



Paulowniateelt in Nederland

Verkenning van de mogelijkheden van groei en gebruik van Paulownia in Nederland



Sietze van Dijk, Jasprina Kremers, Martijn Boosten en Jet Jonker

Wageningen, juni 2021



Paulowniateelt in Nederland

Verkenning van de mogelijkheden van groei en gebruik
van Paulownia in Nederland

Sietze van Dijk, Jasprina Kremers, Martijn Boosten en Jet Jonker

Wageningen, juni 2021

Colofon

© Stichting Probos, Wageningen, juni 2021

Auteurs: Sietze van Dijk, Jasprina Kremers, Martijn Boosten en Jet Jonker

Titel: Paulowniateelt in Nederland
Verkenning van de mogelijkheden van groei en gebruik van Paulownia in Nederland

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

Opdrachtgevers:
Uvo van Erp, Provincie Gelderland

- 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.

Inhoudsopgave

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 7 |
| 1.1 | Aanleiding | 7 |
| 1.2 | Doel | 7 |
| 1.3 | Afbakening | 8 |
| 1.4 | Leeswijzer | 8 |
| 2 | Algemeen | 9 |
| 2.1 | Natuurlijk verspreidingsgebied | 9 |
| 2.2 | Groeiplaatsfactoren | 9 |
| 2.3 | Ziekten en plagen | 10 |
| 2.4 | Groei en ontwikkeling | 11 |
| 2.5 | Bodemkwaliteit, landschapskwaliteit en biodiversiteit | 11 |
| | 2.5.1 Verbetering bodemkwaliteit | 11 |
| | 2.5.2 Bijdrage aan biodiversiteit en landschap | 12 |
| 2.6 | Bijdrage aan CO ₂ -vastlegging | 13 |
| 2.7 | Houteigenschappen en toepassingen | 13 |
| | 2.7.1 Houtkwaliteit | 13 |
| | 2.7.2 Biomassa-eigenschappen | 14 |
| | 2.7.3 Toepassingen van paulowniahout | 14 |
| | 2.7.4 Overige toepassingen van Paulownia | 15 |
| 2.8 | Risico ongewenste verspreiding | 15 |
| 3 | Ervaringen met Paulownia in Nederland en Europa | 17 |
| 3.1 | Ervaringen in Nederland | 17 |
| 3.2 | Ervaringen in Europa | 18 |
| | 3.2.1 Paulownia in Duitsland en Oostenrijk | 18 |
| | 3.2.2 Paulownia in Bulgarije en Polen | 19 |
| | 3.2.3 Paulownia in Zuid-Europa: Frankrijk, Spanje en Italië | 19 |
| 4 | Kansen voor Paulownia in Nederland | 23 |
| 4.1 | Is Nederland geschikt voor aanplant van Paulownia? | 23 |
| 4.2 | Kansen voor biomassateelt met Paulownia in Nederland | 23 |
| | 4.2.1 Kansen vermarkting Paulownia biomassa | 24 |
| | 4.2.2 Vergelijking met biomassaplantages wilg | 25 |
| 4.3 | Kansen voor houtteelt met Paulownia in Nederland | 26 |
| | 4.3.1 Kansen vermarkting Paulowniahout | 27 |
| | 4.3.2 Vergelijking met populierenteelt | 28 |
| 4.4 | Aanplantkansen Paulownia in Nederland | 28 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | Wetgeving | 29 |
| 5.1 | Bestemmingsplannen | 29 |
| 5.2 | Functieverandering landbouwgrond | 29 |
| 5.3 | Houtopstand onder de Wet natuurbescherming | 29 |
| 5.4 | Exoten in de Wet natuurbescherming | 30 |
| 5.5 | Beoordeling NVWA | 30 |
| 5.6 | Certificering | 30 |
| 6 | Conclusies en aanbevelingen | 31 |
| | Bronnen | 35 |

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van het Klimaatakkoord is in 2020 in de Bossenstrategie vastgesteld hoe bos en bomen kunnen bijdragen aan het vastleggen van extra CO₂ uit de atmosfeer, het landschap tegen klimaatverandering kunnen versterken en kunnen bijdragen aan de biodiversiteit. In de Bossenstrategie is de ambitie uitgesproken het Nederlandse bosareaal met 10% te vergroten. Dit komt overeen met circa 37.000 hectare nieuw bos, waarvan een deel op landbouwgrond gerealiseerd zal worden. Agroforestry is daarbij een interessante vorm van het integreren van bomen in landbouwactiviteiten.

De provincie Gelderland wordt regelmatig benaderd met betrekking tot initiatieven waarin de teelt en toepassing van boomsoorten uit het geslacht *Paulownia* centraal staat. Met name de snelle groei en daardoor grote bijdrage aan CO₂-vastlegging en de calorische verbrandingswaarde worden als positieve eigenschappen genoemd. Ook investeringsprojecten rondom de eeuwwisseling - zoals het Multi Tree Fund (NL) in 1998 en het KiriFonds (D) in 2010 - roemen niet enkel de snelle groei van de soort, maar ook de hoogwaardige kwaliteit van het hout en de vele toepassingen.

Op particulier initiatief wil Biomass Feedstock Holding B.V.¹ ervaring opdoen met *Paulownia*² in Nederland en de bijdrage die *Paulownia* kan leveren aan verantwoorde productie van houtige biomassa voor energiedoeleinden, houtproductie en agroforestry. Het initiatief is mede gebaseerd op een vergelijkbaar initiatief in West-Ghana waar sinds 2016 inmiddels een aantal proefplantages met *Paulownia* met succes zijn gerealiseerd³.

Binnen deze context is Stichting Probos door de Provincie Gelderland gevraagd een objectieve verkennende literatuurstudie uit te voeren naar de eigenschappen van *Paulownia* en de kansen voor toepassing ervan in Nederland.

1.2 Doel

Het doel van deze literatuurstudie is om de eigenschappen van *Paulownia* en de ervaringen met *Paulownia* in Europa in beeld te brengen, om hiermee de kansen voor *Paulowniateelt* in Nederland in te schatten. Omdat *Paulownia* geen inheemse boomsoorten zijn, zal - waar mogelijk - een vergelijking worden gemaakt met andere, wel-inheemse soorten zoals wilg en populier.

¹ Utrecht d.d. 27 augustus 2015; KVK-nummer: 64001083

² In dit rapport wordt de naam *Paulownia* gebruikt als verzamelnaam voor diverse soorten van het geslacht *Paulownia* (*Paulownia spp.*). Wanneer de informatie in dit rapport betrekking heeft op een specifieke *Paulownia* soort (*Paulownia tomentosa*, *Paulownia elongata* etc.), wordt dit de soort expliciet benoemd.

³ Plan van aanpak/Haalbaarheidsonderzoek en vervolgfase *Paulownia* aanplant in Gemeente Brummen-Eerbeek en Provincie Gelderland (Utrecht, 15 januari 2021)

1.3 Afbakening

Ervaringen met de teelt van Paulownia in bosverband of in agroforestry systemen in Nederland zijn niet zondermeer voorhanden. Specifieke vragen met betrekking tot de haalbaarheid van dit initiatief zullen niet zondermeer eenduidig beantwoord kunnen worden. Ervaringen buiten Nederland zijn om die reden een belangrijke referentie voor deze studie. Het is van groot belang zich bewust te zijn van deze beperking met betrekking tot het in uitvoering nemen van eventuele vervolgstappen in de vorm van proefaanplanten.

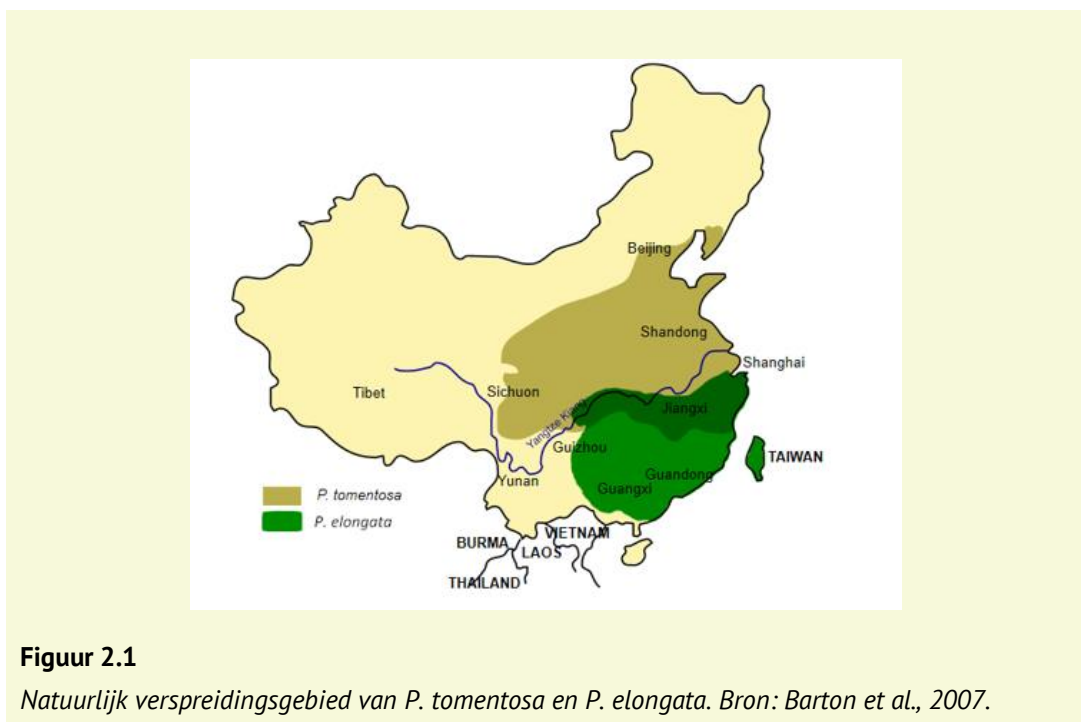
1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een algemene beschrijving gegeven van Paulownia zoals het natuurlijk verspreidingsgebied, groeiplaatsfactoren, groei, houteigenschappen en toepassing en de mogelijke bijdrage van Paulownia aan de biodiversiteit, bodemkwaliteit en landschap. In hoofdstuk 3 wordt een beknopt overzicht gegeven van ervaringen en mogelijke referentieprojecten met de teelt van Paulownia in Nederland en Europa. Hoofdstuk 4 geeft een analyse van de geschiktheid van Nederland voor aanplant van Paulownia en de kansen voor biomassateelt en houtteelt met Paulownia in Nederland. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de huidige Nederlandse wetgeving met betrekking tot de aanplant van bomen en de aanleg van bossen (en de introductie van niet-inheemse soorten). Tot slot wordt in hoofdstuk 6 een samenvattende en algemene conclusie verwoord ten aanzien van ecologische verwachtingen en economische haalbaarheid en worden een aantal aanbevelingen geformuleerd met betrekking tot (de noodzaak tot) vervolgonderzoek en de inrichting van een aantal kleinschalige praktijkproeven.

2 Algemeen

2.1 Natuurlijk verspreidingsgebied

Het natuurlijk verspreidingsgebied van het geslacht Paulownia ligt in China, en strekt zich uit vanaf Beijing tot ongeveer de grens met Taiwan en Myanmar. Het geslacht kent negen soorten: *P. tomentosa*, *P. elongata*, *P. fortunei*, *P. taiwaniana*, *P. albiplhoa*, *P. catapifolia*, *P. australis*, *P. kawakamii* en *P. fargesii* (Zhu *et al.*, 1986). *P. tomentosa* en *P. elongata* komen uit het noordelijke deel van het verspreidingsgebied (Donald, 1990; Zhu *et al.*, 1986). Figuur 2.1 geeft het natuurlijk verspreidingsgebied van *P. tomentosa* en *P. elongata* weer.



2.2 Groeiplaatsfactoren

Voor alle Paulownia soorten geldt dat ze pas groeien boven een temperatuur van 8°C en dat ze de beste groei bereiken bij 24-29°C (Donald, 1990; Zhu *e.a.*, 1986). Het deel van China waar *P. elongata* en *P. tomentosa* voorkomen kent een gemiddelde jaartemperatuur tussen 11 en 17 °C, met minimumtemperaturen tot -15°C.

