



Bestrijding Aziatische duizendknoop door thermische behandeling van de bodem

Effectiviteit van een *in situ* behandeling

C.J. van Dijk, W. de Visser en C.A. Krijnse Locker



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Bestrijding Aziatische duizendknoop door thermische behandeling van de bodem

Effectiviteit van een *in situ* behandeling

C.J. van Dijk, W. de Visser en C.A. Krijnse Locker

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

Wageningen, november 2025

Rapport WPR-1503

C.J. van Dijk, W. de Visser en C.A. Krijnse Locker, 2025. *Bestrijding Aziatische duizendknoop door thermische behandeling van de bodem; Effectiviteit van een in situ behandeling*. Wageningen Research, Rapport WPR-1503. 28 blz.; 14 fig.; 4 tab.; 6 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/703674>

De pilot naar bestrijding van Aziatische duizendknoop door in situ verhitting van de bodem middels heet water is uitgevoerd in samenwerking met de firma JDK Solution op een locatie in Wijchen.

Trefwoorden: Aziatische duizendknoop, Fallopia, Reynoutria, wortelstokken, grond, verhitten, heet water, *in situ*, thermische behandeling

© 2025 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

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-1503

Foto omslag: detailfoto van thermische opstelling gemaakt door auteurs

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Probleemstelling	8
1.3 Schade en risico's	9
1.4 Projectdoelstelling	9
2 Opzet en uitvoering	10
2.1 Thermische bestrijding duizendknoop	10
2.2 Groeiplaats Aziatische duizendknoop	11
2.2.1 Opzet thermische opstelling	11
2.2.2 Configuratie temperatuursensoren	13
2.3 Effectiviteitsbepalingen	14
2.3.1 Bepaling wortelzone	14
2.3.2 Monsternames en analyses	14
2.3.3 Effectiviteitsmonitoring lange termijn	16
3 Resultaten	17
3.1 Voorbereidende werkzaamheden	17
3.2 Verloop thermische behandeling	17
3.3 Effectiviteit hittebehandeling	19
3.3.1 Monsternames	19
3.3.2 Vitaliteit wortelstokken	20
3.3.3 Hergroei	21
3.3.4 Bodemleven en organisch stofgehalte	21
3.3.5 Kiemtest	22
4 Conclusies en aanbevelingen	24
Literatuur	26

Samenvatting

Invasieve exotische plantensoorten zijn soorten die van nature niet in Nederland voorkomen en door menselijk handelen in Nederland terecht zijn gekomen en schade kunnen aanrichten aan natuur, economie, veiligheid en/of gezondheid van mens en dier. Aziatische duizendknoop (*Reynoutria spp.*, voorheen *Fallopia spp.*), verzamelnaam voor meerdere duizendknoop soorten, zijn beruchte voorbeelden van invasieve exoten. Deze soorten zijn inheems in Japan, China, Taiwan en Korea. Aziatische duizendknoop is een vaste plant die 3-4 meter hoog kan worden. De stengels groeien uit lange, vertakte en sterk woekerende ondergrondse wortelstokken. De aanwezigheid van duizendknoop leidt tot het verdwijnen van inheemse flora, veroorzaakt schade aan kapitaalgoederen, vormt een risico voor de veiligheid en bestrijding en beheer leiden tot tientallen miljoenen euro per jaar aan extra kosten. Transport en (her)gebruik van met duizendknoop besmette grond geeft een groot risico op verdere verspreiding van de duizendknoop.

Om grondverzet met besmette grond te voorkomen en de bestrijding van Aziatische Duizendknoop op een circulaire wijze te bewerkstelligen, heeft de firma JDK solution een methode bedacht waarbij besmette grond *in situ* verhit kan worden door middel van het gebruik van restwarmte uit de industrie. Water wordt gebruikt als medium voor de energieoverdracht. Er worden dubbelwandige lansen, verbonden met leidingen, ongeveer 1 meter in de grond geslagen. Heet water met een temperatuur van circa 95°C wordt door het systeem gejaagd door middel van een lichte overdruk, waardoor de bodem verhit wordt. Het water verlaat aan het einde het systeem waarbij het verderop wordt geloosd. Het doel, geformuleerd aan de hand van geverifieerde wetenschappelijk data, was om geleidelijk tot 70 °C te verhitten gedurende minimaal 24 uur en als dat niet zou lukken, minimaal 72 uur op 50°C. Er zijn in totaal 15 meetpunten gebruikt die op twee diepten de temperatuur hebben gemonitord. Uiteindelijk is de bodem actief verhit gedurende 135 uur. Er zijn variërende temperaturen gemeten door de verschillende meetpunten, met als laagste gemiddelde temperatuur 38°C en met als hoogste gemiddelde temperatuur 68°C.

Ter beoordeling van de effectiviteit van de methode zijn een vitaliteitstest van de wortelstokken, een bepaling van het organische stofgehalte, een analyse van de microbiële diversiteit en een kiemtest uitgevoerd. In de vitaliteitstest is het overleven van meerdere behandelende wortelstokken bepaald, genomen uit acht monsternamenpunten. Hieruit bleek dat slechts één wortelstok, genomen aan het eind van de proeflocatie, nog uitlopers vormde. Aan het eind van de proeflocatie, en daarmee van het systeem, zijn de gewenste temperaturen van 70 °C gedurende minimaal 24 uur of 50 °C gedurende minimaal 72 uur niet behaald. Aangezien de wortelstokken 8 dagen na behandeling zijn opgegraven en desbetreffende wortelstok dusdanig dik is, lijkt het onwaarschijnlijk dat deze wortelstok in de tussentijd de pilotlocatie is binnen gegroeid. Mogelijk kan er tijdens de bemonstering een wortelstok uitgegraven zijn van net buiten de proeflocatie. Aangezien slechts 1 wortelstok nog vitaal blijkt te zijn, op een totaal van ruim 100 wortelstokken, en er bij de visuele monitoring geen hergroei is aangetroffen, wordt er geconcludeerd dat het *in situ* verhitten van de bodem in het groeiseizoen een effectieve bestrijdingsmethode gebleken is voor Japanse duizendknoop, mits de thermische opstelling aangepast wordt zodat overal het juiste temperatuurregime behaald wordt.

De parameters die een indicatie geven over het bodemleven, dalen door de toegepaste thermische behandeling. Dit effect is sterker in de bovenste bodemlaag (10 cm -mv), aangezien deze in de beginsituatie hoger scoorde op het gebied van bodemleven. De thermische behandeling heeft een verhogend effect gehad op de fysische bodemparameters van de bovenste bodemlaag (0-10 cm -mv), m.b.t. tot C-organisch en organisch stofgehalte. Dit kan mogelijk verklaard worden door het afbreken van wortelstokken en andere biomassa dat gedood is tijdens het proces. Tevens is de pH licht gedaald in deze bodemlaag. Voor de bodemlaag 10-20 cm -mv, zijn C-organisch en organisch stofgehalte licht gedaald, waarbij dit effect iets sterker was voor C-organisch. De kiemtest heeft aangetoond dat voor beide bodemlagen, zowel voor onbehandelde als behandelde bodem, er kiemkrachtige zaden te vinden zijn. Dit betekent dat de thermische behandelingen niet de volledige zaadbank vernietigd.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Invasieve exotische plantensoorten zijn soorten die van nature niet in Nederland voorkomen en door menselijk handelen in Nederland terecht zijn gekomen en mogelijk schade aanrichten aan natuur, economie, veiligheid en/of gezondheid van mens en dier. Transport, handel en toerisme zijn de belangrijkste routes waardoor exoten geïntroduceerd kunnen worden. Exoten kunnen per ongeluk hier terechtkomen, bijvoorbeeld meeliftend bij transporten, of opzettelijk door het verhandelen van exotische vijver- en tuinplanten. Een klein deel van de exoten kan zich vestigen in onze natuur. Wanneer een exoot zich snel gaat vermeerderen, dan spreken we van een invasieve exoot. Lokaal vindt verspreiding van uitheemse soorten vaak plaats langs de (hoofd)transportwegen zoals autosnelwegen, spoorwegen, kanalen en rivieren (Hulme *et al.*, 2009; 2008).

Een invasieve exoot die door terreinbeheerders als belangrijkste plaagsoort wordt aangemerkt is de Japanse duizendknoop. De Japanse duizendknoop is inheems in Japan, China, Taiwan en Korea. Rond 1830 is de soort vanuit Japan als sierplant naar Nederland gehaald en heeft zich van daaruit verspreid. In Nederland komen duizendknoopsoorten voor op zeer uiteenlopende standplaatsen, o.a. in stedelijk gebied, spoordijken, braakliggende terreinen, wegbermen (ook middenbermen van snelwegen), rivierkribben, bosranden, beekoevers en dijken (www.verspreidingsatlas.nl).

