



probos



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Onderzoek ontkieming zaden Japanse duizendknoop

Resultaten van literatuurstudie, kasproef en
veldverkenning



Joyce Penninkhof, Chris van Dijk, Willem de Visser, Jasprina Kremers, Coen de Kleine en
Martijn Boosten



probos



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Onderzoek ontkieming zaden Japanse duizendknoop

Resultaten van literatuurstudie, kasproef en
veldverkenning

Joyce Penninkhof, Chris van Dijk, Willem de Visser, Jasprina Kremers, Coen de Kleine en
Martijn Boosten

Wageningen, december 2019

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, december 2019

Auteurs: Joyce Penninkhof¹, Chris van Dijk², Willem de Visser², Jasprina Kremers¹, Coen de Kleine¹ en Martijn Boosten¹

Titel: Onderzoek ontkieming zaden Japanse duizendknoop
Resultaten van literatuurstudie, kasproef en veldverkenning

Uitgever: Stichting Probos
Postbus 253, 6700 AG Wageningen
tel. 0317-46 65 55
mail@probos.nl
www.probos.nl

Opdrachtgever:
Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.
- Stichting Probos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Foto omslag: Stichting Probos

¹ Stichting Probos

² Wageningen University & Research

Samenvatting

Op steeds meer plekken in Nederland komen Aziatische duizendknopen (Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop) voor. Deze Aziatische duizendknopen zijn invasieve uitheemse plantensoorten, die zeer moeilijk te bestrijden en te beheersen zijn. De planten hebben lange en sterk vertakte ondergrondse wortelstokken. In het voorjaar groeien vanuit de knopen op de wortelstokken in korte tijd veel, dicht bij elkaar staande stengels, met bladeren met een groot bladoppervlak. Vegetaties van duizendknoop bestaan voornamelijk uit vrouwelijke planten die door het ontbreken van stuifmeel geen zaden vormen. Tot op heden werd ervan uitgegaan dat duizendknoop zich in Nederland alleen vegetatief verspreidt via wortelstokken en stengelfragmenten. Uit onderzoek in opdracht van de NVWA blijkt echter dat er al in 2011 mannelijk fertiele planten in Nederland aanwezig waren. Uit een kruisingsexperiment bleek dat kiemkrachtige zaden werden gevormd wanneer deze mannelijke Japanse duizendknoop de vrouwelijke fertiele Japanse duizendknoop bevrucht en de ontstane kiemplanten zich voorbij het kiemlobstadium konden ontwikkelen. Maar in hoeverre deze planten in het veld groeikrachtig waren, is destijds niet onderzocht.

Aan het einde van de zomer van 2018 zijn op meerdere locaties in Nederland Japanse duizendknopen waargenomen die na de bloei zaad hadden gezet. In opdracht van de NVWA zijn Stichting Probos en Wageningen University & Research een onderzoek gestart om inzicht te krijgen in de vraag of de in het najaar van 2018 in Nederland verzamelde zaden kiemkrachtig zijn en kunnen doorgroeien tot volwassen planten.

Daarvoor wordt in dit rapport inzicht gegeven in de volgende vragen:

- A. Welke factoren zijn van invloed op zaadzetting, kieming en groei van kiemplanten van Aziatische duizendknopen (*F. japonia*, *F. x bohemica*, *F. sachalinensis*) (literatuurstudie)?
- B. Zijn de in het najaar van 2018 in Nederland verzamelde Japanse duizendknoopzaden kiemkrachtig (kiemingsproef en groei-experiment)?
- C. Zo ja, zijn er op de vindplaatsen in het veld zaailingen en bestuivingsbronnen te vinden en is er opnieuw sprake van zaadzetting in 2019 (veldmonitoring)?

De Nederlandse klimaatomstandigheden (neerslag, absolute minimumtemperatuur, het aantal graaddagen en lengte van het groeiseizoen) lijken op dit moment al geschikt voor een succesvolle zaadzetting en rijping van Aziatische duizendknopen (Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop). Uit het veldonderzoek blijkt dat een belangrijke factor voor succesvolle zaadzetting de aanwezigheid van stuifmeelbronnen is, zoals de aangetroffen Chinese bruidssluiers en Bastaardduizendknoop in de nabijheid van de gemonitorde Japanse duizendknoopgroeiplaatsen. Door klimaatverandering kan het groeiseizoen langer worden, waardoor de kans op volledige zaadrijping groter kan worden. Een toename van natte, mildere en wisselvallige winters door klimaatverandering kan mogelijk wel een beperkende factor zijn omdat dit tot zaadrotting kan leiden. Ook kunnen dit soort winters ervoor zorgen dat er een negatieve invloed is op de vestiging van zaailingen, omdat deze te vroeg ontkiemen en het daarna niet overleven door vorst. Klimaatverandering kan daarmee zowel een positieve als een negatieve invloed hebben op de geslachtelijke voortplanting van de Japanse duizendknopen. Het is daardoor nu nog onduidelijk of zaadzetting en –rijping op grote schaal en structureel tot problemen kan gaan leiden.

De kiemingsproeven laten zien dat duizendknoop zaden afkomstig van verschillende locaties onder geconditioneerde omstandigheden tot kieming kunnen komen, het kiemstadium kunnen overleven en voorbij het kiemlobstadium kunnen groeien. De kiemplanten bleken zich onder semi-buitenomstandigheden goed te ontwikkelen. Op basis van een vergelijking met afbeeldingen uit de literatuur ging het hier zeer waarschijnlijk om de hybride *Fallopia* × *conollyana*, een kruising tussen *F. japonica* en *F. baldschuanica* (Chinese bruidssluier) (Hoste *et al.*, 2017). In het veld is op 3 van de 5 vindlocaties de Chinese bruidssluier als mogelijke stuifmeelbron aangetroffen. Op de overige locaties zijn vormen van mannelijk fertiele Aziatische duizendknoopplanten gevonden, maar het is niet uit te sluiten dat er in de omgeving Chinese bruidssluier aanwezig was.

Hoewel de Nederlandse klimaatomstandigheden in de meeste jaren geschikt zijn voor een succesvolle zaadzetting en rijping van Aziatische duizendknopen lijkt kieming van zaden in een veldsituatie op dit moment niet in grote getale voor te komen. Tijdens de veldmonitoring zijn er op één van de drie bezochte locaties twee zaailingen gevonden. Blijkbaar moeten de omgevingsfactoren aan bepaalde eisen voldoen voordat succesvolle kieming mogelijk is. Factoren als droogte, late voorjaarsvorst, verrotting van zaden tijdens natte milde winters en concurrentie om licht spelen hierbij een rol. Deze factoren kunnen verklaringen zijn voor het feit dat de zaden in de kas goed kiemden en de zaailingen goed groeiden, en in het veld maar twee zaailingen zijn aangetroffen.

Klimatologisch gezien was 2018 een bijzonder jaar, met een warme droge zomer en najaar. Deze verlenging van het groeiseizoen in combinatie met een langere vorstvrije periode in het najaar kan van invloed zijn geweest op de bloei en zaadzetting. Ook in 2019 heeft op verschillende locaties opnieuw zaadzetting plaatsgevonden. Ook dit jaar waren de klimaatomstandigheden bovengemiddeld goed voor de zaadzetting waardoor het nog te vroeg is om op basis van deze waarnemingen algemene conclusies te trekken.

De resultante van de gekiemde zaden in dit onderzoek is een hybride van Japanse duizendknoop en waarschijnlijk voornamelijk Chinese bruidssluier, die onder veldomstandigheden nauwelijks kiemkrachtig is. Deze hybride heeft eigenschappen van zowel de vader- als de moederplant, die beide een eigen groeivorm hebben (wortelstok versus klimmer), en heeft daarom niet alle eigenschappen die Japanse duizendknoop heeft. Dit onderzoek laat zien dat natuurlijke verspreiding via zaad in Nederland niet is uit te sluiten, maar er kan nog geen uitspraak gedaan worden over op welke schaal dit plaatsvindt en kan gaan plaatsvinden in de toekomst.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Inleiding	9
2 Literatuurstudie zaadzetting en kiemsucces van Aziatische duizendknopen	11
2.1 Methode	11
2.2 Factoren van invloed op zaadzetting	12
2.3 Verspreiding vanaf de moederplant	16
2.4 Factoren van invloed op kieming	17
2.5 Ontwikkeling zaailingen	21
2.6 Herkennen van zaailingen	22
2.7 Conclusies en discussie	23
3 Zaai- en kiemingsproef Japanse duizendknoop	27
3.1 Opzet & Uitvoering	27
3.2 Resultaten	28
3.3 Conclusies en discussie	37
4 Veldverkenning zaadzetting, ontkieming en stuifmeelbronnen Japanse duizendknoop	39
4.1 Methode	39
4.2 Resultaten	42
4.3 Conclusies en discussie	47
5 Discussie en conclusies	49
6 Aanbevelingen	51
Monitoring	51
Beheer	51
Referenties	52
Bijlagen	54
Bijlage A. Effect van verschillende factoren op kiemsucces	54
Bijlage B. Achtergrondinformatie experimenten in literatuur	56
Bijlage C. Vindplaatsen zaad- en stuifmeelbronnen	61

1 Inleiding

Op steeds meer plekken in Nederland komen Aziatische duizendknopen (Japanse, Sachalinse en Bastaaarduizendknoop) voor. Deze Aziatische duizendknopen zijn invasieve uitheemse plantensoorten, die zeer moeilijk te bestrijden en te beheersen zijn. De planten hebben lange en sterk vertakte ondergrondse wortelstokken. In het voorjaar groeien vanuit de knopen op de wortelstokken in korte tijd veel dicht bij elkaar staande stengels met een groot bladoppervlak. Afhankelijk van de soort en standplaats kunnen de stengels 2 tot 6 meter hoog worden. De plant bloeit van augustus tot en met oktober met crèmewitte bloemen. Tegen de winter sterven de bovengrondse delen van de plant weer af. Vegetaties van duizendknoop bestaan voornamelijk uit vrouwelijke planten die door het ontbreken van stuifmeel geen zaden vormen. Om die reden is er tot op heden steeds vanuit gegaan dat duizendknoop zich in Nederland alleen vegetatief verspreidt via wortelstokken en stengelfragmenten, waaruit nieuwe planten ontstaan. Ook in Europa was tot voor kort weinig reden om de geslachtelijke voortplanting van Japanse duizendknoop te onderzoeken; Japanse duizendknoop vormde namelijk in Europa uit zichzelf geen stuifmeel en verspreidde zich enkel vegetatief door afwezigheid van mannelijke fertiele duizendknoop (Groeneveld *et al.*, 2014).

Bij bevruchting door stuifmeel van de Sachalinse duizendknoop kan wel zaadzetting plaatsvinden. De hybride Bastaaarduizendknoop die uit deze bevruchting ontstaat is wel vruchtbaar en kan zowel de Japanse duizendknoop bevruchten als zelf door de Sachalinse duizendknoop bevrucht worden. Groeneveld *et al.* (2014) vonden in hun experiment in Canada een hoge mate van genetische biodiversiteit in Bastaaarduizendknoop en maar één genotype van Japanse duizendknoop, wat suggereert dat pure Japanse duizendknoop zich inderdaad alleen vegetatief voortplant en dat hybride Bastaaarduizendknoop-nakomelingen uit zaad zijn voortgekomen.

Uit onderzoek in opdracht van de NVWA blijkt echter dat er al in 2011 mannelijk fertiele planten in Nederland aanwezig waren (Duistermaat *et al.*, 2012). Ook uit een inventarisatie die in opdracht van Provincie Gelderland in 2013 in wegbermen is uitgevoerd, bleken er op verschillende plekken mannelijk fertiele planten te groeien (mond. meded. Olga van de Veer, 2019). Uit een kruisingsexperiment bleek dat kiemkrachtige zaden werden gevormd wanneer deze mannelijke Japanse duizendknoop de vrouwelijke fertiele Japanse duizendknoop bevrucht. Ook waren de kiemplanten die hieruit ontstonden in staat om zich voorbij het kiemlobstadium te ontwikkelen, maar in hoeverre deze planten in het veld groeikrchtig waren, is destijds niet onderzocht (Duistermaat *et al.*, 2012). Hiermee bestaat de kans dat Japanse duizendknoop zich ook via zaad kan verspreiden.

Aan het einde van de zomer van 2018 zijn op meerdere locaties in Nederland Japanse duizendknopen waargenomen die na de bloei zaad hadden gezet, ook op locaties waar in 2011 geen waarnemingen van fertiele mannelijke planten gedaan zijn (onder andere in Oisterwijk, Midwolda, Rhenen en Goes). Wanneer Japanse duizendknoop in het veld kiemkrachtige zaden kan vormen die tot volwassen planten kunnen uitgroeien, heeft dat implicaties voor het beheer en bestrijding van de soort.

In opdracht van de NVWA zijn Stichting Probos en Wageningen University & Research een onderzoek gestart om inzicht te krijgen in de vraag of de in het najaar van 2018 in Nederland verzamelde zaden kiemkrachtig zijn en kunnen doorgroeien tot volwassen planten.

Daarvoor wordt in dit rapport inzicht gegeven in de volgende vragen:

- A. Welke factoren zijn van invloed op zaadzetting, kieming en groei van kiemplanten van Aziatische duizendknopen (*F. japonia*, *F. x bohemica*, *F. sachalinensis*) (literatuurstudie)?
- B. Zijn de in het najaar van 2018 in Nederland verzamelde Japanse duizendknoopzaden kiemkrachtig (kiemingsproef en groei-experiment)?
- C. Zo ja, zijn er op de vindplaatsen in het veld zaailingen en bestuivingsbronnen te vinden en is er opnieuw sprake van zaadzetting in 2019 (veldmonitoring)?

De resultaten worden in dit rapport in drie hoofdstukken weergegeven.

Waar mogelijk wordt specifiek verwezen naar de soorten Aziatische duizendknoop die in de in literatuur beschreven experimenten zijn gebruikt. Wanneer Aziatische duizendknopen in zijn algemeenheid worden beschreven, wordt in deze studie gesproken over 'Aziatische duizendknoop'. Daar waar niet duidelijk is over welke specifieke soort het gaat, of daar waar expliciet over Japanse duizendknoop inclusief hybriden en/of variëteiten wordt gesproken, wordt in deze studie gesproken over 'Japanse duizendknoop s.l.'

2 Literatuurstudie zaadzetting en kiemsucces van Aziatische duizendknopen

2.1 Methode

2.1.1 Opzet en onderzoeksvragen

Voor het vergaren van informatie over de factoren die van invloed zijn op zaadzetting, kieming en de groei van kiemplanten is gebruik gemaakt van verschillende bronnen en databases. Allereerst zijn uit de bestaande interne database van duizendknooponderzoek bij Probos de voor deze literatuurstudie relevante documenten geraadpleegd. Daarnaast is via verschillende zoekmachines en databases naar aanvullende informatie gezocht, zoals Google Scholar, Research Gate en de zoekmachine van Wageningen University.

Hierbij zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- Welke factoren (klimaat, lengte groeiseizoen, ...) zijn van invloed op zaadzetting van Aziatische duizendknopen (*F. Japonia*, *F. x Bohemica*, *F. sachalinensis*)?
- Hoe ver kunnen zaden zich verspreiden vanaf de moederplant?
- Hoe lang kunnen de zaden kiemkrachtig blijven en welke factoren zijn hierop van invloed?
- Welke randvoorwaarden zijn er voor ontkieming van zaden?
- Onder welke omstandigheden groeien zaailingen voorbij het kiemlobstadium?
- In hoeverre zijn zaailingen vorstgevoelig?
- Hoe zijn kiemplanten visueel te onderscheiden van worteluitlopers?
- In hoeverre zijn er verschillen tussen duizendknoopsoorten m.b.t. bovengenoemde vragen?

De literatuurstudie is opgezet aan de hand van de bovengenoemde deelvragen. De zoektermen voor de literatuurstudie zijn uit deze vragen afgeleid.

2.1.2 Leeswijzer

De volgende paragrafen behandelen per onderzoeksvraag de vergaarde informatie. In paragraaf 2 wordt beschreven welke factoren van invloed zijn op de zaadzetting van Aziatische duizendknopen. Paragraaf 3 behandelt de verspreiding van zaden vanaf de moederplant. In paragraaf 4 worden het effect van verschillende factoren op de kieming van zaden, en de randvoorwaarden voor kieming, beschreven en paragraaf 5 beschrijft onder welke omstandigheden zaailingen voorbij het kiemlobstadium kunnen groeien en de vorstgevoeligheid van zaailingen. In paragraaf 6 wordt beschreven hoe zaailingen te herkennen zijn. Tot slot wordt in paragraaf 7 beschreven welke algemene conclusies er uit de vergaarde informatie te duiden zijn. In bijlage A wordt een samenvatting gegeven van het

effect van verschillende factoren op kiemsucces en in bijlage B wordt een overzicht gegeven van de omstandigheden waaronder de proeven uit de geraadpleegde literatuur zijn uitgevoerd.