De meeste Paulownia soorten kunnen echter slecht tegen vorst. Bij temperaturen van -5 tot -10°C zullen de niet-verhoude delen al snel afsterven. Zodra de jonge delen voldoende verhout zijn, zal vorst een minder grote rol spelen. *P. tomentosa* is minder gevoelig voor vorst dan andere Paulownia soorten. Volwassen exemplaren van *P. tomentosa* kunnen wintertemperaturen tot -25 °C aan (Essl, 2007; Van Diepeningen, 1999).

In het natuurlijk verspreidingsgebied ligt de jaarlijkse neerslag tussen de 500 en 2500 millimeter. Ook op drogere groeiplaatsen is groei mogelijk, mits tijdens het groeiseizoen voldoende water beschikbaar is (Stimm *et al.*, 2013). *P. tomentosa* is matig droogtetolerant (Niinemets &

Valladares, 2006). *P. elongata* kan goed tegen beperkte neerslag, maar als er niet genoeg vocht beschikbaar is gedurende het groeiseizoen, zal de groei achterblijven (Donald, 1990).

Ondanks dat Paulownia voldoende vocht nodig heeft, is de soort zeer gevoelig voor ondiep grondwater. Stagnerend water is al snel fataal. (Donald, 1990; Niinemets & Valladares, 2006; Van Diepeningen, 1999). Ook in het natste seizoen dient de grondwatertrap daarom minimaal 1 meter onder maaiveld te blijven (Donald, 1990).

Paulownia ontwikkelt een uitgebreid, vlezig wortelstelsel van 0,8 tot 1 meter diep, met zowel oppervlakkige wortels als diepgaande wortels die baat hebben bij diep doorwortelbare, losse bodems. (Goudzwaard, 2013; Van Diepeningen, 1999; Vor *et al.*, 2015). De soort stelt weinig eisen aan bodemvruchtbaarheid en komt voor op een brede range aan bodemtypen, met name lemige tot zandige bodems. Optimaal zijn zonnige en windstille, voedselrijke groeiplaatsen op diep doorwortelbare zandige bodems met een pH tussen 5 en 8,5 (Donald, 1990; Stimm *et al.*, 2013; Van Diepeningen, 1999; Vor *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 1986). Op zeer zure (pH <4,0) en droge gronden wordt kieming en groei geremd (Vor *et al.*, 2015).

Alle Paulownia soorten zijn zeer lichtbehoevend. Menging met andere snelgroeiende soorten wordt daarom afgeraden (Essl, 2007; Van Diepeningen, 1999; Zhu *et al.*, 1986). Vanwege de hoge lichtbehoefte kan Paulownia ook alleen verjongen op gronden zonder overige vegetatie (Van Diepeningen, 1999).

2.3 Ziekten en plagen

In het natuurlijk verspreidingsgebied zijn zaailingen van Paulownia gevoelig voor anthracnose: een groep plantenziekten veroorzaakt door schimmels waarbij er gaten in het blad ontstaan en voortijdige bladval en zelfs afsterven van twijgen kan voorkomen. Ook de schimmel *Sphaceloma paulowniae* veroorzaakt gaten en bladval in zaailingen en jonge boompjes. Ook wordt in het natuurlijk verspreidingsgebied het hout van *P. tomentosa* aangetast door de boktor *Thylactus simulans*. Het blad wordt aangevreten door de larven van de bladsprietkeversoorten *Anomala antiqua* en *A. corpulenta*. Zaailingen en jonge boompjes worden door de rupsen van de grote worteluil (*Agrotis ipsilon*) en familiegenoot *A. toxionis* gegeten. Daarnaast geldt in China de bladetende mot *Eumeta variegata* als belangrijke aantaster. (Mosandl & Stimm, 2014; Vor *et al.*, 2015; Zhu *et al.*, 1986)

Paulownia lijkt in Noordwest-Europa echter nog weinig last te hebben van aantasting door insecten en schimmels (Jensen, 2016).

Wel zijn er ervaringen met wildschade. In Duitsland worden Paulownia-plantages omheind om vraat door herten en schade door zwijnen te voorkomen. Ook in Hongarije wordt in experimenten met Paulownia vraatschade door wild genoemd, waarbij éénjarige planten geheel beschadigd kunnen raken (Jensen, 2016).

In China en Nieuw-Zeeland vormt het voorkomen van heksenbezem wel een serieuze bedreiging voor Paulownia (Jensen, 2016). De woekergroei, die wordt veroorzaakt door bacteriën van het geslacht *Mycoplasma*, kan de groei afremmen en kan jonge bomen zelfs doen afsterven. (Mosandl & Stimm, 2014; Zhu *et al.*, 1986)

2.4 Groei en ontwikkeling

Paulownia soorten zijn uitzonderlijk snelle groeiers (Van Diepeningen, 1999). In het herkomstgebied kan Paulownia in 10 jaar al een DBH⁴ van 30-40 cm en een volume van 0,3 – 0,5 m³, volgens sommige bronnen zelfs al 1 tot 1,5 m³, bereiken (Icka *et al.*, 2016, Stimm *et al.*, 2013). Op gunstige groeiplaatsen kan Paulownia zelfs een gemiddelde hoogtegroeï van 1,6 meter per jaar en een diametergroei van 4 centimeter per jaar bereiken (Stimm *et al.*, 2013).

Kiemplanten kunnen onder gunstige omstandigheden in één groeizeizoen wel 2 tot 2,5 meter lang worden, waarbij vanwege de vorstgevoeligheid het risico blijft bestaan dat de jonge scheuten in de volgende winter sterk invriezen (Fontaine, 1997). De groeikracht van *P. tomentosa* is maximaal op 20-30-jarige leeftijd (Stimm *et al.*, 2013; Vor *et al.*, 2015). *P. tomentosa* wordt doorgaans (10-)15-20 meter hoog, maar kan in uitzonderlijke gevallen een hoogte van 30 meter en een diameter van 1 tot 2 meter bereiken (Fontaine, 1997; Vor *et al.*, 2015).

De dikste *P. tomentosa* van Nederland die op Monumentaltrees.com⁵ wordt vermeld is te vinden in het Gimbornhof in Zevenaar. Deze boom had in 2016 een omtrek van 3,73 meter DBH (diameter 1,2 meter). De dikste *P. tomentosa* in Europa staat in Italië en heeft een omtrek van 5,30 meter (diameter 1,7 meter). De hoogste *P. tomentosa* in Europa staat in Slovaakije en was in 2020 21,60 meter hoog. De hoogste Nederlandse *P. tomentosa* staat aan de Winston Churchilllaan in Eindhoven en was in 2010 17,20 meter hoog.

Paulownia is vanwege de hoge lichtbehoefte en snelle groei vaak hoger dan de omringende vegetatie (Van Diepeningen, 1999), *P. tomentosa* is één van de snelst groeiende boomsoorten in gematigde klimaatregio's (Goudzwaard, 2013).

Paulownia soorten hebben een zeer sterk regeneratievermogen na kap. In China kan een Paulownia-boom, wanneer deze als hakhout wordt afgezet, nieuwe uitlopers vormen die in het eerste jaar makkelijk alweer een hoogte van 5-6 meter bereiken, met uitschieters tot wel 10 meter. Het aantal cycli is echter beperkt, na meerdere keren afzetten neemt de hergroei snel af en worden de stoven gevoeliger voor vorstschade en ziekten. (Zhu *et al.*, 1986)

Onder gunstige groeiplaatsomstandigheden kan Paulownia gemiddeld 60 tot 70 jaar worden (Stimm *et al.*, 2013). Maar er zijn ook oudere exemplaren gevonden. De oudste *P. tomentosa* van Nederland op Monumentaltrees.com staat in het Gimbornhof in Zevenaar en is naar schatting 116 jaar oud. De oudste *P. tomentosa*, in Italië, is naar schatting 134 jaar oud.

2.5 Bodemkwaliteit, landschapkwaliteit en biodiversiteit

2.5.1 Verbetering bodemkwaliteit

Door de snelle groei neemt Paulownia via het goed ontwikkelde wortelstelsel snel veel mineralen op uit de bodem (El-Showk & El-Showk, 2003), die via het blad weer beschikbaar komen voor de bovenste bodemlagen. De voedingswaarde van het blad van Paulownia wordt vergeleken met die van alfalfa. Het blad bevat 2,8 tot 3,0% stikstof, 0,6% fosfor en 0,4% kalium (Icka *et al.*, 2016). Ter vergelijking: het blad van wilg (*Salix* spp.) bevat 0,3% fosfor, 1,9% kalium,

⁴ DBH: diameter borsthoogte, diameter van de boom gemeten op 1,3 m hoogte.

⁵ <https://www.monumentaltrees.com/nl/bomen/paulowniatomentosa/records/>, geraadpleegd op 27 mei 2021.

1,2% calcium, 0,01% ijzer en 0,04% zink (Luske *et al.*, 2017). Tabel 2.1 toont de gehele chemische samenstelling van het blad.

Het hoge stikstofgehalte bevordert de strooiselafbraak en kan zo de nutriëntenbeschikbaarheid van de groeiplaats vergroten (Vor *et al.*, 2015). Een Paulownia van 8 tot 10 jaar produceert gemiddeld 100 kg blad, dat in het herkomstgebied wordt toegepast als groenbemester. (Icka *et al.*, 2016)

Het goed ontwikkelde wortelstelsel draagt ook bij aan een verbeterde bodemstructuur en bevordert daarmee gasuitwisseling en waterretentie in de bodem.

Tabel 2.1

Chemische samenstelling Paulownia-bladeren en vergelijking met wilg, naar El-Showk & El-Showk (2003) (Paulownia) en Luske et al (2017) (wilg).

| Bestanddeel | Aandeel in blad Paulownia (%) | Aandeel in blad <i>Salix</i> spp. (%) |
|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Organische stof | 91,4 | onbekend |
| Eiwitten | 22,6 | 17 |
| Stikstof (N) | 2,8-3,0 | onbekend |
| Fosfor (P) | 0,6 | 0,3 |
| Kalium (K) | 0,4 | 1,9 |
| Calcium (Ca) | 2,1 | 1,2 |
| Ijzer (Fe) | 0,6 | 0,01 |
| Zink (Zn) | 0,9 | 0,04 |

2.5.2 Bijdrage aan biodiversiteit en landschap

Met de uitbundige bloei van de grote lilablauwe bloemen en de zeer grote bladeren is de Paulownia een bijzondere verschijning. *P. tomentosa* is niet voor niets al rond 1830 door Von Siebold, die de boom als eerbetoon naar Anna Paulowna vernoemde, in Nederland geïntroduceerd als boom voor parken, pleinen en grote tuinen (Fontaine, 1997; Goudzwaard, 2013). De uitbundig bloeiende bloemen van *P. tomentosa* worden door insecten bezocht (Goudzwaard, 2013).

Ook in andere toepassingen, bijvoorbeeld als boomvormer in agroforestry-systemen, kunnen Paulownia soorten een bijdrage leveren aan de verfraaiing van en de afwisseling in het landschap.

Echter, binnen de Nederlandse context is de Paulownia een exoot waarvan het mogelijke invasieve karakter en de ongewenste effecten hiervan op de biodiversiteit niet zondermeer uitgesloten kunnen worden (zie paragraaf 2.8).

Met het uitgebreide wortelstelsel kunnen Paulownia soorten bijdragen aan het bevorderen van de bodemstructuur, wat de biodiversiteit van het bodemleven kan bevorderen.

2.6 Bijdrage aan CO₂-vastlegging

Paulownia kent een zogenaamde C4-fotosynthese (Icka *et al.*, 2016), die ook in bijvoorbeeld grassen en maïs voorkomt. Bij deze vorm van fotosynthese wordt de opgenomen koolstof (CO₂) efficiënter omgezet in suikers en gaat veel minder koolstof tijdens het proces verloren dan bij het meer gangbare C3-fotosyntheseproses. De snelle groei - en daarmee grote bijdrage aan CO₂-vastlegging - van Paulownia is hier waarschijnlijk aan te danken.

Zoals bij alle boomsoorten varieert de CO₂-vastlegging van Paulownia met de leeftijd. Bij een snelle jeugdgroei legt een boom in korte tijd veel koolstof vast. Wanneer de groei afneemt naarmate de boom ouder wordt, neemt ook de CO₂-vastlegging af. Hoe lang de opgeslagen koolstof wordt vastgehouden nadat de boom geoogst wordt hangt af van het product dat ervan gemaakt wordt. In hoogwaardige toepassingen die lang mee gaan, zoals meubels of bouwhout, blijft de opgenomen CO₂ langer als koolstof in het product opgeslagen dan wanneer het hout bijvoorbeeld wordt gebruikt voor energieopwekking en kort na de oogst verbrand wordt. Boomsoorten met een hoge houtkwaliteit, waar hoogwaardige producten van gemaakt kunnen worden, hebben dus meer potentie om de vastgelegde CO₂ langer vast te houden dan boomsoorten met een lagere houtkwaliteit.

