

OPEENHOPING VAN KLEINE STOFDEELTJES OP HORIZONTALE OPPERVlakKEN IN BINNENRUIMTEN: DE INVLOED VAN BLADPLANTEN

VIRGINIA I. LOHR en CAROLINE H. PEARSON-MIMS,
Department of Horticulture and Landscape Architecture
Washington State University, Pullman, WA 99164-6414, USA.

Atmospheric Environment DI. 30, Nr.14, pp 2565-2568 1996
Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd

Samenvatting

De opeenhoping van kleine stofdeeltjes op horizontale oppervlakken werd in twee ruimten gravimetrisch gemeten met tussentijden van een week. Kamerplanten werden toegevoegd of verwijderd van de ruimten volgens een willekeurig schema. De accumulatie van corpusculaire materie was in beide ruimten minder wanneer er planten aanwezig waren dan wanneer er geen planten waren. De plaats waar corpusculaire materie werd afgezet werd niet beïnvloed door de aanwezigheid of afwezigheid van planten: de opvangschotels die bij de hoeken van een ruimte stonden, vingen voortdurend minder corpusculaire materie op dan schotels op andere plaatsen, ongeacht de behandeling. Bovendien was de relatieve vochtigheid hoger wanneer er planten aanwezig waren. Copyright © 1996 Elsevier Science Ltd

INTRODUCTIE

De eigenschappen van binnenlucht kunnen worden gewijzigd door de aanwezigheid van kamerplanten. Planten reduceren effectief de kooldioxideniveaus, waarbij sommige soorten de concentratie overdag en andere de niveaus 's nachts verminderen (Raza *et al.*, 1991). Planten verhogen de relatieve vochtigheid binnen doordat zij vocht naar de lucht verspreiden, wat het comfort voor mensen kan verhogen, vooral in verwarmde binnenruimten (Lohr, 1992b). Bovendien blijken sommige kamerplanten en hun bijbehorende microflora de concentraties van verscheidene giftige gassen in vervuilde lucht te verminderen, inclusief formaldehyde en stikstofdioxide, (Wolverton *et al.*, 1984, 1985, 1989). Deze effecten van planten zorgen er in het algemeen voor dat de kwaliteit van de binnenlucht wordt verbeterd. Planten kunnen ook de luchtkwaliteit verminderen, vooral door de productie van stuifmeel en sporen die door de lucht gaan zweven (Burge *et al.*, 1982; Owen *et al.*, 1992).

Andere verbanden tussen kamerplanten en de luchtkwaliteit binnen zijn grotendeels nog onverkend. Talrijke studies hebben de mogelijkheid onderzocht om met behulp van buitenvegetatie, met name bomen, verscheidene door de lucht verspreide deeltjes, inclusief radioactieve spoorelementen, pollen, zout en neerslag, op te vangen (Zulfacar 1975; Smith en Staskawicz, 1977; Smith, 1990; McPherson en Nowak, 1993)

Onderzoek heeft aangetoond dat de hoeveelheid atmosferische stof boven beboste gebieden 75% minder kan zijn dan in bevolkte gebieden met relatief weinig vegetatie (Rotschke, 1937). Vegetatie fungeert als een natuurlijke filter, waardoor deeltjes worden afgezet op het oppervlak van de vegetatie door sedimentatie, inklemming, of neerslag. Er is aangetoond dat bomen in stedelijke gebieden stof verzamelen op hun bladoppervlakken en trichomen en zelfs op zwamweefsel dat op bomen groeit (Smith en Staskawicz, 1977).

Eerder onderzoek heeft het effect van planten op corpusculaire materie in binnenruimten niet uitvoerig onderzocht. Stof in binnenruimten kan microben, allergenen en talrijke andere substanties bevatten die problemen kunnen veroorzaken voor de menselijke gezondheid en het comfort (Burge *et al.* 1982; Meyer, 1983; Owen *et al.*, 1992). Het is mogelijk dat kamerplanten volgens vergelijkbare mechanismen functioneren als planten buiten en bijdragen aan de vermindering van door de lucht verspreide deeltjes in omgevingen binnen. Men heeft ook geopperd dat de planten zelf, of hun groeimedia de bronnen zijn van corpusculaire materie en dat zij wellicht bij zouden dragen aan een verhoging van de corpusculaire materie in binnenruimten (Owen *et al.*, 1992). Het doel van deze studies was om een begin te maken met onderzoek naar het effect van kamerplanten op corpusculaire materie in binnenruimten.

