

Het selecteren van bomen

Onderschatten we het belang van bladkleuren?

TEKST: JONATHAN BANKS EN DR. GLYNN PERCIVAL,
BEIDE VAN BARTLETT TREE RESEARCH LABORATORY
VERTALING: MARTIJN VAN DER SPOEL


Acer platanoides 'Schwedleri'
Foto: Anneli Salo (Wikimedia)

Het selecteren van bomen voor stedelijke aanplant wordt nog steeds vooral bepaald door de esthetische kwaliteiten. Als gevolg hiervan is de populariteit van bomen met bont blad toegenomen in de stedelijke omgeving. Echter, de functionele waarde van bontbladige bomen bij het terugdringen van het hitte-eilandeffect, zuurstofproductie, luchtzuivering en het vastleggen van CO₂, is onbekend. In dit artikel bespreken Jonathan Banks en dr. Glynn Percival (Bartlett Tree Research Laboratory) recent onderzoek dat aantoont dat de functionele waarden van bladeren worden onderschat, en de vraag hoe de resultaten een basis kunnen bieden voor een veel betere selectie van bomen.

Inleiding

In de stedelijke omgeving zijn een reeks condities aanwezig die schadelijk zijn voor de menselijke gezondheid. Steden laten vaker hogere gemiddelde temperaturen zien dan de omliggende landelijke omgeving. Dit verschijnsel wordt het hitte-eiland (Urban Heat Island) genoemd. Een hitte-eiland komt voort uit de thermische eigenschappen van bebouwing, gebrek aan vegetatie en de menselijke activiteiten (emissie van restwarmte, toenemend verkeer en aanhoudende luchtvervuiling). Warmtegerelateerde stress veroorzaakt in het Verenigd Koninkrijk circa 1100 vroegtijdige sterfgevallen en een geschatte 100.000 ziekenhuisopnamedagen per jaar. De stedelijke luchtkwaliteit als gevolg van verkeer is een van de meest in het oog springen-

de vervuilingsproblemen ter wereld. Volgens de Wereldgezondheidsorganisatie (2014) veroorzaakt luchtvervuiling jaarlijks ongeveer 7 miljoen sterfgevallen wereldwijd. Verwacht wordt dat de negatieve invloeden van klimaatverandering zullen pieken in de jaren 2080 (Defra 2012). De voordelen van stadsbomen bij het tegengaan van stedelijke klimaatverandering worden breed onderschreven. Bomen kunnen luchtvervuiling tegengaan door het wegvangen van schadelijke stoffen en het zuiveren van de lucht; het bieden van schaduw en verkoeling door verdamping; toenemende CO₂-vastlegging naarmate de boom groter wordt; en het afvangen en vertragen van regenwater. Dergelijke eigenschappen hebben een positief effect op de gezondheid en het welbevinden van mensen.



De voordelen van stadsbomen bij het tegengaan van stedelijke klimaatverandering worden breed onderschreven

Boomselectie

De juiste selectie van bomen is van groot belang in het bereiken van de eerdergenoemde voordelen. Boomverzorgers waarderen weliswaar de functionele eigenschappen van bomen, maar er bestaan geen – of in zeer beperkte mate – harde data om te identificeren welke boom het best past bij welk klimaatdoel.

Het geslacht *Acer* bijvoorbeeld, bestaat uit 129 bladhoudende en bladverliezende bomen en struiken uit Europa, Noord-Afrika, Azië, en Noord- en Zuid-Amerika. Harris (1992) en Bell et al. (2005) wijzen op de noodzaak dat stedelijke bomen voorzien in kleur, vorm, textuur en patronen in het landschap. De soorten binnen het geslacht *Acer* voldoen aan al deze eisen, voorzien in een herfstkleur, een interessante en vaak gekleurde bast, alsook een gefilterde schaduw. Het geslacht *Acer* omvat daarnaast een breed aanbod soorten met bladkleuren als groen, rood, paars, oranje, geel en bont. Als gevolg hiervan zijn deze soorten wereldwijd veelvuldig aangeplant in de stedelijke omgeving. Maar wanneer de vraag gesteld wordt welke van de 129 *Acer*-soorten het beste het hitte-eiland verminderen, de lucht zuiveren of CO₂ vastleggen, moeten we het antwoord schuldig blijven.

Fotosynthese

Fotosynthese is het belangrijkste proces in planten. Het is het proces waarmee planten organische componenten zoals suikers omzetten vanuit grondstoffen (water en CO₂) met behulp van licht. In de meest simpele vorm kan fotosynthese worden voorgesteld in de onderstaande vergelijking.