Icka *et al.* (2016) vermelden een jaarlijkse CO₂-vastlegging van 22 kg per boom. De leeftijd die hierbij hoort is echter onbekend.

2.7 Houteigenschappen en toepassingen

2.7.1 Houtkwaliteit

Paulowniahout, ook wel bekend onder de handelsnaam 'Kiri', is geurloos en bleek-wit tot bleek-geel van kleur. Bij oudere bomen ook lichtbruin tot licht roodbruin. Paulownia lijkt geen kernhout te vormen. Het hout is zacht, licht van gewicht en relatief sterk, met brede jaarringen. Het hout droogt zeer snel en krimpt weinig: Krimp van nat naar 12% vochtgehalte is radiaal 0,9-2,3% en tangentiaal 2,0-4,5%. Na de krimp gedraagt het hout zich zeer stabiel (Klaassen, 2018).

Uit Koreaans vergelijkend onderzoek naar de houteigenschappen van verschillende soorten binnen het geslacht is gebleken dat de genoemde eigenschappen bovendien dicht bij elkaar liggen en de soort dus veelal zonder problemen gemengd kan worden in de verschillende toepassingen (NZFRI, 1992).

Onder groeiomstandigheden met veel licht, kan Paulownia veel gaffelvorming vertonen (Fontaine, 1997; Vor *et al.*, 2015)

Paulownia behoort tot de lichtste houtsoorten en is vergelijkbaar met balsa- en populierenhout (Van Diepeningen, 1999). De massa van het hout is gemiddeld 330 kg per m³ bij 12% vochtgehalte (Klaassen, 2018). Het hout is makkelijk te bewerken. De draad is recht en de nerf matig grof. Het hout is goed te verlijmen, goed met spijkers en schroeven te bewerken en matig buigbaar. (Klaassen, 2018; Zhu, 1986)

Paulowniahout heeft een duurzaamheidsklasse 5 (niet duurzaam) voor weerstand tegen schimmels (Klaassen, 2018). Wel wordt het hout beschreven als resistent tegen houtrot, houtworm en vuur (brandwerend) (Donald, 1990; Icka *et al.*, 2016; Van Diepeningen, 1999; Yadav e.a., 2013) en is het vanwege de lage conductiviteit geschikt als isolatiehout (Zhu *et al.*, 1986).

2.7.2 Biomassa-eigenschappen

Paulowniahout heeft volgens Icka *et al.* (2016) een hogere calorische waarde dan andere voor biomassa veel toegepaste boomsoorten, en zelfs hoger dan die van steenkool. De concentraties as, zwavel en stikstof daarentegen zijn laag (zie tabel 2.2). Deze eigenschappen maken Paulownia een interessante keuze voor de productie van biomassa als brandstof of als grondstof voor bio-ethanol. (Icka *et al.*, 2016). Vusić *et al.*, (2018) vinden in een onderzoek naar biomassaplantages in Kroatië een bruto calorische waarde van gemiddeld 19,4 kJ/g voor Paulownia, 19,9 kJ/g voor wilg en 19,8 kJ/g voor populier. Hieruit blijkt er dus weinig verschil te zijn in calorische waarde tussen deze drie biomassasoorten. Ook Lopez *et al.* (2013) vinden weinig verschil tussen de calorische waarde van Paulownia (17,6 tot 20,3 kJ/g) en wilg en populier (18,8 tot 19,7 kJ/g)

Tabel 2.2

Calorische waarde van verschillende brandstoffen. Bron: Icka, 2016.

| Brandstof | kJ/g | Thermochemische energie kal/g |
|----------------|-------|-------------------------------|
| Paulownia | 20,90 | 4,99 |
| Populier | 17,62 | 4,21 |
| Beuk | 14 | 3,43 |
| Eik | 19,42 | 4,64 |
| Ethanol | 47 | 11,23 |
| Natuurlijk gas | 49,99 | 11,95 |
| Diesel | 41,48 | 10,00 |
| Steenkool | 14,64 | 3,50 |

2.7.3 Toepassingen van paulowniahout

Paulowniahout kent vele toepassingen. In China wordt de soort sinds mensenheugenis gebruikt voor niet-dragende constructies in woningbouw, fineer, meubels, houtsnijwerk, muziekinstrumenten en modelbouw (Donald, 1990; Zhu *et al.*, 1986).

Door de grote stijfheid en het goede drijfvermogen is paulowniahout zeer geschikt voor surfplanken en kano's (Klaassen, 2018).

De brandwerende eigenschappen zijn - ook binnen de algemeen geldende veiligheidsnormen - beter dan de meeste hardhoutsoorten, waarmee het een goed alternatief lijkt te zijn in specifieke brandwerende binnenhuis-toepassingen zoals ramen, deuren en kozijnen (Akyildiz, 2014).

Paulowniahout is goed te schillen en kan als fineer worden toegepast in multiplex (Klaassen, 2018) en spaanplaat. Spaanplaat met paulowniahout is door de lage dichtheid van het hout steviger dan gangbare spaanplaat van hetzelfde gewicht (Nelis e.a., 2018). Het hout bevat

bovendien veel cellulose, waardoor het bijvoorbeeld ook voor de papierindustrie geschikt is (Icka *et al.*, 2016; Zhu *et al.*, 1986).

Overige toepassingen die genoemd worden zijn kisten en kratten, lucifers en houtskool (Klaassen, 2018).

2.7.4 Overige toepassingen van Paulownia

Paulownia soorten kunnen behalve voor de teelt van hout- en biomassa ook worden aangeplant voor de schaduwwerking, verbetering van de bodemvruchtbaarheid en de bodemstructuur en kunnen daarom goed worden toegepast als multifunctionele boomvormer in agroforestry-systemen (Donald, 1990; Jensen, 2016). Het nutriëntenrijke blad van *P. elongata* is uitstekend geschikt is als veevoer, zeker voor schapen en geiten, en voor verwerking tot voederpellets (Icka *et al.*, 2016; Jensen, 2016; Stewart *et al.*, 2018). Ook de bloemen kunnen worden gebruikt als veevoer (Zhu *et al.*, 1986).

P. fortunei werd in Spanje gebruikt om bodems die verontreinigd waren met zware metalen te zuiveren (Madejón *et al.*, 2016; Tzvetkova *et al.*, 2015). Het betreft hier met name gronden met hoge concentraties van sporenelementen waarbij de aanplant van Paulownia gecombineerd wordt met het toedienen van compost. Zodoende kunnen de sporenelementen niet uitspoelen waar worden opgenomen en vastgelegd in de bomen. Bij verbranding als biomassa blijkt dit geen nadelige effecten te hebben op de kwaliteit van de hierbij vrijkomende verbrandingsgassen (Madejón *et al.*, 2016).

In China wordt Paulownia een grote rol toegedicht in het zuiveren van vervuilde lucht (Angelov, 2010). De grote, behaarde bladeren zijn zeer geschikt voor het afvangen van luchtvervuiling terwijl de soort zelf weinig hinder lijkt te ondervinden van de vervuilde lucht, waar andere boomsoorten wel hun blad verliezen door de vervuiling. (Icka *et al.*, 2016)

De bloemen kunnen worden gebruikt als thee (Gyuleva *et al.*, 2020; Jensen, 2016). De olie uit de zaden wordt in Japan gebruikt voor lakwerk (Klaassen, 2018).

2.8 Risico ongewenste verspreiding

Paulownia soorten zijn pioniers bij uitstek: snelle groeiers die zich al op vroege leeftijd (4-5 jaar) gemakkelijk verjongen op lichte, verstoorde groeiplaatsen, snel en veel zaad kunnen produceren en zich ook vegetatief kunnen vermeerderen. De kleine zaden van *P. tomentosa* kunnen door de wind honderden meters worden meegevoerd en zijn in staat om te kiemen op onbegroeide plekken als tussen de straatstenen, langs gevels en oevers en op braakliggende terreinen. De zaden kunnen nog hetzelfde jaar kiemen, maar kunnen ook nog 2 tot 3 jaar in de zaadbank overleven. (Signaleringsproject Exoten, 2020; Vor *et al.*, 2015)

In het oosten van de Verenigde Staten zijn zelfs zaailingen op 3-4 km van de moederboom gevonden (Langdon & Johnson, 1994).

Deze kenmerken zorgen ervoor dat de soort zich mogelijk invasief kan gedragen op groeiplaatsen waar concurrentie en begrazing laag zijn. In bosgebieden zal de concurrentie van andere boomsoorten en de aanwezigheid van een strooisellaag de kieming van Paulownia-zaden en de invasiviteit van de concurrentiegevoelige Paulownia beperken. Op open plekken daarentegen, zoals langs spoorwegen en op industrieterreinen, geldt deze beperking niet en kan het invasieve karakter van deze pionier sterk tot uiting komen (Vor *et al.*, 2015) Op plekken waar de soort nieuw wordt geïntroduceerd en daarmee (nog) weinig tot geen natuurlijke vijanden kent, is er dus een risico dat Paulownia zich als invasieve exoot kan gedragen.

Mede om deze redenen wordt *P. tomentosa* in het oosten van de Verenigde Staten beoordeeld als een invasieve soort. *P. tomentosa* vestigt zich hier makkelijk na verstoringen zoals bosbrand of storm, maar lijkt zich ook buiten deze omstandigheden gemakkelijk te verspreiden. In verschillende staten schijnen spontane Paulownia-bossen te zijn ontstaan en ook langs bosranden van natuurlijke loofhoutbossen kan de soort gedijen. (Langdon & Johnson, 1994; Lovenshimer & Madritch, 2017; Mauritz, 2009).

Paulownia lijkt zich tot nog toe in Europa minder invasief te gedragen. Een reden daarvoor kan zijn dat er hier minder grote, open gebieden zijn zoals dit aan de oostkust van de Verenigde Staten wel het geval is (Essl, 2007). In Oostenrijk staat *P. tomentosa* inmiddels wel vermeld op de “Graue Liste”, een nationale lijst van potentieel invasieve exoten (Signaleringsproject Exoten, 2020).

Het potentieel invasieve karakter van Paulownia wordt vergeleken met die van de hemelboom (*Ailanthus altissima*), die wel op de Europese Unielijst van invasieve exoten⁶ staat⁷. Hemelboom heeft hetzelfde natuurlijke verspreidingsgebied als *P. tomentosa* en komt in Europa vooral voor in stedelijke, open gebieden. Beide soorten zijn prima bestand tegen extreme standplaatsfactoren zoals (gedeeltelijk) gesloten bestrating, bodemverdichting, extreem hoge zomertemperaturen, lage grondwaterstanden en langere periodes van droogte (Essl, 2007).

In Nederland wordt *P. tomentosa* sinds 2000 verwilderd aangetroffen. Het aantal kilometerhokken waar ze gesignaleerd wordt neemt elk jaar toe (Signaleringsproject Exoten, 2020). Vooralsnog lijkt de verspreiding ook hier voornamelijk in en rondom steden plaats te vinden.

Om ongewenste verspreiding te voorkomen zou voor de grootschalige aanplant van Paulownia mogelijk gebruik gemaakt kunnen worden van steriele cultivars van de Paulownia. Zo zou de cultivar Cotevisa-2 wel zaad produceren maar dit is niet kiemkrachtig⁸.

⁶ Op de Unielijst staan exoten die in delen van de EU schade toebrengen (of dat in de toekomst waarschijnlijk zullen gaan doen) aan de biodiversiteit en/of ecosysteemdiensten en nadelige gevolgen kunnen hebben voor de gezondheid, veiligheid of de economie. Men mag onder andere geen handel drijven in soorten die op de Unielijst staan en lidstaten zijn verplicht om in de natuur aanwezige populaties op te sporen en te verwijderen of, als dat niet lukt, deze zodanig te beheren dat verspreiding en schade zoveel mogelijk wordt voorkomen

⁷ <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/invasieve-exoten/documenten/plant/planten-in-de-natuur/exoten/risicobeoordelingen/factsheet-hemelboom>

⁸ mededeling Roland van der Hoek; email d.d. 21 juni 2021

3 Ervaringen met Paulownia in Nederland en Europa

3.1 Ervaringen in Nederland

In Nederland is slechts zeer beperkt ervaring met de aanplant van Paulownia. Deze ervaring is bovendien veelal beperkt tot aanplant in tuinen, parken en als laanbomen. *P. tomentosa* is rond 1830 voor het eerst in Nederland aangeplant (Goudzwaard, 2013). Er zijn veel kwekers die *P. tomentosa* verkopen als sierboom. *P. elongata* lijkt minder bekend als sierboom, maar wordt ook op verschillende sites te koop aangeboden. Zoals in paragraaf 2.8 genoemd komt *P. tomentosa* sinds 2000 in toenemende mate ook verwilderd voor in Nederland (Signaleringsproject Exoten, 2020).