METHODEN VAN ONDERZOEK

Om het effect van planten op de kwaliteit van de lucht te meten, werden experimenten uitgevoerd op twee locaties in gebouwen met centrale, gestuwde luchtsystemen. De accumulatie van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken werd in de gaten gehouden, zowel bij de aanwezigheid van planten als zonder planten.

Locatie 1 (Computerlaboratorium). Verscheidene soorten bladplanten van verschillende grootten werden toegevoegd aan of verwijderd uit een computerlaboratorium met 27 werkplekken van de Washington State University tijdens het herfstsemester in 1993. De behandelingsperiode duurde zeven dagen en de behandelingssituatie (wel of geen planten aanwezig) werd willekeurig toegekend. Alledaagse soorten kamerplanten die weinig licht nodig hebben, waaronder de *Aglaonema sp.*, *Chamaedorea selfrizii*, *Dracaena marginata*, *Epipremium aureum* en *Spathiphyllum sp.* werden gebruikt. De planten werden gepoot in bloembakken van 28, 35 of 43 cm doorsnede met zelfregulerende watervoorziening van natuurlijke bron (*Natural Spring Self-Controlled Watering Planters* van Planter Technology, Mountain View, CA, V.S.) en daarbij werd een commerciële potmix gebruikt zonder grond. Deze bloembakken werken volgens het vacuümprincipe en voeren water toe van onder. Het water wordt over het grootste deel van de groeimix verspreid door capillariteit (opwaartse stuwning), maar het oppervlak van de aarde blijft droog en ziet er stoffig uit. Planten werden gevoed indien nodig.

Metingen van stomatale conductiviteit (specifiek geleidingsvermogen van de huidmondjes) die werden verricht nadat de planten in de ruimte waren geplaatst, gaven aan dat de stomata in deze planten werkten. Observaties van de vorming van nieuw blad gedurende de hele periode van het experiment lieten zien dat de planten zich hadden aangepast en langzaam groeiden.

Het laboratorium was ongeveer 256 m³ groot en had geen ramen. Het laboratorium bevond zich in een gebouw dat was uitgerust met een centraal ventilatiesysteem dat lucht van buiten aantrekt en deze vermengt met een percentage binnenlucht voor verdere hercirculatie binnen het gebouw. Indien er planten aanwezig waren, namen zij ongeveer 2% van het totale volume van de ruimte in.

De hoeveelheid planten was voldoende om te worden opgemerkt door een oppervlakkig waarnemer, maar niet voldoende om de kamer te beschouwen als weelderig aangekleed met planten.

Planten werden langs de wanden van de ruimte opgesteld om de normale laboratoriumactiviteiten zo min mogelijk te hinderen.

Er werd een logboek bijgehouden van de tijd waarop iedere laboratoriumverantwoordelijke de ruimte binnenging en verliet. Deze werden gebruikt om de activiteitsniveaus in de ruimte te bepalen. De accumulatie van corpusculaire materie werd niet gemeten in de weken met atypische activiteitsniveaus, zoals gedurende vakantieperioden. Een analyse van laboratoriumverslagen over de experimentele periode liet zien dat er geen significant verschil was tussen de mate van gebruik van het laboratorium door laboratoriumverantwoordelijken tijdens de aanwezigheid van planten of de afwezigheid daarvan

Corpusculaire materie werd gravimetrisch verzameld op aluminium weegschaaltjes met een doorsnede van 60 mm, volgens de methode die beschreven is in Perry en Young (1977). Er werd gekozen voor kleine opvangschaaltjes, omdat grotere schaaltes de normale laboratoriumactiviteiten zouden hebben gehinderd. Ieder opvangschaaltje werd in een metalen bus met een doorsnede van 70 mm en een diepte van 45 mm geplaatst, om horizontale luchtstromen te verminderen en de kans dat de schaaltes per ongeluk omgestoten zouden worden door laboratoriumverantwoordelijken te minimaliseren. De opvangschaaltjes werden op 12 plaatsen verspreid over de ruimte geplaatst. Vijf van de 12 plaatsen bevonden zich in de dichte nabijheid van planten, wanneer deze aanwezig waren. In deze situaties werden de schaaltes vlakbij, maar niet onder het bladerdak van de plant geplaatst. Andere verzamelpunten waren verspreid over de ruimte, ook in het midden ervan, ver verwijderd van de planten. Een van tevoren gewogen opvangschaaltje (gedurende 24 uur voor het wegen gedehydrerd) werd op elk van de plaatsen neergezet voor de periode van een week. De schaaltes werden gedurende 24 uur gedehydrerd na verwijdering uit de ruimte, alvorens de uiteindelijke weging werd vastgelegd. Het gewicht van het schaalte van tevoren werd afgetrokken van het gewicht van het schaalte naderhand om te bepalen wat de droge accumulatie van corpusculaire materie was. Gedurende het experiment werden zes wekelijkse stofinzamelingen gehouden, zowel met de aanwezigheid van planten als zonder planten.