Naast de Japanse duizendknoop (*Reynoutria japonica*, voorheen *Fallopia japonica*) komen in Nederland ook de Sachalinse duizendknoop (*Reynoutria sachalinensis*, voorheen *Fallopia sachalinensis*) en de Boheemse duizendknoop (*Reynoutria x bohemica*) voor. Aangezien deze soorten veel gemeen hebben en veelal op dezelfde wijze beheerd of bestreden kunnen worden, worden de duizendknoopsoorten vaak aangeduid onder de verzamelnaam Aziatische duizendknopen (figuur 1). Ook in dit rapport worden de duizendknoop soorten verder aangeduid als Aziatische duizendknoop, tenzij anders aangegeven.



Figuur 1 Aziatische duizendknoop (*Reynoutria* spp., voorheen *Fallopia* spp.) in bloei (augustus).
Foto: Wageningen UR.

1.2 Probleemstelling

Aziatische duizendknoop is een vaste plant met lange en sterk vertakte ondergrondse wortelstokken (ondergrondse stengels). Het merendeel van de wortelstokken bevinden zich in de laag tot 80-100 cm onder maaiveld, maar dieper komt ook voor. De wortelstokken kunnen variëren in dikte van 5 mm tot vuistdikte (figuur 2). Bij oude groeiplaatsen groeien de dikste stengels vaak vanuit een grote centrale 'stronk'. In het voorjaar groeien vanuit de knopen op de wortelstokken in korte tijd veel dichtbij elkaar staande stengels met een groot bladoppervlak. Afhankelijk van de standplaats kunnen de stengels 3 tot 4 m hoog worden. Uit de wortelstokken groeien ook 'echte' wortels voor opname van water en voedingsstoffen. De duizendknoop soorten verdragen zware schaduw minder goed. De plant bloeit in augustus en september met crème-witte bloemen. Tegen de winter sterven de bovengrondse delen van de plant weer af.

Voor de bestrijding van Aziatische duizendknoop zijn momenteel verschillende bestrijdingsmethoden beschikbaar zoals mechanisch, thermisch, chemisch of biologisch ([Kennissenetwerk Invasieve Exoten](#)). Elke methode heeft specifieke voor- en nadelen en varieert sterk in effectiviteit. De meest gangbare bestrijdingsmethoden, zoals maaien, zijn gericht op het regelmatig verwijderen van de stengels en bladeren van de plant. Deze aanpak heeft echter, ook op lange termijn, vaak niet het gewenste effect omdat de wortelstokken intact blijven.

Voor een effectieve bestrijding van duizendknoop bieden methoden die zich focussen op de wortelstokken meer perspectief. Grootschalig afgraven van groeiplaatsen is effectief maar deze aanpak genereert een groot volume van met duizendknoop besmette grond die gereinigd, gestort of verbrand moet worden. Afgraven is op veel locaties niet mogelijk en het geeft ook een groot risico op verdere verspreiding van de duizendknoop via machines en grondtransporten. Het toepassen van onkruidbestrijdingsmiddelen (o.a. glyfosaat) is effectief (Oldenburger *et al.*, 2017) en wettelijk toegestaan, maar wordt door de meeste terreinbeheerders vaak niet (meer) toegepast vanwege de maatschappelijke weerstand tegen het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Het gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen wordt ook wettelijk steeds verder ingeperkt. Toepassing van heet water biedt wellicht mogelijkheden om de ondergrondse wortelstokken van duizendknoop effectief te bestrijden, ook in dieper gelegen grondlagen.



Figuur 2 Wortelstokken van Aziatische duizendknoop met de karakteristieke oranje kleur.

1.3 Schade en risico's

De snelle groei en het gesloten bladerdek van Aziatische duizendknoop leidt tot het verdwijnen van inheemse flora, veroorzaakt schade aan kapitaalgoederen, vormt een risico voor de veiligheid (groeit o.a. in putten, schakelkasten en vergroot de erosiegevoeligheid van taluds).

De aanwezigheid van Aziatische duizendknoop betekent ook extra kosten voor beheerwerkzaamheden zoals monitoring, bestrijding, voorlichting personeel en nazorg. Extra kosten kunnen ook zitten in voorzorgmaatregelen om verdere verspreiding te voorkomen zoals schoonmaken van machines, reinigen van grond, controleren van grond op aanwezigheid van Aziatische duizendknoop etc. Het gaat hierbij om tientallen miljoenen euro's per jaar aan extra kosten die zowel door publieke (o.a. gemeenten, waterschappen) als private partijen (o.a. infra, projectontwikkeling, GWW-sector) moeten worden opgebracht.

Het investeren in de aanpak van de Aziatische duizendknoop kan voorkomen dat de situatie in Nederland vergelijkbaar wordt met die in Engeland. Daar zijn de problemen zo groot dat er zelfs sprake is van waardevermindering van bouwkvavels en vastgoed als de duizendknoop er groeit.

1.4 Projectdoelstelling

De firma JDK Solution heeft een bestrijdingsmethode ontwikkeld op basis van een thermische behandeling waarbij de bodem met behulp van heet water wordt verhit. Hiermee kunnen de wortelstokken van Japanse duizendknoop *in situ* worden bestreden. Voordeel van een *in situ* aanpak is dat er geen grondverzet nodig is. Hiermee wordt verdere verspreiding van de duizendknoop door wortelstokfragmenten voorkomen. Tevens komt de energie voor het heet water uit restwarmte vanuit de industrie, wat een circulaire toepassing is van deze energie die anders mogelijk verloren zou gaan. Deze techniek is getest op een groeiplaats van Japanse duizendknoop in Wijchen.

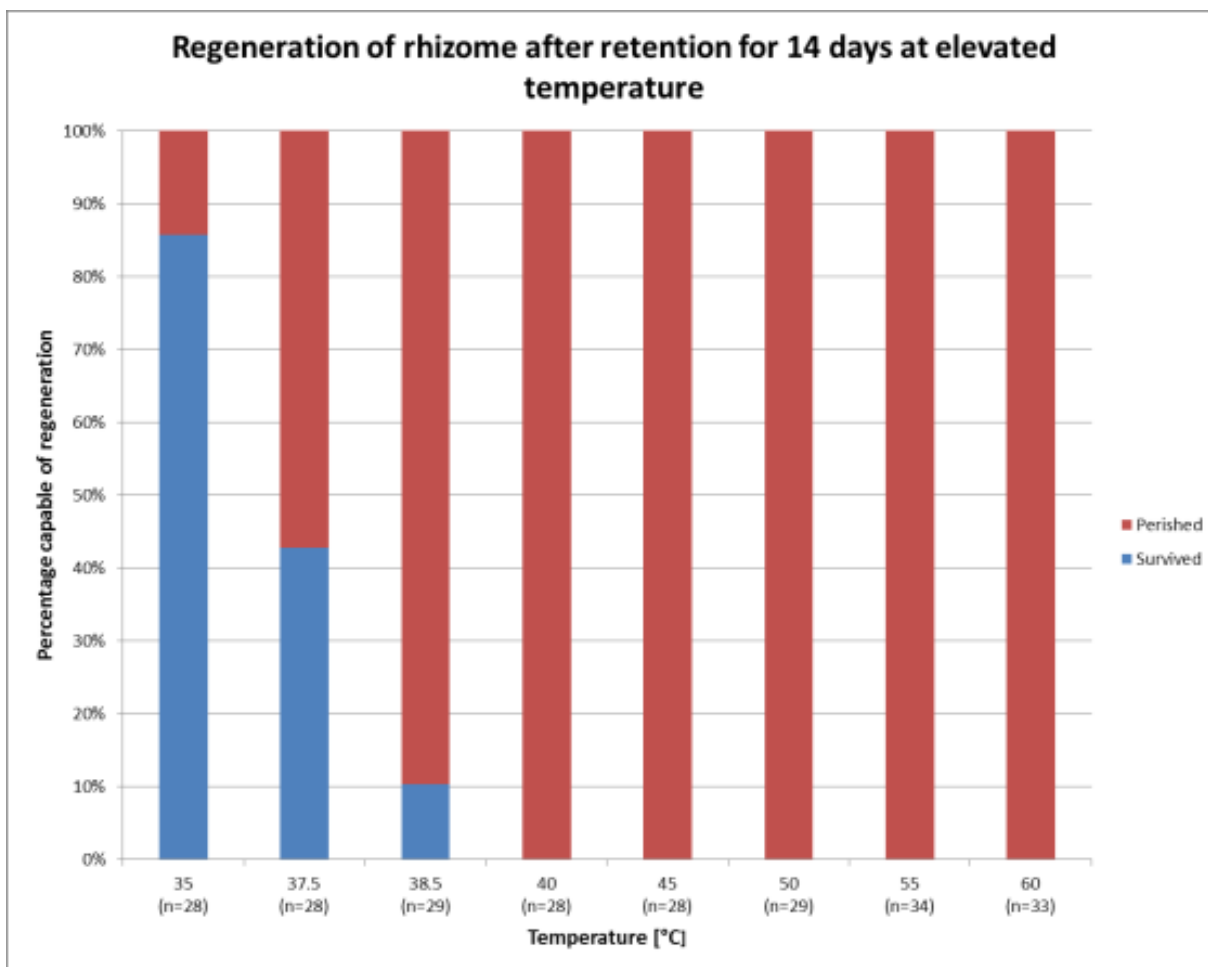
Het doel van dit project is antwoord te geven op de vraag of *in situ* verhitten van de bodem een effectieve bestrijdingsmethode is voor Aziatische duizendknoop. Uit de proef moet blijken (1) of het technisch mogelijk is de grond op de gewenste temperatuur te krijgen en te houden, (2) of er na de behandeling nog levensvatbare duizendknoopresten in de grond aanwezig zijn of dat er sprake is van een volledige bestrijding en (3) wat het effect van de thermische behandeling is op biologische en fysische bodemparameters.