2.2 Factoren van invloed op zaadzetting

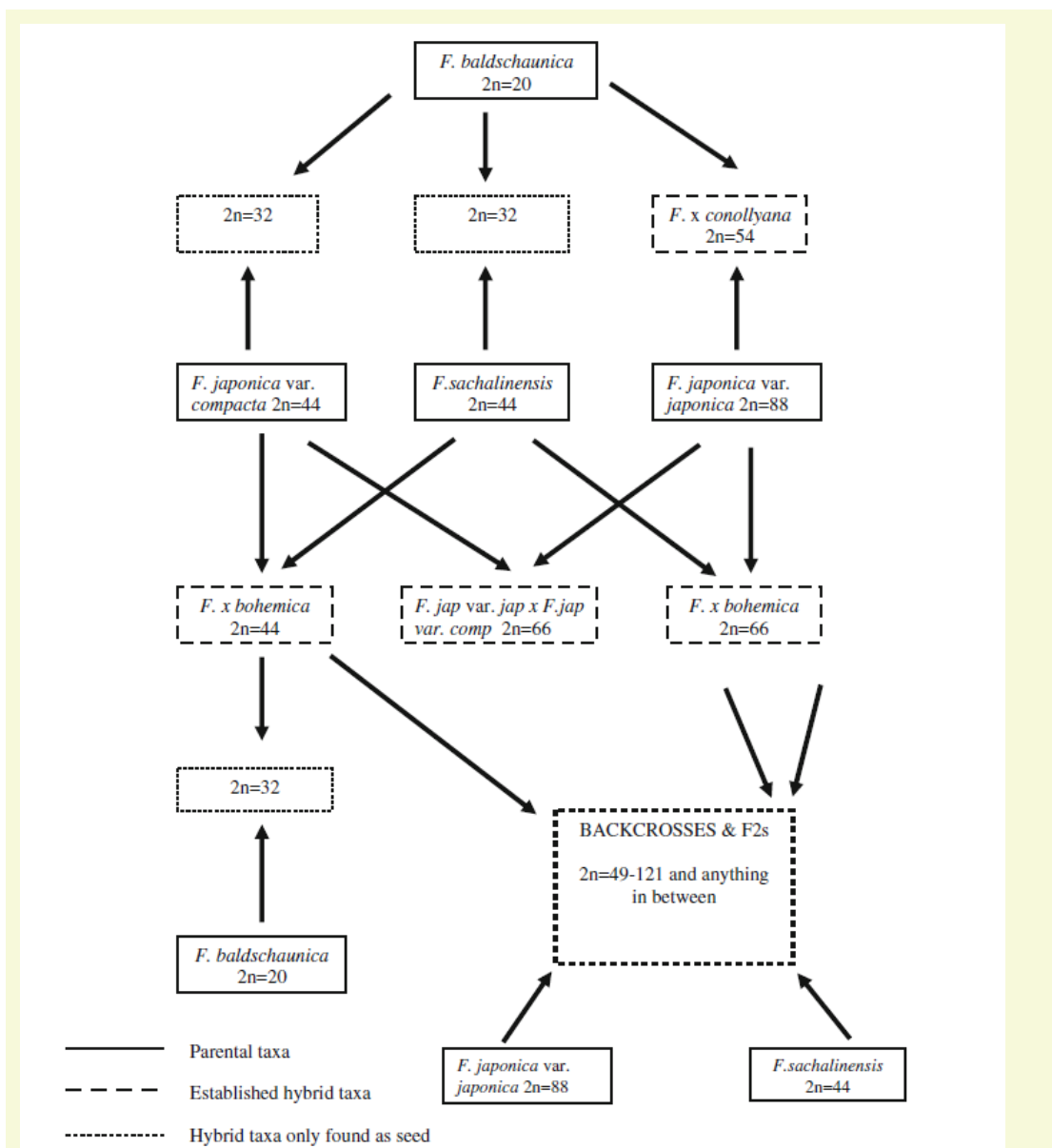
Welke factoren zijn van invloed op de zaadzetting van Aziatische duizendknopen?

2.2.1 Stuifmeelbronnen

Japanse duizendknoop kan, naast bevruchting door mannelijk fertiele Japanse duizendknoop zelf, ook door verschillende andere stuifmeelbronnen bevrucht worden. Wanneer Japanse duizendknoop wordt bevrucht door stuifmeel van de Sachalinse duizendknoop, ontstaat de hybride Bastaardduizendknoop. Deze hybride is vruchtbaar en kan zowel de Japanse duizendknoop bevruchten als zelf door de Sachalinse duizendknoop bevrucht worden (Groeneveld *et al.*, 2014).

Ook andere soorten binnen het geslacht *Fallopia* kunnen als stuifmeelbron optreden, zoals Chinese bruidssluier (*F. baldschaunica*). Deze sierklimplant wordt in Nederland sinds 1965 in tuinen aangeplant voor afscheidingen en pergola's. Sinds 1990 heeft de soort zich ook buiten tuinen verspreid, waarschijnlijk voornamelijk door tuinafvaldumpingen (Soortenregister, 2019). De hybride *F. x conollyana* die ontstaat uit een kruising tussen deze Chinese bruidssluier en Japanse duizendknoop is in Groot Brittannië, België, Duitsland en Noorwegen al op een aantal locaties aangetoond, maar in Nederland is deze hybride nog niet in het veld aangetroffen (Bailey, 2001; Hoste *et al.*, 2017). De *F. x conollyana* ontstaat uit een moederplant die wortelstokken heeft en een vader die een klimplant is. Daardoor zal deze hybride een eigen mix van eigenschappen van beide ouderplanten hebben. In figuur 2.1 worden de hybridisatiemogelijkheden schematisch weergegeven.

Ook de *Fallopia japonica var. compacta* kan voor bevruchting van vrouwelijke duizendknoopplanten zorgen (Bailey 1999). In Nederland zijn een aantal jaar geleden mannelijke hybriden aangetroffen van *F. japonica var. japonica* en *F. var. compacta*. Deze mannelijke planten produceerden goed uitziend stuifmeel (Duistermaat *et al.*, 2012).



Figuur 2.1

Hybridisatieschema van Chinese bruidssluier, Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop (Uit: Bailey et al, 2009)

2.2.2 Neerslag en temperatuur

Het aandeel kiemkrachtige zaden van Japanse duizendknoop (inclusief Bastaardduizendknoop) neemt aan de noordelijke grens van zijn verspreidingsgebied in Canada af omdat de bloei pas laat plaatsvindt (september-oktober) (Groeneveld *et al.* 2014). Hierdoor vindt de zaadrijping nog plaats tijdens de eerste vorst, waar de plant niet tegen kan. In Noord-Amerika wordt de verspreiding van Japanse duizendknoop s.l. begrenst door

temperatuur- en neerslaggrenswaarden van 2505 graaddagen³, een jaargemiddelde neerslag van 725 mm en een absolute minimumtemperatuur van -30.2 °C (Beerling, 1993). Deze lage minimumtemperatuur is de ondergrens voor het overleven van de wortelstokken, waarbij de plant weet te overleven door de opslag van koolhydraten die aan het eind van het groeiseizoen vanuit de bovengrondse delen naar de wortelstokken worden verplaatst. De bovengrondse biomassa is zeer gevoelig voor vorst, wat vaak resulteert in het afsterven van scheuten door vorst (Beerling, 1993; Bouchier & Van Hezewijk, 2010).

Door klimaatverandering schuift op het noordelijk halfrond deze noordelijke distributiegrens noordwaarts op, omdat door het langere groeiseizoen en het later intreden van de vorst de zaadrijping meer kans krijgt (Bouchier & Van Hezewijk, 2010). Deze ontwikkeling wordt bevestigd in de studie van Groeneveld *et al.* (2014). Zij vonden tot een hoogte van 46°49'N (Quebec City) kiemkrachtige zaden (zie Figuur 2.2). Dat is 500 km noordelijker dan de eerder gestelde noordelijke grens van het verspreidingsgebied (Boston). Quebec City heeft een aantal graaddagen (>0 °C) van 2750, wat boven de voor Japanse en Bastaardduizendknoop gestelde drempelwaarde van 2505 graaddagen ligt (Beerling, 1993). Op de twee locaties waar geen kiemkrachtige zaden waren gevonden, lag het aantal graaddagen onder de 2500. Er werden echter op deze locaties wel zaden geproduceerd, waarvan sommigen naar verwachting wel kiemkrachtig kunnen zijn na bijzonder warme zomers (Groeneveld *et al.*, 2014).

Op basis van het aantal graaddagen zou er ook in Nederland zaadrijping kunnen plaatsvinden. Aantal graaddagen in Nederland is namelijk sinds 1970 nooit onder de gestelde drempelwaarde van 2505 graaddagen gekomen. Gemiddeld hebben we in Nederland 2991 graaddagen sinds 1970 (KWA, 2019). Ook de absolute minimumtemperatuur en gemiddelde neerslagwaarden zijn niet beperkend in de Nederlandse omstandigheden.

Door klimaatverandering zal het groeiseizoen in Nederland langer worden. De langere nazomers bieden voor deze late bloeier kansen voor een hogere zaadzetting en betere zaadrijping door de langere vorstvrije periode (Bailey *et al.*, 2009; Funkenberg *et al.*, 2012). Maar of zaadzetting en zaadrijping op grote schaal en structureel een probleem kan worden, is nog niet te voorspellen. Want aan de andere kant is er ook de verwachting dat, met de verwachte toename aan mildere winters, rotting van zaden vaker zal voorkomen en dat de extremere zomerdroogte voor de zaailingen een belemmering zal zijn (Funkenberg *et al.*, 2012).

³ Graaddagen zijn een maatstaf voor de temperatuursom van de dagen waarop de temperatuur boven een bepaalde grenswaarde uitkomt. Elke dag dat het aantal graden Celsius boven deze grenswaarde uitkomt, wordt het aantal graden aan de temperatuursom toegevoegd. Hiermee biedt het aantal graaddagen een indicatie voor het groeiseizoen. In Beerling (1993) wordt een grenswaarde van 0°C gebruikt.



Figuur 2.2

Noordelijke verspreidingsgrens voor kiemkrachtige zaden van Japanse duizendknoop (incl. Bastaardduizendknoop). In 1993 werd deze grens nog bij Boston gelegd (Beerling, 1993), maar in 2014 worden tot 500 km noordelijker, bij Quebec City, ook kiemkrachtige zaden gevonden (Groeneveld et al., 2014). (Bron: Google Earth).

Verschillen in kiempercentage tussen individuen in grotere en kleinere steden suggereren dat het hitte-eilandeffect ook van invloed is op de zaadontwikkeling. Het hitte-eilandeffect in grote steden verlaat het intreden van de eerste vorst in het najaar, waardoor in feite het

groeiseizoen wordt verlengd en een groter aandeel van de zaden zich volledig kan ontwikkelen (Groeneveld *et al.* 2014).

Sachalinse duizendknoop is, wat betreft de bovengenoemde klimaatvariabelen, mogelijk beperkter in het beschikbare verspreidingsgebied dan Japanse duizendknoop. De laagste minimumtemperatuur waarbij Sachalinse duizendknoop voorkwam is 'slechts' -20,4 °C, het vereiste gemiddelde aantal graaddagen lag hoger dan bij Japanse duizendknoop (2731 graaddagen) (Bourchier & Van Hezewijk 2010). De hogere temperaturen in de periode 2000-2008 resulteerden in een toename van geschikt habitat (minimum temperatuur -30.2 °C) in zuidelijk Ontario van 18 procentpunten ten opzichte van de periode 1971-2000 (van 35.5% geschikt naar 53% geschikt habitat).

Op basis van deze studies lijken neerslag en temperatuur in Nederland ook voor de Sachalinse duizendknoop over het algemeen geen beperkende factor te zijn.

2.2.3 Bijen

De mate van zaadzetting is afhankelijk van het weer, de beschikbaarheid van geschikt stuifmeel en de vruchtbaarheid van de specifieke kloon (Bailey *et al.*, 2009). Bailey *et al.* (2009) suggereren dat, in Groot-Brittannië, de recente aantrekking van bijen tot de Japanse duizendknoop s.l. (wat eerder, in de jaren '70-'80 niet gebeurde), de toename in beschikbaarheid van geschikt stuifmeel van de Chinese bruidssluier door aanplant in tuinen, en het warmere klimaat, er samen toe hebben geleid dat de zaadproductie tegenwoordig hoger is dan voorheen.

2.3 Verspreiding vanaf de moederplant

Hoe ver kunnen zaden zich verspreiden vanaf de moederplant?

In een proef in België naar verspreiding van de zaden bleek dat het merendeel van de zaden dicht bij de moederplant was gevallen. 88% van de zaden verspreidde zich niet verder dan 50 cm vanaf de moederplant. Echter, er bleek ook dat er potentie is voor verdere verspreiding. Een klein deel (1-10%) van de zaden was in de verste zaadvallen op 16 meter gevonden, wat suggereert dat het zaad zich verder dan 16m van de moederplant kan verspreiden (Tiébré *et al.* 2007).

De gevleugelde zaden van de duizendknopen verspreiden vooral via winddispersie (Beerling *et al.*, 1994). Ook de zaden die dicht bij de moederplant vallen, zijn door middel van wind verspreid (Tiébré *et al.*, 2007; Tiébré *et al.*, 2008). Bij haarden langs waterlopen is het daarnaast zeer aannemelijk dat de zaden zich via het water stroomafwaarts verspreiden, waarmee ze grote afstanden zouden kunnen afleggen (Tiébré *et al.*, 2007). Predatie door vogels wordt door Niewinski *et al.* (1998) kort geopperd als manier van verspreiding, maar hier wordt verder niet op ingegaan. Zaden kunnen zich dus op meerder manieren verspreiden en in potentie over een afstand van 16 meter of nog verder.

2.4 Factoren van invloed op kieming

*Hoe lang kunnen de zaden kiemkrachtig blijven en welke factoren zijn hierop van invloed?
Welke randvoorwaarden zijn er voor ontkieming van zaden?*

2.4.1 Zaadrijping en vitaliteit van zaden

De potentiële kiemkracht van Japanse en Sachalinse duizendknoopzaden hangt onder andere af van de vitaliteit van het endosperm (het kiemwit) van de zaden (Niewinski *et al.*, 1998). Naar verwachting hebben vitalere zaden een hoger nutriëntengehalte, bruinegekleurde bloemdekbladen (in plaats van groen) en een hogere gewicht/lengte ratio (dikkere zaden) (Engler *et al.* 2011). In Philadelphia (V.S.) werd een enorme toename in kiemsucces gevonden bij zaden die later in het groeiseizoen waren geoogst (eind oktober) vergeleken met eerder geoogste zaden (begin september). Bram and McNair (2004) verzamelden wekelijks zaden van de Japanse duizendknoop in de periode van 1 september tot 1 november 2000. Het kiemsucces nam toe van 10% bij de eerste oogst naar 90% na vier weken, met uiteindelijk een maximum van 95% aan het eind van de oogstperiode, wat suggereert dat de fysiologische zaadrijping hier in september en begin oktober plaatsvond. Echter, omdat dit proces waarschijnlijk temperatuurafhankelijk is, zal de periode van rijping voor verschillende jaren en locaties, vanwege verschillen in temperatuursom, kunnen verschillen. Klimatologische factoren, en de daarmee samenhangende lengte van het groeiseizoen, lijken belangrijk voor de zaadrijping en daarmee het kiemsucces van de zaden.

2.4.2 Periode van kiemrust

Kiemrust is een fase in de ontwikkeling van zaad naar kiemplant die in vele plantensoorten voorkomt. Wanneer zaden in kiemrust zijn, zullen zij niet kiemen, ongeacht of de omstandigheden hiervoor geschikt zijn. Dit komt doordat er bepaalde hormonen in het zaad aanwezig zijn, bijvoorbeeld abscisinezuur, die kieming verhinderen. Na een bepaalde periode zal de kiemrust doorbroken worden doordat de hormonen die dit verhinderen geleidelijk worden afgebroken en andere hormonen die kieming bevorderen, zoals gibbereline, worden aangemaakt (Heuvelink en Kierkels, 2006).

Het bewaren van zaden van Japanse en Sachalinse duizendknoop is onder een breed palet aan omgevingscondities mogelijk. Zowel onder warme, droge als koude, droge en koude, vochtige bewaaromstandigheden (zie bijlage A) blijven de zaden kiemkrachtig genoeg om een hoog kiempercentage te genereren (Niewinski *et al.*, 1998).