Er werd bij dit experiment hoofdzakelijk gekozen voor de gravimetrische methode voor het in de gaten houden van corpusculaire materie, vanwege de kostenbeperking. Het is een zeer goedkope methode. Er zijn wel problemen met de gravimetrische verzameling, zoals het verlies van materiaal op het opvangschaaltje door luchtverplaatsing (Perry en Young, 1977); in een binnenruimte is dit geen factor van betekenis. Een ander probleem is de monstertijd die nodig is om een meetbare hoeveelheid stof te verzamelen. Voorlopige studies toonden aan dat er na een week voldoende corpusculaire materie was om de accumulatie ervan te meten. In de voorlopige studies werden polystyrene schaaltes getest die bekleed met membraanfilters van cellulose-ester, die voor gravimetrische analyse van de accumulatie van corpusculaire materie worden aanbevolen,. Deze methode leverde onzuivere en onstabiele resultaten op, omdat de filters desintegreerden tijdens de verzamelperiode en statische elektriciteit, die met de schaaltes wordt geassocieerd, sloot accurate metingen uit. Actieve verzameling via vacuümpompen was ook onacceptabel, omdat de apparatuur te lawaaiig was om op deze locaties te gebruiken.

De gegevens over corpusculaire materie werden geanalyseerd met behulp van een analyse van

variabelen waarbij de behandeling (wel of geen planten aanwezig) en plaats (positie van de opvangschaaltjes) de grootste invloeden waren. De effecten van de behandeling per plaats werden ook opgenomen in het model.

Ook de gegevens over laboratoriumactiviteiten werden geanalyseerd met een analyse van variabelen, waarbij de behandeling de belangrijkste invloed was.

Locatie 2 (Kantoor). Bladplanten die vergelijkbaar waren met die welke in het computerlaboratorium werden gebruikt, werden ieder week willekeurig toegevoegd aan of verwijderd uit een enkele kantoorruimte, ingaande 12 april en eindigend op 13 september 1994. De planten werden in standaard plastic of glazen keramiekpotten gepoot met een commerciële potmix zonder grond. Planten kregen van bovenaf water en werden gevoed indien nodig. De planten groeiden en namen langzaam toe in grootte gedurende het experiment, wat erop duidt dat zij zich aan de omgeving aanpasten.

De kantoorruimte was ongeveer 32 m^3 groot en had twee ramen met metalen kozijnen. De ramen werden tijdens het experiment niet geopend. Het kantoor bevond zich in een gebouw dat was uitgerust met een centraal ventilatiesysteem dat lucht van buiten aantrok, maar deze niet vermengde met reeds aanwezige lucht. De kantoorruimte had geen uitgangen voor gestuwde luchtventilatie en werd verwarmd door warmwaterringradiatoren. De vloer was bedekt met een kleed dat een groot oppervlak bedekte. Het gebruik van het kantoor was vergelijkbaar gedurende de totale verzamelperiode. Wanneer planten werden toegevoegd aan de kamer, namen zij ongeveer 5% van het totale volume van de ruimte in beslag. De planten werden langs de wanden van het kantoor geplaatst, waardoor de ruimte de indruk wekte van een professioneel ingericht kantoor zonder al te veel opsmuk.

De accumulatie van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken werd gemeten zoals hierboven beschreven, met dit verschil, dat de opvangschaaltjes niet in metalen bussen werden geplaatst. De schaaltes werden op vier plekken in de ruimte geplaatst, met op iedere plek drie opvangschaaltjes. De gegevens over corpusculaire materie werden geanalyseerd met een analyse van variabelen waarbij de behandeling (met of zonder planten) en de plek (plaats van de opvangschaaltjes) de belangrijkste invloeden waren. De invloed van de plek op de behandeling werd ook opgenomen in het model. De gemiddelde gewichtsverandering van de drie schaaltes op iedere plek werd gebruikt in de analyse. De opvangschaaltjes stonden dicht bij planten op drie van de vier plekken (als er planten aanwezig waren). De relatieve vochtigheid en temperatuur werden ook in de gaten gehouden met een hygrothermograaf, die gegevens vastlegde. Deze werden geanalyseerd met behulp van een analyse van variabelen, waarbij de behandeling de grootste invloed was. Tijdens het experiment werden 11 wekelijkse stofverzamelingen verkregen bij de aanwezigheid van planten, en 11 stofverzamelingen zonder planten.

