onkruiden in de behandelde zone doeltreffend worden bestreden. Deze techniek biedt dus zeker potentieel naar de toekomst toe. Ook hier moeten er echter nog een aantal verbeteringen gebeuren om het prototype marktklaar te maken. Zo kan met warmterecuperatie het gasverbruik van momenteel 69 liter LPG per hectare naar verwachting met 60% gereduceerd worden. Daarnaast moeten de branders beter afgesteld worden om het behandelde oppervlak te maximaliseren. Er is ook nog een oplossing nodig voor de onkruiden die boven op de rug (tussen de planten) groeien, bv. door toepassing van pelargonzuur of afdekmaterialen. Hier hete lucht toepassen zou schade kunnen aanbrengen aan de blauwe bessenstruiken zelf.

7. Dankwoord

Het project Smart Growers werd gefinancierd binnen Interreg V Vlaanderen-Nederland, het grensoverschrijdend samenwerkingsprogramma met financiële steun van het Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling, VLAIO en de provincies Limburg, Antwerpen en Oost-Vlaanderen. De proeven op de demonstratiepercelen werden uitgevoerd in samenwerking met ADM Greentraders bvba, Blauwe bessen Schrijnwerkers bvba, Blueberry Giant GmbH & Co. KG, Noorderbos VOF, Bio Berries NV, Boomwereld, Vissers & Linders VOF Boomkwekerijen "De Maas", Volentis BV en Boot & Dart Boomkwekerijen BV. Voor het ontwikkelen, testen en demonstreren van gerichte biologische/thermische onkruidbestrijdingstechnieken werd samengewerkt met de firma's Mantis ULV en Weed Control B.V. en het Interreg V Vlaanderen-Nederland project CIMAT.

Bijlage 1. Overzicht uitgevoerde testen

De verschillende onkruidbestrijdingstechnieken werden getest en gedemonstreerd op 11 verschillende demonstratiepercelen (Tabel B. 1). Om verwarring te vermijden wordt dezelfde nummering als in WP4 aangehouden (zie Rapport “Intelligente aansturing van irrigatie bij asperge, blauwe bes en laanbomen”). Tabel B. 2 geeft een overzicht van alle testen en demonstraties in de jaren 2020, 2021 en 2022.

Tabel B. 1. Overzicht van de demonstratiepercelen waarop onkruidbestrijdingstechnieken werden getest.

Nr	Teelt	Naam bedrijf	Locatie
6	Laanbomen	Greentraders	Zelee (B)
7	Sierheesters	Compas Agro - fieldlab	Venlo (NL)
8	Blauwe bes	Blauwe bessen Schrijnwerkers	Oudsbergen (B)
11	Blauwe bes	Noorderbos	Tiendeveen (NL)
12	Blauwe bes	Bio Berries	Zulte (B)
13	Blauwe bes	Blueberry Giant	Weeze (D)
14	Laanbomen	Vissers & Linders VOF Boomkwekerijen “De Maas”	Blitterswijck (NL)
15	Laanbomen	Boomwereld	Geijsteren (NL)
16	Laanbomen	Volentis	Kesteren (NL)
17	Laanbomen	Boot en Dart	Boskoop (NL)
18	Blauwe bes	Compas Agro - fieldlab	Venlo (NL)

Tabel B. 2. Overzicht van de uitgevoerde testen in 2020-2022.

Techniek	Seizoen	Perceel	Toelichting
Caffini Graskiller – Water onder hoge druk	2020	6, 7, 16, 17	Eerste verkennende testen in laanbomen + demonstraties tijdens innovatiedagen, techniek niet weerhouden wegens te hoog waterverbruik.
Pelargonzuur met reguliere spuit	2020	6, 7, 8	Eerste verkennende testen naar het werkingspectrum van pelargonzuren met een reguliere spuit in laanbomen en blauwe bes.
	2021	6, 8, 14	Tweede reeks testen met verschillende doseringen van pelargonzuur en toevoeging van hulpstoffen in laanbomen en blauwe bes.
	2022	7	Derde reeks testen met hulpstof zwavelzuur ammoniak en verschillende momenten van toepassing doorheen de dag in laanbomen.
	2022	6	Test jaarrond onkruiden bestrijden door combinatie pelargonzuur en azijnzuur in laanbomen.
LVS-techniek met pelargonzuur	2020	14, 15	Eerste verkennende testen naar het werkingspectrum van pelargonzuren met een LVS-systeem.
LVS-kar en LVS-lans met pelargonzuur	2021	7, 15	Tweede reeks testen met verschillende LVS-technieken, hulpstoffen en doseringen van pelargonzuur in laanbomen.
WeedControl - Hete lucht	2020	6, 7, 8, 11, 12	Eerste versie WeedControl getest in laanbomen en blauwe bes.
	2021	8, 11, 12	Aangepaste versie WeedControl getest in blauwe bes

Pelargonzuur met reguliere spuit + WeedControl	2022	8	Test jaarrond onkruiden bestrijden door combinatie pelargonzuur en hete lucht in blauwe bes.
Spot-On met pelargonzuur	2020	6, 7, 17	Eerste verkennende testen met de Spot-On techniek in laanbomen.
	2021	17	Verbeterde versie van Spot-On techniek getest in laanbomen.
Weedit – Cameraherkenning van onkruiden	2020	7, 18	Verkennende testen met cameratechniek die onkruiden detecteert.
Trebot met pelargonzuur	2022	8	Verkennende testen met Trebot in blauwe bes
