

NOTA 1228

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

ICW-nota 1228  
Team Integrat. Waterbeheer  
Centrum Water & Klimaat  
Alterra-WUR  
oktober 1980

EXPERIMENTEEL VERDAMPINGSONDERZOEK AAN DE PLANTENSOORTEN:

FILIPENDULA ULMARIA EN CENTAUREA PRATENSIS

ing. P.C. Jansen en drs. R.H. Kemmers

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties. Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten. Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking.

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. OPZET VAN HET ONDERZOEK	1
3. VERDAMPINGSGEDRAG ONDER CONSTANT VOCHTIGE OMSTANDIGHEDEN	4
4. VERDAMPINGSGEDRAG ONDER UITDROGENDE OMSTANDIGHEDEN	9
5. DISCUSSIE	17
6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	18
7. LITERATUUR	20

## 1. INLEIDING

Onder ecologisch uiteenlopende omstandigheden komen vegetatietypen voor met plantensoorten die aan de heersende milieu-omstandigheden zijn aangepast.

Aangenomen mag worden dat plantensoorten in milieu's met uiteenlopende vochtvoorziening een verschillend verdampingsgedrag zullen vertonen. De verdamping wordt naast de energiebalans onder andere bepaald door soort specifieke verdampingsfactoren. Deze factoren kunnen er oorzaak van zijn dat de concurrentieverhouding tussen plantensoorten uiteenloopt. Dergelijke verschillen kunnen ten grondslag liggen aan het voorkomen van plantensoorten in uiteenlopende ecologische niches.

Door van verschillende plantensoorten onder verschillende vochtregimes van de bodem ( $\psi_s$ ) de stomatale weerstanden ( $r_1$ ), de bladpotentialen ( $\psi_1$ ) en de transpiratie te bepalen en aan elkaar te relateren kan inzicht verkregen worden in het specifieke vermogen van een plant de verdamping te reguleren.

De bladweerstand geeft inzicht in de mate van reductie van de transpiratie als gevolg van het sluiten van huidmondjes door een te grote transpiratievraag. Het verschil tussen de bladpotentiaal en de zuigspanning in de bodem geeft aan hoe groot de te overwinnen weerstand is voor het vochttransport van de bodem naar het blad.

## 2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek werd verricht met een tweetal plantensoorten, *Filipendula ulmaria* (Moerasspirea) en *Centaurea pratensis* (Gewoon knooppkruid), *Filipendula* is een freatofyt, dat wil zeggen een soort die in Nederland uitsluitend binnen de invloedssfeer van het freatisch opper-

vlak groeit. *Centaurea*, een afreatofyt is in Nederland niet aan de invloedssfeer van het freatisch oppervlak gebonden maar kan hierbinnen wel worden aangetroffen.

Van beide soorten werd het zaad, dat in de herfst van 1977 was verzameld, in het voorjaar van 1978 uitgezaaid in een aantal waterdichte potten die gevuld waren met 9,390 kg fijnzandig leem. Deze grond was gezeefd en bestond uit een mengsel van de bovenste 20 centimeter van een bouwland van het proefterrein "Sinderhoeve" van het ICW te Renkum.

Op grond van een achttal ringmonsters kon worden vastgesteld dat het droog volumegewicht  $1,060 \text{ gr/cm}^3$  bedroeg, met een spreiding van 0,056. Het volumepercentage vocht bedroeg gemiddeld 15,6%.

In het voorjaar van 1979 toen de planten zich voor het onderzoek voldoende hadden ontwikkeld, zijn van de ingeklonken grond wederom monsters genomen. Het volumegewicht was toegenomen tot  $1,204 \text{ gr/cm}^3$  met een spreiding van 0,025.

Van een drietal andere monsters is de gemiddelde vocht karakteristiek voor de ingeklonken grond in de potten bepaald (figuur 1a). Het volumegewicht  $1,211 \text{ gr/cm}^3$  kwam goed overeen met bovengenoemde  $1,204 \text{ gr/cm}^3$ . Deze vocht karakteristiek kwam na de meetperiode van de proef beschikbaar zodat tijdens het experiment op met behulp van een bestaande vocht karakteristiek van ongeroerd Sinderhoevezand van 15 cm diepte de vochtsituatie in de potten bepaald moest worden. Deze vocht karakteristiek staat in figuur 1b weergegeven.