Lichtenergie



Figuur 1 Chemische reactie fotosynthese

Het zijn de uiteindelijke producten van fotosynthese die de functionele voordelen verschaffen voor de stedelijke omgeving. Verdamping van water, een integraal onderdeel van de fotosynthese, is verantwoordelijk voor het verminderen van het hitte-eilandeffect, vooral gedurende de zomermaanden. Bomen beïnvloeden de luchtkwaliteit door het verwijderen van vluchtige organische stoffen, het afvangen van fijnstof en zuurstofproductie. Bomen worden regelmatig 'de longen van de stad' genoemd (Scheer 2001; Jim en Chen 2009) met hun zuurstofproductie als belangrijk voordeel. Hogere gehalten van door fotosynthese geproduceerde zuurstof correleren met hogere koolstofvastlegging (Jim en Chen 2009). Dit principe wordt onderschreven door onderzoek van prof. Roland Ennos van de Universiteit Hull. Hij heeft vastgesteld dat de gezondste en best groeiende bomen het hoogste koelende en reducerende effect hebben op het hitte-eilandeffect. Daarnaast concludeerde hij dat hoe hoger het fotosynthetisch metabolisme is, hoe hoger de vastlegging van CO₂ en hoe groter de verdamping (Ennos 2011). Groei, uitgedrukt in de droge massa van de boom, is regelmatig in positieve zin gecorreleerd aan het netto fotosynthetisch metabolisme. Door bomen te selecteren met een hoger fotosynthetische metabolisme, kunnen de eerdergenoemde voordelen worden gemaximeerd.

Meten van het fotosynthetisch metabolisme

Het fotosynthetisch metabolisme kan worden bepaald aan de hand van het elektronentransport in het blad. Deze meting kan worden verricht met een 'Plant efficiency analyser' (Hansatech Instruments 2006) en gaat uit van de chlorofylfluorescentie. Deze meetmethode is de laatste jaren opgekomen als snelle, niet-destructieve meetmethode om de vitaliteit van planten te kwantificeren (Percival et al. 2006).

Casus

Het doel van de oorspronkelijke studies was het vaststellen van de verschillen in het fotosynthetisch metabolisme, gemeten van de chlorofylfluorescentie binnen het geslacht *Acer*. Binnen de studies zijn 19 *Acer*-soorten gebruikt met een grote variëteit in bladkleur, waaronder groen, geel, rood, paars en bont.

Alle data zijn eind juli 2013 verzameld, een moment waarop alle bladeren volledig ontwikkeld worden en de fotosynthese maximaal op gang gekomen is. De bomen waren voorafgaand aan het verzamelen van de data visueel geïnspecteerd om er zeker van te zijn dat ze geen zichtbare stressfracturen (bladnecrose, chlorose, kroonsterfte, groeiverstoringen, stambloedingen, beschadigingen of verkleuringen) vertoonden die de data zouden beïnvloeden.

Per esdoornsoort zijn 25 bladeren geselecteerd waar de metingen op zijn uitgevoerd. De metingen zijn op verschillende plaatsen van het bladoppervlak verricht om een goed gemiddeld resultaat te verkrijgen bij de bontbladige soorten; dit omdat de bladkleur sterk varieert binnen een klein gebied op het bladoppervlak.



Resultaten

De resultaten laten een grote spreiding zien in het fotosynthetisch metabolisme tussen de 19 esdoornsoorten die zijn getest. Het metabolisme varieerde van 598,8 (*A. platanoides* 'Princeton Gold'), tot 960,5 (*A. platanoides* 'Worley'), wat betekent dat de spreiding tussen de 19 soorten 60,4% bedraagt. Zie ook tabel 1.

Letters in superscript geven significante verschillen tussen middelen op basis van het minst significante verschil bij $P < 0,05$.

Tabel 1 Fotosynthetisch metabolisme van 19 esdoornsoorten. De boomsoorten zijn gerangschikt op basis van het metabolisme, van hoog naar laag.