2 Opzet en uitvoering

2.1 Thermische bestrijding duizendknoop

Voor het thermisch bestrijden van duizendknoop is het van belang vooraf een inschatting te maken van het temperatuurregime (temperatuur en tijd) dat minimaal nodig is om wortelstokken van verschillende diktes te doden. Uit composteringsonderzoek is bekend dat hergroei van wortelstokken en groene stengels van duizendknoop effectief wordt gestopt bij verhitting boven 55 °C gedurende 3 dagen (Day *et al.* 2009). Dit temperatuurregime is ook de basis in de voorwaarden voor compostering van duizendknoop zoals die in het BVOR certificaat zijn opgenomen (BVOR). Lagere temperaturen gedurende langere tijd kunnen ook afdoende zijn (MacFarlane, 2011), de ondergrens ligt bij 40 graden gedurende 14 dagen (figuur 3). Uit eerder onderzoek naar conductief verwarmen van de bodem met behulp van hete lucht is gebleken dat een temperatuurregime van 40-50 °C gedurende 7 dagen afdoende was om de wortelstokken te doden (Van Dijk *et al.*, 2021). Een temperatuurregime van drie dagen bij 50 °C of 1 dag bij 80 °C was ook voldoende was voor een effectieve bestrijding van de wortelstokken (Van Meerbeek *et al.*, 2022).

Op basis van bovenstaande informatie is voor de pilot de keuze gemaakt het grondvolume geleidelijk op te warmen tot 70 °C gedurende minimaal 24 uur en het daarna weer te laten afkoelen. Wanneer dit temperatuurregime niet behaald kan worden, dan minimaal 72 uur op 50°C. Beide temperatuurregimes zouden afdoende moeten zijn voor doding van duizendknoop wortelstokfragmenten en resten van stengels.



Figuur 3 Percentage hergroei van duizendknoop wortelstokfragmenten ('rhizome') na verhitting gedurende 14 dagen (Uit: MacFarlane, 2011).

2.2 Groeiplaats Aziatische duizendknoop

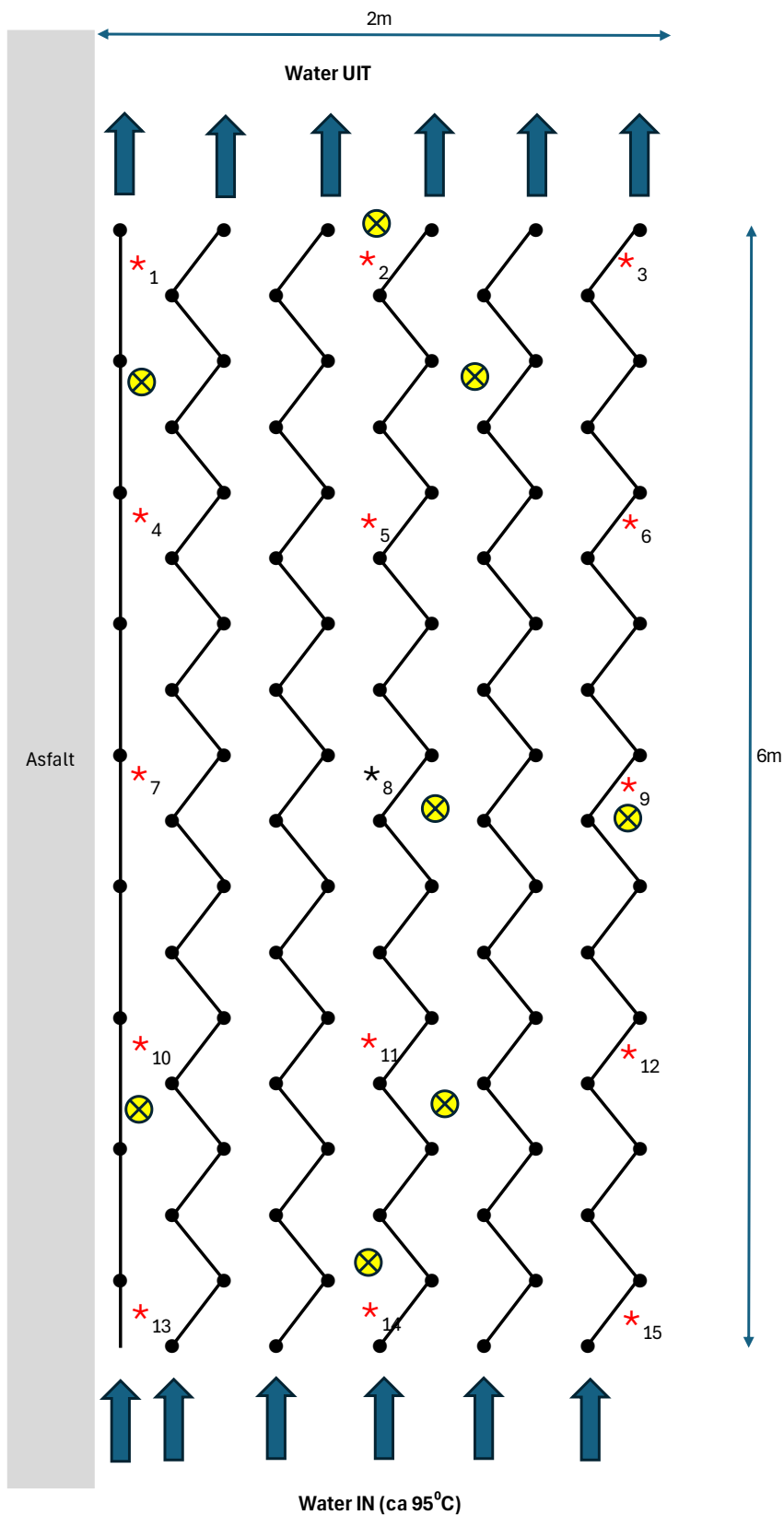
Op de pilot locatie in Wijchen bevindt zich direct naast een asfaltweg een groeiplaats van Japanse duizendknoop (*Reynoutria japonica*, voorheen *Fallopia japonica*) van circa 50 m² (figuur 4). Op deze groeiplaats zijn eerder geen bestrijdingsmethoden toegepast. Op een deel van de groeiplaats (ca 12 m²), de testlocatie, zal het systeem van JDK-solution getest worden.



Figuur 4 Winterbeeld groeiplaats van Japanse duizendknoop (*Reynoutria japonica*, voorheen *Fallopia japonica*) op de testlocatie, Wijchen (Foto Wageningen UR).

2.2.1 Opzet thermische opstelling

Na verwijderen en afvoeren van de bovengrondse delen van de duizendknoop, worden verticale dubbelwandige lansen in de bodem geslagen die met slangen met elkaar zijn verbonden en aangesloten worden op een heet water tank (ca. 95 °C) van 25 m³. De lansen worden in een matrix structuur aangebracht met een onderlinge afstand van ca. 40 cm (figuur 5 en 6). Heet water wordt per tankwagen aangevoerd en overgepompt in een stationaire tank. In de tank wordt door middel van een externe compressor een lichte overdruk aangebracht waarna het openen van de afsluiter het water door de gekoppelde lansen stroomt. Aan het einde van het systeem wordt het water geloosd en komt het dus in de bodem terecht. Het te behandelen oppervlak wordt tijdens de behandeling afgedekt met een isolerende folie (figuur 6). De gehele locatie wordt afgezet met bouwhekken.