Voor de bepaling van soort-specifieke verdampingsfactoren zijn de bladtemperaturen en de bladweerstand met behulp van een diffusorometer bepaald (KANEMASU, e.a., 1969). De bladpotentialen zijn met behulp van een pressure bomb bepaald (SCHOLANDER, e.a., 1965) en de grootte van de transpiratie is gravimetrisch gemeten. Het bladoppervlak werd met een planimeter gemeten.

De metingen werden verricht in een klimaatkas waarin naar een luchtvochtigheid van 60%, een nachttemperatuur van  $16^{\circ}\text{C}$  en een dagtemperatuur van  $23^{\circ}\text{C}$  werd gestreefd. De luchtvochtigheid en de temperatuur werden geregistreerd met een thermo-hygrograaf. De hoeveelheid straling, een wisselende factor tijdens het experiment werd buiten de klimaatkas gemeten met een Kipp-solarimeter.

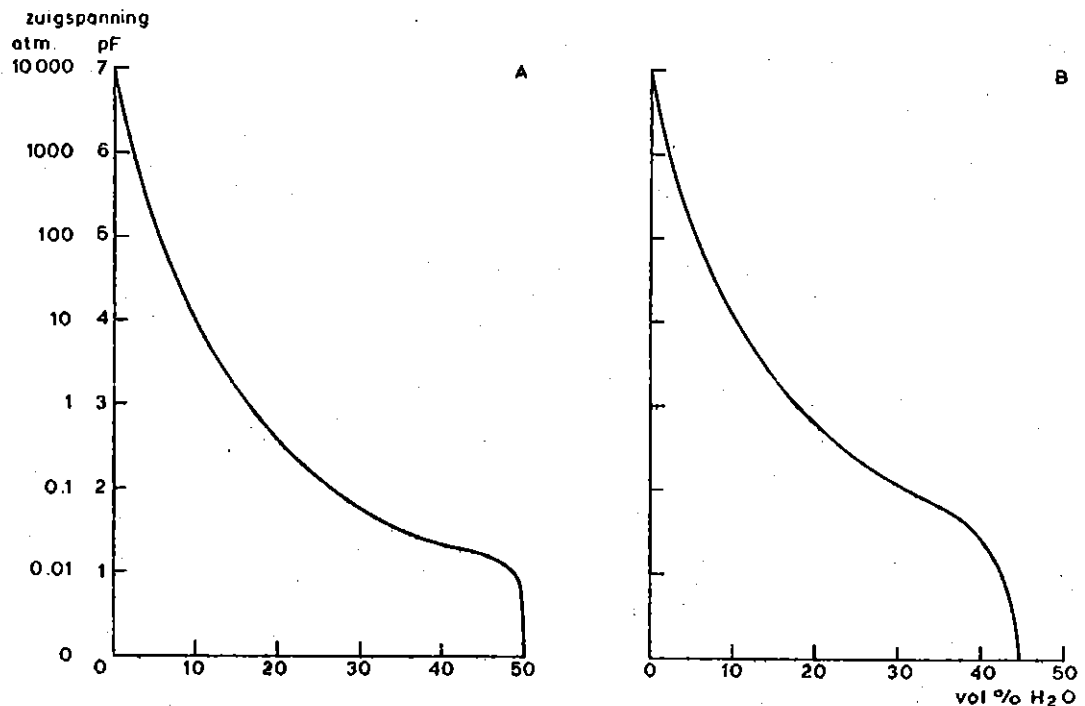


Fig. 1. Vocht karakteristiek Sinderhoevezand

A) gebaseerd op een drietal ingeklonken, geroerde monsters

B) gebaseerd op ongeroerd zand van 10 - 20 cm diepte

De hoeveelheid globale straling werd geïntegreerd over perioden van 30 minuten.