Er is nauwelijks informatie te vinden over bosbouwkundige ervaringen met Paulownia in Nederland. Een enkele verwijzing naar plantages uit de jaren '80 kon niet geverifieerd worden (Schouten, 2017).

Ervaring met Paulownia op Landgoed De Biesterije⁹

In 2016 is op een kapvlakte op het landgoed De Biesterije een groep van ca. 30 Paulownia's (*P. tomentosa*) geplant. Herkomst is een straatboom uit Amsterdam-Zuid. Doel was primair het vergroten van de biodiversiteit met een soort die het mogelijk goed doet in een veranderend klimaat met drogere zomers, daarnaast bodemverbetering en het verfraaien van het bosbeeld. De Paulownia's staan op een kapvlakte die is gekapt in nazomer 2015, geklepeld in voorjaar 2016 en afgezien van kleinschalige aanplant t.b.v. diversiteit - waaronder de Paulownia's - is overgelaten aan spontane verjonging. In die verjonging heeft berk veruit de overhand. Het betreft een hoog droog bos op een dekzandrug waar in de negentiende eeuw klei is uitgegraven.

Alle Paulownia's zijn in de eerste herfst na aanplant tot de grond afgestorven, waarschijnlijk omdat de jonge boompjes nog onvoldoende verhout waren. In het daarop volgende voorjaar zijn alle exemplaren weer opnieuw uitgelopen en hebben in dat tweede jaar een voldoende verhoutte stengel gevormd om in de winter overeind te blijven.

Opvallend in het eerste jaar was dat het blad en de nog groene stengels bij de eerste nachtvorst in oktober volledig afstierven, ze waren binnen één nacht volledig verslapt tot zachte groene moes. Dit proces heeft zich in de daaropvolgende jaren met vroege nachtvorst in het najaar ook met (sommige) jonge scheuten herhaald.

De meeste exemplaren konden na twee jaar de concurrentie met de spontane opslag van berk niet aan, waardoor regelmatige vrijstelling nodig was. Een tiental exemplaren blijft dankzij deze vrijstelling nog enigszins in hoogte meegaan. Een gelijk aantal planten lukte dit niet en is alsnog gestorven.

Een cluster van circa zes exemplaren op een vrij steile noordhelling doet het goed. Eén exemplaar is ieder jaar met meer dan een meter gegroeid en komt nu boven de vijf meter, terwijl concurrerende berken twee tot drie meter hoog zijn. De overige vijf gaan meer gelijk op met deze berken.

De exemplaren die het slecht doen staan op plekken waar bij nader inzien de bodem wellicht te veel verdicht is door de klepelmachine; de plek waar de succesvolle exemplaren staan is door

⁹ Mondelinge mededeling Wytze Schouten, Bosbeheerder De Biesterije, 2 juni 2021.

zijn steile helling vermoedelijk niet bereden. Anderzijds lijken de omringende berken van eventuele bodemverdichting niet echt last te hebben.

De Paulownia's hebben een veel dikkere stam dan alle andere verjonging van gelijke leeftijd en lengte. In die zin hebben ze zeker potentieel voor snelle biomassa. Op basis van deze ervaring op De Biesterije is beheerder Schouten echter van mening dat er nog veel nader onderzoek nodig is voordat grootschalige aanplant vanuit bedrijfseconomisch standpunt verantwoord is.

3.2 Ervaringen in Europa

Ook in de ons omliggende landen zijn de ervaringen met (grootschalige) hout- en biomassa-teelt van Paulownia beperkt.

3.2.1 Paulownia in Duitsland en Oostenrijk

Duitsland

In Duitsland stamt de eerst bekende waarneming van *P. tomentosa* uit 1925. In de jaren '70 en '80 van de vorige eeuw begon het aantal waarnemingen van *P. tomentosa* toe te nemen. Toename werd met name in warmere regio's van Duitsland waargenomen, zoals Rijnland-Palts en Baden-Württemberg, voornamelijk in stedelijke en industriële gebieden en langs spoorwegen (Essl, 2007).

In andere regio's van Duitsland werd weinig verspreiding waargenomen. In het Ruhrgebied werd *P. tomentosa* al decennia gecultiveerd, maar de eerste waarnemingen van uitzaaiingen werden pas in de jaren '90 gedaan. Daarna is verspreiding van de soort wel aanzienlijk toegenomen in het Ruhrgebied en ook in Noordrijn-Westfalen, ook weer met name in stedelijk gebied en langs spoorwegen. In andere regio's van Duitsland komt de soort nog weinig voor (Essl, 2007).

In Müllheim (Baden-Württemberg) werd in 1996 in een aanplantproef met *P. tomentosa* als korte-omloop-bos voor biomassa/hakhout een jaarlijkse productie van 30 ton droge stof per hectare waargenomen (Stimm *et al.*, 2013).

De firma WeGrow¹⁰ in Düsseldorf (Duitsland) heeft 7 productielocaties in Duitsland (200 ha) en 5 locaties in Spanje (150 ha). 4 van de Duitse locaties bevinden zich in het noorden, dicht bij de kust, en drie meer in midden-West-Duitsland. Het bedrijf is opgericht in 2009 heeft een eigen cultivar ontwikkeld, NordMax21, speciaal voor commerciële teelt in Duitsland en Europa. WeGrow schrijft op haar website dat de plantages jaarlijks 40 ton CO₂ per ha vastleggen.

Oostenrijk

De eerste zaailingen van *P. tomentosa* in het wild in Oostenrijk werden in 1960 in Wenen waargenomen. Sindsdien is de soort zich gaan verspreiden in de stad. In andere lager gelegen delen van Oostenrijk is *P. tomentosa* sinds de jaren '80 bezig met een duidelijke opmars, hoewel ook hier 90% van de individuen in verstedelijkte gebieden voorkomt. In natuurlijke open habitats, zoals open plekken in het bos en rivieroeveren komt de soort tot nog toe slechts weinig voor. In 2007 zijn de meeste waargenomen bomen nog relatief jong en zetten niet veel zaad (Essl, 2007).

¹⁰ <https://www.wegrow.de/en/home/>, geraadpleegd op 27 mei 2021.

3.2.2 Paulownia in Bulgarije en Polen

Bulgarije

Uit een kasexperiment in Bulgarije blijkt dat de groei van vegetatief vermeerderde *P. tomentosa* en *P. elongata x fortunei* vergelijkbaar zijn, maar dat deze groei zich bij *P. elongata X fortunei* meer concentreert in de stam en bij *P. tomentosa* meer in de bladeren. De groei van biomassa in het wortelstelsel is voor beide soorten vergelijkbaar en is in de jeugdfase van de planten meer dan de helft van de totale aanwas.

P. elongata x fortunei bleek gevoeliger voor vorstschade wat resulteerde in het afsterven van jonge bovengrondse delen. Dit zou de sterkere groei van de stam ten opzichte van *P. tomentosa* weer teniet kunnen doen. Na vorstschade vertonen beide soorten een sterk herstel in het volgende groeiseizoen. Dit wordt toegeschreven aan het goed ontwikkeld wortelstelsel. Desondanks lijkt de hier geteste kloon van *P. elongata x fortunei* minder geschikt voor de aanplant en productie van houtige biomassa voor energiedoelen. Vanwege de grotere vorstgevoeligheid en eventuele vorstschade moet de soort immers is ‘van verder komen’ om hiervan volledig te herstellen (Guyleva *et al.*, 2020).

Polen

Het dagblad Trouw (maart 2020) beschrijft in een artikel de introductie van Paulownia in Polen door het bedrijfje Oxytree, dat de Spaanse kloon ‘Paulownia Clone in Vitro 112’ aanplante. In 2020 is inmiddels 600 hectare aangeplant en lijkt Polen zeer geschikt voor Paulowniateelt, met uitzondering van het noordoosten van Polen, waar te weinig zonuren zijn. Een Poolse landbouwer verruilde twee jaar geleden zijn appelboomgaard voor de Paulownia-kloon, als alternatieve teeltvorm op zijn grond waar grootschalige landbouw vanwege de ligging naast een natuurgebied niet mogelijk is. Poolse milieuorganisaties hebben hun bedenkingen over de toename van Paulowniateelt in hun land, omdat de snelle groeier veel water vraagt en Polen juist vanwege klimaatverandering met toenemende droogteperiodes heeft te kampen.¹¹

3.2.3 Paulownia in Zuid-Europa: Frankrijk, Spanje en Italië

Informatie en ervaringen met Paulownia vanuit Frankrijk, Spanje en Italië beperkt zich veelal tot aanbieders van plantmateriaal en adviezen rondom de aanplant en teelt. Informatie over de praktische ervaringen met teelt en productie zijn ook hier moeilijk te achterhalen.

Frankrijk

Het initiatief ‘Paulownia in France’¹² promoot en verkoopt de Paulownia-cultivar shantong- (generatie 3) als veelbelovend voor de houtteelt. Vanwege de smalle kroon wordt een plantverband van 5x5m geadviseerd voor kleine plantages en agroforestry systemen. Een groei van 3 meter hoogte en 9 centimeter diameter in het eerste seizoen is volgens het initiatief niet ongebruikelijk, en onder gunstige omstandigheden kan in het derde jaar al meer dan 20 centimeter diameter en 10 meter hoogte worden behaald. De website noemt een absorptie van gemiddeld 85 kg CO₂ per jaar en de stikstofbindende eigenschappen van de cultivar Shantong (generatie 3).

Spanje

In Andalusië, Zuid-Spanje, zijn in 2013 twee klonen van *P. elongata x fortunei* (Cotevisa-2 en Suntzu-11) geplant en beoordeeld op hun potentie voor biomassa-productie onder hakhout-beheer. De gemiddelde jaartemperatuur in deze mediterrane regio is 16,5 °C met een

¹¹ <https://www.trouw.nl/nieuws/polen-experimenteert-met-zuurstofboom-b3b2d432/>, geraadpleegd op 26 mei 2021.

¹² <https://www.paulowniafrance.com/>, geraadpleegd op 25 mei 2021

gemiddelde jaarlijkse neerslag van 538 mm. Gedurende de wintermaanden komt de temperatuur niet onder het vriespunt. Beide klonen zijn aangeplant in een plantverband van 2x3 meter wat overeenkomt met 1.650 planten (stoven) per hectare. Alle proefaanplanten werden geïrrigeerd ($6.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$) en bemest (50 kg N , $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ en $50 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$). De stoven zijn in 10-12 jaar elke twee jaar afgezet (geogst). (Zoazo *et al.*, 2013)

De productie van bovengrondse biomassa van Cotevisa-2 bleek gemiddeld 1,8 maal hoger dan Suntzu-11. Aanplant in Sevilla liet de hoogste productie zien, met opbrengsten tussen 7,2 tot 14,0 ton droge stof (ds) per hectare. In Córdoba lagen de opbrengsten aanzienlijk lager: 1,7 tot 2,3 ton ds per hectare.

De gemiddelde gemeten verbrandingswaarden voor Cotevisa-2 en Suntzu-11 worden weergegeven in tabel 3.1 (Zuazo *et al.*, 2013). Deze waarden komen overeen met vergelijkbare waarnemingen voor Paulownia in andere studies (Lopez *et al.*, 2013; Vusić *et al.*, 2018).

De combinatie van een hoge biomassa-productie en verbrandingswaarden, vergelijkbaar met andere hakhoutsoorten (populier en wilg), maakt Paulownia volgens Zuazo *et al.* (2013) een zeer geschikte soort voor de aanleg van hakhoutplantages voor de teelt van houtige biomassa voor energiedoelen in de Mediterrane regio. De kloon Cotevisa-2 is hiervoor meest belovend (Zuazo *et al.*, 2013).