Er zijn verschillende resultaten te vinden over het effect van een periode van kiemrust op de kiemkracht van duizendknoopzaden. Bij zaden die in de herfst waren verzameld en eerst een periode van rust hebben ondergaan, werd door Engler *et al.* (2011) een toename in kiemsucces waargenomen. Dit suggereert dat Japanse duizendknoop s.l een bepaalde mate van kiemrust heeft. Het feit dat de zaden tijdens de opslagperiode (in papieren zakken, bij kamertemperatuur) geen kiemrustdoorbrekende behandeling hebben ondergaan en de korte termijn waarop het kiemsucces toeneemt na opslag in kamertemperatuur wijzen op een ondiepe fysiologische kiemrust. Deze vorm van kiemrust komt bij veel soorten voor en verdwijnt over het algemeen langzaam bij bewaring. De kiemrust is vaak te doorbreken met

temperatuurbehandelingen, de zogenaamde warmte- of koude-stratificaties: bij zaden van bepaalde plantensoorten kan kiemrust alleen doorbroken worden door lage of juist hoge temperaturen. Door uitgestelde kieming onder invloed van de temperatuur kan de soort zich beter verspreiden via wind, water en dieren. (Heuvelink & Kerkels, 2006). Daarentegen vonden Forman & Kesseli (2003) geen invloed van een periode van kiemrust op de kiemkracht van duizendknoopzaden. In hun experiment was er geen significant verschil in kiemkracht bij het induceren van de ontkieming in de herfst of de daaropvolgende lente. Ook vonden zij dat zaden die 4 tot 16 maanden op kamertemperatuur zijn bewaard 100% van hun kiemkracht behielden ten opzichte van zaden die direct tot kieming waren gebracht.

Toch kan een periode van kiemrust van invloed zijn op het kiemsucces van duizendknopen. Seiger (1993) verzamelde zaden en ontkiemde ze op filterpapier na 2 jaar van rust. Het kiempercentage van deze zaden lag tussen de 50% en 63%. Het kiempercentage van zaden die geen periode van rust hadden ondergaan (in het najaar direct na verzamelen zijn ontkiemd) was minder dan 10% (Seiger, 1993 via Forman & Kesseli, 2003).

Daarnaast vonden ook Niewinski *et al.* (1998) een toename van kiemsucces voor Sachalinse en Japanse duizendknoop met toenemende opslagtermijnen (30, 75 en 120 dagen), waarbij het kiempercentage (onder koude, natte omstandigheden, vergelijkbaar met het Midden-Atlantisch winterklimaat) na 120 dagen kiemrust het maximale kiemsucces bereikte (98% kieming). Echter, in dit experiment was 120 dagen (4 maanden) de langste kiemrusttermijn; een kortere periode van opslag dan in bovengenoemde studies waarin afnames in kiemsucces zijn gevonden. Wat het effect van nog langere opslag is, is hier niet onderzocht.

Ook over de duur van de kiemkracht van zaden worden wisselende resultaten gerapporteerd. In een labexperiment in het westen van Duitsland werd voor Japanse duizendknoop s.l. zelfs na een jaar van rust/opslag (op kamertemperatuur (23 °C), zonder koude-stratificatie) een kiemsucces van ongeveer 50% waargenomen (Engler *et al.*, 2011). Een resultaat dat overeenkomt met eerdere bevindingen in Europa en Noord-Amerika, waar ook succesvolle ontkieming na langere tijd is waargenomen. (Bram & McNair, 2004; Forman & Kesseli, 2003). Daarentegen nam het kiemsucces wel af na langere periode van rust bij kamertemperatuur (Bram & McNair, 2004; Engler *et al.*, 2011). Het grote kiemsucces van 91% na vijf maanden nam af naar 48-56% na 15/16 maanden (Engler *et al.* 2011). Daarmee lijkt het dat, ondanks de grote hoeveelheid zaadproductie, het potentieel van de zaadbank van *F. japonica* (het voor langere tijd overleven van zaden in de bodem) eigenlijk vrij klein is (Tiébré *et al.*, 2007).

Het tijdsverschil tussen natuurlijke verspreiding en kieming van zaden kan een belangrijke factor zijn in het verklaren van de variatie in vestigingssucces van Japanse duizendknoop s.l. in regio's met een verschillend winterklimaat (Engler *et al.*, 2011). De lage kiemsuccessen bij het snelle doorbreken van de kiemrust impliceert dat de zaden van nature nog niet klaar zijn om te ontkiemen aan het begin van de winter. In regio's met koude winters brengen de zaden de winter in kiemrust in de bodem door totdat in de lente warmere omstandigheden kieming en succesvolle vestiging toestaan. In regio's met warmere winters, of wisselende wintertemperaturen, zullen zaden daarentegen al laat in de herfst hun kiemrust doorbreken, vervolgens in de winter met ongunstige omstandigheden te maken krijgen en daardoor sterven. Dit suggereert dat een verstoorde kiemrust wel succesvolle kieming tot gevolg kan hebben maar dat de overlevingskans van de kiemplanten (door ongunstigere omstandigheden) lager ligt.

De resultaten uit verschillende onderzoeken over het effect van kiemrust op de kiemkracht van de zaden geven een tegenstrijdig beeld. Over de duur van de kiemkracht van zaden zijn

de resultaten ook wisselend. In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat het opbouwen van een zaadbank die langdurig (meerdere jaren) kiemkrachtig is onder natuurlijke omstandigheden niet erg aannemelijk is.

2.4.3 Koude-stratificatie

In het natuurlijke herkomstgebied van de Japanse duizendknoop zet de plant zaad in het najaar, overwinteren de zaden in kiemrust en vindt ontkieming plaats in de lente. Een mogelijke verklaring voor het feit dat slechts een klein deel van het geproduceerde zaad in Europa ontkiemt, kan zijn dat de winters in Europa niet koud genoeg of te vochtig zijn, waardoor het zaad in de bodem wegtrot (Bailey *et al.*, 2009).

Echter, ook over het effect van overwintering op het kiemsucces zijn wisselende resultaten te vinden. Sommige experimenten tonen aan dat de zaden niet per se overwintering nodig hebben voor succesvolle kieming. Een periode van koude was bijvoorbeeld in een kiemexperiment in Massachusetts (V.S.) niet nodig om bij in het wild verzamelde zaden van Japanse duizendknoop een hoog kiemsucces te genereren (Forman & Kesseli, 2003). Ook in West-Duitsland (Rijnland-Palts) zijn zowel hoge kiemsuccessen gevonden bij zaden van Japanse duizendknoop s.l. die in de winter op kamertemperatuur (23 °C) zijn bewaard als bij zaden die op natuurlijke wijze buiten hebben overwinterd en in de lente zijn verzameld. De in de lente verzamelde en ontkiemde zaden hadden een kiemsucces van 79%. Deze zaden waren 7 maanden oud. Zaden van de meest vergelijkbare leeftijd die de winter op kamertemperatuur hadden doorgebracht, hadden een kiemsucces van 91% (5 maanden oud) en 68% (4 maanden oud). Hier had de koude tijdens de kiemrust dus geen negatief effect op het kiemsucces (Engler *et al.*, 2011).

Daarentegen werden in een proef in België wel significante verschillen gevonden tussen zaden van Japanse duizendknoop die kort na oogst op kamertemperatuur zijn opgekweekt (20 °C met 16 uur licht per dag) en zaden die eerst 3 maanden aan koude (4 °C, donker) waren blootgesteld. Het kiemingspercentage voor de gestratificeerde zaden was gemiddeld 73% lager dan bij zaden die direct zijn ontkiemd (van 53% naar 20% kiemsucces bij behandeling in compost en van 75% naar 10% kiemsucces bij behandeling in petrischaaltjes). Dit geeft aan dat een periode van kiemrust en koude-stratificatie hier een reductie van het kiemingssucces teweeg heeft gebracht, maar welke van de twee factoren hier het meest bepalend in is (temperatuur of bewaartijd), is niet duidelijk (Tiébré *et al.* (2007).

Gillies *et al.* (2016) vatten samen dat uit verschillende studies blijkt dat koude-stratificatie (of een periode van kiemrust) niet per se nodig is om hoge kiempercentages van in het wild verzamelde zaden van Aziatische duizendknopen te behalen (Niewinski *et al.*, 1998; Forman & Kesseli, 2003; Engler *et al.*, 2011).

Koude stratificatie lijkt niet doorslaggevend te zijn als enige factor voor een hoog kiemsucces, ook al kan het er wel invloed op hebben. Mogelijk zijn andere factoren, zoals (ondiepe) kiemrust, zaadrijping en vitaliteit, belangrijker. Of er kan sprake zijn van een interactie tussen deze verschillende factoren die de tegenstrijdigheden kunnen verklaren.

2.4.4 Licht en vocht

In verschillende experimenten is het effect van licht en vocht op het kiemsucces van duizendknoop bekeken. De resultaten van deze studies zijn tegenstrijdig en is er geen eenduidige conclusie te trekken. Waar Seiger (1993) verschillen in kiempercentages vond tussen lichte en donkere omstandigheden, werden in andere experimenten geen significante verschillen bij verschillende lichtomstandigheden geconstateerd (Locandro, 1973; Funkenberg *et al.*, 2012).

Vocht lijkt een belangrijke factor voor het kiemsucces van duizendknoopzaden. In het onderzoek van Funkenberg *et al.* (2012) naar het kiemsucces van Japanse en Bastaardduizendknoop onder verschillende vochtigheids- en lichtomstandigheden vond zowel in de kas als in de incubatiekamer geen kieming plaats onder droge omstandigheden. Onder vochtige tot waterverzadigde (natte) omstandigheden (zie bijlage B) werden kiempercentages van gemiddeld 68.3% (vochtig) tot 71.3% (nat) gevonden in de kas. In de incubatiekamer werden kiempercentages van 33.8% (licht vochtig) tot 78.8-82.5% (vochtig tot nat) gevonden. Ook in het experiment van Niewinski *et al.* (1998) ontkiemden zaden van Japanse en Sachalinse duizendknoop die op kamertemperatuur waren bewaard binnen vijf dagen nadat ze water toegediend hadden gekregen. Dit suggereert dat er ten minste een bepaalde mate van vochtvoorziening in de bodem moet zijn om zaden te laten ontkiemen.

2.4.5 Andere factoren

Er is geen verschil in kiemkracht tussen zaden van Japanse duizendknoop die tijdens overwintering aan de plant blijven hangen, zaden die zijn bedekt met een laagje grond (0,5 cm) of zaden die open en bloot op de bodem liggen. Forman & Kesseli (2003) bootsten deze omstandigheden na (zie bijlage B) voor zaden die de winter in kiemrust doorbrachten. Hierbij werden geen grote verschillen gevonden in kiempercentages tussen de verschillende omstandigheden. Zaden bedekt met een laagje aarde hadden een kiempercentage van 79.4%, zaden zonder bedekking hadden een kiempercentage van 72.2% en hangende zaden hadden een kiempercentage van 69.5%. Opvallend was wel dat de zaden die op de aarde waren gezaaid (zonder bedekking) enkele dagen eerder begonnen met ontkiemen dan de zaden die wel met een laagje aarde waren bedekt. Een mogelijke verklaring hiervoor wordt echter niet gegeven.

Niewinski *et al.* (1998) hebben ook gekeken naar het effect van wel/niet behoud van de vleugels van de zaden op het kiemsucces. Ondanks dat er een significant verschil werd gevonden (ten voordele van ontvleugelde zaden), vonden zij dat dit in de natuur geen essentiële rol speelde voor het kiemsucces, omdat de zaden zonder vleugels nauwelijks worden verspreid.

Tiébré *et al.* (2007) vonden voor zaden van zowel Japanse als Sachalinse duizendknoop, verzameld in 2003, geen significante verschillen tussen de in hun proef uitgevoerde kiemingsbehandelingen; het kiemsucces was voor beide soorten ongeveer 10-20% in bakjes gevuld met een compostmengsel en ongeveer 40-50% in petrischaaltjes op nat filterpapier.

2.5 Ontwikkeling zaailingen

2.5.1 Overleving kiemlobstadium

Onder welke omstandigheden groeien zaailingen voorbij het kiemlobstadium?

Zaailingen die het eerste jaar overleven kunnen binnen één volgend groeiseizoen uitgroeien tot vegetatieve volwassen planten (Niewinski *et al.*, 1998). Als zaailingen in het eerste groeiseizoen genoeg groei weten te bereiken (meer dan vijf echte bladeren) zullen ze zeer waarschijnlijk het volgende seizoen weer opkomen. Overleving van zaailingen gedurende het groeiseizoen lijkt meer afhankelijk van de beschikbaarheid van voldoende water en licht dan van temperatuur. Veldobservaties lieten zien dat zaailingen die het eerste stadium overleefden een kleine maar dikke wortelstok hadden aangemaakt tegen het einde van de herfst, waarmee de zaailing een voorraad heeft om de winter te overleven en de volgende lente weer uit te lopen (Forman & Kesseli, 2003).

2.5.1.1 Zaailingen binnen de bestaande haard

Zaden die ontkiemen binnen bestaande duizendknoopharden zullen niet overleven (Niewinski *et al.* 1998; Forman & Kesseli 2003) omdat de kiemplantjes snel overwoekerd worden door de krachtige hergroei in het vroege voorjaar vanuit de wortelstokken van de bestaande haard, waarmee een groot deel van het zonlicht voor de kiemplantjes wordt weggenomen. Zaden die zijn verspreid naar meer open groeiplaatsen kunnen volgens Forman & Kesseli (2003) het eerste groeiseizoen overleven en hoeven niet, zoals eerdere studies rapporteerden (Locandro, 1973; Seiger, 1993), per definitie in het eerste groeiseizoen dood te gaan.

2.5.1.2 Droogte en waterverzadiging

Zaailingen zijn gevoelig voor droogte (Beerling, 1993; Funkenberg *et al.*, 2012). In het experiment van Funkenberg *et al.* (2012), naar de invloed van verschillende vochtomstandigheden op het overleven van zaailingen, bleek dat alle zaailingen onder droge omstandigheden uitdroogden. In de meer vochtige omstandigheden (zie bijlage B) gingen er geen zaailingen dood. Wilde zaailingen op een groeiplaats die extreem droog was gedurende de zomer ontwikkelden zeer langzaam vergeleken met zaden die onder kas-omstandigheden waren ontkiemd. De wilde zaailingen bleven in het kiemlobstadium voor meer dan 4 weken (Forman & Kesseli, 2003).

Daarentegen zijn ook waterverzadigde omstandigheden niet optimaal voor zaailingen. Ook bij zaailingen onder waterverzadigde omstandigheden werden in het experiment van Forman & Kesseli (2003) signalen van stress waargenomen.

Vochtige winters kunnen een negatief effect hebben op de overlevingskansen van zaailingen, concluderen Tiébré *et al.*, (2007). Dit kan voor Nederlandse omstandigheden betekenen dat de vaak zachte, natte en wisselvallige winters een negatieve invloed hebben op de vestiging van zaailingen. Door klimaatverandering kan dit effect verder versterkt worden.

2.5.1.3 Licht

Verschillen in lichtomstandigheden (voor een periode van 10 dagen) hebben geen invloed op de overleving van zaailingen. Wel vertonen zaailingen onder meer schaduwrijke omstandigheden een ander groeipatroon dan zaailingen die in het licht groeien. Onbeschaduwde zaailingen investeren meer in bladgroei, terwijl beschaduwde zaailingen verminderde bladontwikkeling laten zien en juist meer investeren in lengtegroei. Dat dit verschil al na 10 dagen zichtbaar is, kan betekenen dat blootstelling aan langere perioden van verminderd licht wel een reductie in overlevingspercentage tot gevolg kan hebben (Funkenberg *et al.*, 2012).

De juiste groeiomstandigheden, zoals geen concurrentie met een bestaande duizendknoophard, voldoende licht en water, lijken belangrijk voor het overleven van plantjes voorbij het kiemlobstadium.

2.5.2 Vorstgevoeligheid zaailingen

In hoeverre zijn zaailingen vorstgevoelig?

De vorstgevoeligheid is zeer afhankelijk van het moment van kieming in de lente en van het voorkomen (en de duur) van vorst in het najaar. Kieming vindt over het algemeen plaats in april en mei (met vroege uitzonderingen in maart) (Beerling *et al.*, 1993, 1994; Bram & Mc Nair, 2004; Funkenberg *et al.*, 2012). Zaailingen die na ontkieming in een kas in maart werden blootgesteld aan enkele nachten onder het vriespunt, behielden een kleine mate van groei in de rode stengel. Medio april werden de overlevende zaailingen groen, vormden nieuw blad en ontwikkelde zich verder normaal in de lente. Dit suggereert dat kou een negatief effect heeft op de groei, maar dat zaailingen lichte vorst wel kunnen overleven (Forman & Kesseli, 2003).