Om de metingen onder een constant bodemvochtregime te kunnen verrichten werd een serie van acht potten per soort om de twee dagen van zoveel water voorzien, dat op grond van de vocht karakteristiek uit figuur 1b en het volume van de hoeveelheid grond in de potten, de bodem juist verzadigd geacht werd te zijn. Voor het volume grond is de hoeveelheid droge grond (gemiddeld 7,923 kg) gedeeld door de eerste bepaling van het droogvolumegewicht ( $1,060 \text{ gr/cm}^3$ ) genomen. Op deze wijze berekend bedraagt het volume grond in de potten 7,475 l.

Aan een andere serie van acht potten per soort werd na verzadiging geen vocht meer toegevoegd, zodat de planten aan uitdrogende omstandigheden werden blootgesteld.

Om de twee dagen werd van de planten van iedere pot de bladpotentiaal, de bladtemperatuur, de bladweerstand en de transpiratie bepaald.

Om de evaporatie tegen te gaan werd de grond in de potten met een enkele centimeters dikke, fijne grindlaag afgedekt.

Ter controle werd van vier onbegroeide potten, waarvan de grond eveneens met een grindlaagje bedekt was, de evaporatie gemeten. Twee van de vier potten werden regelmatig aangevuld tot volledige verzadiging terwijl de andere potten niet aangevuld werden.

### 3. VERDAMPINGSGEDRAG ONDER CONSTANT VOCHTIGE OMSTANDIGHEDEN

Van de series potten met *Filipendula ulmaria* en van *Centaurea pratensis* onder constant vochtige omstandigheden zijn per soort de gesommeerde gemiddelde hoeveelheid evapotranspiratie en de globale straling in figuur 2 uitgezet. In beide gevallen blijkt de grootte van de evapotranspiratie zeer goed te correleren met de globale straling ( $1 > r^2 > 0,99$ ). Verder blijkt de evaporatie van de onbegroeide potten, ondanks de afdekkende grindlaag, zeer aanzienlijk. De evaporatie van de begroeide potten zal door de afschermede werking van de planten kleiner zijn dan het verschil tussen evapotranspiratie en evaporatie (fig. 2).

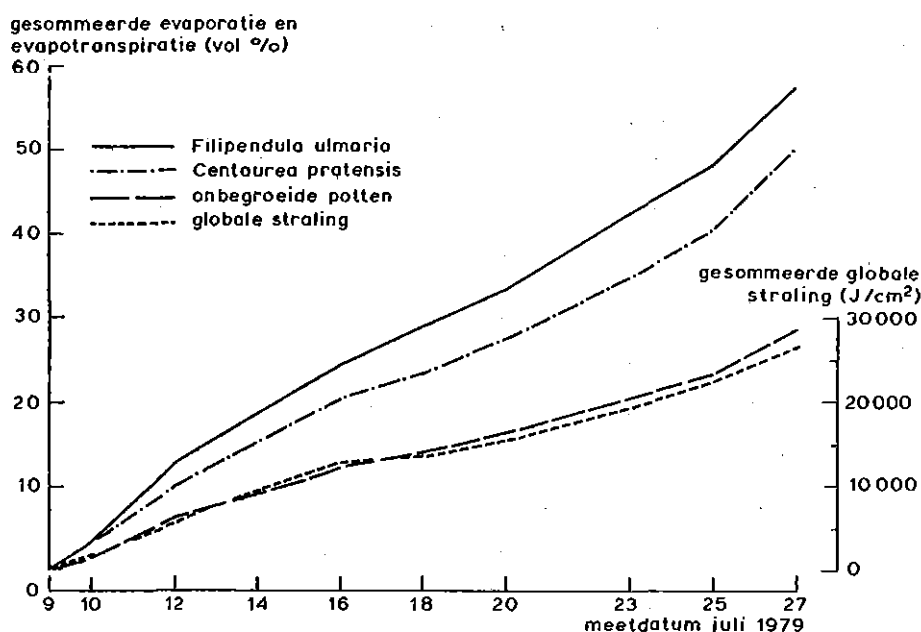


Fig. 2. Relaties tussen de gesommeerde hoeveelheden evapotranspiratie van een *Filipendula ulmaria* en een *Centaurea pratensis*-cultuur bij een met vochtverzadigde bodem en de transpiratie van onbegroeide potten gevuld met verzadigde grond enerzijds en de hoeveelheid globale straling anderzijds