- : dubbelwandige metalen lans (1 m-mv)
- * 1 : locatie handmatige temperatuurmetingen (10 en 40 cm-mv)
- * 8 : continue temperatuurmeting (10, 60, 105 cm -mv)
- ⊗ monstername wortelstokken

Figuur 5 Overzicht pilot locatie met indeling van de lansen, temperatuurmeetpunten en monsternamepunten wortelstokken (na de behandeling).



Figuur 6 Links: Overzicht pilot locatie met lansen en isolerende folie ernaast. Rechts: detail.

2.2.2 Configuratie temperatuursensoren

Gedurende de behandeling met heet water wordt op 15 plaatsen en verschillende dieptes (10 en 40 cm - mv) de temperatuur gemeten. Midden in het vak wordt de temperatuur continue gemeten en gelogd en is op afstand uitleesbaar (figuur 7). De temperatuur zal dichtbij de lansen (injectiepunten heet water) het hoogste zijn en neemt af naarmate de afstand tot de lans groter wordt. De temperatuursensoren zijn daarom midden tussen, en op maximale afstand van, de lansen geplaatst. De op deze plekken gemeten temperatuur is daarmee als het ware de "worst case", dat wil zeggen de laagste temperatuur in het behandelde vak.



Figuur 7 Thermometer midden in het vak dat op afstand uit te lezen was.

2.3 Effectiviteitsbepalingen

2.3.1 Bepaling wortelzone

Voorafgaande aan de opbouw van de techniek voor de thermische behandeling, wordt door middel van een boring of proefsleuf bepaald tot op welke diepte de duizendknoop wortelt (bepaling wortelzone). Het bodemtype op testlocatie is arme zandgrond, met op grofweg 40 cm -mv een dichtere bodemlaag van leem of klei (figuur 8). De Japanse duizendknoop wortelt bijna uitsluitend in de lossere zandlaag.



Figuur 8 Bepaling wortelzone.

2.3.2 Monsternames en analyses

Voor het in beeld brengen van de effectiviteit van de behandeling en de effect op bodemkwaliteit, worden zowel voor als na de behandeling grondmonsters genomen op twee verschillende dieptes (0-10 cm -mv en 10-20 cm -mv). De grond wordt in afsluitbare plastic emmers opgeslagen. Een deel van de grond wordt gebruikt voor een kiemtest van de aanwezige (onkruid) zaden en een ander deel voor het bepalen van bodemkwaliteitsparameters. Wortelstokfragmenten worden uitsluitend na behandeling verzameld, aangezien het bestaan van de Japanse duizendknoop-haard wijst op initieel vitale wortelstokken. Het aantal en de posities voor monsternames worden op basis van 'expert judgement' vastgesteld. Er is geen protocol voor dit type metingen dat een betrouwbaar en representatief beeld garandeert. De volgende bepalingen worden uitgevoerd.

Vitaliteit wortelstokken

Uitgezeefde wortelstokfragmenten worden, indien nodig, afgespoeld met leidingwater om overtollige grond te verwijderen. Vervolgens worden ze op een vochtige ondergrond in een met niet-lichtdoorlatend plastic folie afgedekt plastic bakje gelegd en geteld. Het bakje wordt bij kamertemperatuur weggezet. Na een incubatieperiode van ca. 7-10 dagen worden de wortelstokfragmenten visueel beoordeeld op vitaliteit. Vitaal wil in dit geval zeggen dat er een of meerdere witte actieve knopen, nieuwe scheuten of echte wortels zichtbaar zijn (figuur 9). Het aantal vitale wortelstokfragmenten wordt geteld. Na de beoordeling wordt het plantmateriaal vernietigd (autoclaaf). Met de vitaliteitsmetingen kan worden bepaald of er in de grond nog levend plantmateriaal aanwezig is dat in staat is tot nieuwe uitgroei. Voor de vitaliteitstest worden er wortelstokken opgegraven uit 8 monsternamen punten, uitsluitend na de thermische behandeling.



Figuur 9 Vitale wortelstokken (ondergrondse stengels) drie dagen na opgraven. De naar boven gerichte witgele scheuten en de witte, naar beneden groeiende echte wortels zijn goed te onderscheiden. Dit is een voorbeeldfoto en dus gerelateerd aan dit onderzoek.

Bodemkwaliteit

De bodemkwaliteit van de grond is van belang voor de hergebruikswaarde, bijvoorbeeld als teelaarde of als leeflaag (tuinen, parken, groenstroken etc.). De biologische kwaliteit wordt op verschillende, complementaire manieren in beeld gebracht. In totaal worden er 8 monsters genomen; 2 meetpunten, twee dieptes, voor en na behandeling.

Biologische parameters

Diversiteit aan bodemleven is een maat voor de gezondheid van de bodem. Hierbij wordt vooral gestreefd om een hoge biodiversiteit van micro-organismen te bereiken of te behouden. Om een indicatie van het bodemleven te krijgen, kunnen de in de bodem aanwezige fosfolipidevetzuren (PLFA's) worden geanalyseerd. PLFA's komen voor in de celwanden van de levende micro-organismen en worden snel afgebroken nadat een micro-organisme sterft. Door de samenstelling van de PLFA's te meten kan er een vingerafdruk van de aanwezige microbiële gemeenschap worden gegeven.

Fysische parameters

Organische stofgehalte vervult verschillende functies in de bodem en is bepalend voor onder anderen het bodemleven, de bodemstructuur, waterhuishouding, de nutriëntenlevering en -binding. Bij verbranden van de grond wordt alle organische stof in de grond omgezet in CO_2 , waardoor de samenhang van de gronddeeltjes grotendeels verdwijnt. Daarnaast kunnen bepaalde stoffen zoals metaalionen achterblijven in de grond en een giftige werking hebben op nieuw bodemleven. Verandering in het organische stof gehalte in de bodem is eenvoudig te meten en een eerste maat van bodemgezondheid/vruchtbaarheid. Gezonde bodems hebben een organisch stofgehalte van 3-5%, veenbodems niet meegerekend.

Kiemtesten

Of de behandelde grond biologische gezond is en snel weer begroeid kan worden door planten is afhankelijk of (een deel van) de aanwezige zaadbank in de grond de behandeling overleefd. Dit wordt getest door een aantal kiemtesten uit te voeren met grondmonsters van onbehandelde en behandelde grond van verschillende bodemlagen (0-10 cm -mv en 10-20 cm -mv).

2.3.3 Effectiviteitsmonitoring lange termijn

De vitaliteitsmetingen van wortelstokfragmenten uit een aantal steekproefsgewijs genomen grondmonsters na behandeling bieden geen volledige zekerheid dat alle duizendknoopresten in het totale grondvolume afdoende behandeld zijn geweest. Voor extra zekerheid wordt na afloop van een behandeling, als de bodem weer is afgekoeld, de plot gedurende de rest van het groeiseizoen (afhankelijk van het weer) elke vier weken gemonitord op hergroei.

Hierbij wordt bij een eventuele hergroei een aantal kwantitatieve gegevens verzameld zoals:

- Bedekkingsgraad (aantal stengels per m²)
- Hoogte (m)
- Stengeldikte (m)
- Oppervlakte (m²)

3 Resultaten

3.1 Voorbereidende werkzaamheden

Op 21 mei 2025, voorafgaand aan de opbouw van de technische opstelling zijn de bovengrondse delen van de duizendknoop afgemaaid en afgevoerd.

Kenmerken groeiplaats	
Afmeting:	ca. 50 m ² , hiervan wordt 6m x 2m (12m ²) thermisch behandeld.
Soort:	Japanse duizendknoop (<i>Reynoutria japonica</i>).
Kenmerken:	Groeiplaats aan één kant beperkt door asfaltweg.
Grondsoort:	Arme zandgrond, tot 40 cm -mv. Daaronder fijnere leem en/of klei.
Worteldiepte:	Grofweg tot 40 cm -mv.