Ook Funkenberg *et al.* (2012) namen bij lichte vorst van $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ geen effect waar op het overlevingspercentage van zaailingen (100% overleving). Blootstelling aan iets strengere vorst ($-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) resulteerde na twee nachten wel in een lager overlevingspercentage (56.3% overleving). Na drie nachten was nog slechts de helft van de zaailingen in leven en vertoonden deze overlevenden duidelijke tekenen van stress, in de vorm van rode bladverkleuringen. Na de behandeling liepen de zaailingen niet opnieuw uit. Dit komt waarschijnlijk doordat de zaailingen het vereiste minimum drooggewicht van 10 mg nog niet hadden bereikt. In dat geval kan sterke voorjaarsvorst de vestiging van zaailingen hinderen (Funkenberg *et al.*, 2012).

Er kan in Nederland tot ongeveer half mei nog nachtvorst optreden en de overgang van winter naar zomer gaat langzaam en wisselvallig. Dit kan een negatief effect hebben op de overleving van zaailingen.

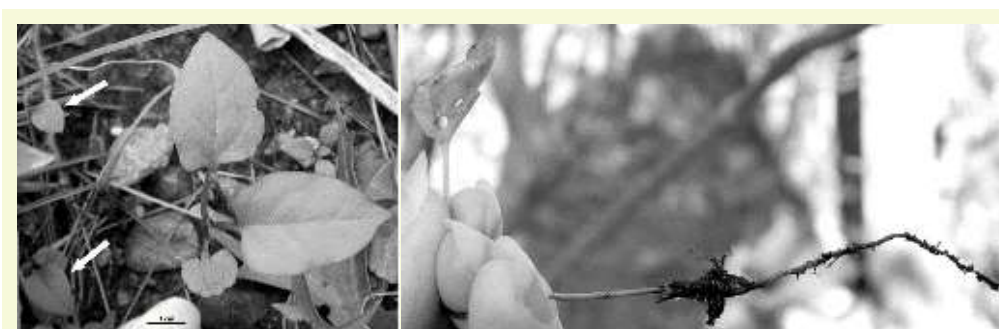
2.6 Herkennen van zaailingen

Hoe zijn kiemplanten visueel te onderscheiden van worteluitlopers?

Over het (bovengronds) herkennen en onderscheiden van zaailingen en worteluitlopers is nog niet veel bekend. Hier is tijdens de literatuurstudie weinig concrete informatie over gevonden.

Scheuten die in het voorjaar nieuw uit de wortelstokken uitlopen zijn donkerrood van stengel en hebben vlezig blad. Nieuwe bladeren (eerste 3 weken) zijn donkerrood en eerst opgerold voordat het blad uitgroeit (1-4 cm groot), waarna het jonge blad groen kleurt. Eerst met donkerrode nerven (blad is dan 3-7 cm groot) en daarna worden de bladeren geheel groen (12 cm groot)⁴.

Forman & Kesseli (2003) beschrijven voor zaailingen in Massachusetts dat zij aan het eind van het groeiseizoen een lange, dikke wortel hebben ontwikkeld ter voorbereiding op overwintering en opnieuw uitlopen in de daaropvolgende lente (zie figuur 2.3).



Figuur 2.3

Zaailingen uit het experiment van Forman & Kesseli (2003), geobserveerd langs een rivier in Massachusetts (V.S.). Links: tweedejaars zaailing in het voorjaar van 2001 met links (witte pijlen) nieuw opkomende zaailingen. Rechts: ontwikkelende wortelstok van een eerstejaars zaailing in het najaar van 2000. Bron: Forman & Kesseli (2003)

2.7 Conclusies en discussie

In deze verkennende literatuurstudie is een overzicht gemaakt van de informatie die in de literatuur al beschikbaar is uit eerdere experimenten naar de geslachtelijke voortplanting van Aziatische duizendknopen.

De resultaten, samengevat in bijlage A, laten zien welke factoren een rol spelen bij het kiemsucces van zaden van Aziatische duizendknopen en wat de invloed is van deze factoren; verschillende experimenten in de literatuur geven soms tegenstrijdige resultaten. Veel onderzoek is uitgevoerd onder Noord-Amerikaanse omstandigheden. Er zijn enkele onderzoeken onder Europese omstandigheden beschikbaar, maar experimenten verschillen in opzet en zijn daarmee lastig vergelijkbaar. Als de resultaten uit de bestaande literatuur naar Nederlandse (klimaat)omstandigheden vertaald worden zijn er een paar zaken die opvallen en waarmee zeker rekening gehouden kan worden als het gaat om mogelijke verspreiding van Aziatische duizendknopen door zaad.

⁴ Phlorum infoblad over duizendknoopherkenning: https://www.phlorum.com/wp-content/uploads/2015/01/japanese_knotweed_id_card.pdf

Een belangrijke factor voor succesvolle zaadzetting is de aanwezigheid van stuifmeelbronnen zoals de Chinese bruidssluijer, Bastaardduizendknoop en mannelijk fertiele planten van Japanse duizendknoop (inclusief *Fallopia japonica var. compacta*).

Nederlandse weersomstandigheden lijken op dit moment in de meeste jaren al geschikt voor een succesvolle zaadzetting en rijping van Aziatische duizendknopen. De omstandigheden die in de meeste jaren niet voor een beperking lijken te zorgen zijn de hoeveelheid neerslag, absolute minimum temperatuur, het aantal graaddagen en lengte van het groeiseizoen. Naar verwachting zullen met name het aantal graaddagen en de lengte van het groeiseizoen door klimaatverandering nog gunstiger worden. Al kunnen weersomstandigheden in Nederland per jaar wisselen, waardoor niet altijd volledige zaadrijping zal kunnen worden gerealiseerd. Een toename van natte, mildere en wisselvallige winters door klimaatverandering kan mogelijk een beperkende factor zijn omdat dit tot zaadrotting kan leiden. Ook kunnen dit soort winters ervoor zorgen dat er een negatieve invloed is op de vestiging van zaailingen, omdat deze te vroeg ontkiemen en daarna door vorst niet overleven. Klimaatverandering kan daarmee zowel een positieve als een negatieve invloed hebben op de geslachtelijke voortplanting van de Japanse duizendknopen.

Over de duur van de kiemkracht van zaden zijn de resultaten wisselend. In zijn algemeenheid kan gezegd worden dat het opbouwen van een zaadbank die langdurig (meerdere jaren) kiemkrachtig is onder natuurlijke omstandigheden niet erg aannemelijk is.

Koude-stratificatie lijkt niet doorslaggevend te zijn als enige factor voor een hoog kiemsucces, ook al kan het er wel invloed op hebben. Mogelijk zijn andere factoren, zoals zaadrijping en vitaliteit belangrijker. Of er kan sprake zijn van een interactie tussen deze verschillende factoren die deels de tegenstrijdigheden van het effect van koude-stratificatie op kiemsucces kunnen verklaren.

Zaden kunnen zich op meerder manieren verspreiden en in potentie over een afstand van 16 meter of meer. Dit suggereert dat, bij een succesvolle ontkieming van de zaden, de planten zich in succesvolle jaren, met de juiste weersomstandigheden, kunnen verspreiden vanaf de moederplant.

Een bepaalde mate van vochtvoorziening in de bodem lijkt van belang te zijn om zaden te laten ontkiemen. Uit de studies over het effect van licht op het kiemsucces van de zaden van de duizendknoop zijn de resultaten tegenstrijdig en is dus geen eenduidige conclusie te trekken. De juiste groeiomstandigheden, zoals geen concurrentie met een bestaande duizendknoopgaard, voldoende licht en vochtigheid van de bodem, lijken belangrijk voor het overleven van kiemplantjes voorbij het kiemlobstadium.

In het licht van klimaatverandering kan worden verwacht dat de kans op succesvolle zaadzetting en –rijping en het overleven van plantjes voorbij het kiemlobstadium, en daarmee het risico op geslachtelijke voortplanting in Nederland toe kan nemen. Aan de andere kant kunnen de mildere winters juist rotting van de zaden en het vroegtijdig afsterven van zaailingen tot gevolg hebben en kan de extremere zomerdroogte voor zaailingen een belemmering zijn in succesvolle vestiging. Wat de gevolgen precies zullen zijn voor de verspreiding van Aziatische duizendknopen in Nederland is op basis van de literatuurstudie niet exact te voorspellen. Het is hiervoor van belang om een beter beeld te krijgen van de factoren die van invloed zijn op het succes van geslachtelijke voortplanting van Aziatische

duizendknopen in natuurlijke omstandigheden en welke randvoorwaarden hier in Nederland voor gelden.

3 Zaai- en kiemingsproef Japanse duizendknoop

In dit hoofdstuk wordt de onderzoeksvraag ‘Zijn de in het najaar van 2018 in Nederland verzamelde Japanse duizendknoopzaden kiemkrachtig?’ beantwoord.

3.1 Opzet & Uitvoering

In het najaar van 2018 zijn op drie locaties duizendknoopzaden verzameld. De verzamelde zaden werden vooruitlopend op de kiemproef koel bewaard (4°C). Aanvullend zijn in het voorjaar van 2019 nog op drie andere locaties zaden verzameld. Tabel 3.1 geeft een overzicht van de vindlocaties, aantallen en bewaring van de zaden. De zaden hebben voorafgaande aan zaaien geen specifieke kiemrustdoorbrekende behandeling ondergaan.

In een kas van Wageningen University & Research zijn zaden gezaaid onder verschillende temperatuurregimes, namelijk ‘warm’ (dagtemperatuur ≈27°C), ‘gemiddeld’ (≈21°C) en ‘koud’ (≈16°C) en zonder additionele belichting. De temperatuurvariant ‘gemiddeld’ kwam overeen met de gemiddelde Nederlandse klimatologische omstandigheden. De voedingsstoffen in de potgrond en watervoorziening waren niet limiterend. De zaden zijn gezaaid in standaard potgrond (Lentse potgrond, zaai- en stekgrond).

De zaden zijn in afzonderlijke potjes gedaan (tray) en gelabeld middels gecodeerde stokjes. Dit maakte het mogelijk de planten individueel te monitoren. Bij elke monitoring is vastgelegd of en hoeveel zaden ontkiemd zijn. Gemonitord is of de zaailingen voorbij het kiemlobstadium groeiden en op welk tijdstip het eerste echte blad zichtbaar werd.

Bij het zaaien is een deel van de zaden afgedekt met een dun laagje grond en een deel is gezaaid zonder afdekking met grond. De reden hiervoor was dat uit eerder onderzoek bekend was dat zaden die direct op de grond waren gezaaid (zonder bedekking) eerder kiemen dan zaden die met een laagje grond waren bedekt. Van de locatie ‘Rhenen’ (III) was maar een beperkt aantal zaden beschikbaar (20). Hiervan is alleen de onbedekte variant ingezet met elk vijf zaden.

Bij elke monitoring is vastgelegd of en hoeveel zaden per groepje ontkiemd zijn. Wanneer het zaad ontkiemd is, wordt:

- de lengte van elke bovengrondse scheut gemeten;
- het aantal bladeren per scheut geteld;
- middels klassen de vitaliteit vastgelegd.

Tabel 3.1

Overzicht van de locaties waar duizendknoopzaden zijn verzameld en de omstandigheden waaronder de zaden zijn bewaard

Nr.	Locatie	<i>Fallopia</i> - soort	Zaden verzameld	Aantal zaden	Bewaring zaden
I	Oisterwijk Stroomdalpad	<i>F.</i> <i>japonica</i>	Oktober 2018	162	Oktober 2018-februari 2019 bij kamertemperatuur; februari-maart in koelcel bij 4°C
II	Oisterwijk Mamedovpad	<i>F.</i> <i>japonica</i>	Oktober 2018	600	Idem
III	Rhenen Candia 1	<i>F.</i> <i>japonica</i>	Oktober 2018	20	Idem
IV	Rhenen Rijnkade	<i>F.</i> <i>bohemica</i>	Februari 2019	270	Tot en met februari 2019 aan de plant onder buitenomstandigheden; tot zaaien (ca. drie weken) in koelcel bij 4°C
V	Rhenen Zanglijster	<i>F.</i> <i>japonica</i>	Februari 2019	135	Idem
VI	Rhenen Candia 2	<i>F.</i> <i>japonica</i>	Februari 2019	120	Idem

3.2 Resultaten

3.2.1 Kieming

De kiemingsproef is op 19 maart 2019 gestart bij drie temperatuurregimes, ‘warm’ (dagtemperatuur $\approx 27^\circ\text{C}$), ‘gemiddeld’ ($\approx 21^\circ\text{C}$) en ‘koud’ ($\approx 16^\circ\text{C}$). De snelste kieming is geconstateerd bij het temperatuurregime ‘gemiddeld’: na ca. zes dagen waren de eerste kiemplantjes zichtbaar (onbedekte zaden). Tien dagen na zaaien lagen de kiemingspercentages tussen 0 (I en III) en 65% (V en VI). Voor de locaties II en VI bedroegen de kiemingspercentages op dat moment respectievelijk 30 en 35%. Een week later lagen de percentages tussen 50 en 95% (II, IV, V en VI). Daarna zijn er geen nieuwe kiemplanten meer bijgekomen. Van de locaties I en III (weinig zaden) kiemde weinig tot helemaal geen zaden (figuur 3.1).

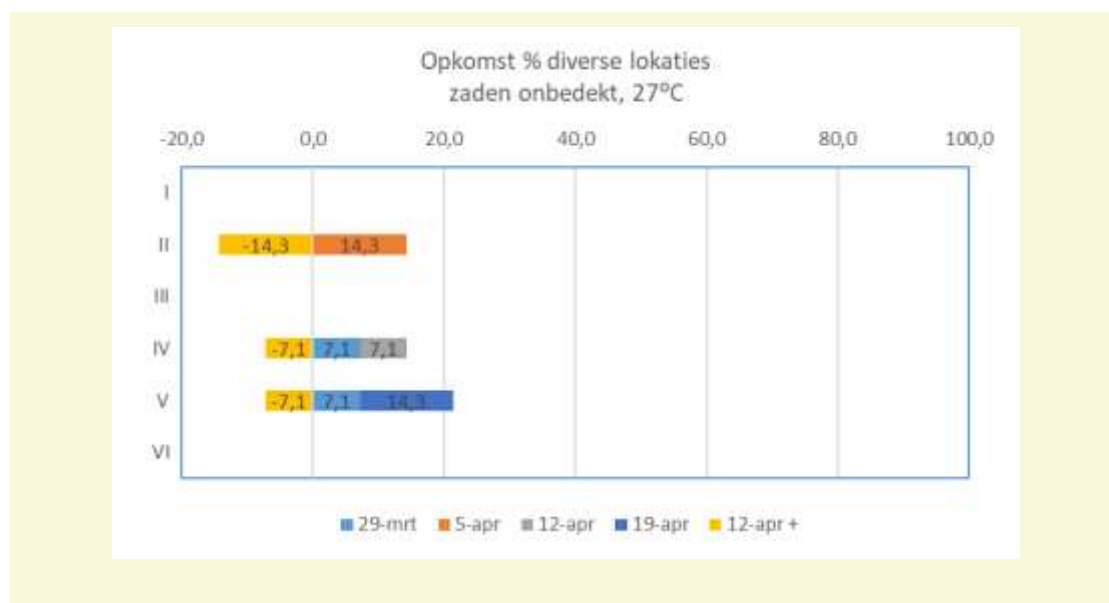
In de koude temperatuurvariant verliep het kiemingsproces trager. De eerste kiemplantjes verschenen ca. 12 dagen na zaaien. Na 14 dagen waren van alle locaties zaden gekiemd, de kiemingspercentages varieerden van 7% (I) tot 70% (VI). In de twee weken daarna zijn er nog kiemplantjes bijgekomen (met uitzondering van locatie I), de kiemingspercentages lagen