Tabel 3.1

Gemiddelde verbrandingswaarde van de *P. elongata*-klonen in de biomassapilot in Andalusië, Zuid-Spanje, in megajoule per kilo droge stof (kJ g^{-1}). Bron: Zuazo *et al.*, 2013.

| Kloon | LHV* | HHV** |
|------------|-------|-------|
| Cotevisa-2 | 13,83 | 19,07 |
| Suntzu-11 | 13,72 | 18,96 |

* "Low Heating Value", de onderste verbrandingswarmte, de energieopbrengst zonder de condensatie-energie van vrijkomende waterdamp.

** "High Heating Value", de bovenste verbrandingswarmte, energieopbrengst met inbegrip van de condensatie-energie van vrijkomende waterdamp.

Omstreeks dezelfde periode werd een vergelijkbaar onderzoek gedaan in de Extremadura, Zuidwest Spanje, waarbij de teelt en biomassa-productie van populier (klonen AF2 en Viriato) en de Paulownia- hybride *P. elongata* x *P. tomentosa* op braakliggende gronden werden vergeleken. Ook hier werd een plantverband van 2x3 meter voor Paulownia aangehouden en werd na aanplant aanvullend geïrrigeerd en bemest. Voor populier werd een plantverband van 1x3 meter aangehouden. Voor beide soorten zijn een aantal verschillende omlooptijden toegepast, van 1-jarige tot 5-jarige oogstcycli (populier maar tot 3 jaar) (Royano *et al.*, 2013).

Voor de Paulownia-hybride was de opbrengst van de oogst na één jaar laag als gevolg van beperkte wortelontwikkeling. In de jaren daarna nam de biomassa-productie echter aanzienlijk toe tot een gemiddelde productie van 13 ton droge stof (ds) per hectare per jaar. De populierenklonen lieten een vergelijkbare productie zien: 13 ton ds per hectare per jaar voor AF2 en 14,3 ton ds per hectare per jaar voor Viriato. Op basis van deze resultaten wordt geconcludeerd dat beide soorten een goed alternatief zijn voor de aanleg van hakhoutcultures op braakliggende gronden (Royano *et al.*, 2013).

Het Spaanse 'Paulownia Professional Company'¹³ is een producent van plantmateriaal van verschillende variëteiten voor verschillende toepassingen (hout, bio-energie, veevoeder, biodiversiteit, olie etc.). Op een oppervlak van 2 hectare produceert het bedrijf jaarlijks een half miljoen stuks plantmateriaal van Paulownia. In haar promotiefolder noemt het bedrijf een potentiële opbrengst van 240 tot 350 m³ kwaliteitshout per hectare na 7 jaar.

Italië

Het bedrijf 'Paulownia Italy'¹⁴ heeft zich gespecialiseerd in de in-vitro selectie en vermeerdering van Paulownia. Dit heeft geresulteerd in de cultivar Paulownia Z07 Pao Tong (SuperHybrid), voortgekomen uit een kruising tussen *P. tomentosa*, *P. fortunei* en *P. kawakamii*. Deze hybride is zeer gewaardeerd in Japan vanwege haar snelle groei en goede houtkwaliteit, maar vooral ook vanwege de weinige eisen die de soort stelt aan bodem, water en klimaat. De cultivar is, volgens het bedrijf, goed bestand tegen hitte, droogte en vorst (tot -33 °C) en zou daarmee het meest vorstbestendig zijn. Juist om deze reden wordt deze cultivar aangeprezen als geschikt voor aanplant in Europa.

¹³ <https://paulownia.pro/en/paulownia/>, geraadpleegd op 25 mei 2021

¹⁴ <https://www.paulowniaitaly.com/?lang=en>, geraadpleegd op 25 mei 2021

4 Kansen voor Paulownia in Nederland

4.1 Is Nederland geschikt voor aanplant van Paulownia?

Zoals is aangegeven in paragraaf 2.2 stelt Paulownia weinig eisen aan bodemvruchtbaarheid en komt voor op een brede range aan bodemtypen, met name lemige tot zandige bodems. Optimaal zijn zonnige en windstille groeiplaatsen op diep doorwortelbare zandige bodems met een pH tussen 5 en 8,5 (Donald, 1990; Stimm *et al.*, 2013; Van Diepeningen, 1999; Zhu *et al.*, 1986). Hiermee is een groot deel van de Nederlandse bodems geschikt voor de aanplant van Paulownia. Een deel van de Nederlandse zandgronden heeft echter een pH lager dan 5. De groei op deze gronden zal daarom niet optimaal zijn.

Gemiddeld valt in Nederland 847 mm per jaar. Hiermee valt de neerslag ruim binnen de neerslagwaarden van het natuurlijk verspreidingsgebied van Paulownia. Voor alle Paulownia soorten geldt dat ze pas groeien boven een temperatuur van 8°C en dat ze de beste groei bereiken bij 24-29°C (Donald, 1990; Zhu *e.a.*, 1986). De gemiddelde jaartemperatuur in Nederland lag de afgelopen jaren tussen de 10 en 11 °C¹⁵. Dit is daarmee voldoende om groei mogelijk te maken. De gemiddelde zomertemperatuur in Nederland lag de afgelopen jaren tussen de 17 en 18 °C¹⁶. Dit is een stuk lager dan de temperatuur die in de literatuur wordt genoemd voor een optimale groei van Paulownia.

De meeste Paulownia soorten kunnen slecht tegen vorst. Bij temperaturen van -5 tot -10°C zullen de niet-verhoude delen al snel afsterven. Dit speelt met name bij jonge bomen. Volwassen exemplaren zijn minder vorstgevoelig (Essl, 2007; Van Diepeningen, 1999). De gemiddelde wintertemperatuur in Nederland lag de afgelopen jaren tussen de 4 en 5°C¹⁷. Temperaturen van -5 tot -10°C kunnen wel voorkomen. Bij de aanplant van Paulownia in Nederland vormt vorst in de jeugdfase daarom wel een risico. Het selecteren van meer vorstresistente cultivars kan hierbij verstandig zijn.

4.2 Kansen voor biomassateelt met Paulownia in Nederland

Hoewel er in Nederland geen ervaring is met de teelt van Paulownia voor biomassa zijn er een aantal veelbelovende ervaringen op experimentele schaal vanuit de ons omringende landen. Het globale beeld dat hieruit naar voren komt is dat Paulownia zeer geschikt is voor de productie van houtige biomassa in korte omloop hakhoutcultures, waarbij tussen de 1650 en 3300 bomen per hectare worden geplant en een oogstcyclus van 1 tot 5 jaar wordt aangehouden (Royano *et al.*, 2013; Zuazo *et al.*, 2013; Icka *et al.*, 2016). Volgens Bikfalvi (2013) kan Paulownia 3 tot 5 keer worden geoogst voordat de hergroei vanuit de stobben achterblijft en er herplant nodig is. Ook Zhu *et al.* (1986) geven aan dat het aantal cycli beperkt is. Voor de cultivar Cotevisa-2 zou het aantal kapcycli aanzienlijk meer kunnen zijn¹⁸.

Er zijn weinig data gevonden over biomassaproductie van Paulownia in Europa. Woods (2008) noemt in een studie naar de mogelijkheden voor biomassateelt met Paulownia in Noord-Ierland op basis van literatuur een productie van 30 ton droge stof (ds) per hectare per jaar. Wel plaatst Woods (2008) de kanttekening dat het de vraag is of deze productie ook kan worden

¹⁵ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0226-temperatuur-mondiaal-en-in-nederland>

¹⁶ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0226-temperatuur-mondiaal-en-in-nederland>

¹⁷ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0226-temperatuur-mondiaal-en-in-nederland>

¹⁸ mededeling Roland van der Hoek; email d.d. 21 juni 2021

gehaald in Noord-Ierland. In een experiment met biomassateelt met Paulownia in Baden Württemberg (Duitsland) wordt een productie van 30 ton droge stof per hectare per jaar gerapporteerd (Stimm *et al.*, 2013). Uit een aantal experimenten in Spanje zijn productiecijfers gevonden die variëren tussen de 2 en 14 ton ds per hectare per jaar (Royano *et al.*, 2013; Zuazo *et al.*, 2013).

Welke productie Paulownia in Nederland kan halen is nog onzeker, aangezien er geen ervaringen en cijfers gevonden zijn van biomassaproductie met Paulownia in Nederland of gebieden met een vergelijkbaar klimaat. Aangezien de temperaturen in de zomer wel lager liggen dan de in de literatuur genoemde optimale temperatuur voor goede groei, is de verwachting dat de productie in Nederland een stuk lager ligt dan 30 ton ds/ha/jr. Op basis van de bovenstaande bronnen is de inschatting dat de productie gemiddeld 16 ton ds per hectare per jaar kan bedragen, mits Paulownia niet teveel last ondervindt van vorst.

4.2.1 Kansen vermarkting Paulownia biomassa

In 2019 was 8,7 procent van het Nederlandse energieverbruik afkomstig uit hernieuwbare bronnen. Biomassa is hierbinnen met 59% verreweg de belangrijkste energiebron. Naar schatting wordt circa 27% van alle hernieuwbare energie opgewekt met hout (Linders *et al.*, 2020). Hiervoor is bijna 3,2 miljoen ton droge stof (ds) aan hout benut, bestaande uit:

- vers hout uit bos, landschap en de bebouwde omgeving in de vorm van haardhout en chips of shreds¹⁹ (35%);
- houtpellets (33%);
- gebruikt hout (afvalhout) (30%);
- resthout van de houtverwerkende industrie (zaagsel, schaafsel, etc.) (2%)

(Teeuwen *et al.*, 2020).

Het vers hout komt grotendeels uit Nederland. Pellets worden voor het overgrote deel geïmporteerd uit de Baltische Staten. De Nederlandse pelletproductie is relatief beperkt. Gebruikt hout is grotendeels afkomstig uit Nederland en voor een klein deel ingevoerd. De markt voor resthout is verwaarloosbaar.

Van de 1.110 kton ds vers hout die in 2019 is benut voor energieopwekking bestond 689 kton uit haardhout en 421 kton uit verse houtige biomassa (chips en shreds) (Teeuwen *et al.*, 2020). Voor het verkennen van de marktkansen voor geteelde biomassa uit Paulowniaplantages is met name de markt voor chips en shreds van belang. Probos heeft in 2018 een uitgebreide studie uitgevoerd naar vraag en aanbod van verse houtige biomassa in Nederland. Op de korte termijn zal verse houtige biomassa vooral worden toegepast voor duurzame warmteopwekking bij particulieren, bedrijven en bij stadsverwarming. Op de lange termijn zal deze houtige biomassa vooral worden ingezet voor toepassingen waarvoor nauwelijks alternatieve, kosteneffectieve duurzame bronnen beschikbaar zijn, zoals hoge temperatuurwarmte voor de industrie en biobrandstoffen voor lucht- en scheepvaart. De verwachting is dat de benutting van verse biomassa voor energieopwekking tot 2030 sterk zal stijgen: van ca 421 kton nu naar 899 kton in 2030. Daarna zal de groei geleidelijk afvlakken en na 2050 mogelijk zelfs dalen. Het aanbod aan verse houtige biomassa uit het Nederlandse bos, landschap en bebouwde omgeving wordt in 2030 afhankelijk van het aanbodscenario geschat op 662 tot 955 kton. Dit betekent dat er in een aantal scenario's onvoldoende Nederlandse verse houtige biomassa beschikbaar zal om aan de stijgende vraag te voldoen (Boosten *et al.*, 2018).

Verwacht wordt dat op de langere termijn ook de chemische materiaal toepassingen een vlucht zullen nemen, waarbij in 2030 de inzet van biomassa voor chemicaliën en materialen relatief

¹⁹ Shreds is een grove houtige fractie, vaak gemaakt van takken, wortels en stronken. Bij de verwerking worden hamers en klepels gebruikt en geen messen (zoals bij chippen).

sterker is gegroeid dan de inzet voor energie en brandstoffen. Momenteel is er nog nauwelijks vraag naar houtige biomassa voor bio-based producten en chemicaliën. De verwachting is dat het merendeel van de bio-based processen op termijn gebruik zal maken van geïmporteerde houtpellets. Houtpellets zijn, in tegenstelling tot chips en shreds, een bulkproduct (commodity) dat eenvoudig in grote hoeveelheden en met een homogene kwaliteit ingekocht kan worden (Boosten *et al.*, 2018).