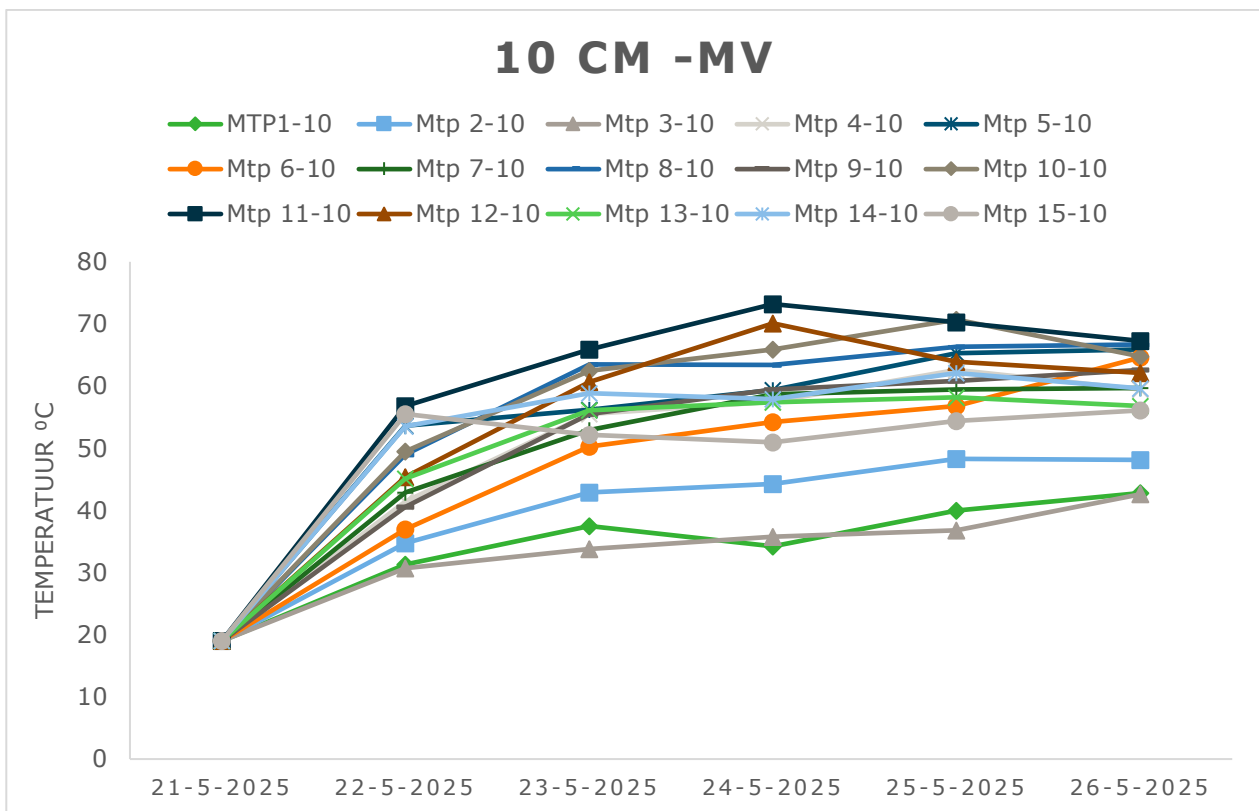
3.2 Verloop thermische behandeling

Op 21 mei 2025 is de opstelling opgebouwd en is de thermische behandeling gestart om 22:00. De thermometers waren al aangesloten sinds 13:00, dus deze hebben de bodemtemperatuur van vóór de behandeling gemeten. Dit was 19°C en 17°C voor, respectievelijk, 10 cm en 40 cm onder het maaiveld. De hitte behandeling is gestopt op 27 mei 2025 om 13:00. Het systeem heeft in totaal 135 uur aangestaan.

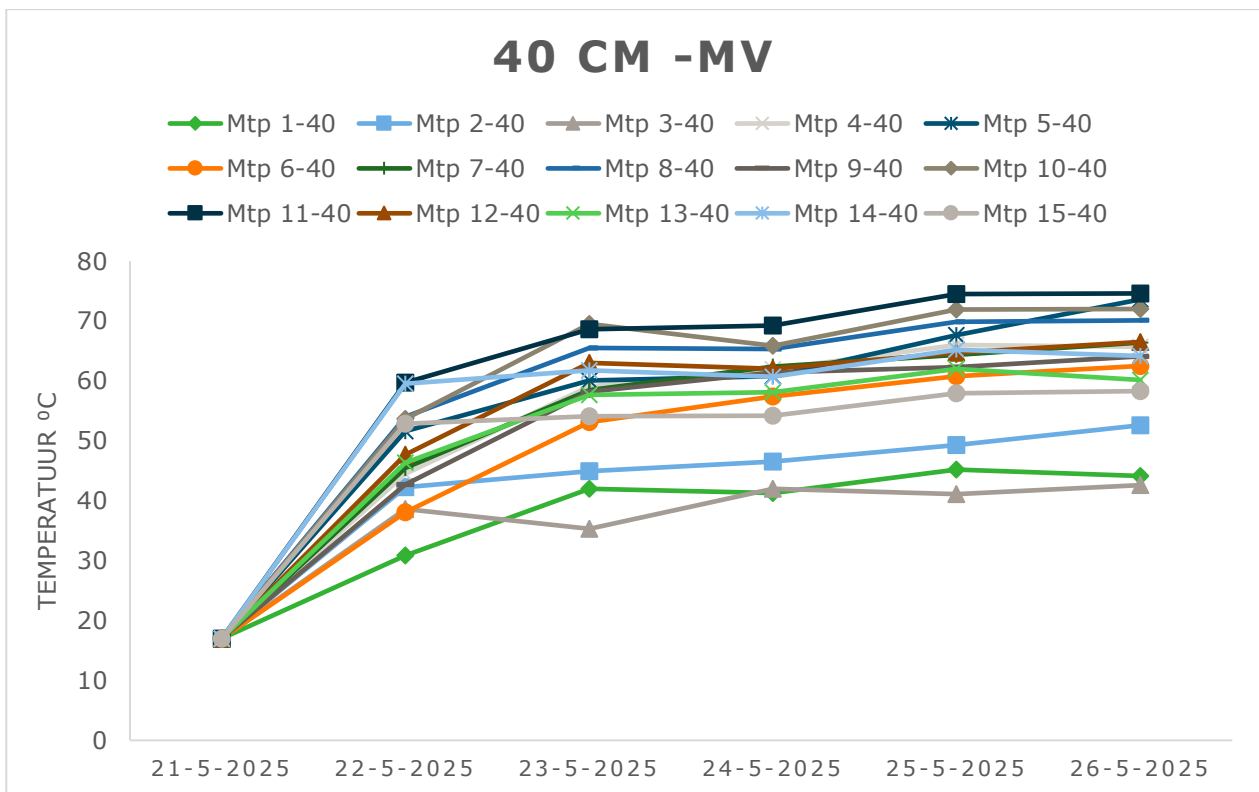
Zoals gezien kan worden in figuur 5, stroomt het hete water van de meetpunten 13, 14 en 15 naar de meetpunten 1, 2 en 3. Logischerwijs, is de temperatuur bij de meetpunten 1, 2, en 3 het laagste aangezien het water energie, in de vorm van warmte, gedurende de lengte van het systeem heeft afgegeven. Echter, zou dan ook verwacht kunnen worden dat de temperatuur bij de meetpunten 13, 14 en 15 het hoogste moeten zijn, maar dat is niet het geval. De hoogste temperaturen wordt behaald bij de meetpunten 10, 11 en 12. Dit kan verklaard worden doordat deze meetpunten meer in het midden zitten van de proeflocatie dan de eerste meetpunten (13, 14 en 15) waardoor de warmte van meer kanten komt. Dit, tezamen met dat de meetpunten 10, 11 en 12 relatief dichtbij bij het instroom van het hete water zitten, maakt dat deze de hoogste temperaturen meten. In lijn met de wetten van thermodynamica meten de meetpunten op 40 cm onder het maaiveld hogere waarden dan de meetpunten op 10 cm onder het maaiveld. Dit komt omdat de bodem warmte beter vasthoudt dan lucht waardoor diepere lagen trager afkoelen en de temperatuur langer behouden blijft.

Meerdere tankwagens hebben op de testlocatie heet water afgeleverd. Er zijn 4 tankwagens van 25000 liter gebruikt. Dit betekent dat er in totaal 100 kuub water met een temperatuur van >95°C is gebruikt tijdens deze behandeling. Over het algemeen, met enkele uitzonderingen, stijgt de temperatuur in het onderzoeksgebied naar mate de tijd voortduurt. Zoals eerder vermeldt, is een temperatuurregime van 50 °C gedurende minimaal 3 dagen genoeg om wortelstokken te doden (Van Meerbeek *et al.*, 2022). Dit is het merendeel van de meetpunten ruimschoots gelukt. Echter, is dit niet het geval geweest bij de meetpunten 1, 2, en 3. Mogelijk dat de langere tijd (ruim 5 dagen) op een gemiddelde temperatuur van 40 °C afdoende is geweest voor de doding van de wortelstokken.

In figuur 10 en 11 is een grafische weergave van de temperatuur gegeven gedurende de thermische behandeling. In tabel 1 zijn de temperaturen gegeven waar figuur 10 en 11 op gebaseerd zijn.



Figuur 10 Grafische weergave temperatuursverloop gedurende de hittebehandeling op een diepte van 10 cm onder het maaiveld.



Figuur 11 Grafische weergave temperatuursverloop gedurende de hittebehandeling op een diepte van 40 cm onder het maaiveld.

Tabel 1 Tabel van de gemeten temperaturen op de 15 meetpunten op 10 cm en 40 cm -mv. Tevens worden er gemiddelde temperaturen in deze tabel gegeven.