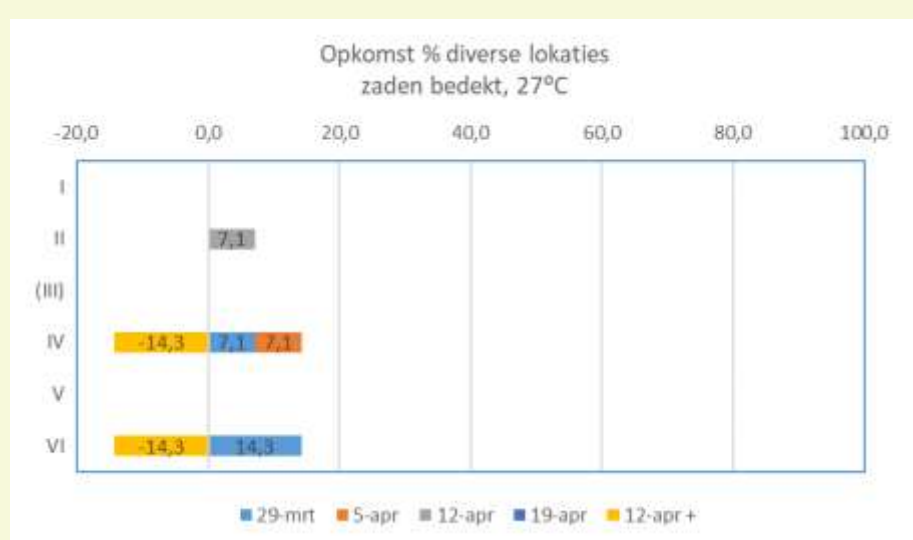
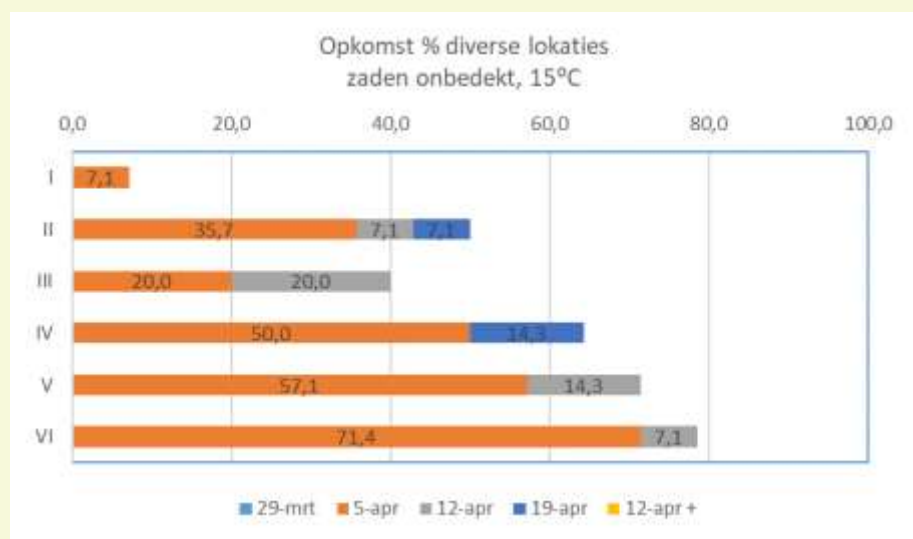
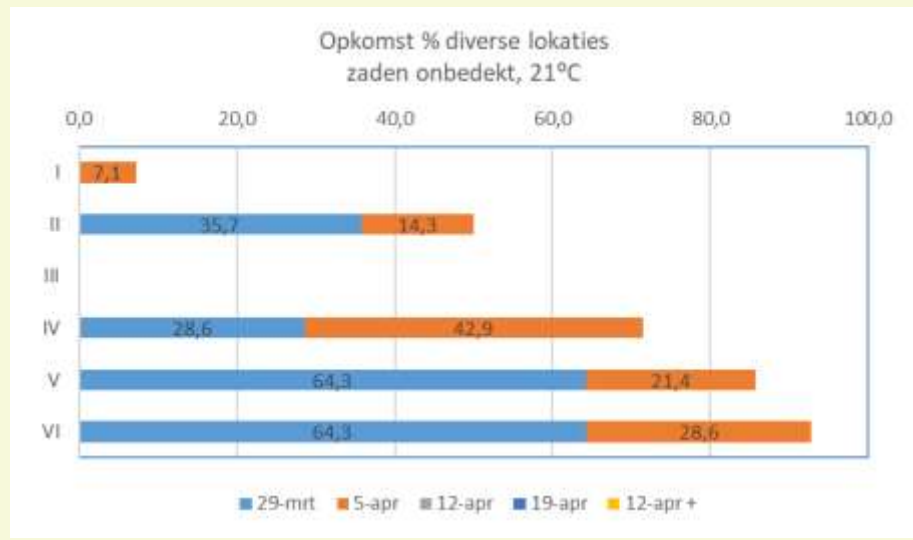
uiteindelijk tussen de 40 en 80%. Zowel in de gemiddelde als koude variant waren de plantjes een maand na zaaien het kiemstadium voorbij en groeiden goed door (figuur 3.2).

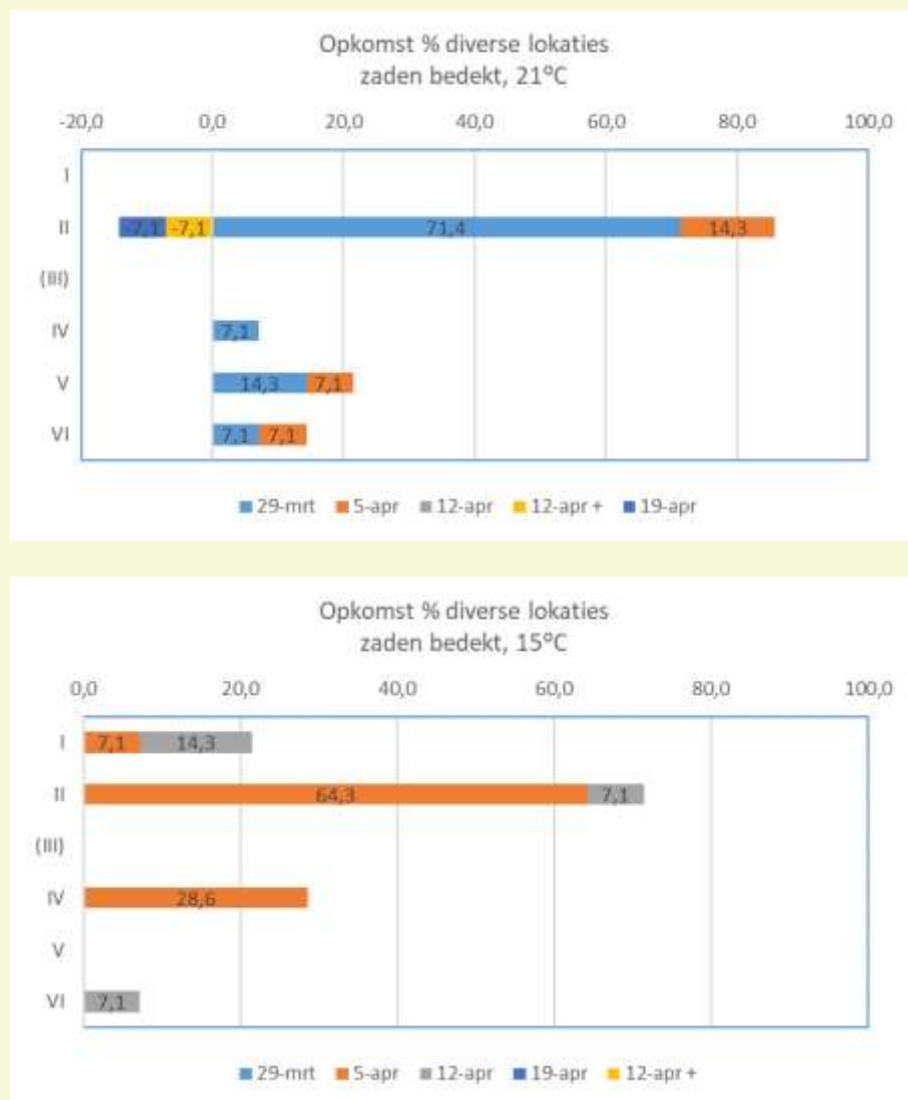
Bij de warme temperatuurvariant kiemden uiteindelijk relatief weinig zaden (0-20%) en deels stierven de kiemplantjes ook weer af. Dit is waarschijnlijk het gevolg van de relatief snel drogende grond door de hoge omgevingstemperatuur, ondanks het dagelijks watergeven. De frequentie van watergeven is nog verhoogd maar dit heeft niet geleid tot een betere kieming.

Er is geen eenduidig verschil gevonden in kiemingspercentage tussen de Bastaardduizendknoop (*F. bohemica*) van locatie IV en de Japanse duizendknoop (*F. japonica*) van de locaties V en VI die dezelfde bewaring hebben gehad.

De zaden die niet bedekt waren met een laagje grond kiemden in alle temperatuurvarianten beter ten opzichte van de bedekte zaden. De kiemingspercentages van de bedekte zaden lagen tussen de 0 en 30%. Enige uitzondering waren de zaden van locatie II. De met grond bedekte zaden van deze locatie kiemden beter dan de onbedekte zaden namelijk, 85% versus 50% in de gemiddelde temperatuurvariant en 70/50% in de koude variant.







Figuur 3.1

Opkomstpercentages op verschillende tijdstippen na zaaien van duizendknoopzaden afkomstig van verschillende locaties (I, Oisterwijk Stroomdalpad; II, Oisterwijk Mamedovpad; III, Rhenen Candia 1; IV, Rhenen Rijnkade; V, Rhenen Zanglijster; VI, Rhenen Candia 2).



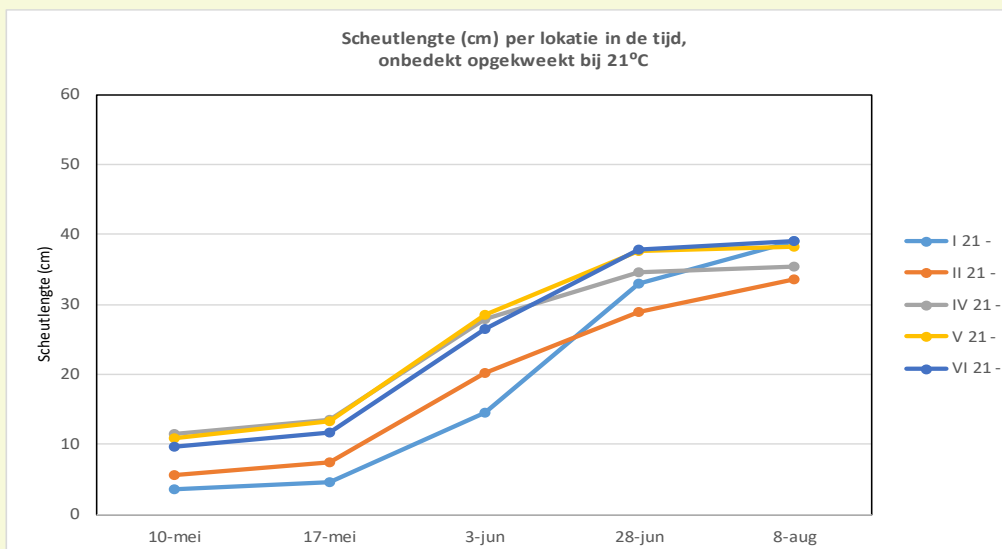
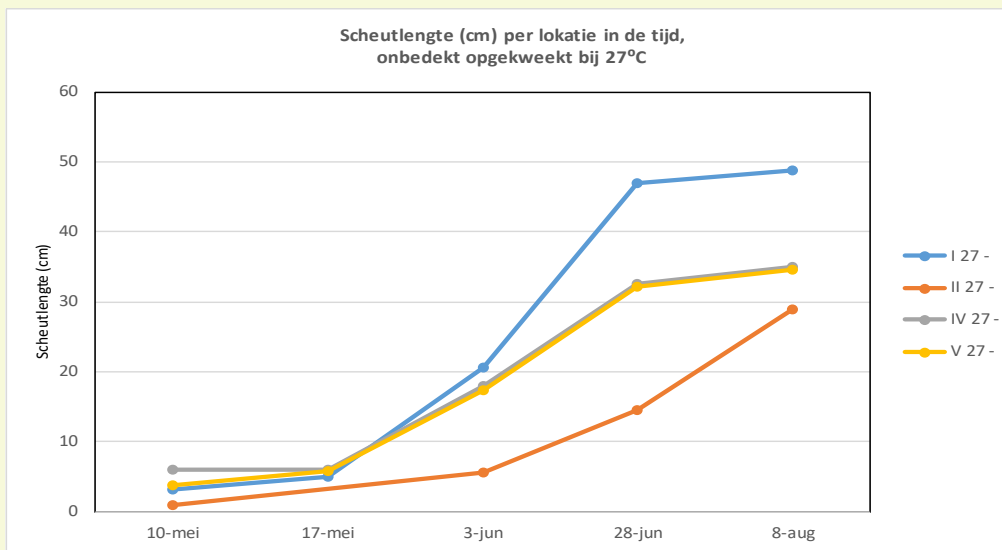
Figuur 3.2

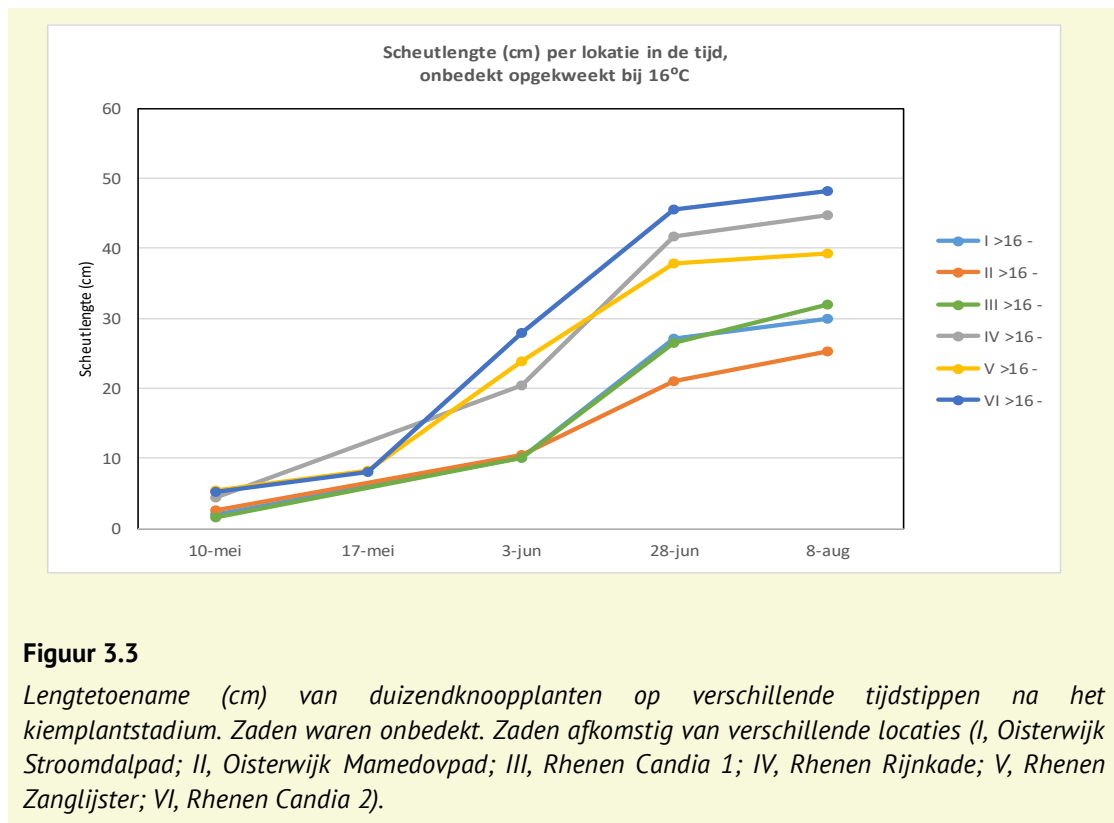
Zaailingen van duizendknoop vier weken na zaaien (9 april). De aanzet van het eerste echte blad is zichtbaar (foto: Chris van Dijk, Wageningen Universiteit & Research).

3.2.2 Groei

Ruim zes weken na zaaien (10 mei) zijn de kiemplantjes vanuit de zaaitrays overgezet in plastic potjes (11*11*12 cm) met standaard potgrond en overgebracht naar een met folie overdekte standplaats (semi-buitenomstandigheden). De grond werd naar behoefte vochtig gehouden met leidingwater. Na een week begon de groei van de planten op gang te komen, de lengte van de hoofdscheut en het aantal bladeren namen geleidelijk aan toe en zijscheuten werden gevormd (figuur 3.3). Rond eind juli/ begin augustus begon de groei af te vlakken. Waarschijnlijk is het volume van de potjes beperkend geworden.

De planten die onder de gemiddelde temperatuurvariant waren ontkiemd laten een redelijk gelijkmatige groei zien, onafhankelijk van de locatie waar de zaden oorspronkelijk vandaan kwamen. De maximaal behaalde scheutlengte bedroeg ca. 35-40 cm. Voor planten uit de koude temperatuurvariant lagen de bereikte scheutlengtes iets verder uit elkaar. Voor planten uit zaden van locatie II was de scheutlengte ca. 25 cm, terwijl voor locatie VI de lengte ca. 50 cm bedroeg. De planten uit de warme temperatuurvariant bereikten scheutlengtes van ca. 30 tot 50 cm, maar de groeicurves lagen wat meer uit elkaar. Planten uit zaden die na zaaien bedekt waren met een laagje grond lieten eenzelfde beeld zien.