Boomsoort	Fotosynthetisch metabolisme	Bladkleur
<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Worley'	960,5 ^h	vaalgroen
<i>Acer platanoides</i> 'Fairview'	955,6 ^h	groen, rode bladpunten
<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Spaethii'	920,7 ^{gh}	groen, onderzijde blad rood
<i>Acer campestre</i> 'Arends'	874,5 ^{fg}	groen
<i>Acer pseudoplatanus</i> 'Negenia'	840,6 ^{ef}	groen
<i>Acer x freemanii</i> 'Autumn Fantasy'	790,6 ^{de}	groen
<i>Acer campestre</i> 'Louisa Red Shine'	788,9 ^{de}	groen, rode bladpunten
<i>Acer x freemanii</i> 'Autumn Blaze'	775,6 ^{cde}	groen
<i>Acer platanoides</i> 'Royal Red'	762,8 ^{cd}	rood
<i>Acer platanoides</i> 'Emerald Queen'	761,0 ^{cd}	groen
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	759,4 ^{cd}	groen
<i>Acer campestre</i> 'Lineco'	741,2 ^{cd}	groen
<i>Acer palmatum</i>	732,8 ^{cd}	groen
<i>Acer freemanii</i> 'Armstrong'	731,0 ^{cd}	groen
<i>Acer griseum</i>	708,6 ^{bc}	groen
<i>Acer platanoides</i> 'Drummondii'	658,8 ^{ab}	bont
<i>Acer rubrum</i> 'Bowhall'	606,6 ^a	groen
<i>Acer negundo</i> 'Flamingo'	602,6 ^a	bont
<i>Acer platanoides</i> 'Princeton Gold'	598,8 ^a	vaalgroen/geel

Discussie

Kennis van verschillen in fotosynthetisch metabolisme tussen bomen biedt de volgende voordelen voor professionals die betrokken zijn bij het selecteren van bomen voor de stedelijke omgeving:

- Stresstolerantie houdt vaak verband met de robuustheid van het fotosynthetische systeem van het blad. Als het fotosynthetische systeem intact blijft tijdens langdurige perioden van omgevingsstress, heeft de boom het vermogen om te herstellen (Poulson et al., 2002).
- Een hoger fotosynthetisch metabolisme is waarschijnlijk van invloed op een aantal eigenschappen van stedelijke bomen, zoals:
 - Vermindering van het hitte-eilandeffect als gevolg van koeling door een hogere verdamping (Tyrvaïnen et al. 2005);
 - Stijging van de zuurstofproductie en luchtzuivering (Tyrvaïnen et al. 2005);
 - Verhoogde koolstofvastlegging (Jim en Chen 2009).



Bij boomselectie kan ook het fotosynthetische metabolisme worden betrokken

Waarom is er een verschil in fotosynthetisch metabolisme tussen soorten?

Bij planten wordt het fotosynthetische metabolisme beïnvloed door de bladkleur, die op zijn beurt een weerspiegeling van het pigmentprofiel van het blad is. Groenbladige bomen bijvoorbeeld, hebben vooral een hoog gehalte aan chlorofyl a en b, terwijl geel-, oranje- en roodbladige bomen vooral een hoog gehalte aan carotenen hebben. Daarnaast hebben roodbladige bomen een hoog gehalte aan anthocyanen (peonidine).

Anthocyanen zijn ook verantwoordelijk voor de blauwe, paarse, oranje en magentakleur in de bladeren en vruchten. Deze klassen van pigmenten dienen één van twee functies: (i) ze worden gebruikt om de energie in zonlicht

om te zetten in fotochemische processen (productie van koolhydraten, afweerenzymen, secundaire metabolieten); of (ii) ze worden ingezet om het blad te beschermen tegen de schadelijke gevolgen van buitensporig veel licht.

Sommige pigmenten vervullen een dubbelfunctie. De groene pigmenten (chlorofyl a) dienen voornamelijk voor energieproductie. Carotenoiden (β -caroteen, neoxanthine, β -caroteen, antheraxanthine, violaxanthine, luteïne) vormen een grote klasse van fotosynthetische pigmenten die licht in de rode tot gele golflengten kunnen absorberen, waar chlorofyl a dat niet kan. Carotenoiden brengen deze energie vervolgens over aan de chlorofyl a-pigmenten. Carotenoiden kunnen daarnaast een teveel aan lichtenergie absorberen en afvoeren, en zo schade aan de structuur van het blad helpen voorkomen.

Anthocyanen zijn chemisch ingedeeld als flavonoiden. Ze beschermen de bladeren tegen ultraviolette straling (uv) of oxiderende schade, maar behoren niet tot de fotosynthetische pigmenten. Anthocyanen beschermen bladeren tegen

uv-schade door het absorberen van de hoogenergetische blauwe spectra en het reflecteren van de paarse tot rode golflengten, en voorkomen zo ook schade aan het DNA. Vele anthocyanen zijn antioxidanten die vrije radicalen binden die als bijproduct van fotosynthese worden geproduceerd. Bijgevolg zullen de concentratie en verhouding van deze verschillende pigmenten de effectiviteit van het blad qua fotosynthese beïnvloeden.