Meetpunt	Diepte (cm/-mv)	Datum/tijd						Gemiddeld	Gemiddelde van beide dieptes
		21-5-2025	22-5-2025	23-5-2025	24-5-2025	25-5-2025	26-5-2025		
		13:00	18:30	18:30	18:00	19:00	18:00		
1	10	19	31,3	37,5	34,2	40	42,8	37,16	38,93
1	40	17	30,9	42	41,3	45,2	44,1	40,7	
2	10	19	34,7	42,9	44,3	48,3	48,1	43,66	45,39
2	40	17	42,3	44,9	46,5	49,3	52,6	47,12	
3	10	19	30,7	33,8	35,8	36,8	42,6	35,94	37,93
3	40	17	38,6	35,3	42	41,1	42,6	39,92	
4	10	19	41,4	55,5	57,5	62,6	59,5	55,3	57,37
4	40	17	44,5	59,1	61,9	66	65,7	59,44	
5	10	19	53,6	56,2	59,4	65,3	65,9	60,08	61,41
5	40	17	51,6	60,1	60,8	67,6	73,6	62,74	
6	10	19	37	50,3	54,2	56,8	64,6	52,58	53,48
6	40	17	38,1	53,1	57,4	60,8	62,5	54,38	
7	10	19	42,9	52,9	58,7	59,5	59,7	54,74	57,08
7	40	17	45,5	58,5	62,4	64,3	66,4	59,42	
8	10	19	49	63,5	63,4	66,3	66,7	61,78	63,37
8	40	17	54	65,5	65,3	69,9	70,1	64,96	
9	10	19	40,6	55,5	59,5	60,8	62,6	55,8	56,77
9	40	17	42,7	58,2	61,4	62,3	64,1	57,74	
10	10	19	49,5	62,5	65,9	70,7	64,8	62,68	64,64
10	40	17	53,7	69,5	65,9	71,9	72	66,6	
11	10	19	56,8	65,9	73,2	70,3	67,3	66,7	68,01
11	40	17	59,7	68,6	69,2	74,5	74,6	69,32	
12	10	19	45,4	60,7	70,1	63,9	62,1	60,44	60,61
12	40	17	47,7	63	62	64,7	66,5	60,78	
13	10	19	45,1	56,1	57,4	58,2	56,8	54,72	55,8
13	40	17	46,4	57,7	58,1	62	60,2	56,88	
14	10	19	53,5	58,9	57,9	62,1	59,6	58,4	60,34
14	40	17	59,5	61,8	60,7	65,2	64,2	62,28	
15	10	19	55,5	52,2	51	54,4	56,1	53,84	54,66
15	40	17	52,9	54,1	54,2	57,9	58,3	55,48	
			20 uur	44 uur	68 uur	93 uur	116 uur		
			1 dag	2 dagen	3 dagen	4 dagen	5 dagen		

3.3 Effectiviteit hittebehandeling

3.3.1 Monsternames

In de periode mei-oktober, na afloop van de hittebehandeling zijn op verschillende tijdstippen metingen uitgevoerd (tabel 2), namelijk:

- In het behandelde deel van de pilot locatie zijn na de thermische behandeling wortelstokken verzameld voor de bepaling van de vitaliteit (zie figuur 5);
- Zowel vóór (referentiepunt) als na de thermische behandeling zijn er grondmonsters van de toplaag op 0-10 cm -mv en 10-20 cm -mv genomen. Deze grondmonsters zijn getest op het actief bodemleven en enkele fysische parameters van de bodem (pH, C-organisch en het organisch stofgehalte).
- Net voor de behandeling en in augustus zijn kiemtesten ingezet voor bepaling van de groei van kruiden en grassen voor en na behandeling.
- Visuele schouw van het behandelde oppervlak en directe omgeving op hergroei van duizendknoop.

Tabel 2 *Overzicht van de uitgevoerde bepalingen in de periode mei-augustus 2025.*

Tijdstip	Wortelstokken (Vitaliteit)	Schouw (Hergroei)	Grondmonsters (Bodemleven en OS)		Kiemtest Zaadbank		Opmerkingen
			Vóór behandeling	Na behandeling	Vóór behandeling	Na behandeling	
Week 21 (21-5-2025)			x		x		Start hittebehandeling
Week 22 (27-5-2025)							Beëindiging hittebehandeling
Week 23 (4-6-2025)	x	x					
Week 34 (21-8-2025)		x		x		x	

3.3.2 Vitaliteit wortelstokken

In week 23, 8 dagen na beëindiging van de behandeling, zijn in het behandelde gebied op 8 punten grondmonsters genomen (0-40 cm -mv). De fragmenten van de duizendknoop wortelstokken zijn ter plekke uit de grond gezeefd en in Wageningen gespoeld en getest op vitaliteit. De wortelstokken zijn in natte vilten doeken gelegd en onder gunstige omstandigheden geïncubeerd voor 10 dagen. Slechts één van de ruim honderd wortelstokfragmenten bleek nog vitaal te zijn aangezien het uitlopers in de vorm van scheuten en echte wortels had. Dit was wortelstokmonsternamepunt dat het meest dichtbij stond bij thermometer 2, en wordt daarom wortelstokmonsternamepunt nummer 2 genoemd. Een foto van de uitlopers is gegeven in figuur 12. Voor het volledige overzicht van de genomen wortelstokken, vitaliteit en gemeten temperaturen bij de meetpunten, zie tabel 3.



Figuur 12 *De enige wortelstok, genomen op wortelstokmonsternamepunt nummer 2, die na de behandeling nog uitgelopen is.*

Tabel 3 Bepaling aantal vitale wortelstokken (n) na beëindiging van de hittebehandeling.

Locatie wortelstok opgraving dichtbij een temperatuurmeetpunt	Diepte (cm -mv)	Week 23 bemonsterd		Verhit (gemiddelde genomen over 5 dagen) (°C)
		Wortelstokken (n) opgegraven	Vitaal (n) na 6 dagen	
2	0-40	12	1	45.6°C
4	0-40	14	0	57.4°C
6	0-40	17	0	53.5°C
8	0-40	13	0	63.4°C
9	0-40	6	0	56.8°C
10	0-40	19	0	64.6°C
11	0-40	12	0	68.0°C
14	0-40	5	0	60.3°C

3.3.3 Hergroei

Na beëindiging van de behandeling is op verschillende tijdstippen gedurende het seizoen een schouw van de locatie uitgevoerd om eventuele hergroei van duizendknoop in beeld te brengen. Bij de eerste schouw in week 23 zijn in het behandelde oppervlak geen uitlopers van duizendknoop waargenomen. Net daarbuiten waren enkele nieuwe uitlopers van de duizendknoop zichtbaar. Dat was te verwachten omdat de groeiplaats groter was dan met het beschikbare materieel behandeld kon worden.

In week 34 is een tweede schouw uitgevoerd. In het behandelde gebied zijn geen uitlopers van duizendknoop waargenomen. Buiten de testlocatie waren nog steeds stengels van de Japanse Duizendknoop te zien. Op het behandelde gedeelte was een beginnende groei van kruiden en grassen te zien. Het is onduidelijk of deze zaden zijn komen aanwaaien of dat deze zaden de hittebehandeling hebben overleefd, al kan de kiemtest wel een indicatie geven.

3.3.4 Bodemleven en organisch stofgehalte

Voor en na afloop van de hittebehandeling zijn enkele biologische parameters bepaald aan de hand van de in de bodem aanwezige fosfolipidevetzuren (PLFA's). PLFA's komen voor in de celwanden van de levende organismen (tabel 4).

- *Totale microbiële biomassa.* De som van de aanwezige PLFA's is een indicatie voor de hoeveelheid micro-organismen. Doordat PLFA's snel worden afgebroken nadat een organisme sterft, gaat het vooral om de levende microbiële biomassa. De microbiële biomassa is een indicator voor de algemene weerbaarheid van de bodem. Hoe meer micro-organismen er aanwezig zijn, hoe meer concurrentie er is met pathogenen voor ruimte en voedsel.
- *Totaal bacteriën.* Bepaalde groepen bacteriën breken o.a. (eenvoudig) organisch materiaal af, leggen nutriënten vast, binden atmosferische stikstof, zetten ammonium om in nitraatstikstof, vormen stabiele aggregaten, verhogen de ziekteverendheid en vormen afbraakproducten die pathogenen kunnen verzwakken of doden.
- *Totaal schimmels.* Schimmels zorgen o.a. voor afbraak van moeilijk afbreekbaar organisch materiaal, vormen stabiele aggregaten, scheiden organische zuren uit waardoor de beschikbaarheid van sommige nutriënten verbetert en verhogen de ziekteverendheid door concurrentie of predatie.
- *Protozoa.* Protozoa zijn eencellige micro-organismen die een celkern bevatten (eukaryoten). De belangrijkste functie van protozoa is het beschikbaar maken van nutriënten voor de plant door het 'grazen' op micro-organismen (voornamelijk bacteriën). De activiteit van protozoën is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van vocht in de bodem.