3.2.3 Plantfenotype

De uit de zaden opgekweekte duizendknoopplanten hadden niet het voor duizendknoop karakteristieke groene blad met bijna rechte bladvoet, maar meer smallere wigvormige bladeren waarvan de meeste met een rode kleur en rode nerfstructuur (figuur 3.4). Op basis van een vergelijking met afbeeldingen in literatuur kunnen we concluderen dat we hier zeer waarschijnlijk te maken hebben met de hybride *Fallopia × conollyana*, een kruising tussen *F. japonica* en *F. baldschuanica* (Chinese bruidssluier, een in tuinen veel voorkomende klimplant). Net als bij *F. japonica* sterven de stengels van *F. × conollyana* in de winter af om in het voorjaar weer opnieuw uit te lopen. De stengels zijn over het algemeen wat dunner en buigzamer dan die van *F. japonica* (Hoste *et al.*, 2017). Zaden van *F. japonica* bevatten vaak *F. × conollyana* embryo's maar deze zaden kiemen nauwelijks onder buitenomstandigheden (Bailey, 2001). De hybride *Fallopia × conollyana* is voor het eerst waargenomen in Wales in 1983 en enkele jaren later ook in de omgeving van London. Er zijn ook enkele planten gevonden in Duitsland, Noorwegen en recent ook in België (Hoste *et al.*, 2017). Voor zover bekend zijn er geen meldingen van in het wild voorkomende *F. × conollyana* in Nederland.



Figuur 3.4

Exemplaren van Fallopia × conollyana (F. japonica × F. baldschuanica) opgekweekt uit zaden uit de omgeving van Rhenen en Oisterwijk (foto's: Henk Groenewoud, Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit).

3.2.4 Wortelstokken

Begin juni zijn enkele planten uit de potten gehaald. Hieruit beek dat de potten goed doorworteld waren met witte wortels (figuur 3.5). In augustus was er ook een wat dikkere, bruine wortel zichtbaar, wat waarschijnlijk duidt op de vorming van een wortelstok (figuur 3.6).



Figuur 3.5

Wortelontwikkeling van een Fallopia × conollyanaplant ca. drie maanden na zaaien (foto's: Henk Groenewoud, Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit).



Figuur 3.6

Exemplaren van Fallopiopsis × conollyana (F. japonica × F. baldschuanica) in winterrust (november 2019), acht maanden na zaaien (foto's: Chris van Dijk, Wageningen Universiteit & Research).

3.3 Conclusies en discussie

De kiemingsproeven laten zien dat duizendknoopzaden afkomstig van verschillende locaties in de omgeving van Oosterwijk en Rhenen onder geconditioneerde omstandigheden tot kieming kunnen komen. Uit de vergelijking van verschillende 'klimaatregimes' in de kassen is gebleken dat de kieming het beste verloopt bij voor Nederland gemiddelde klimaatcondities, dat wil zeggen bij dagtemperaturen rond de 21 °C. Hierbij zijn kiempercentages tot 95% waargenomen, afhankelijk van de locatie van herkomst van de zaden. De zaden die na het zaaien bedekt zijn met een dun laagje grond kiemden minder goed ten opzichte van onbedekte zaden.

De zaden die voor het kiemingsonderzoek zijn gebruikt hadden een verschillende voorgeschiedenis wat overwintering en de bewaring betreft. De zaden van locaties I, II en III zijn in het najaar van 2018 verzameld en gedurende vijf maanden bewaard bij kamertemperatuur en daarna nog ongeveer een maand in een koelcel bij 4°C. De zaden van de overige locaties hebben overwinterd aan de plant onder buitenomstandigheden en zijn in het voorjaar van 2019 verzameld en tot het moment van zaaien bewaard in een koelcel bij 4°C.

Uit eerder onderzoek is bekend dat duizendknoopzaden die gedurende langere tijd bij kamertemperatuur zijn bewaard hun kiemkracht behielden ten opzichte van zaden die direct tot kieming waren gebracht of die in het daarop volgende voorjaar zijn verzameld en tot kieming gebracht (Forman & Kesseli, 2003; zie ook paragraaf 2.4). In dit onderzoek bleken de zaden die buiten aan de plant hebben overwinterd beter te kiemen dan de zaden die voornamelijk bij kamertemperatuur zijn bewaard. In de gemiddelde temperatuurvariant lag het kiemingpercentage voor de onder buitenomstandigheden overwinterde zaden tussen 70-95% versus 0-50% voor de bij kamertemperatuur bewaarde zaden. In de koude variant waren de kiemingspercentages respectievelijk 65-80% en 10-50%.

Het feit dat een deel van de zaden tijdens de opslagperiode (bij kamertemperatuur) geen specifieke kiemrustdoorbrekende behandeling heeft ondergaan, zou kunnen wijzen op een ondiepe fysiologische kiemrust. Deze vorm van kiemrust komt bij veel soorten voor en verdwijnt over het algemeen langzaam bij bewaring (Kierkels & Heuvelink, 2006).

Vrijwel alle kiemplanten overleefden het kiemstadium en groeiden voorbij het kiemlobstadium. De kiemplanten bleken zich onder semi-buitenomstandigheden goed te ontwikkelen. Vrijwel alle kiemplanten ($\approx 95\%$) hadden niet de voor duizendknoop karakteristieke bladvorm maar smallere wigvormige bladeren waarvan de meeste met een rode kleur en rode nerfstructuur. Op basis van een vergelijking met afbeeldingen uit de literatuur hebben we hier zeer waarschijnlijk te maken met de hybride *Fallopia* \times *conollyana*, een kruising tussen *F. japonica* en *F. baldschuanica* (Chinese bruidssluier) (Hoste *et al.*, 2017). Het is onbekend wat de oorzaak is van dit hoge percentage met deze groeivorm, terwijl niet op alle locaties in het veld Chinese bruidssluier is aangetroffen in de nabije omgeving van de vindlocatie van de zaden (op 3 van de 5 locaties, zie Hoofdstuk 4). Van de overige planten kon op basis van alleen een visuele beoordeling niet met zekerheid worden vastgesteld om welke soort het ging. Er is geen verder onderzoek gedaan naar de identificatie van de hybride kiemplanten en kan dus niet met zekerheid worden vastgesteld wat de stuifmeelbron is geweest

Uit eerdere onderzoeken is bekend dat zaden van *Fallopia* soorten goed ontkiemen en uitgroeien tot levensvatbare planten wanneer ze onder optimale (kas)omstandigheden worden opgekweekt, maar in een natuurlijke omgeving worden zaailingen nauwelijks waargenomen (Hoste *et al.*, 2017). Dit is in dit onderzoek ook gebleken bij de monitoring op de herkomstlocaties van de zaden in mei. Op één locatie (VI) zijn twee zaailingen gevonden, op de overige locaties zijn geen zaailingen aangetroffen (zie verder hoofdstuk 4)

4 Veldverkenning zaadzetting, ontkieming en stuifmeelbronnen Japanse duizendknoop

4.1 Methode

Uit de kiemingsproef en het groei-experiment die vanaf maart 2019 zijn uitgevoerd (zie Hoofdstuk 3), bleek dat een groot deel van de verzamelde zaden kiemden en uitgroeiden tot groeikrachtige planten. Naar aanleiding van deze uitkomsten is ook onderzocht of er op de vindplaatsen in het veld zaailingen en bestuivingsbronnen te vinden zijn en of er opnieuw sprake van zaadzetting is in 2019. De resultaten worden in dit hoofdstuk besproken.

4.1.1 Locaties en planning

In het najaar van 2018 en het voorjaar van 2019 zijn op 5 locaties zaden verzameld (zie ook tabel 3.1):

- Oisterwijk Stroomdalpad (gemeente Oisterwijk)
- Oisterwijk Mamedovpad (gemeente Oisterwijk)
- Rhenen Candia, op 2 tijdstippen (Probos)
- Rhenen Zanglijster (Probos)
- Rhenen Rijnkade (Probos)

Zie bijlage C voor de vindlocaties van de zaden.

Deze locaties zijn op verschillende momenten gemonitord op aanwezigheid van zaailingen, aanwezigheid van bestuivingsbronnen (mannelijk fertiele duizendknoopplanten, de compacta variant en de Chinese bruidssluijer) en op nieuwe zaadzetting in 2019 (zie tabel 4.1). In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de monitoring van deze aspecten.

Tabel 4.1

Planning monitoring van de verschillende onderdelen

Aanwezigheid zaailingen	Aanwezigheid zaailingen	Aanwezigheid bestuivingsbronnen	Zaadzetting
27 mei 2019	30 juli 2019	September 2019	Oktober 2019

4.1.2 Herkenning en monitoring zaailingen

Uit de literatuurstudie (Hoofdstuk 2) bleek dat over het (bovengronds) visueel herkennen en onderscheiden van zaailingen en worteluitlopers nog weinig bekend is. Om die reden is naar

analogie van Forman & Kesseli (2003) voor de volgende methode gekozen. Tijdens de monitoring in mei en juli 2019 zijn in de duizendknoophaarden en hun directe omgeving alle kleine duizendknoopplantjes met maximaal 4 blaadjes met een tuinschep uitgegraven. Dit om te zien of ze uit een oudere al bestaande dikke wortelstok groeiden en met de moederplant waren verboden of een, niet met de moederplant verbonden, dunnere wortelstok hadden. In het laatste geval is er vanuit gegaan dat het om een zaailing gaat. Ook is erop gelet of de zaailingen kiemlobben hadden.

4.1.3 Monitoring en herkenning mannelijke Japanse duizendknoopplanten en andere stuifmeelbronnen

Tot nu toe werd aangenomen dat in Nederland van de Japanse duizendknoop voornamelijk vrouwelijk fertiele planten voorkomen. Deze planten zijn “mannelijk steriel”: ze vormen wel meeldraden, maar deze zijn klein en steriel en steken niet buiten de kroonbladen uit. Als de bloeiwijzen ook mannelijk fertiel zijn dan spreekt men van tweeslachtige bloemen. Deze planten hebben zowel een ontwikkelde stempel als ontwikkelde meeldraden.

Mannelijk fertiele planten hebben fiere, rechtopstaande bloeiwijzen met helderwitte bloemen. De vrouwelijke planten daarentegen hebben vaak meer hangende dan rechtopstaande bloeiwijzen (zie figuur 4.1). Door de rechtopstaande bloeiwijzen, die ook na de bloei in deze stand blijven staan, zijn de mannelijke planten duidelijk te onderscheiden en ook in het najaar nog herkenbaar. De bloemstelen staan eind september bij mannelijke planten nog steeds overeind, terwijl deze bij vrouwelijke planten door het gewicht van de nog bloeiende bloemen en eventueel ontwikkelde vruchten meer naar beneden zullen hangen.⁵ De vrouwelijk fertiele bloeiwijzen zijn minder helderwit dan de mannelijke, wat waarschijnlijk wordt veroorzaakt door de gevleugelde bloemdekbladen en de donkere vruchtbeginsels die in de mannelijke planten minder ontwikkeld of afwezig zijn. De bloemen van mannelijke planten hebben vijf witte, naar buiten gespreide kroonbladeren en lange witte meeldraden die boven de kroonbladeren uitsteken (zie figuren 4.1 en 4.2). Aan de bloembasis zijn slechts kleine vruchtbeginsels te herkennen.⁵



Figuur 4.1

Mannelijke bloeiwijzen (links in bloei, midden uitgebloeid) en vrouwelijke bloeiwijze van Japanse duizendknoop. Bron: New York Flora Association Blog (2013)

⁵ New York Flora Association Blog. <https://nyfablog.org/2013/09/09/japanese-knotweed-male-and-female-plants/>

<https://nyflora.files.wordpress.com/2013/09/dsc07367.jpg>



Figuur 4.2

Links vrouwelijke bloeiwijzen zonder duidelijk uitstekende meeldraden, locatie Candia in Rhenen genomen op 11 september 2019. Rechts mannelijk fertiele bloeiwijzen van de Bastaardduizendknoop met duidelijk uitstekende meeldraden, locatie Mamedovpad in Oisterwijk op 26 september 2019. (Foto: Probos, Coen de Kleine (links), Jasprina Kremers (rechts))

Uit veldwaarnemingen blijkt dat de *Fallopia japonica* var. *compacta* ook voor bevruchting van vrouwelijke *Fallopia*-planten kan zorgen (Bailey 1999). Daarom is in de omgeving van de vindlocaties van zaden gezocht naar *Japonica fallopia* var. *compacta* planten. Ook wordt er in de literatuur gesproken over de bestuiving van Japanse duizendknopen door de Chinese bruidssluier (*Fallopia baldschuanica*). Dit kan leiden tot kiemkrachtige zaden waaruit hybride duizendknoopplanten kunnen groeien (Tiébre *et al.* 2007) zoals ook in dit onderzoek is aangetoond. Daarom is in de omgeving van de vindplaatsen van de zaden ook gezocht naar de Chinese bruidssluier als stuifmeelbron.

In september is op de vindlocaties zelf en in de omgeving daarvan gezocht naar mannelijk fertiele Japanse en Bastaardduizendknoopplanten, de *compacta*-variant en de Chinese bruidssluier. Dit is gedaan in een straal van 2 á 3 km rond de vindplaatsen. Op het moment dat er een stuifmeelbron gevonden was, is niet gericht verder gezocht naar andere verderaf gelegen stuifmeelbronnen. Privéterreinen waar geen toegang toe was zijn daarbij niet meegenomen. Er is gezocht in de omgeving van alle vijf de vindlocaties, ook als er geen zaailingen gevonden waren in mei en juli.

4.1.4 Monitoring zaadzetting 2019

Op de vindplaatsen is aan het eind van het groeiseizoen in 2019 (oktober) gekeken of de Aziatische duizendknoopplanten opnieuw zaad hebben gezet.

4.2 Resultaten

4.2.1 Herkenning en monitoring zaailingen

Op 27 mei zijn de drie vindlocaties bij Rhenen (Candia, Zanglijster en Rijnkade) bezocht (zie tabel 4.2). Er zijn meerdere mogelijke zaailingen uitgegraven. Alleen op de locatie Candia zijn met zekerheid twee zaailingen gevonden (zie figuur 4.3). Deze twee zaailingen hadden duidelijk zaadlobben en een kleine dunne wortel die niet verbonden was met de moederplant. De andere plantjes die gevonden zijn op de drie vindlocaties waren om verschillende redenen niet met zekerheid als zaailing te onderscheiden. In het merendeel van de gevallen leek de wortelstok verbonden te zijn geweest met de moederplant (zie figuur 4.4). Op 30 juli zijn de drie locaties in Rhenen opnieuw bezocht, toen is er geen enkel plantje gevonden waarvan met zekerheid kon worden vastgesteld dat het om een zaailing ging.

Tabel 4.2		
Monitoring zaailingen		
Locatie	27 mei 2019	30 juli 2019
Oisterwijk Stroomdalpad	Niet bezocht	Niet bezocht
Oisterwijk Mamedovpad	Niet bezocht	Niet bezocht
Rhenen Candia	Twee zaailingen aanwezig	Aanwezigheid zaailingen onduidelijk
Rhenen Zanglijster	Aanwezigheid zaailingen onduidelijk	Aanwezigheid zaailingen onduidelijk
Rhenen Rijnkade	Aanwezigheid zaailingen onduidelijk	Aanwezigheid zaailingen onduidelijk



Figuur 4.3

Twee zaailingen gevonden op de locatie Candia in Rhenen, 27 mei 2019. (foto: Henk Groenewoud)



Figuur 4.4

Een uitloper die met de moederplant verbonden was. Gevonden op de locatie Candia in Rhenen op 30 juli 2019. (foto: Joyce Penninkhof)

4.2.2 Monitoring en herkenning mannelijke Japanse duizendknoopplanten en andere stuifmeelbronnen

Tijdens de monitoring in september van mogelijke stuifmeelbronnen is op alle locaties een stuifmeelbron gevonden (tabel 4.3). De locaties in Rhenen zijn op 11 september 2019 bezocht en in Oisterwijk op 26 september 2019 (zie bijlage C voor vindplaatsen van de stuifmeelbronnen). De meest voorkomende stuifmeelbron was de Chinese bruidssluier (figuur 4.5). Op de locatie Oisterwijk Mamedovpad is mannelijke Sachalinse duizendknoop aangetroffen en op de locatie Zanglijster in Rhenen ging het zeer waarschijnlijk om een mannelijk fertiele plant van de Japanse duizendknoop.

De gevonden mannelijk fertiele bloeiwijzen van de Japanse en Sachalinse duizendknoopplanten waren goed te herkennen in het veld door middel van de beschreven methode. De rechtopstaande bloeiwijzen met helderwitte bloemen waren van een afstand goed te herkennen (figuur 4.1). De lange witte meeldraden van de mannelijke plant die boven de kroonbladeren uitsteken, waren met een loep goed te onderscheiden van de (mannelijk steriele) vrouwelijk fertiele bloeiwijzen zonder de uitstekende meeldraden (figuur 4.2).