Gezien de sterk stijgende vraag naar verse houtige biomassa tot 2030 en het beperkte aanbod uit bos, landschap en bebouwde omgeving liggen er kansen voor biomassateelt in Nederland mits deze biomassa qua prijs kan concurreren met geïmporteerde biomassa. De prijs voor verse houtige biomassa (houtchips) ligt momenteel tussen de 15 en 25 euro per ton aan de bosweg (afgehaald in het terrein). De calorische waarde van de biomassa heeft momenteel in Nederland nog niet of nauwelijks invloed op de biomassaprijs. Hoe de prijs zich de komende jaren zal ontwikkelen, is lastig te voorspellen.

4.2.2 Vergelijking met biomassaplantages wilg

In Nederland vindt er momenteel geen grootschalige teelt van biomassa plaats van houtige gewassen. Op experimentele schaal is er wel al enkele decennia ervaring opgedaan met biomassateelt in zogenaamde korte omloopplantages van wilg, populier en els. De meest geschikte soort voor biomassateelt in Nederland lijkt vooralsnog wilg (Kuiper, 2003; Boosten & Jansen, 2014; Boosten *et al.*, 2016).

Om de kansen voor biomassateelt met Paulownia in Nederland nader te verkennen wordt in tabel 4.1 een vergelijking gemaakt tussen biomassateelt met wilg en biomassateelt met Paulownia. Hierbij worden de kosten en de biomassa-opbrengsten vergeleken. Ook wordt voor beide teeltsystemen aangegeven wat de bijdrage aan de biodiversiteit is.

Tabel 4.1

Vergelijking kosten, opbrengsten en enkele andere kenmerken van wilg en Paulownia toegepast in biomassaplantages. Let op: de cijfers voor Paulownia zijn afkomstig uit een beperkt aantal buitenlandse bronnen en zijn niet gebaseerd op ervaringen in Nederland. De cijfers kennen daarom een hoge onzekerheidsmarge en zijn slechts bedoeld als een eerste indicatie voor de kansen.

| Kenmerk | Wilg | Bronnen/opmerkingen | Paulownia | Bronnen/opmerkingen |
|------------------------------------|---------------------------|--|---------------------------|---|
| Aanplantkosten (excl. grondkosten) | €4.000 / ha | Jansen & Boosten, 2013; Boosten <i>et al.</i> , 2016 | €9.900/ha | Woods, 2008 ²⁰ |
| Oogstkosten | € 1.000 / ha (per cyclus) | Jansen & Boosten, 2013 | € 1.000 / ha (per cyclus) | Schatting |
| Biomassaproductie | 10 ton ds/ha/jr | Kuiper, 2003; Boosten & Jansen, 2010 | 16 ton ds / ha/jr | Gemiddelde van cijfers genoemd in Stimm <i>et al.</i> , 2013; Royano <i>et al.</i> , 2013; Zuazo <i>et al.</i> , 2013; Woods, 2008) |

²⁰ Woods (2008) stelt in tabel 14 dat de aanleg van een biomassaplantage van Paulownia £ 7.286 per hectare kost. Dit bedrag is omgerekend naar euro's tegen de op 1-1-2008 geldende wisselkoers: 1 GBP = 1,3636 EUR (Bron: <https://wisselkoers-euro.nl/archief-wisselkoersen/2008-01-01/>). Hoge aanplantkosten worden mede veroorzaakt door de kostprijs van het plantmateriaal, handmatig t.o.v. machinaal planten als een gevolg van het beperktere aantal planten per ha. En de intensieve verzorging van de aanplant in de jeugdfase (onkruidverwijdering).

Tabel 4.1

Vergelijking kosten, opbrengsten en enkele andere kenmerken van wilg en Paulownia toegepast in biomassaplantages. Let op: de cijfers voor Paulownia zijn afkomstig uit een beperkt aantal buitenlandse bronnen en zijn niet gebaseerd op ervaringen in Nederland. De cijfers kennen daarom een hoge onzekerheidsmarge en zijn slechts bedoeld als een eerste indicatie voor de kansen.

| Kenmerk | Wilg | Bronnen/opmerkingen | Paulownia | Bronnen/opmerkingen |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
| Oogstcyclus | 3 jaar | Boosten et al., 2016 | 3 jaar | In de onderzoeken van Royano et al. (2013) en Zuazo et al. (2013) worden oogstcycli tussen de 1 en 5 jaar genoemd |
| Maximum aantal oogstrotaties | 7 | Jansen & Boosten, 2013 | 5 | Zhu <i>et al.</i> , 1986; Bikfalvi, 2013 |
| Theoretisch maximaal haalbare biomassaproductie | 210 ton ds ≈ 420 ton verse biomassa | Berekend door de biomassaproductie te vermenigvuldigen met de oogstcyclus en het maximum aantal oogstrotaties | 240 ton ds ≈ 480 ton verse biomassa | Berekend door de biomassaproductie te vermenigvuldigen met de oogstcyclus en het maximum aantal oogstrotaties |
| Bijdrage biodiversiteit | Gemiddeld | Inschatting op basis van monitoringsresultaten in NL (Boosten & Jansen, 2010) | Laag | Inschatting op basis van het feit dat paulownia een uitheemse boomsoort is. |

4.3 Kansen voor houtteelt met Paulownia in Nederland

Er is in Nederland, voor zover bekend, geen ervaring met Paulownia voor de houtteelt. Ook de ervaringen in Noordwest Europa zijn schaars. Betrouwbare groei- en opbrengstcijfers zijn niet gevonden.

Paulowniahout wordt in Nederland momenteel nog maar zeer beperkt verhandeld. Exacte data zijn niet beschikbaar. Op basis van de uit de literatuur bekende toepassingen voor Paulownia is de verwachting dat het momenteel in Nederland vooral wordt benut voor meubels en houtsnijwerk. Paulowniahout is daarnaast volgens de literatuur geschikt voor multiplex, spaanplaat, parket, klompen, kisten en kratten, papier, houtskool en surfplanken (zie paragraaf 2.7).

In agroforestry lijken vooral kansen te liggen voor *P. elongata*. In China is dit de meest gebruikte soort voor toepassing in agroforestry-systemen vanwege de gunstige stam- en kroonvorm. *P. tomentosa* wordt in China niet als agroforestry-soort toegepast vanwege de relatief kortere stam en de dichtere kroon die minder licht doorlaat voor de onderliggende gewassen. (Jensen, 2019)

4.3.1 Kansen vermarkting Paulowniahout

Qua eigenschappen en toepassingen kan Paulownia het best worden vergeleken met populierenhout. De markt voor populierenhout geeft daarmee een indicatie voor de marktkansen voor paulowniahout. Populier is de belangrijkste loofhoutsoort en de tweede belangrijkste boomsoort voor de Nederlandse rondhoutverwerkende industrie. In 2019 was 18% van al het in Nederland verwerkte rondhout populier (112.000 m³). Hiervan kwam bijna 70% uit Nederland, de rest werd geïmporteerd. De 132.000 m³ populierenrondhout dat in 2019 in Nederland werd geoogst is als volgt afgezet:

- Verwerking in Nederland (59%):
 - Zaaghout voor de met name emballage industrie (pallets en kisten) (29%)
 - Vezelhout voor met name de productie van stalstrooisel (26%)
 - Klompenproductie (2%)
 - Kartonproductie (1%)
- Export (41%):
 - Vezelhout voor met name de productie van papier (35%)
 - Zaaghout (5%)
 - Fineerhout: schilfineer voor de fabricage van onder meer triplex, lucifers en verpakkingsmateriaal voor de voedselindustrie (1%)

(Bron: Jaarlijkse enquête onder Nederlandse rondhoutverwerkers door Probos).

De prijs die voor populierenhout wordt betaald is uiteraard afhankelijk van de kwaliteit en toepassing. De gemiddelde prijs van populierenhout op stam fluctueerde tussen 2014 en 2018 tussen de 9 en 29 euro per m³ (Silvis & Voskuilen, 2020).

Er zijn in Nederland geen rondhoutprijzen gevonden voor Paulownia. In een paar geraadpleegde bronnen worden wel enkele prijzen genoemd voor paulowniahout elders in Europa die variëren van 200 tot 400 euro per m³. Dit is met name hout voor de meubelindustrie (Bezarević, 2016). Vermoedelijk gaat het hier om prijzen voor gezaagd en gedroogd hout en niet om rondhout.

Jensen (2016) beschrijft op basis van ervaring van de firma WeGrow in Duitsland dat een prijs van 213 euro per m³ wordt betaald voor wat B-kwaliteit hout genoemd. Voor goede kwaliteit kan in Duitsland zelfs tot 300 euro per m³ worden betaald, in Spanje tot 200 euro per m³. Ook hier wordt echter niet duidelijk of het rondhout of gezaagd en gedroogd hout betreft. Hoewel goede kwaliteit Paulowniahout geschikt lijkt voor een meer hoogwaardige toepassing dan populier – wat zich zou moeten vertalen in hogere marktprijzen – wordt dit vooralsnog niet gestaafd door de hiervoor geraadpleegde literatuur.

4.3.2 Vergelijking met populierenteelt

In tabel 4.2 wordt de teelt van paulowniahout vergeleken met populierenteelt.

| Kenmerk | Populier | Bronnen/opmerkingen | Paulownia | Bronnen/opmerkingen |
|------------------------------------|-------------------------------|---|-----------|---|
| Aanplantkosten (excl. grondkosten) | €1.900 / ha | https://agroforestrykip.nl/teeltsystemen/populierenteelt/ | €4.600/ha | Woods, 2008 ²¹ |
| Snoeikosten | € 800 | https://agroforestrykip.nl/teeltsystemen/populierenteelt/ | Onbekend | |
| Opbrengst | 250 m ³ na 20 jaar | https://agroforestrykip.nl/teeltsystemen/populierenteelt/ | Onbekend | |
| Bijdrage biodiversiteit | Hoog | http://populierenland.com/natuur/ | Laag | Inschatting op basis van het feit dat paulownia een uitheemse boomsoort is. |

4.4 Aanplantkansen Paulownia in Nederland

In de Bossenstrategie (LNV & IPO, 2020) is de ambitie uitgesproken om het Nederlandse bosareaal met 10% te vergroten. Dit betekent dat er tot en met 2030 circa 37.000 hectare nieuw bos moet worden gerealiseerd. Deze bosuitbreidingsopgave wordt als volgt ingevuld:

- Compensatie gekapt bos voor Natura 2000 doelen: 3.400 ha
- Bosuitbreiding binnen het Natuur Netwerk Nederland (NNN): 15.000 ha
- Bosuitbreiding buiten het Natuur Netwerk Nederland (NNN): 19.000 ha, waarvan 7.000 ha agroforestry²².

Voor de aanplant van Paulownia liggen er alleen kansen binnen de categorie bosuitbreiding buiten het Natuur Netwerk Nederland (NNN), aangezien binnen het NNN aanplant van uitheemse boomsoorten doorgaans ongewenst is. Ook buiten het NNN zullen grondeigenaren naar verwachting terughoudend zijn met de grootschalige aanplant van Paulownia aangezien het een uitheemse en nog vrij onbekende soort is. De grootste kansen voor Paulownia worden voornamelijk verwacht binnen het areaal van 7.000 hectare agroforestry beplantingen.

²¹ Woods (2008) stelt in tabel 14 dat de aanleg van een Paulownia-aanplant voor de houtproductie £ 3.404 per hectare kost. Dit bedrag is omgerekend naar euro's tegen de op 1-1-2008 geldende wisselkoers: 1 GBP = 1,3636 EUR (Bron: <https://wisselkoers-euro.nl/archief-wisselkoersen/2008-01-01/>)

²² Op lange termijn wordt er zelfs een areaal agroforestry van 25.000 hectare nagestreefd (LNV & IPO, 2020; Luske et al., 2020).

5 Wetgeving

Voordat wordt overgegaan tot aanplant van Paulownia op landbouwgrond is het van belang om te controleren of dit past binnen het bestemmingsplan en wenselijk is binnen de huidige wet- en regelgeving. Meer informatie over het bebossen van landbouwgronden is te vinden op de Gereedschapskist Klimaatslim Bos- en Natuurbeheer²³.

5.1 Bestemmingsplannen

Gemeenten willen soms de openheid van het landschap bewaren of er kan sprake zijn van archeologische waarden. Op grond van dergelijke argumenten kan het zijn dat aanplant niet wordt toegestaan. In andere situaties kan het zijn dat een bestemmingsplanwijziging moet worden aangevraagd.