Getalsmatig zijn er kleine verschillen in bodemleven gemeten tussen de onbehandelde en behandelde grondmonsters. Naast het gemeten PFLA gehalte wordt ook een kwalitatieve waarde (laag, vrij laag, gemiddeld, vrij hoog, hoog) gegeven voor de interpretatie van de individuele gehalten. Wanneer de kleine verschillen in de kwantitatieve metingen tot deze kwalitatieve waarden geïnterpreteerd worden, zijn er wel duidelijke verschillen te zien. Zo zijn alle biologische parameters van 0-10 cm -mv, de meeste biologisch actieve bodemlaag, gemiddeld gescoord voor de thermische behandeling. Na de thermische behandeling, zijn

de biologische parameters in dezelfde bodemlaag gescoord als vrij laag. In de bodemlaag 10-20 cm -mv is het effect van de thermische behandeling op biologische bodemparameters minder aanwezig.

Organische stof (organisch stofgehalte in tabel 4) bestaat vooral uit C, N, P en S. Dynamische organische stof bevat relatief veel N en S en wordt makkelijk afgebroken door het bodemleven. Hierbij worden nutriënten gemineraliseerd die beschikbaar komen voor planten. Stabiele organische stof (C-organisch in tabel 4) bevat relatief veel C, en wordt minder snel afgebroken door het bodemleven. Stabiele organische stof draagt o.a. bij aan de bewerkbaarheid en rulheid van de bodem.

De fysische parameters laten enige verschillen zien tussen de onbehandelde en behandelde grondmonsters, voornamelijk in de bovenste bodemlaag. Er is een lichte stijging in de behandelde bodemmonsters van de bovenste bodemlaag, zowel voor C-organisch als organische stofgehalte. Aangezien deze beiden licht gestegen zijn, is de C/OS-ratio relatief gelijk gebleven. Voor de bodemlaag 10-20 cm -mv, zijn C-organisch en organisch stofgehalte licht gedaald, waarbij C-organisch iets meer gedaald is waardoor de C/OS-ratio ook licht gedaald is. In beide bodemlagen en in zowel behandelde als onbehandelde bodem wordt C/OS-ratio geclassificeerd als gemiddeld.

Tot slot, valt op dat de zuurgraad in de bovenste bodemlaag (0-10 cm -mv) lager is geworden is na de thermische behandeling. De bodemlaag daaronder lijkt onveranderd op het gebied van zuurgraad.

Tabel 4 Biologische en fysische parameters bepaald van de bodem op twee verschillende tijdstippen en op twee dieptes.

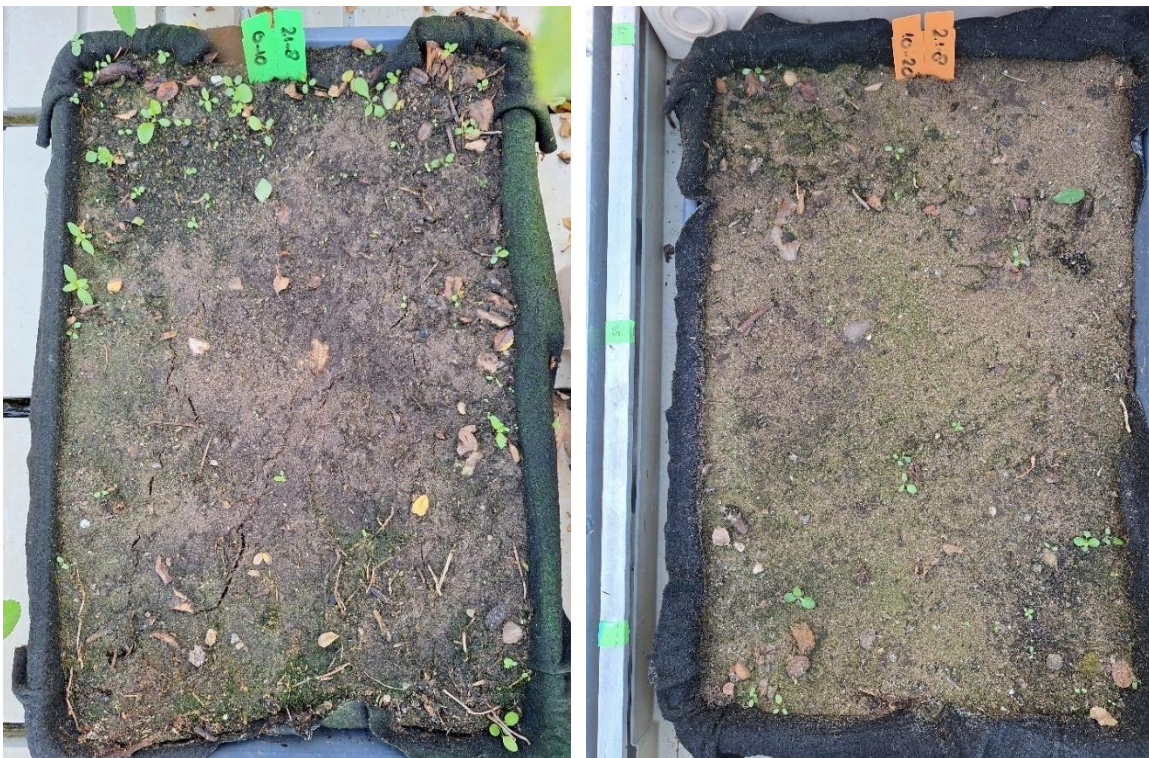
Parameter	Eenheid	Week 22				Week 34			
		0-10 cm -mv		10-20 cm -mv		0-10 cm -mv		10-20 cm -mv	
		Resultaat	Indicator	Resultaat	Indicator	Resultaat	Indicator	Resultaat	Indicator
Biologisch									
Microbiële biomassa	mg PLFA/kg	7	gemiddeld	2.1	vrij laag	6	vrij laag	2.2	vrij laag
Totaal bacteriën	mg PLFA/kg	6	gemiddeld	1.7	laag	4.8	vrij laag	1.8	vrij laag
Totaal schimmels	mg PLFA/kg	0.6	gemiddeld	0.2	vrij laag	0.4	vrij laag	0.1	laag
Protozoa	mg PLFA/kg	0.08	gemiddeld	<0.03	laag	0.03	vrij laag	<0.03	laag
Fysisch									
Zuurgraad (pH)		5.2	-	5.4	-	4.3	-	5.4	-
C-organisch	%	1.09	-	0.87	-	1.69	-	0.69	-
Organisch stofgehalte	%	2.2	-	1.6	-	3.5	-	1.5	-
C/OS-ratio		0.5	gemiddeld	0.54	gemiddeld	0.48	gemiddeld	0.46	gemiddeld

3.3.5 Kiemtest

Een kiemtest laat zien of er in de behandelde grond nog kiemkrachtige zaden voorkomen die weer kunnen uitgroeien tot nieuwe planten. Dit wordt vergeleken met een kiemtest van de beginsituatie van voor de thermische behandeling. Dit is gedaan voor twee spatiaal willekeurig genomen bodemmonsters van de beide bodemlagen (10 cm -mv en 10-20 cm -mv). In figuur 13 is een foto van T=36 dagen van de beginsituatie voor de thermische behandeling gegeven. In figuur 14 zijn de foto's weergegeven van de kiemtest (T=34 dagen) na de thermische behandeling. In de onbehandelde grond, zijn onder andere de kruiden melde, melganzevoet, vogelmuur, grote brandnetel, reigersbek, gestreepte witbol en de grassen gestreepte witbol en ruw beemdgras gevonden. In de behandelde grond zijn geen grassen gekiemd.



Figuur 13 Kiemtest van de beginsituatie met links de bovenste bodemlaag (10 cm -mv) en rechtste de laag daaronder (10-20 cm -mv). Kiemtest is ingezet op 22-05-2025 en deze foto is genomen op 27-6-2025. T=36 dagen.



Figuur 14 Kiemtest van de behandelde bodem met links de bovenste bodemlaag (10 cm -mv) en rechtste de laag daaronder (10-20 cm -mv). Kiemtest is ingezet op 21-08-2025 en deze foto is genomen op 24-9-2025. T=34 dagen.