Wat verder opviel bij het zoeken naar stuifmeelbronnen was dat op bijna alle locaties de inheemse plant heggenduizendknoop (*Fallopia dumetorum*) voorkwam. Het is niet bekend uit literatuur of dit een stuifmeelbron voor Aziatische duizendknopen kan zijn.

Tabel 4.3

Monitoring stuifmeelbronnen

Locatie	Soort stuifmeelbron	Afstand tot de zaadvindplaats
Oisterwijk Stroomdalpad	Chinese bruidssluier	20-130* m
Oisterwijk Mamedovpad	Mannelijk fertiele Sachalinse duizendknoop	130 m
Rhenen Candia	Chinese bruidssluier	65 m
Rhenen Zanglijster	Mannelijke fertiele Japanse duizendknoop	160 m
Rhenen Rijkade	Chinese bruidssluier	265 m

* De vindplaats van Japanse duizendknoop zaden op deze locatie is langgerekt langs een pad waardoor de afstand tot de stuifmeelbron variabel is.



Figuur 4.5

Chinese bruidssluier klimmend in een boom (links) en een close up van de bloeiwijzen, die erg op die van de Aziatische duizendknopen lijken (rechts). Foto's: Probos, Coen de Kleine

4.2.3 Monitoring zaadzetting 2019

In oktober 2019 zijn de 5 vindplaatsen opnieuw bezocht. Op alle vindplaatsen waar duizendknoop aanwezig is, heeft wederom zaadzetting plaatsgevonden (zie tabel 4.4). Het zaad was op de meeste plaatsen op dat moment al aardig afgerijpt (zie figuur 4.6). Op één locatie (Rhenen, sportpark Candia) zijn maar enkele planten met zaad aangetroffen doordat de haard nog niet lang daarvoor was afgemaaid. Alleen de planten die niet waren afgemaaid, droegen zaad en die zaden waren nog niet uitgerijpt. Op een andere locatie is de duizendknoophard verdwenen en heeft plaats gemaakt voor een speelveldje.

Tabel 4.4*Monitoring zaadzetting*

Locatie	Zaad aanwezig?	Datum
Oisterwijk Stroomdalpad	Ja	29 oktober 2019
Oisterwijk Mamedovpad	ja	29 oktober 2019
Rhenen Candia	Ja, beperkt	27 oktober 2019
Rhenen Zanglijster	n.v.t. haard is omgevormd tot speelveldje	1 november 2019
Rhenen Rijnkade	Ja	1 november 2019

**Figuur 4.6**

Onrijpe zaden op 26 september 2019 (links) en gerijpte zaden op 29 oktober 2019 (rechts) op de locatie Stroomdalpad in Oisterwijk 2019. Foto's: Probos, Jasprina Kremers (links), Joost Hamer, gemeente Oisterwijk (rechts)

Tabel 4.5
Samenvatting resultaten monitoring alle onderdelen

Locatie	Aanwezigheid zaailingen (27 mei 2019)	Aanwezigheid zaailingen 30 juli 2019	Aanwezigheid stuifmeelbronnen september 2019	Zaadzetting oktober 2019
Oisterwijk Stroomdalpad	Niet bezocht	Niet bezocht	Ja, Chinese bruidssluier	Ja
Oisterwijk Mamedovpad	Niet bezocht	Niet bezocht	Ja, Sachalinse duizendknoop	ja
Rhenen Candia	ja	Niet zeker	Ja, Chinese bruidssluier	Ja
Rhenen Zanglijster	Niet zeker	Niet zeker	Ja, Japanse duizendknoop	Haard is verdween, er is een speelveldje aangelegd
Rhenen Rijnkade	Niet zeker	Niet zeker	Ja, Chinese bruidssluier	Ja

4.3 Conclusies en discussie

Onder natuurlijke omstandigheden lijkt zaad gevormd in 2018 in het jaar erop vrijwel niet te ontkiemen en tot zaailing uit te groeien. Er zijn slechts twee zaailingen gevonden. Daar kunnen verschillende mogelijke verklaringen voor gegeven worden. De concurrentie met (duizendknoop)planten in de omgeving om licht, water en voedingsstoffen kan ervoor zorgen dat zaailingen het niet redden en zich dus niet hebben kunnen vestigen. Ook is het lastig de zaailingen goed te onderscheiden van de al gevestigde duizendknoophard wat tot een mogelijke onderschatting van het aantal zaailingen heeft geleid. Mogelijk is het vinden van zaailingen vroeger in het seizoen in april en begin mei, wanneer de al bestaande duizendknoop hard nog niet ver is uitgegroeid, makkelijker. Daarnaast wordt er vaak rond en soms ook in de bestaande haarden gemaaid, wat vestiging van de zaailingen kan bemoeilijken. Aziatische duizendknopen kunnen onder natuurlijke omstandigheden ontkiemen en uitgroeien tot plant maar dit lijkt maar op zeer beperkte schaal voor te komen.

Mannelijk fertiele Aziatische duizendknoopplanten en andere stuifmeelbronnen zijn goed in het veld te herkennen. Op alle locaties zijn binnen 300 meter stuifmeelbronnen gevonden. Dit verklaart de zaadvorming die plaatsvindt op de vijf gemonitorde locaties. Opvallend was de aanwezigheid van de Chinese bruidssluier (*Fallopia baldschuanica*) op 3 van de 5 locaties als mogelijke stuifmeelbron. Door bestuiving met de Chinese bruidssluier ontstaat de hybride *Fallopia* × *conollyana*. Deze zaden blijken nauwelijks onder natuurlijke omstandigheden te ontkiemen en zich te vestigen (Bailey, 2001). De kiemingsproef (zie hoofdstuk 3) bevestigt dat de zaailingen die uit het verzamelde zaad zijn ontkiemt waarschijnlijk de hybride *Fallopia* × *conollyana* zijn.

Op alle locaties waar nog een duizendknoopgaard aanwezig was, is er in 2019 sprake van zaadzetting. Dit is een sterke indicatie dat in goede jaren, met een lang warm groeiseizoen, er zaadzetting kan plaatsvinden onder Nederlandse (klimaat)omstandigheden. Dit wordt ook bevestigd door het literatuuronderzoek (zie hoofdstuk 2). Op de locatie waar gemaaid was, was wel verminderde zaadzetting.

5 Discussie en conclusies

Uit eerder uitgevoerde experimenten blijkt dat factoren als temperatuur, lengte van het groeiseizoen en neerslag een rol spelen bij het kiemsucces van zaden van Aziatische duizendknopen (Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop). Tevens is gebleken dat er soms tegenstrijdige resultaten zijn gevonden. Veel onderzoeken zijn uitgevoerd onder Noord-Amerikaanse omstandigheden, slechts enkele hebben betrekking op Europese omstandigheden. Als de resultaten uit de literatuur naar Nederlandse (klimaat)omstandigheden vertaald worden, zijn er een paar zaken die opvallen en waarmee rekening gehouden kan worden als het gaat om mogelijke verspreiding door zaad van Aziatische duizendknopen.

Nederlandse weersomstandigheden lijken op dit moment gemiddeld genomen al geschikt voor een succesvolle zaadzetting en rijping van Aziatische duizendknopen (Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop). Uit het veldonderzoek blijkt dat een belangrijke factor voor succesvolle zaadzetting de aanwezigheid van stuifmeelbronnen is, zoals de aangetroffen Chinese bruidssluier en Bastaardduizendknoop in de nabijheid van de gemonitorde Japanse duizendknoopgroeiplaatsen. De hoeveelheid neerslag, absolute minimumtemperatuur, het aantal graaddagen en lengte van het groeiseizoen lijken in de meeste jaren geen beperking. Door klimaatverandering kan het groeiseizoen langer worden, waardoor de kans op volledige zaadrijping groter wordt. Een toename van natte, mildere en wisselvallige winters door klimaatverandering kan mogelijk wel een beperkende factor zijn, omdat dit tot zaadrotting kan leiden. Ook kunnen dit soort winters de vestiging van zaailingen beperken, doordat de zaden te vroeg ontkiemen en het daarna niet overleven door vorst. Klimaatverandering kan daarmee zowel een positieve als een negatieve invloed hebben op de geslachtelijke voortplanting van de Japanse duizendknopen. Het is daardoor nu nog onduidelijk of zaadzetting en -rijping op grote schaal en structureel tot problemen kan gaan leiden. Het opbouwen van een zaadbank die langdurig (meerdere jaren) kiemkrachtig is, is onder Nederlandse omstandigheden niet erg aannemelijk.

De kiemingsproeven laten zien dat duizendknoopzaden onder geconditioneerde omstandigheden tot kieming kunnen komen, het kiemstadium kunnen overleven en voorbij het kiemlobstadium kunnen groeien. De kiemplanten bleken zich onder semi-buitenomstandigheden goed te ontwikkelen. Op basis van een vergelijking met afbeeldingen uit de literatuur ging het hier zeer waarschijnlijk om de hybride *Fallopia* × *conollyana*, een kruising tussen *F. japonica* en *F. baldschuanica* (Chinese bruidssluier) (Hoste *et al.*, 2017). Er is geen verder onderzoek gedaan naar de identificatie van de hybride kiemplanten. Dat de stuifmeelbron in de meeste gevallen de Chinese bruidssluier was, wordt bevestigd door de monitoring van mogelijke stuifmeelbronnen, omdat op 3 van de 5 vindlocaties de Chinese bruidssluier als mogelijke stuifmeelbron is gevonden. Op de overige 2 locaties zijn vormen van mannelijk fertiele Aziatische duizendknoop gevonden, maar het is niet uit te sluiten dat er in de omgeving ook Chinese bruidssluier aanwezig was.

Hoewel de Nederlandse weersomstandigheden in de meeste jaren geschikt zijn voor een succesvolle zaadzetting en rijping van Aziatische duizendknopen lijkt kieming van zaden in een veldsituatie op dit moment niet in grote getale voor te komen. Blijkbaar moeten de

omgevingsfactoren aan bepaalde eisen voldoen voordat succesvolle kieming mogelijk is. Factoren als droogte, late voorjaarsvorst en concurrentie om licht spelen hierbij een rol (Holm *et al.*, 2018). De vorstgevoeligheid van zaailingen kan één van de verklaringen zijn waarom de planten in de kas goed kiemden en groeiden, en in het veld maar twee zaailingen zijn aangetroffen. Een andere verklaring kan zijn dat in de natte, milde en wisselvallige winters het zaad grotendeels is verrot. Uit onderzoek blijkt bovendien dat de (hybride) duizendknoopzaailingen niet de groeikracht van de ouders hebben en een open groeiplaats vereisen; iets wat over het algemeen niet voorhanden is in en rond een bestaande duizendknoopgaard (Hoste *et al.*, 2017). In dit onderzoek zijn in het veld op één van de drie locaties twee zaailingen aangetroffen die onder natuurlijke omstandigheden zijn gekiemd. Dit laat zien dat natuurlijke verspreiding via zaad in Nederland niet is uit te sluiten, maar er kan nog geen uitspraak gedaan worden over op welke schaal dit plaatsvindt.

De resultante van de gekiemde zaden in dit onderzoek is een hybride van Japanse duizendknoop en waarschijnlijk voornamelijk Chinese bruidssluier, die onder veldomstandigheden nauwelijks kiemkrachtig is. Deze hybride heeft eigenschappen van zowel de moeder- als de vaderplant, die beiden een eigen groeivorm hebben (1-3 meter hoge rechtopstaande stengels versus klimmer), en een andere overwinteringsmethode (wortelstokken versus bovengrondse stengels) (Bailey, 2001) en kan daarom niet gelijk gesteld worden aan Japanse duizendknoop. Deze hybride lijkt minder concurrentiekracht te hebben dan de hybride tussen Japanse duizendknoop en Sachalinse duizendknoop, de bastaardduizendknoop. Wel verhoogt seksuele reproductie de genetische diversiteit en produceert nieuwe genotypen die mogelijk beter zijn aangepast aan de omgeving en toleranter zijn voor chemische of biologische bestrijdingsmethoden. De vorming van kiemkrachtige zaden kan gevolgen hebben voor de verspreiding en daarmee de beheersing van de soort. Zaden worden gemakkelijker met de wind en via water verspreid dan fragmenten van wortelstokken of stengels, waardoor de verspreiding van Aziatische duizendknoop in de toekomst mogelijk sneller kan gaan als zaailingen zich succesvol vestigen.

Klimatologisch gezien was 2018 een bijzonder jaar, met een warme droge zomer en najaar. Deze verlenging van het groeiseizoen in combinatie met een langere vorstvrije periode in het najaar kan van invloed zijn geweest op de bloei en zaadzetting. In 2019 heeft op verschillende locaties opnieuw zaadzetting plaatsgevonden. Ook dit jaar waren de klimaatomstandigheden bovengemiddeld goed voor de zaadzetting waardoor het nog te vroeg is om op basis van deze waarnemingen algemene conclusies te trekken. Bailey (2001) verwacht dat zaden van *F. x conollyana* kunnen uitgroeien tot planten na een lange warme herfst (gunstig voor zaadrijping), gevolgd door een koude winter (om rotting van zaden te voorkomen), gevolgd door een warme winter in het jaar daarop (zodat de zaailingen de eerste winter overleven). Een zeldzame, maar niet onmogelijke situatie.

6 Aanbevelingen

Kijkend naar de drie deelstudies komen we tot de volgende aanbevelingen:

Monitoring

1. In het licht van de klimaatveranderingen is het aan te bevelen te blijven volgen onder welke (klimaat)omstandigheden er succesvolle zaadzetting plaatsvindt en welke consequenties dat kan hebben voor het beheer;
2. In kaart brengen op welke schaal zaadzetting in het veld voorkomt en in het wild kiemplanten worden gevonden. Hierbij wordt bij voorkeur ook gekeken naar klimatologische omstandigheden, lengte van het groeiseizoen etc.;
3. In kaart brengen op welke schaal en waar mannelijk fertiele planten van duizendknoop (Japanse, Sachalinse en Bastaardduizendknoop) en de tuinplanten *Japonica var. compacta* en Chinese bruidssluier voorkomen;
4. In kaart brengen van locaties van hybrides;
5. In juli/augustus monitoren of er sprake is van zaadzetting. Wanneer dit plaatsvindt, onderzoeken wat de stuifmeelbron is geweest (mannelijk fertiele planten van Japanse, Sachalinse, Bastaardduizendknoop en de tuinplanten Chinese bruidssluier en *Japonica var. compacta*). Hierbij kan bijvoorbeeld de methode van de Belgische studie van Tiébre *et al.* (2007) gebruikt worden.

Beheer

6. Mannelijke Japanse duizendknoopplanten en *Japonica var. Compacta* verwijderen om te voorkomen dat de genetische variatie groter wordt en mogelijke verspreiding via zaad te voorkomen. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan het preventief maaien voor de zaadzetting (in juli) of een andere bestrijdingsmethode waarbij in ieder geval de bovengrondse plantendelen worden verwijderd. Belangrijk is dat wanneer gekozen wordt voor maaien in juli om zaadzetting te voorkomen, dit hygiënisch uitgevoerd wordt om vegetatieve verspreiding via plantendelen te voorkomen (zie Landelijk Protocol Omgaan met Aziatische duizendknopen voor aandachtspunten bij maaibeheer);
7. Nadenken over het uit de handel nemen van bepaalde soorten, zoals de *Fallopia japonica var. compacta*. Op deze manier kan uitbreiding en verdere verspreiding van een potentiële stuifmeelbron worden voorkomen. *Fallopia japonica var. compacta* lijkt qua groeivorm meer op de Japanse duizendknoop dan de Chinese bruidssluier, waardoor verwacht wordt dat deze een groter risico vormt dan de Chinese bruidssluier.

Referenties

Bailey, J.P. 1999. The Japanese Knotweed invasion of Europe; the potential for further evolution in non-native regions. In: Yano, E., Matsuo, K., Syiyomi, M. and Andow, D.A. (Eds.), *Biological Invasions of Ecosystem by Pests and Beneficial Organisms*. National Institute of Agro-Environmental Sciences, Tsukuba, Japan, pp. 27-37.

Bailey J.P. 2001. *Fallopia × conollyana* The Railway-yard Knotweed. *Watsonia* 23: 539-541.

Bailey, J.P., K. Bímová, B. Mandák. 2009. Asexual spread versus sexual reproduction and evolution in Japanese Knotweed s.l. sets the stage for the “Battle of the Clones”. *Biological Invasions*, 11(5): 1189-1203

Beerling, D.J. 1993. The Impact of Temperature on the Northern Distribution Limits of the Introduced Species *Fallopia japonica* and *Impatiens glandulifera* in North-West Europe. *Journal of Biogeography*, 20(1): 45-53.

Beerling, D.J., J.P. Bailey, A.P. Conolly. 1994. *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene (*Reynoutria japonica* Houtt.; *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc.). *Journal of Ecology*, 82: 959–979.