5.2 Functieverandering landbouwgrond

Zodra het aantal bomen op 1 hectare landbouwgrond boven de 50 uitkomt, dan wordt het door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) gezien als bos in plaats van landbouwgrond. De terreineigenaar komt dan voor dit areaal niet meer in aanmerking voor landbouwsubsidies en ook de mestplaatsingsruimte vervalt. Er treedt een functieverandering op met een afwaardering van de grond. Dit kan grote bedrijfseconomische gevolgen hebben voor de eigenaar.

5.3 Houtopstand onder de Wet natuurbescherming

Wanneer het perceel als bos wordt gezien, valt het onder hoofdstuk 4 'Houtopstanden' van de Wet natuurbescherming. Volgens deze wet is een houtopstand een zelfstandige eenheid van bomen, boomvormers, struiken, hakhout of griend, die een oppervlakte grond beslaat van tien are of meer, of bestaat uit een rijbeplanting die meer dan twintig bomen omvat, gerekend over het totaal aantal rijen. Voor houtopstanden moet een kapmelding worden ingediend bij de provincie en geldt een herplantplicht wanneer de opstand in zijn geheel of gedeeltelijk geveld wordt. Er mag wel gedund²⁴ worden zonder kapmelding. Het is bij sommige provincies ook mogelijk een ontheffing van de herplantplicht aan te vragen, zodat voor 40 jaar tijdelijk bos aangelegd kan worden zonder dat de landbouwgrond zijn status verliest.

Er zijn een aantal uitzonderingen, waaronder biomassaplantages van populieren, wilgen, essen of elzen. De aanleg van (biomassa-)plantages met Paulownia wordt niet expliciet genoemd en zou hiermee dus onder de herplantplicht vallen.

²³ <https://www.vbne.nl/klimaatslimbosennatuurbeheer/maatregel/bebossen-landbouwgronden>

²⁴ Dunnen is het kappen van bomen dat geschiedt als verzorgingsmaatregel ter bevordering van de groei van de overblijvende houtopstand.

5.4 Exoten in de Wet natuurbescherming

In het kader van de Wet Natuurbescherming (artikel 3.34) is het verboden om “exoten behorende tot bij algemene maatregel van bestuur aangewezen plantensoorten te planten of te zaaien [...] waarvan redelijkerwijs vermoed kan worden dat schade wordt aangedaan aan Natura2000-gebieden.”

Bovenstaand artikel is met name bedoeld om potentiële risico's van ongewenste verspreiding van soorten te beperken. De vermelding van *P. tomentosa* op de Oostenrijkse “Graue Liste” met potentieel invasieve soorten (Signaleringsproject Exoten, 2020), de gelijkenis met hemelboom Essl (2007) die per augustus 2019 is toegevoegd aan de Europese Unielijst van invasieve exoten en de toename aan signalering van *P. tomentosa* in Nederland (Signaleringsproject Exoten, 2020) suggereren dat het wisselijk is om dit wetsartikel in acht te nemen bij de afweging om tot aanplant van Paulownia soorten over te gaan in de nabijheid van Natura2000-gebieden.

5.5 Beoordeling NVWA

In Nederland is er geen gestandaardiseerde lijst met criteria voor (invasieve) exoten. De NVWA maakt gebruik van het Belgische ISEIA-protocol wanneer zij een exotische soort wil beoordelen (Branquart, 2009). Op basis van dit protocol zou *P. tomentosa* een score 9 krijgen, en op de lijst met riskante soorten staan. Aangezien *P. elongata* nog niet in de verspreidingsatlas van Nederland staat, kan hiervoor geen beoordeling worden gedaan.

5.6 Certificering

Ook nieuw aangelegde bossen kunnen in aanmerking komen voor certificering van duurzaam bosbeheer met FSC of PEFC (Jansen *et al.*, 2009). Hierbij worden vaak wel eisen gesteld aan de rol van invasieve exoten binnen het gecertificeerde bos. In de Nederlandse FSC- standaard staat dit als volgt: “De beheerder voorkomt dat invasieve, uitheemse soorten negatieve gevolgen kunnen krijgen op de beheerdoelstellingen door ze niet te introduceren en voor bestaande populaties vroegtijdig een bestrijdingsstrategie te ontwikkelen en uit te voeren” (FSC, 2019). In de Nederlandse PEFC-standaard wordt wel vermeldt dat inheemse bomen en struiken een aandeel van ten minste 20% moeten hebben en dat het gecertificeerde eigendom voor 50% uit gemengd bos moet bestaan, maar wordt niets vereist met betrekking tot uitheemse soorten of invasieve soorten (PEFC, 2016).

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is in kaart gebracht wat de mogelijkheden zijn voor Paulowniateelt in Nederland. Het geslacht Paulownia kent 9 verschillende soorten. In dit rapport is specifiek gekeken naar de soorten *P. tomentosa* en *P. elongata*. Waar mogelijk is de informatie voor deze soorten specifiek gemaakt. Op basis van de in deze verkenning gebundelde informatie worden de volgende conclusies gegeven:

- In Nederland is slechts zeer beperkt ervaring met de aanplant van Paulownia. Deze ervaring is bovendien veelal beperkt tot aanplant in tuinen, parken en als laanbomen. In Europa zijn de ervaringen met Paulowniateelt voor de productie van hout of biomassa ook nog relatief beperkt. De meeste ervaringen stammen uit Zuid- en Zuidoost-Europa.
- Een belangrijk deel van de Nederlandse groeiplaatsen (bodems) lijkt in principe geschikt voor de aanplant van Paulownia. Aandachtspunt bij aanplant op de zandgronden is wel dat de pH niet lager mag zijn dan 5.
- Paulownia kan groeien in het Nederlandse klimaat, maar voor een optimale groei is de gemiddelde temperatuur in met name het groeiseizoen te laag. De groei zal daarom lager uitvallen dan wordt gerapporteerd in de literatuur uit het oorspronkelijke herkomstgebied of Zuid(oost)-Europa. Monitoring van (experimentele) aanplanten in Nederland is daarom nodig om meer adequate uitspraken te kunnen doen over groei in het Nederlandse klimaat.
- Een belangrijk aandachtspunt voor de aanplant van Paulownia in Nederland is de gevoeligheid voor vorst, waarbij met name de nog niet-verhoude delen van de boom kunnen afsterven. Bij de aanplant van Paulownia in Nederland vormt vorst in de jeugdfase daarom een serieus risico. Het verdient aanbeveling om te kijken welke minder vorstgevoelige herkomsten van Paulownia beschikbaar zijn voor aanplant in Nederland en op experimentele schaal te testen hoe deze herkomsten gedijen onder Nederlandse omstandigheden.
- Paulownia kan mogelijk een positief effect hebben op de bodemkwaliteit. Met het goed ontwikkelde wortelstelsel kan Paulownia nutriënten uit diepere bodemlagen weer in de bovenste bodemlagen beschikbaar maken en de bodemstructuur verbeteren. Het nutriëntenrijke blad maakt gebruik als groenbemester of als veevoer mogelijk interessant.
- Paulownia kan zich door snelle groei, makkelijke verspreiding van zaden en het vermogen tot vegetatieve vermeerdering, mogelijk invasief gedragen op groeiplaatsen waar concurrentie en begrazing laag zijn. In enkele landen wordt de soort daarom beschouwd als (potentieel) invasieve soort. Paulownia lijkt zich tot nog toe in Europa niet invasief te gedragen. In Nederland wordt *P. tomentosa* sinds 2000 verwilderd aangetroffen. Vooralsnog lijkt de verspreiding ook hier voornamelijk in en rondom steden plaats te vinden. Voordat wordt overgegaan tot teelt van Paulownia (op grotere schaal) verdient het aanbeveling om in overleg met de NVWA een meer gedegen risico-inschatting te maken van het potentieel invasief karakter van Paulownia en de mogelijke risico's hiervan in Nederland.
- Met de uitbundige bloei van de grote lilablauwe bloemen en de zeer grote bladeren is de Paulownia een bijzondere verschijning en kan daarmee helpen om het landschap te verfraaien. De bloeiende bloemen van *P. tomentosa* worden door insecten bezocht. De

verdere bijdrage die Paulownia kan leveren aan de biodiversiteit wordt vooralsnog relatief beperkt ingeschat.

- De bijdrage die met Paulowniateelt kan worden geleverd aan de CO₂-vastlegging hangt nauw samen met de groei van de bomen onder Nederlandse omstandigheden. Aangezien er nog nauwelijks ervaringen zijn met paulowniateelt in Nederland, is het vooralsnog lastig om hier uitspraken over te doen.
- Paulownia wordt vanwege zijn snelle groei en relatief hoge calorische waarde in de literatuur genoemd als interessante soort voor de biomassaproductie. Enkele bronnen geven wel aan dat de calorische waarde weinig verschilt van wilg en populier, soorten die ook veel worden toegepast in de biomassateelt. Uit een aantal veelbelovende ervaringen op experimentele schaal vanuit Europa komt het beeld naar voren dat Paulownia zeer geschikt is voor de productie van houtige biomassa in korte-omloop hakhoutcultures, waarbij het aantal oogstcycli dat kan worden behaald beperkt is tot circa 5. Verschillende bronnen noemen een biomassaproductie die varieert van 14 tot 30 ton droge stof (ds) per hectare per jaar. Aangezien de temperaturen in de zomer hier lager liggen dan de in de literatuur genoemde optimale temperatuur voor goede groei, is de verwachting dat de productie in Nederland een stuk lager ligt dan 30 ton ds/ha/jr. De voorlopige inschatting is dat de productie in Nederland gemiddeld 16 ton ds per hectare per jaar kan bedragen, mits de Paulownia niet te veel last ondervindt van vorst. Ook hier zal monitoring van experimentele proefaanplanten meer uitsluitsel geven over de mogelijke biomassa-productie met Paulownia in Nederland.
- De verwachting is dat de benutting van verse biomassa voor energieopwekking tot 2030 zal verdubbelen ten opzichte van nu, terwijl het binnenlandse aanbod van biomassa uit bos, landschap en bebouwde omgeving niet helemaal aan deze vraag zal kunnen voldoen. Gezien deze sterk stijgende vraag en het beperkte aanbod liggen er kansen voor biomassateelt in Nederland, mits deze biomassa qua prijs kan concurreren met overige bronnen. Uit een eerste grove vergelijking van biomassateelt met Paulownia en biomassateelt met wilg komt het beeld naar voren dat de geschatte productie van Paulownia hoger ligt dan die van wilg (respectievelijk 10 en 16 ton ds/ha/jr), maar dat het aantal kapcycli minder is (5 tegenover 7) en dat de aanplantkosten aanzienlijk hoger zijn. Vanuit economisch perspectief wordt geadviseerd om deze doorrekening in meer detail te maken voordat tot grootschalige aanleg van paulownia-plantages wordt besloten.
- Ervaringen met toepassing van Paulownia voor de houtteelt in Noordwest-Europa zijn schaars. Betrouwbare groei- en opbrengstcijfers zijn niet gevonden. Paulowniahout wordt in Nederland momenteel nog maar zeer beperkt verhandeld. Exacte data zijn niet beschikbaar. De eigenschappen en toepassingen van paulowniahout kunnen het best worden vergeleken met die van populier. De markt voor populierenhout geeft daarmee een indicatie voor de marktkansen voor paulowniahout. Al kan Paulownia wel veel gaffelvorming vertonen, wat gebruik voor hoogwaardige toepassingen kan bemoeilijken. Een vergelijking van kosten en baten tussen Paulownia en populier is nauwelijks te maken omdat hierover onvoldoende gegevens beschikbaar zijn. Wel kan gesteld worden dat de kosten van aanleg van Paulownia forst hoger liggen dan die van populier.
- In de Bossenstrategie is de ambitie uitgesproken om het Nederlandse bosareaal met 10% te vergroten. Dit betekent dat er tot en met 2030 circa 37.000 hectare nieuw bos moet worden gerealiseerd. Voor de aanplant van Paulownia liggen er hierbij kansen binnen de categorie bosuitbreiding buiten het Natuur Netwerk Nederland (NNN), binnen het NNN is de aanplant van uitheemse boomsoorten ongewenst. Ook buiten het NNN zullen grondeigenaren naar verwachting terughoudend zijn met de grootschalige aanplant van

Paulownia als uitheemse en nieuwe soort. De grootste kansen voor Paulownia worden vooralsnog verwacht binnen het areaal van 7.000 hectare agroforestry beplantingen.