4 Conclusies en aanbevelingen

De aanwezigheid van Aziatische duizendknoop leidt tot het verdwijnen van inheemse flora, veroorzaakt schade aan kapitaalgoederen, vormt een risico voor de veiligheid (groeit o.a. in putten, schakelkasten en vergroot de erosiegevoeligheid van taluds) en leidt tot extra kosten voor herstel- en beheerwerkzaamheden. Transport en (her)gebruik van met duizendknoop besmette grond geeft een groot risico op verdere verspreiding van de duizendknoop.

In deze pilot is onderzocht of *in situ* verhitting van de bodem een effectieve bestrijdingsmethode is voor Aziatische duizendknoop. De proef is verricht op een pilot locatie in Wijchen met een groeiplaats van Japanse duizendknoop (*Reynoutria japonica*) met een oppervlak van circa 50 m². Deze groeiplaats bevond zich direct naast een asfaltweg. Voor aanvang had de Japanse Duizendknoop een hoogte van grofweg 2 meter. Voor de opbouw van het systeem benodigd voor de thermische behandeling, zijn de bovengrondse delen van duizendknoop afgemaaid en afgevoerd. Het bodemtype op testlocatie is arme zandgrond, met op grofweg 40 cm -mv een dichtere bodemlaag van leem en/of klei. De Japanse duizendknoop wortelt bijna uitsluitend in de lossere zandlaag.

Vanaf 21 mei 2025 tot 27 mei 2025 is de thermische behandeling uitgevoerd op een deel van de groeiplaats (12 m²). De dubbelwandige lansen zijn in een vaste structuur in de bodem geplaatst, waarmee uniforme behandeling nagestreefd wordt. In de periode mei-oktober 2025 zijn op verschillende tijdstippen waarnemingen en analyses uitgevoerd.

Conclusies van de onderzoeksvragen (zie paragraaf 1.4)

1. De pilot heeft aangetoond dat het technisch mogelijk is om grote grondvolumes *in situ* te verhitten. In deze opstelling is het echter niet gelukt om de gehele testlocatie te verhitten tot 70 °C gedurende 24 uur of 50 °C voor gedurende 72 uur. Dit is alleen het geval geweest voor meetpunten 1, 2, 3 voor zowel 10 cm -mv als 40 cm -mv. Deze meetpunten zitten aan het einde van de proeflocatie, en daarmee van het systeem, waar het water al het meeste is afgekoeld. De hoogst gemeten temperaturen zijn gemeten aan het begin van het systeem. Tevens, hebben de thermometers in het midden van de proeflocatie en in de diepere grondlagen relatief hogere temperaturen gemeten dan de meetpunten aan de zijkant en aan het oppervlak. Dit is in lijn met thermodynamische principes.
2. Uit de vitaliteitstest is gebleken dat de wortelstokken onschadelijk gemaakt worden wanneer het juiste temperatuurregime wordt gehandhaafd. De enige vitale wortelstok na behandeling is genomen bij meetpunt 2. Dit is te verklaren aangezien het gewenste temperatuurregime niet is bereikt op meetpunten 1, 2 en 3. Aangezien de wortelstokken 8 dagen na behandeling zijn opgegraven en desbetreffende wortelstok dusdanig dik is, lijkt het onwaarschijnlijk dat deze wortelstok in de tussentijd de pilotlocatie is binnen gegroeid. Mogelijk kan er tijdens de bemonstering een wortelstok uitgegraven zijn van net buiten de proeflocatie.
3. Over het seizoen zijn er getalsmatig kleine verschillen in bodemleven gemeten tussen de behandelde en onbehandelde grondmonsters. Er is een verlagend effect van de thermische behandeling op het bodemleven, gebaseerd op de biologische parameters. Dit effect was sterker in de meest biologisch actieve bodemlaag (0-10 cm -mv). Aangezien de bodemmonsters na de behandeling maanden na de thermische behandeling zijn genomen, kan het zijn dat de impact van de thermische behandeling op het bodemleven groter is geweest.
De thermische behandeling heeft een verhogend effect gehad op de fysische bodemparameters van de bovenste bodemlaag (0-10 cm -mv). Dit kan verklaard worden door het afbreken van wortelstokken en andere biomassa dat gedood is tijdens de thermische behandeling. Voor de bodemlaag 10-20 cm -mv, zijn C-organisch en organisch stofgehalte licht gedaald, waarbij C-organisch iets meer gedaald is. In beide bodemlagen en in zowel behandelde als onbehandelde bodem wordt C/OS-ratio geclassificeerd als gemiddeld. Tot slot, valt op dat de zuurgraad in de bovenste bodemlaag (0-10 cm -mv) lager is geworden is na de thermische behandeling. De bodemlaag daaronder lijkt onveranderd op het gebied van zuurgraad.

Overige waarnemingen en conclusies

- Bij de visuele inspecties van de testlocatie na afloop van de behandeling is geen hergroei van duizendknoop waargenomen. Dit zou kunnen betekenen dat de vitale wortelstok incidenteel is, maar het komt voor dat wortelstokken 'dormant' zijn, ook tijdens het groeiseizoen.
- De groeiplaats was groter dan met het beschikbare systeem behandeld kon worden. Als gevolg daarvan zijn net buiten het behandelde oppervlak (buiten de overkapping) wel nieuwe uitlopers van de duizendknoop aangetroffen. Voor de bestrijding van grotere groeiplaatsen betekent dit dat de technische opstelling opgeschaald dient te worden of dat de hittelansen (meerdere keren) verplaatst moeten worden voor een stapsgewijze behandeling van de hele groeiplaats.
- De kiemtest laat zien dat in beide bodemlagen (0-10 cm -mv en 10-20 cm -mv) en zowel in de behandelde als onbehandelde bodem kiemkrachtig zaad aanwezig is. Dit betekent dat de thermische behandeling niet de volledige zaadbank vernietigd. Aangezien er in de onderste laag van de behandelde grond nog kiemkrachtig zaad gevonden is, kan er gesteld worden dat het kiemkrachtige zaad niet allemaal in de tussentijd is komen aanwaaien. De reden waarom de plantjes in de kiemtest in figuur 14 aanzienlijk kleiner zijn dan in de kiemtest van figuur 13, komt door het verschil in seizoen; er zit namelijk grofweg 3 maanden tussen beide kiemtesten. In figuur 13 valt op dat er in de onderste laag (10-20 cm -mv) van de onbehandelde grond meer grasachtige zaden gekiemd zijn als in de bodemlaag daarboven. Een eenduidige verklaring hiervoor hebben we niet kunnen vinden. Deze kiemkrachtige grassen vinden we echter niet terug bij de diepere bodemlaag van de behandelde bodem. Dit kan een indicatie zijn van dat het grasachtige zaad de thermische behandeling niet overleefd, terwijl de zaden van allerlei kruiden dit wel overleefd.

Gezien de bovenstaande conclusies en waarnemingen kan de volgende conclusie worden getrokken.

Het *in situ* verhitten van de bodem in het groeiseizoen is een effectieve bestrijdingsmethode gebleken voor Japanse duizendknoop, mits de technische opstelling aangepast wordt zodat overal de juiste temperatuur voor de juiste tijd behaald wordt.

Aanbevelingen

- Nader onderzoek naar optimalisatie van het benodigde temperatuurregime is gewenst.
- Onderzoek doen naar het effect van bodemvocht op de effectiviteit van de techniek in relatie tot het gewenste doel.
- Beter inzicht verkrijgen in het totale energieverbruik en kosten.

Literatuur

- Day, L., Rall, J., McIntyre, S., & Terrance, C. (2009). Japanese knotweed composting feasibility study, Delaware County (New York). *Ecological Restoration*, 27(4), 377-379.
- Hulme, P.E.; Bacher, S.; Kenis, M.; Klotz, S.; Kuhn, I.; Minchin, D.; Nentwig, W.; Olenin, S.; Panov, V.; Pergl, J.; Pysek, P.; Roques, A.; Sol, D.; Solarz, W.; Vila, M. 2008 Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. *Journal of Applied Ecology* 45 (2): 403-414.
- Hulme, P.E. 2009. Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology* 46 (1): 10-18.
- Van Meerbeek, K., Amodio, N., Kowalski, C., Melis, J., Van Winckel, S., & Van Beek, E. (2022). Treatment of Japanese knotweed-infested soils by thermal desorption.
- Macfarlane, J. 2011. Development of strategies for the control and eradication of Japanese knotweed. Thesis University of Exeter, UK.
- Oldenburger, Jan, Joyce Penninkhof, Casper de Groot en Fons Voncken, 2017. Praktijkproef bestrijding duizendknoop. Resultaten en kostenefficiëntie van zeven bestrijdingsmethoden voor duizendknoop en varianten daarop. Stichting Probos, Wageningen.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16

6700 AA Wageningen

T 0317 48 07 00

wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1503



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, 7.200 medewerkers (6.400 fte) en 13.200 studenten 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.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentieadres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/plant-research

Rapport WPR-1503



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, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 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.