BESPREKING VAN RESULTATEN

In het computerlaboratorium, waar ongeveer 2% van de ruimte was gevuld met planten, was de accumulatie van corpusculaire materie bij de aanwezigheid van planten lager dan bij situatie zonder planten (Tabel 1). Aangezien de harde schijven van computers kunnen worden vernietigd door teveel stof, was de mogelijkheid dat planten bij zouden kunnen dragen aan een verhoogde hoeveelheid corpusculaire materie van speciaal belang. Het was ook een punt van aandacht, vanwege het droge en stoffige karakter van het oppervlak van het groeimedium dat typisch is voor planten in bakken met zelfregulerende vochtinbrenging. Deze resultaten

toonden aan dat planten niet bijdroegen aan een verhoogde hoeveelheid corpusculaire materie, maar dat zij juist zorgden voor een vermindering daarvan.

Accumulatie van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken

Tabel 1. Accumulatie van corpusculaire materie, temperatuur, gemiddelde relatieve vochtigheid en standaard afwijkingen bij de aanwezigheid en afwezigheid van kamerplanten

| Plaats | Parameter | Zonder Planten | Met Planten | Significantie-Niveau |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|
| <i>Computer Laboratorium</i> | Corpusculaire Materie (mg m ⁻² d ⁻¹) | 8,7 ± 0,4 | 7,4 ± 0,6 | 0,04 |
| <i>Kantoor-Ruimte.</i> | Corpusculaire Materie (mg m ⁻² d ⁻¹) | 5,7 ± 0,5 | 4,5 ± 0,4 | 0,02 |
| | Temperatuur (in □ C) | 27,5 ± 0,1 | 27,4 ± 0,1 | 0,48 |
| | Relatieve Luchtvochtigheid (in %) | 41,2 ± 0,1 | 42,0 ± 0,1 | 0,001 |

^a Binnen rijen is het gemiddelde bij de afwezigheid van planten anders dan het gemiddelde bij de aanwezigheid van planten, gebaseerd op een analyse van variabelen, met het gegeven significantieniveau.

Tabel 2. Gemiddelde accumulatie van corpusculaire materie, zowel bij de aanwezigheid als de afwezigheid van planten, op verschillende plaatsen in het computerlaboratorium
Accumulatie van corpusculaire materie ± SE (mg m⁻² d⁻¹)

| Beschrijving van de plaats | Zonder Planten | Met Planten |
|--------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Bij de deur - hoge activiteit (3 plaatsen) | 12,3 ± 0,7 | 9,8 ± 1,0 |
| Centraal - hoge activiteit (2 plaatsen) | 10,3 ± 1,0 | 10,0 ± 1,4 |
| Centraal - lage activiteit (2 plaatsen) | 9,3 ± 0,9 | 6,7 ± 1,0 |
| In de hoek - hoge activiteit (2 plaatsen) | 6,1 ± 0,7 | 8,1 ± 1,8 |
| In de hoek - lage activiteit (3 plaatsen) | 5,1 ± 0,6 | 3,2 ± 0,8 |

Het tweede experiment ondersteunde de resultaten van het experiment in het computerlaboratorium. In de kantoorruimte was de accumulatie van corpusculaire materie ook significant lager wanneer er planten werden geplaatst in de ruimte dan wanneer er geen planten waren (Tabel 1). Deze twee experimenten lieten zien dat planten een bijdrage kunnen leveren aan verminderde accumulatie van corpusculaire materie in binnenruimten, wat een reflectie is van wat is aangetoond bij buitenplanten.

In beide experimenten was de invloed van de plek significant ($P = 0,0001$). Zo verzamelden bijvoorbeeld de schaaltes die in de test met het computerlaboratorium het dichtst bij de deur stonden meer corpusculair materiaal, terwijl de schaaltes die in de hoeken van de ruimte stonden minder corpusculair materiaal verzamelden dan schaaltes op andere plekken, of er nu wel of geen planten aanwezig waren (Tabel 2, vergelijkbare plaatsen zijn gegroepeerd om de gegevens samen te vatten). De plaatsen in delen van de ruimte met hogere menselijke activiteit verzamelden meer corpusculaire materie dan de minder gebruikte plekken van de ruimte. Voor beide testlocaties gold dat er geen significante interacties waren tussen de behandelingen (met of zonder planten) en de plaatsen van de opvangschaaltes.