Conclusies

De resultaten van dit onderzoek behelzen nieuwe en vernieuwende gegevens die van nut kunnen zijn voor professionals die betrokken zijn bij de selectie van bomen. Op grond van ons onderzoek hoeft boomselectie niet langer alleen op de visuele kenmerken van het blad te berusten, maar kan ook het fotosynthetische metabolisme erbij worden betrokken. Dit heeft gevolgen voor de vermindering van het hitte-eiland, voor zuurstofproductie en zuivering en indirect voor koolstofvastlegging. Ons onderzoek wijst bijvoorbeeld uit dat *A. platanoides* 'Worley' een betere keuze zou zijn dan *A. platanoides* 'Princeton Gold', omdat het fotosynthetische metabolisme in *A. platanoides* 'Worley' > 60% hoger is. Tot op heden is het gebruik van fluorescentietechnologie als selectiecriteria onderbenut. Er loopt nog onderzoek naar het identificeren van de verschillen in fotosynthetisch metabolisme tussen andere geslachten die veelvuldig in stedelijke aanplant worden gebruikt.

Bronnen

Bell, S., D. Blom, M. Rautamaki, C. Castel-Branco, A. Simson and I. A. Olsen. 2005. Design of Urban Forests. In: C.C. Konijnendijk, K. Nilsson, T.B. Tandrup and J. Schipperijn (eds), *Urban Forests and Trees*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. 149-86.

Defra. 2012. The UK Climate Change Risk Assessment 2012 - Evidence Report. Defra, London.

Ennos, A. R. 2011. Quantifying the Cooling Benefits of Urban Trees. In: M. Johnston and G. Percival (eds), *Trees, People and the Urban Environment Conference*, Birmingham, April 2011. Forestry Commission, Edinburgh, Scotland. 122-7.

Hansatech Instruments. 2006. Operations Manual Setup, Installation and Maintenance. Hansatech Instruments Ltd, Norfolk. 1:1-85.

Harris, R.W. 1992. *Arboriculture: integrated management of landscape trees, shrubs, and vines*. 2nd

edition. Prentice Hall, New Jersey.

Jim, C.Y and Chen W.Y. 2009. Ecosystem services and valuation of urban forests in China. *Cities* 26: 187-94.

Kitao, M., TT Lei and T. Koike. 1998. Application of chlorophyll fluorescence to evaluate Mn tolerance of deciduous broadleaved tree seedlings native to northern Japan. *Tree Physiology* 18:135-40.

Mehta, P., A. Jajoo, S. Mathur, S. Bharti. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem 11 in wheat leaves. *Plant Physiology & Biochemistry* 48:16-20.

Percival, G.C., I.P. Keary and S. Al-Habsi. 2006. An assessment of the drought tolerance of *Fraxinus* genotypes for urban landscape plantings. *Urban Forestry and Urban Greening* 5:17-27.

Percival, G.C, I. Barrow, K. Noviss, I. Keary and P. Pennington. 2011. The impact of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka and Dimic) on vitality, growth and reproduction of *Aesculus hippocastanum* L. *Urban Forestry Urban Greening* 10(1): 11-17.

Poulson. M.E., R.A. Donahue, J. Konvalinka and M.R.T. Boeger. 2002. Enhanced tolerance of photosynthesis to high light and drought stress in *Pseudotsuga menziesii* seedlings grown in ultraviolet-B radiation. *Tree Physiology* 22:829-38.

Scheer, R. 2001. Parks as lungs: America's urban forests make environmental and economic sense. *The Environmental Magazine* 12(6):15.

Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City, California.

Tyrvaïnen, L., S. Pauleit, K. Seeland and S. de Vries. 2005. Benefits and uses of urban forests and trees. In: C.C. Konijnendijk, K. Nilsson, T.B. Tandrup and J. Schipperijn (eds), *Urban Forests and Trees*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. 81-114.

World Health Organization. 2014. 7 million premature deaths annually linked to air pollution. www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/ (accessed 28 July 2014).

Dit artikel is een vertaling van 'Are we underestimating the importance of leaf colour when selecting urban trees?', verschenen in Arb Magazine 169 in de rubriek Science & Opinion