Op basis van de beperkt beschikbare informatie en ervaringen die er tot nu toe zijn met de aanplant van Paulownia in Nederland, kan geconcludeerd worden dat de mogelijkheden van Paulownia vooral lijken te liggen in de aanplant voor de productie van houtige biomassa. Maar ook hier zijn nog een aantal onduidelijke aspecten die nader onderzocht zouden moeten worden en vooralsnog een kleinschalige en experimentele aanplant rechtvaardigen. Naast een gedegen voorbereiding is het vervolgens van belang om de ontwikkeling van deze experimentele aanplanten langdurig te monitoren.

Bronnen

- Akyildiz, M. H. 2014. Screw-nail withdrawal and bonding strength of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Wood Science*, 60(3), 201-206.
- Angelov, B. 2010. Paulownia the tree of future. Velboy Ltd. Bulgaria. Via: Icka, P., Damo, R., & Icka, E. (2016). Paulownia Tomentosa, a Fast Growing Timber. *Annals "Valahia" University of Targoviste - Agriculture*, 10(1), 14-19.
- Barton, I.L., I.D. Nicholas, C.E. Ecroyd. 2007. *Paulownia*. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute.
- Bezarević, I. 2016. Europese Möbelhersteller zeigen Interesse für Paulownia aus Serbien - Immer größere Fläche mit "Baum der Zukunft" bepflanzt. *eKapija*. 17-11-2016. <https://www.ekapija.com/de/where-to-invest/1599573/europaeische-moebelhersteller-zeigen-interesse-fuer-paulownia-aus-serbien-immer-groessere-flaeche-mit#>, geraadpleegd op 7 mei 2021.
- Bikfalvi, M. 2013. *The Intelligent Tree*. Paulownia GreenE, Romania.
- Boosten, M., P. Jansen. 2010. *Flevo-energiehout. Resultaten van groei- en opbrengstmetingen en biodiversiteitsmetingen 2006-2008*. Wageningen, Stichting Probos.
- Boosten, M., P. Jansen. 2014. Wilgenplantages in Nederland: stand van zaken. *Bosberichten*. 2014 nr. 7. Wageningen, Stichting Probos.
- Boosten, M., M. Beenhakker, J. Hugtenburg, J. van den Briel. 2016. *Biomassateelt als ontwerpogave. Handreikingen en inspiratie voor landschappelijke inpassing van houtige biomassa*. Wageningen/Amersfoort, Stichting Probos & H+N+S Landschapsarchitecten.
- Boosten, M., J. Oldenburger, J. Kremers, J. van den Briel, N. Spliethof, D. Borgman. 2018. *Beschikbaarheid van Nederlandse verse houtige biomassa in 2030 en 2050. Studie naar binnenlands potentieel en toekomstige vraag vanuit energie en biobased ontwikkelingen*. Wageningen, Stichting Probos
- Boosten, M., J. Oldenburger, D. Borgman. 2019. Beschikbaarheid van houtige biomassa uit bos, landschap en stedelijk groen. *Vakblad Natuur Bos Landschap*. 16; 155, 10-13.
- Branquart, E. 2009. Guidelines for environmental impact assessment and list classification of non-native organisms in Belgium. *ISEIA protocol*. https://ias.biodiversity.be/documents/ISEIA_protocol.pdf, geraadpleegd op 7 mei 2021.
- Diepeningen, J. van. 1999. Ontwikkelingen rond Paulownia wereldwijd : een eerste inventarisatie voor Nederland van de teelt van Paulownia spp. [s.n.], Wageningen.
- Donald, D. G. M. 1990. Paulownia - the tree of the future? *South African Forestry Journal*, 154(1), 94-98.
- El-Showk, S., N. El-Showk. 2003. The Paulownia Tree: An Alternative for Sustainable Forestry. Crop Development.

- Essl, F. 2007. From ornamental to detrimental? The incipient invasion of Central Europe by *Paulownia tomentosa*. *Preslia*, 79(4), 377-389.
- Fontaine, F.J. 1997. *Boomspiegel 13. Park en Laanbomen. Deel 2*. Haaren, Boomkwekerijen M. van den Oever & Zonen BV.
- FSC. 2019. *FSC-standaard voor Nederland*. Utrecht, FSC Nederland.
- Goudzwaard, L. 2013. *Loofbomen in Nederland en Vlaanderen*. Zeist, KNNV Uitgeverij.
- Gyuleva, V., T. Stankova, M. Zhyanski, M. Glushkova, E. Andonova. 2020. Growth and Development of *Paulownia tomentosa* and *Paulownia elongata* x *fortunei* in Glasshouse Experiment. *Bulgarian Journal of Soil Science*, 5(2), 126-142.
- Icka, P., R. Damo, E. Icka. 2016. *Paulownia Tomentosa, a Fast Growing Timber. Annals "Valahia" University of Targoviste - Agriculture*, 10(1), 14-19.
- Jansen, P., M. Boosten, A. Winterink, M. van Benthem. 2009. *De aanleg van nieuwe bossen*. Utrecht, Uitgeverij Matrijs.
- Jansen, P., M. Boosten. 2013. *Optimalisering kosten en opbrengsten van wilgenplantages: een verkenning*. Utrecht, InnovatieNetwerk.
- Jensen, J. B. 2016. An investigation into the suitability of *Paulownia* as an agroforestry species for UK & NW European farming systems. Coventry University, MSc thesis.
- Jensen, D. 2019. *Paulownia – empfindlicher Exot mit Potenzial. Holz-Zentralblatt*. 49: 1085-1086.
- Klaassen, R. K. W. M. 2018. *Houtvadecum. Van abachi tot zebrano: alle houtsoorten op een rij*. Zwolle, PersManager B.V.
- Kuiper, L. 2003. *Samenvatting van de resultaten van zes jaar onderzoek naar energieteelt*. Wageningen, Centrum voor Biomassa Innovatie.
- Langdon, K. R., K. D. Johnson. 1994. Additional Notes on Invasiveness of *Paulownia tomentosa* in Natural Areas. *Natural Areas Journal*, 14(2), 139-140.
- Laurence, R. 2007. Whatever happened to *Paulownia*? Farm Forestry New Zealand. <https://www.nzffa.org.nz/farm-forestry-model/resource-centre/tree-grower-articles/november-2007/whatever-happened-to-paulownia/> , geraadpleegd op 7 mei 2021.
- Linders, M.J., A. Meurink, G. Muller, R. Segers. 2020. *Hernieuwbare energie in Nederland 2019*. Den Haag, Centraal Bureau voor de Statistiek.
- IPO & LNV. 2020. *Bos voor de toekomst. Uitwerking ambities en doelen landelijke Bossenstrategie en beleidsagenda 2030*. Den Haag, Interprovinciaal Overleg & Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Lopez, F., A. Pérez, M. A. M. Zamudio, H.E. De Alva, J. C. García. 2013. *Paulownia as raw material for solid biofuel and cellulose pulp. Biomass and Bioenergy*. 45: 77-86

- Lovenshimer, J. B., M. D. Madritch. 2017. Plant Community Effects and Genetic Diversity of Post-fire Princess Tree (*Paulownia tomentosa*) Invasions. *Invasive Plant Science and Management*, 10(2), 125-135.
- Luske, B., M. Bestman, K. van Veluw, E. Prins & P. Rombouts. 2020. *Masterplan Agroforestry - Advies voor het realiseren van een schaalsprong van agroforestry in Nederland*. Bunnik, Louis Bolkinstituut.
- Luske B., I. van Meir, A. Altinalmazis Kondylis, S. Roelen, N. van Eekeren. 2017. *Online fodder tree database for Europe*. Bunnik/Helvoirt, Louis Bolk Instituut/ Stichting Duinboeren.
- Madejón, P., M. T. Domínguez, M. J. Díaz, E. Madejón. 2016. Improving sustainability in the remediation of contaminated soils by the use of compost and energy valorization by *Paulownia fortunei*. *Science of The Total Environment*, 539, 401-409.
- Mauritz, J.P. 2009. Paulownia; de Tempelboom of Anna Paulownia-boom. *Boomzorg*. Juni 2009: 44-49
- Mosandl, R., B. Stimm. 2014. Kurzportrait Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa*). Waldwissen.net. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/kurzportrait-blauglockenbaum>, geraadpleegd op 18 mei 2021.
- Nelis, P. A., F. Michaelis, K. C. Krause, C. Mai. 2018. Kiri wood (*Paulownia tomentosa*): can it improve the performance of particleboards? *European Journal of Wood and Wood Products*, 76, 445-453.
- Niinemets, U., F. Valladares. 2006. Tolerance to shade, drought, and waterlogging of temperate Northern Hemisphere trees and shrubs. *Ecological Monographs*. 76: 521-547.
- PEFC. 2016. *PCSN I - PEFC Standaard Nederland*. Houten, PEFC Nederland
- Royano, L., J. Matías, J. Cabanillas, J. González. 2013. *Poplar and paulownia biomass yields in short rotation coppice. Field experiments in Extremadura*. Uadajira, Agricultural Research Centre "Finca La Orden-Valdesequera"
- Schouten, W. 2017, juli 16. Zo doet paulownia het in Nederland – de Woestenije. Geraadpleegd 20 april 2021, van <http://woestenije.nl/?p=39>, geraadpleegd op 18 mei 2021.
- Signaleringsproject Exoten. 2020. Kijk op exoten. https://knnv.nl/wp-content/uploads/2021/01/Kijk-op-exoten_nr-30_DEF_web.pdf, geraadpleegd op 7 mei 2021.
- Silvis, H.J., M.J. Voskuilen. 2020. Bedrijfsuitkomsten in de Nederlandse particuliere bosbouw over 2018. Wageningen Economic Research rapport 2020-048. Wageningen, Wageningen Economic Research.
- Stewart, W. M., B. N. Vaidya, A. K. Mahapatra, T. H. Terrill, N. Joshee. 2018. Potential Use of Multipurpose *Paulownia elongata* Tree as an Animal Feed Resource. *American Journal of Plant Sciences*, 09(06), 1212-1227.
- Stimm, B., J. Stiegler, C. Genser, S. Wittkopf, R. Mosandl. 2013. Paulownia – Hoffnungsträger aus Fernost? Eine schnellwachsende Baumart aus China in Bayern auf dem Prüfstand. *LWF Aktuell*. 96: 18-21.

Teeuwen, S., J. Oldenburger, S. van Best, J. Kremers. 2020. *Houtproductie en -gebruik in Nederland in 2019. Productie, import, export en consumptie van houtproducten in 2019*. Wageningen, Stichting Probos.

Tzvetkova, N., K. Miladinova, K. Ivanova, T. Georgieva, M. Geneva, Y. Markovska. 2015. Possibility for using two Paulownia lines as a tool for remediation of heavy metal contaminated soil. *Journal of Environmental Biology*, 36(1), 145-151.

Vor, T., H. Spellmann, A. Bolte, C. Ammer. 2015. *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*. Göttingen, Universitätsverlag Göttingen

Vusić, D., M. Migalić, Ž. Zečić, M. Trkmić, A. Bešlić, & D. Drvodelić. 2018. Fuel properties of Paulownia biomass. p.p. 126-130. In: Radojčić, I., T. Redovniković, V. Jakovljević, V. Petravić, M. Tominac, R. Panić, D. Stojaković, D. Erdec, K. Dina, V. Radošević, G. Sarček, M. Cvjetko Bubalo (Eds). *Natural resources green technology & sustainable development 3*. Zagreb, Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb.

Woods V.B. 2008. *Paulownia as a novel biomass crop for Northern Ireland?" AFBI (Agri-Food and bioscience Institute) Occasional publication No. 7, 2008*. Hillsborough, AFBI.

Yadav, N. K., B. N. Vaidya, K. Henderson, J. F. Lee, W. M. Stewart, S. A. Dhekney, N. Joshee. 2013. A Review of Paulownia Biotechnology: A Short Rotation, Fast Growing Multipurpose Bioenergy Tree. *American Journal of Plant Sciences*, 04(11), 2070-2082.

Zuazo, V.H.D., J.A.J. Bocanegra, F.P. Torres, C.R.R. Pleguezuelo, J.R.F. Matrínez. 2013. Biomass Yield Potential of Paulownia Trees in a Semi-Arid Mediterranean Environment (S Spain). *International Journal of Renewable Energy Research*. 3(4): 789-793.

Zhu, Z. H., C. J. Chao, X. Y. Lu & Y. G. Xiong. 1986. *Paulownia in China: cultivation and utilization*. Ottawa, Canada: International Development Research Centre.