De toevoeging van planten aan de kantooruimte had geen invloed op de gemiddelde temperatuur, maar wel op de gemiddelde relatieve vochtigheid (Tabel 1). De relatieve vochtigheid was marginaal, maar significant, hoger wanneer planten in de ruimte aanwezig waren dan wanneer zij afwezig waren. Deze resultaten zijn consistent met eerdere rapporten waarin staat dat planten daadwerkelijk bijdragen aan een verhoogde relatieve vochtigheid, maar deze verhoging is relatief klein (Lohr, 1992a,b).

Deze studie was er niet op gericht vast te stellen wat het mechanisme is dat betrokken is bij het proces van een verminderde afzetting van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken door kamerplanten. Anderen, die de effecten van buitenvegetatie onderzochten, hebben vastgesteld dat de afzetting van deeltjes door toedoen van verschillende mechanismen geschiedt, waaronder sedimentatie als gevolg van de zwaartekracht, inklemming door dwarrelstromen en afzetting met neerslag (Smith, 1990). De resultaten van dit onderzoek suggereren dat kamerplanten waarschijnlijk niet slechts de val braken van corpusculaire materie op opvangschaaltes. Als dat het geval geweest was, zouden de opvangschaaltes op de plekken in de buurt van planten waarschijnlijk proportioneel minder gewogen hebben tijdens de weken dat er planten aanwezig waren dan schaaltes die elders in de ruimte waren opgesteld. Het ontbreken van een plek met behandelingsinteractie suggereerde dat dit niet het geval was. Zelfs de schaaltes die het verste weg stonden van de planten hadden een verminderde accumulatie van corpusculaire materie, wat suggereert dat de planten wellicht corpusculaire materie verwijderd hebben door inklemming van deeltjes die door dwarrelstromen over hun bladeren werden gevoerd.

Het is interessant om op te merken dat een vermindering van de accumulatie van corpusculaire materie werd vastgesteld bij de aanwezigheid van planten, waarvan ook is vastgesteld dat zij de relatieve vochtigheid verhogen. De relatieve vochtigheid in de kantooruimte (Tabel 1) was significant hoger toen er planten aanwezig waren dan in de situatie waarin zij afwezig waren. Zodra de relatieve luchtvochtigheid toeneemt, worden de deeltjes die in de lucht zweven zwaarder en zou men dus verwachten dat zij in grotere getale zouden neerdalen dan wanneer de luchtvochtigheid relatief lager is (Green, 1984). Men zou daarom een toename van de accumulatie van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken voorspellen bij de aanwezigheid van planten, omdat er dan sprake is van een hogere relatieve luchtvochtigheid. Dit maakt deze bevindingen, namelijk significant lagere accumulatie van corpusculaire materie bij de aanwezigheid van planten - het tegenovergestelde van wat men zou mogen verwachten - bijzonder opmerkelijk.

In deze studie werd de grootte van de deeltjes niet onderzocht. Inzicht in het effect van kamerplanten op de verspreiding van deeltjesgrootte over de hele ruimte, zou kunnen helpen bij het voorspellen van de implicaties van hun gebruik in binnenruimten. Kennis over de

variatie in grootte van deeltjes die zich in de ruimte bevinden en hoe planten de afzetting van verschillende deeltjesgrootten beïnvloeden, zou het inzicht in de mogelijke effecten voor de gezondheid kunnen vergroten. Deeltjes van een bepaalde grootte hebben een grotere invloed op de menselijke gezondheid en het comfort dan andere deeltjes (Hansen, 1991; Meyer 1983).

Plantarchitectuur kan de efficiëntie van de verwijdering van corpusculaire materie beïnvloeden, vooral voor deeltjes met een bepaalde grootte (Smith, 1990). Vegetatie met ruwe oppervlakken, met fijne haartjes of verhoogde nerven, is bijvoorbeeld efficiënter bij het onderscheppen van corpusculaire materie dan gladde vegetatie. Het grootste deel van de bladplanten die werden gebruikt in deze experimenten had gladde bladeren. Door verschillende plantensoorten te kiezen, zoals *Episcia sp.* of *Tobniea menziesii* (soorten met prominente beharing) zou de mate van accumulatie van corpusculaire materie in binnenruimten kunnen worden verhoogd.