Bourchier, R.S., B. Van Hezewijk. 2010. Distribution and Potential Spread of Japanese Knotweed (*Polygonum cuspidatum*) in Canada Relative to Climatic Thresholds. *Invasive Plant Science and Management*, 3:32-39.

Duistermaat, H., D.M. Soes, J. van Valkenburg, B.J. van Heuven, B. Zonneveld en P.J.A. Kessler. 2012. *Actuele verspreiding en risico's van mannelijke fertiele Fallopia japonica (Polygonaceae) planten*. NCB Naturalis, Bureau Waardenburg, NVA en Hortus botanicus Leiden

Engler, J., K. Abt, C. Buhk. 2011. Seed characteristics and germination limitations in the highly invasive *Fallopia japonica* s.l. (Polygonaceae). *Ecological Research*, 26(3): 555-562.

Forman, J. and R.V. Kesseli. 2003. Sexual reproduction in the invasive species *Fallopia japonica* (Polygonaceae). *American Journal of Botany*, 90 (4): 586–592.

Funkenberg, T., D. Roderus, C. Buhk. 2012. Effects of climatic factors on *Fallopia japonica* s.l. seedling establishment: evidence from laboratory experiments. *Plant Species Biology*, 27: 218-225.

Gillies, S., D.R. Clements, J. Grenz. Knotweed (*Fallopia spp.*) Invasion of North America Utilizes Hybridization, Epigenetics, Seed Dispersal (Unexpectedly), and an Arsenal of Physiological Tactics. *Invasive Plant Science and Management*, 9(1) :71–80

Groeneveld, E., F. Belzile, C. Lavoie. 2014. Sexual reproduction of Japanese knotweed (*Fallopia japonica* s.l.) at its northern distribution limit: new evidence of the effect of climate warming on an invasive species. *American Journal of Botany*, 101(3): 1-8.

- Hoste, I., F. Verloove and J. Bailey. 2017. *Fallopia ×conollyana* in Belgium. *Dumortiera* 112: 8-13.
- Holm, Anne-Kari, Abdelhameed Elameen, Benedikte W. Oliver, Lars O. Brandsæter, Inger S. Fløistad, May B. Brurberg, 2018. Low genetic variation of invasive *Fallopia* spp. in their northernmost European distribution range. *Ecology and Evolution* 8:755–764 (DOI: 10.1002/ece3.3703)
- Kierkels, T. & E. Heuvelink, 2006. Kieming van zaad: een nogal ingewikkeld proces, hormonen belangrijk bij ontstaan en doorbreken van kiemrust. *Onder Glas*, 2006.
- KWA. 2019. Graaddagen en koeldagen. <https://www.kwa.nl/diensten/graaddagen-en-koeldagen>
- Locandro, R. R. 1973. *Reproduction ecology of Polygonum cuspidatum*. New Brunswick, Department of Botany, Rutgers University. In: Forman, J. and R.V. Kesseli. 2003. Sexual reproduction in the invasive species *Fallopia japonica* (Polygonaceae). *American Journal of Botany*, 90 (4): 586–592.
- Maruta, E. 1983. Growth and survival of current-year seedlings of *Polygonum cuspidatum* at the upper distribution limit on Mt Fuji. *Oecologica*, 60: 316-320. In: Funkenberg, T., D. Roderus, C. Buhk. 2012. Effects of climatic factors on *Fallopia japonica* s.l. seedling establishment: evidence from laboratory experiments. *Plant Species Biology*, 27: 218-225.
- Niewinski, A.T., T.W. Bowersox, L.H. McCormick. 1998. *Japanese and Giant Knotweed Seed Reproductive Ecology*. s.l., Pennsylvania State University.
- Seiger, L. 1993. *The ecology and control of Reynoutria japonica (Polygonum cuspidatum)*. Washington, George Washington University. In: Forman, J. and R.V. Kesseli. 2003. Sexual reproduction in the invasive species *Fallopia japonica* (Polygonaceae). *American Journal of Botany*, 90 (4): 586–592.
- Soortenregister (2019). Chinese bruidssluier *Fallopia baldschuanica*
- Strgluc Krajšek, S., D. Koce. 2015. Sexual reproduction of knotweed (*Fallopia* sect. *Reynoutria*) in Slovenia. *Preslia*, 87 (1): 17-30
- Tiébré, M.S., S. Vanderhoeven, L. Saad, G. Mahy. 2007. Hybridization and Sexual Reproduction in the Invasive Alien *Fallopia* (Polygonaceae) Complex in Belgium. *Annals of Botany*, 99(1): 193-203.
- Tiébré, M.S., L. Saad, G. Mahy. 2008. Landscape dynamics and habitat selection by the alien invasive *Fallopia* (Polygonaceae) in Belgium. *Biodiversity and Conservation*, 17(10): 2357-2370.

Bijlagen

Bijlage A. Effect van verschillende factoren op kiemsucces

Factor	Effect	Referentie
Tabel 8.1		
<i>Bevindingen in de literatuur over het effect van verschillende factoren op het kiemsucces van zaden van Aziatische duizendknopen.</i>		
-: negatief effect, +: positief effect, ±: zowel positief als negatief/tegenstrijdige resultaten, 0: geen effect, ?: effect onduidelijk		
Effect kiemrust		
Duur van de kiemrustperiode	0	Forman & Kesseli (2003)
	-	Engler <i>et al.</i> (2011)
	- /?	Tiébré <i>et al.</i> (2007)
	-	Bram & McNair (2004)
	+	Seiger (1993)
	+	Niewinski <i>et al.</i> (1998)
Koude tijdens de kiemrust	0	Forman & Kesseli (2003)
	0	Engler <i>et al.</i> (2011)
	- /?	Tiébré <i>et al.</i> (2007)
	+	Bailey <i>et al.</i> (2009)
Effect moment oogst op kiemkracht		
Later oogsten	+	Bram & Mc Nair (2004)
Effect omstandigheden overwintering zaden		
Op/in bodem of aan plant	0	Forman & Kesseli (2003)
Vochtigheid gedurende kiemrust	-	Bailey <i>et al.</i> (2009)
	0	Niewinski <i>et al.</i> (1998)
Factoren van invloed op ontkieming		
Vernalisatie	0/+	Niewinski <i>et al.</i> , 1998; Forman & Kesseli, 2003; Engler <i>et al.</i> , 2011, via Gillies <i>et al.</i> (2016)
Vocht	0	Niewinski <i>et al.</i> (1998)

Droogte	-	Funkenberg <i>et al.</i> (2012)
	0	Niewinski <i>et al.</i> (1998)
Licht	0	Funkenberg <i>et al.</i> (2012)
	±	Seiger (1993), Locandro (1973)

Bijlage B. Achtergrondinformatie experimenten in literatuur

Tabel 8.2

Achtergrondinformatie van in de literatuur gevonden experimenten

Studie	Regio	Soorten duizendknoop	Behandeling zaden
Bourchier & Van Hezewijk, 2010	Canada (Brits-Colombia en Ontario)	Japane duizendknoop, Sachalinse duizendknoop	n.v.t.
Bram & McNair, 2004	V.S. (Philadelphia)	Japane duizendknoop s.l.	<p>Zaden wekelijks verzameld van 1 sept tot 1 nov 2000. Alle zaden onmiddellijk na verzameling een week op kamertemperatuur luchtgedroogd.</p> <ol style="list-style-type: none"> Deel zaden direct daarna voor 30 dagen koudegestratificeerd in vochtig, steriel zand in een koude ruimte van ongeveer 4 graden. Direct na vernalisatie zijn de zaden geplant in trays op ongeveer 0.5 cm diepte en in de incubatiekamer geplaatst. Deel eerst enkele maanden opgeslagen (tot feb 2001) en daar na pas gestratificeerd zoals hierboven. <p>Omstandigheden incubatiekamer: Fluctuerende perioden van licht (van 06.00u tot 18.00u licht, 18.00u tot 06.00u donker), fluctuerende temperaturen (30 °C van 09.00u tot 18.00u, 20 °C van 18.00u tot 09.00). De trays kregen oppervlakkige bewatering toegediend.</p>
Engler <i>et al.</i> , 2011	West-Duitsland (Rijnland-Palts)	Japane duizendknoop s.l.	<p><u>Proef kiemsucces vs leeftijd:</u> Zaden verzameld in de herfst van 2007 en 2008, luchtgedroogd en opgeslagen in papieren zakken bij kamertemperatuur (23 °C) zonder koudestratificatie.</p> <p>Incubatie in groeikamer (“onder optimale klimaatomstandigheden”), na verschillende perioden van kiemrust*: Ontkieming op nat filterpapier in gesloten petrischaaltjes (schaaltjes voor 1/3 gevuld met water, met het filterpapier op plastic schotjes om de zaden niet in het water te laten liggen). rel. luchtvochtigheid 60%, 14u licht van 06.00u tot 20.00u, temperatuurfluctuatie van 10-25 °C, namelijk 10 °C van 01.00u tot 04.00u, 15 °C om 08.00u, 25 °C om 13.00u en 20 °C om 18.00u).</p> <p>Kiemsucces na 28 dagen gemeten.</p> <p>*kieming van zaden op leeftijd van 2, 3, 4, 5, 15 en 16</p>

			<p>maanden</p> <p><u>Proef effect overwintering:</u> Zaden verzameld in de lente van 2009 (maart) zijn meteen gebruikt. Incubatie-omstandigheden zelfde als hierboven.</p>
Forman & Kesseli, 2003	V.S. (Massachusetts)	<p>Japane duizendknoop.</p> <p>Wilde kloon-kolonies van verschillende locaties en ter vergelijk twee cultivars gekocht: Crimson Beauty (vrouwelijk) en Variegated (mannelijk)</p>	<p><u>Experiment kiemkracht:</u> Zaden verzameld in 1998: 7 maanden droog en op kamertemperatuur bewaard. Daarna weer bewaard op kamertemperatuur. Zaden verzameld in 1999: na bewaring op kamertemperatuur in grond ontkiemd. Zaden verzameld in feb 2000: na bewaring op kamertemperatuur ontkiemd in vol licht voor een periode van 6 weken.</p> <p><u>Experiment kiemkracht na winter:</u> Verschillende behandelingen: 1. Deel zaden op kamertemperatuur gezaaid. 2. Deel zaden buiten geplaatst, op verschillende manieren: 2a. In een tray met grond, zaden bedekt met een laagje grond 2b. In een tray met grond, zaden zonder bedekking op grond gelegd 2c. Zaden in netzakken opgehangen aan wire loops om het aan de plant blijven hangen te simuleren. In alle drie de methoden van behandeling 2 zij de zaden meerdere malen met sneeuw of ijs bedekt tijdens de winter.</p> <p><u>Experiment zaailingen</u> Zaailingen verzameld/opgekweekt in april/lente 2001 en 6 weken in een kas geplaatst om te acclimatiseren aan winterse temperaturen (overdag max 10,5 °C). Daarna buiten geplaatst, in maart aan vorst blootgesteld. Gemonitord in augustus 2002.</p>
Funkenberg <i>et al.</i> 2012	<p>Duitsland (Rijnland-Palts) 49°48'N, 6°41'E Jaargemiddelde temperatuur: 10.3°C Jaargemiddelde neerslag: 761 mm</p>	<p>Japane duizendknoop, Bastaaarduizendknoop (vnl. Bastaaarduizendknoop)</p>	<p>Zaden verzameld in november 2007, 2 dagen luchtgedroogd bij 20 °C en vervolgens onder koude, donkere omstandigheden opgeslagen (10-12 °C).</p> <p>Voorafgaand aan experimenten in jan en feb 2008 zijn de zaden geverniseerd (1 week in de koelkast bij 5-6 °C tussen lagen vochtige tissue) omdat werd uitgegaan van een ondiepe fysiologische kiemrust.</p> <p>Zaden ontkiemd in incubatiekamer in petrischaaltjes op nat filterpapier (gedestilleerd water), gelegen op plastic schotjes zodat de zaden niet onder water lagen. Zaden een week in incubatiekamer gelegd, bij</p>

geleidelijk fluctuerende temperaturen en een constant dag-nachtritme: 8-10 °C 's nachts, 25 °C om 13.00u, 12-14 uur daglicht per dag.

Experiment effect water op ontkieming

A: in de kas

Zaden gezaaid in plastic potjes met verschillend behandelde grond van de verzamellocatie (pH 7, zandig leem);

1. Luchtgedroogde aarde ('droog')
2. Niet- luchtgedroogde aarde ('vochtig')
3. Met water verzadigde aarde ('waterverzadigd')

Aan het begin en na 5 dagen zijn de potjes bewaterd met

1. 50 mL kraanwater
2. 100 mL kraanwater
3. 150 mL kraanwater

Voor 3 zijn de potjes op een extra laag van waterverzadigde fleecce geplaatst om waterverzadiging te simuleren.

B: in de incubatiekamer

Zaden gezaaid op wol in petrischaaltjes verzadigd met:

4. 1 mL gedestilleerd water ('droog')
5. 4 mL gedestilleerd water ('licht vochtig')
6. 9 mL gedestilleerd water ('vochtig')
7. 12 mL gedestilleerd water ('waterverzadigd')

Effect van licht op kieming:

Zaden gezaaid in plastic bakken met aarde van de verzamellocatie (geplaatst in trays met natte fleecce om constante toevoer van water te reguleren) en behandeld met verschillende lichtreductieniveaus d.m.v groen, transparant folie:

8. geen folie, 100% PAR
9. een laag folie, 24% PAR
10. twee lagen folie, 4% PAR
11. drie lagen folie, 0.7% PAR

Luchtcirculatie geregeld via vier gaten in de boden van elke bak.

Effect van water op zaailingen

1 maand oude zaailingen vergelijkbaar behandeld als in water-experiment met zaden.

Effect van licht op zaailingen

1 maand oude zaailingen vergelijkbaar behandeld als in licht-experiment met zaden.

Effect van vorst op zaailingen

Twee behandelingen:

12. twee nachten in de koeling bij -1 °C, overdag (09.00u – 18.00u) bewaard bij kamertemperatuur (20 °C)
13. vijf nachten bij -5 °C, met overdag een gereguleerd

			licht- en temperatuurrhythme (-5 °C 's nachts, 20 °C om 13.00u, 12 uur licht per dag)
Gillies <i>et al.</i> , 2016			
Groeneveld <i>et al.</i> , 2014	Canada (zuidelijk Quebec)	Japane duizendknoop (s.l., inclusief Bastaardduizendknoop)	<p>Zaden verzameld tussen 28 sept en 12 oct 2011 (zo laat mogelijk voor de eerste verwachte vorst)</p> <p>Zaden na verzamelen max. 30 dagen in papieren zakken op kamertemperatuur bewaard. Zaden daarna luchtgedroogd en 5 maanden in papieren zakken in de koelkast bewaard bij 4 °C..</p> <p>Ontkieming gestart eind maart 2012. Incubatie in petrischaaltjes op vochtig filtreerpapier (2.5 mL gedestilleerd water). Met deksel op schaalte geïncubeerd bij 22 °C met 16 uur/dag wit neonlicht. Filtreerpapier tussentijds vochtig gehouden door elke paar dagen 2,5 mL water toe te voegen.</p>
Niewinski <i>et al.</i> , 1998	VS (Pennsylvania)	Japane duizendknoop, Sachalinse duizendknoop	<p>Zaden na verzameling 100 dagen bij kamertemperatuur opgeslagen</p> <p>Daarna zaden voor 30, 75 of 120 dagen opgeslagen, onder drie verschillende omstandigheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Warm en droog (18 °C) - Koud en droog (3 °C) - Koud en vochtig (3 °C) <p>Koud opgeslagen zaden daarna in incubatiekamer op 27 °C geplaatst. Geen licht.</p>
Strgluc Krasjek & Koce, 2015	Slovenië		
Tiébré <i>et al.</i> , 2007	België	Japane duizendknoop, Sachalinse duizendknoop	<p>Na verzameling zijn de zaden 2 dagen gedroogd bij 25 °C en daarna op kamertemperatuur opgeslagen tot ze nodig waren.</p> <p>Twee verschillende stratificatiebehandelingen, voor twee verschillende kiemingsmethoden:</p> <p>1 in petrischaaltjes op nat filterpapier 1a: Deel zaden direct ontkiemd (zonder stratificatie) in groeikamer met 22 °C en 16 uur/dag licht. 1b: Deel zaden eerst drie maanden in het donker bewaard bij 4 °C voordat ze werden ontkiemd zoals bij 1a.</p> <p>2: In plastic bakjes gevuld met een bodem/compostmengsel (geëxpandeerde kleikorrels, bedekt met een gesteriliseerde tuincompost-zand-mix (75%/25%). 2a: Deel zaden direct ontkiemd zoals hierboven 2b: Deel zaden buiten gezet van dec 2003 tot lente</p>

2004 om natuurlijke kiemingsomstandigheden te simuleren

Bijlage C. Vindplaatsen zaad- en stuifmeelbronnen