CONCLUSIES

Deze experimenten legden vast dat de accumulatie van corpusculaire materie op horizontale oppervlakken in binnenruimten met maar liefst 20% kan worden verminderd door toevoeging van bladplanten. Hoewel sommige onderzoekers de relatie tussen door de lucht verspreide deeltjes en planten in de buitenlucht hebben onderzocht, hebben onderzoekers niet eerder de mogelijkheden onderzocht van de aanwezigheid van dezelfde relaties op de schaal van kamerplanten. Deze studie legt vast dat dit een belangrijk gebied is voor verder onderzoek, vooral omdat het verband kan houden met de mogelijke effecten op de menselijke gezondheid. De methoden die werden gebruikt in deze experimenten geven weinig inzicht in de mechanismen die erachter zitten, maar suggereren dat corpusculaire materie wordt verminderd door inklemming op en hechting aan bladoppervlakken. Meer verfijnde apparatuur en uitgebreidere studies zouden deze kwesties vlot kunnen aanpakken. Wij hopen dat deze documentatie over een positief effect van kamerplanten op de afzetting van corpusculaire materie anderen ertoe aan zal zetten deze belangrijke relatie tussen planten en de kwaliteit van binnenlucht verder te onderzoeken.

De auteurs betuigen hun dank voor de hulp van Marvin Kleene, voormalig coördinator van het computerlaboratorium, en Georgia Goodwin, voormalig student-assistent, en voor de financiële ondersteuning van de *American Floral Endowment* en *The Horticultural Research Institute*.

Referenties:

Burge H.A., Solomon W.R. en Muilenberg M.L. (1982). Evaluation of indoor plantings as allergen exposure sources. *J. Allergy Clin. Immunol.* 70, 101-108.

Green. G.H. (1984). The health implications of the level of indoor air humidity. *Proc. 3rd Int. Conf. On Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 1, pp. 71-78. Swedish Council for Building Research. Stockholm, Sweden.

Hansen S.J. (1991) *Managing Indoor Air Quality*, pp. 249-288. Fairmont Press. Lilburn, Georgia.

- Lohr V.I. (1992a) Research on human issues in horticulture motivates students to learn science. *HortTechnol.* 2, 257-259.
- Lohr V.I. (1992b) The contribution of interior plants to relative humidity in an office. In *The Role of Horticulture in Human Well-being and Social Development* (edited by Rolf. D.) pp. 117-119. Timber Press. Portland, Oregon.
- McPherson. E.G. en Nowak D.J. (1993). Value of urban greenpeace for air quality improvement. Lincoln Park. Chicago, *Arborist News* 2(6), 30-32.
- Meyer B. (1983) *Indoor Air Quality*, pp. 229-288. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- Owen M.K., Ensor D.S. en Sparks L.E. (1992) Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmospheric Environment.* 26A, 2149-2162.
- Perry R. en Young R.J. (1977). *Handbook of Air Pollution Analysis*, pp. 84-156. Wiley, New York.
- Raza S.H., Shylaja G., Murthy M.S.R. en Bhagyalakshmi O. (1991). The contribution of plants for CO₂ removal from indoor air. *Environment Int.* 17, 343-347.
- Rotschke, M. (1937). Untersuchungen über die Meteorologie der Staubatmosphäre. *Veroff. Geoph. I. Leipzig* 11, 1-78. Reported in Geiger R. (1965) *The Climate near the Ground*, p. 367. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts.
- Smith, W.H. (1990) *Air Pollution and Forests. Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems*, 2 Edn., pp. 147-180. Springer, New York.
- Smith W.H. en Staskawicz B.J. (1977) Removal of atmospheric particles by leaves and twigs of urban trees: some preliminary observations and assessment of research needs. *Environmental Man.* I. 317-330.
- Wolverton, B.C., McDonald R.C. en Mesick H.H. (1985) Foliage plants for indoor removal of the primary combustion gases carbon monoxide and nitrogen dioxide. *J. Mississippi Academy, Sci.* 30,1-8.
- Wolverton B.C., Johnson A. en Bounds K. (1989). *Interior Landscape Plants for Indoor Air Pollution Abatement*. National Aeronautics and Space Administration, Stennis Space Center, Mississippi.
- Zulfacar A. (1975) Vegetation and urban environment. *J. Urban Planning Dev. Div. Proc. Amer. Soc. Civil Eng.* 101, 21-33