Tijdens de beschouwde periode was de evapotranspiratie van de Filipendula begroeiing zo een 16%, ofwel 33 gram per etmaal, groter dan de evapotranspiratie van de Centaurea begroeiing. De verklaring hiervoor is te vinden in het feit dat het bladoppervlak van de Filipendula begroeiing per pot gemiddeld 18% groter is dan het bladoppervlak van de Centaurea begroeiing. In dit geval is voor het bladoppervlak de som van onder- en bovenzijde van het blad genomen daar Centaurea aan beide zijden van het blad transpireert terwijl Filipendula alleen via de onderzijde van het blad transpireert. Indien voor het bladoppervlak alleen het bladgedeelte met huidmondjes genomen wordt, blijkt Filipendula ongeveer twee maal zoveel per eenheid van bladoppervlak te transpireren dan Centaurea. Dit is in figuur 3 uitgezet voor de afzonderlijk potten van beide plantensoorten over de periode van 9-7 tot 27-7 1979. De evaporatie bedroeg in deze periode 1865 gram, zodat uit figuur 3 direkt kan worden afgelezen hoe groot de eerder genoemde reductie van de evaporatie als gevolg van het afschermend effect van de begroeiing is. Deze bedraagt over de periode van 18 dagen 365 gram, ofwel 5.6 vol.%. Dit is  $\frac{5,6}{28,8} \times 100 = 19,4\%$  van de evaporatie van de onbegroeide potten.

Om uitsluitend de transpiratie te bepalen dient de evapotranspiratie verminderd te worden met  $100 - 19,4 = 80,6\%$  van de evaporatie van de onbegroeide potten.

Hoewel de begroeide potten regelmatig van water werden voorzien, treden er aanzienlijke verschillen op tussen de bladpotentialen en de bladweerstand op de verschillende meetdata. Vooral van de metingen aan Filipendula is de spreiding groot. (zie tabel 1). De spreiding (S) is berekend als:

$$S = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}}$$

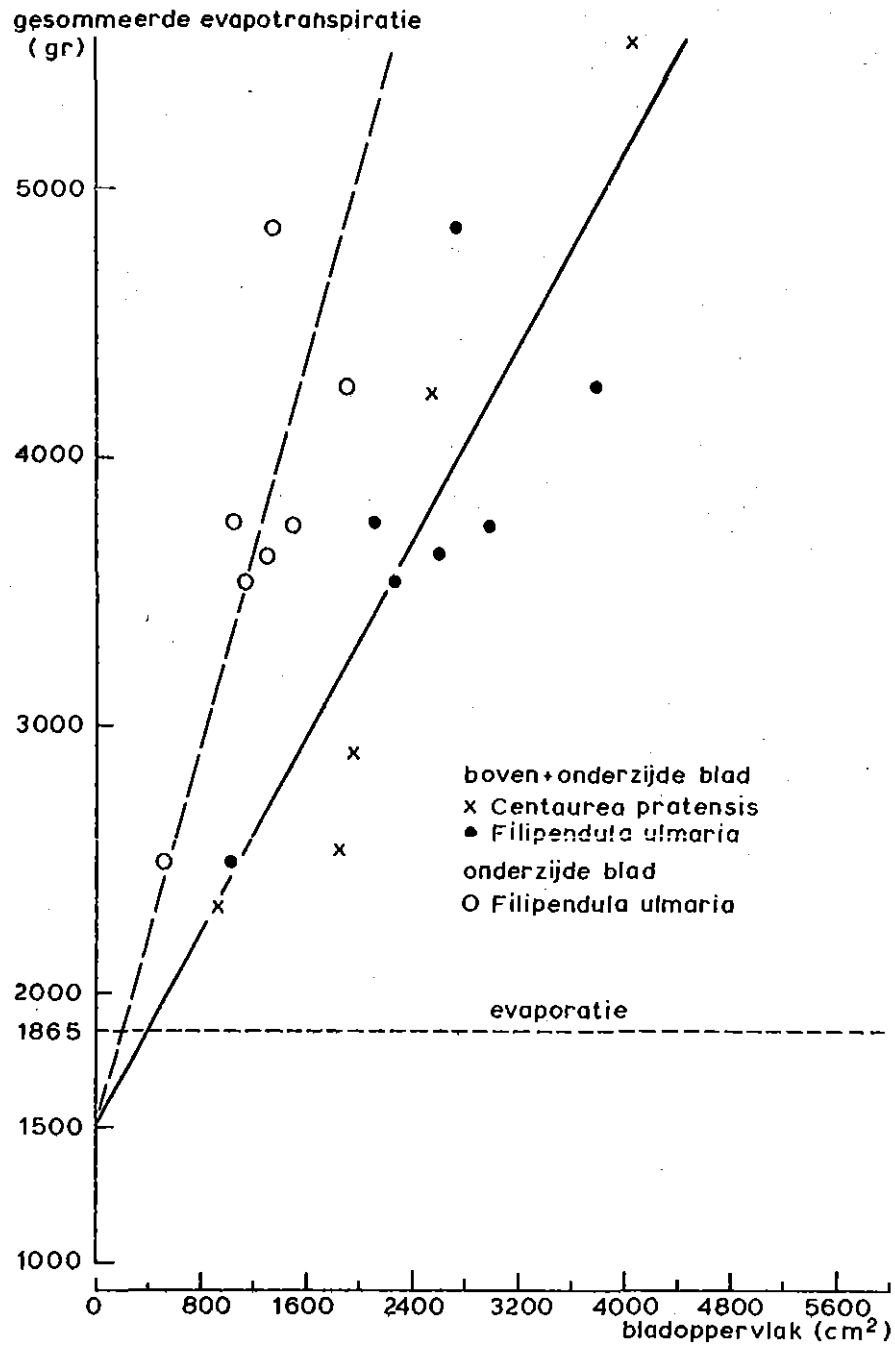


Fig. 3. Relatie tussen de gesommeerde evapotranspiratie en het bladoppervlak van Filipendula ulmaria en van Centaurea pratensis



Tabel 1. Gemiddelde en spreiding van de bladweerstand en de bladpotentiaal van *Filipendula ulmaria* en *Centaurea pratensis* onder permanent vochtige omstandigheden

	Filipendula		Centaurea	
	gemiddeld	spreiding	gemiddeld	spreiding
Bladpotentiaal (cm/sec)	12,0	2,4	9,1	2,2
Bladweerstand (atm.)	7,0	2,5	4,5	0,7

Uit de figuren 4a en 4b blijkt dat er onder verzadigde omstandigheden geen verband bestaat tussen de bladpotentiaal en de bladweerstand. Tussen de bladweerstand en de globale straling bestaat eveneens geen verband. Er bestaat wel een verband tussen de bladpotentiaal en de hoeveelheid globale straling. Hiertoe is de gemiddelde globale straling over de gehele meetperiode genomen, gerekend vanaf een half uur voor de aanvang van de eerste meting.

In figuur 5 zijn de gemeten bladpotentialen van *Filipendula* en van *Centaurea* tegen de globale straling uitgezet. Voor *Centaurea* blijkt de beste relatie te bestaan ( $r^2 = 0,73$ ). Er is één afwijkende meting buiten beschouwing gelaten. Voor *Filipendula* is de relatie slecht ( $r^2 = 0,20$ ). Indien van *Filipendula* de hoogste en de laagste meting met in beschouwing genomen worden, verandert de regressielijn nauwelijks van ligging maar neemt de regressiecoëfficiënt ( $r^2$ ) toe tot 0,70.

Het feit dat de bladpotentiaal wel maar de bladweerstand met de hoeveelheid globale straling correleert, duidt erop dat de aanvoer van vocht naar het blad gereguleerd wordt door de bladpotentiaal. Bij toenemende stralingsintensiteit neemt de zuigkracht van het blad, gemeten als bladpotentiaal, zodanig toe dat de planten optimaal kunnen blijven transpireren. Door middel van transpiratie is de plant in staat zijn bladtemperatuur te reguleren.

Uit het gemiddelde van de gemeten bladtemperaturen blijkt dat de bovenzijde van het blad van *Centaurea*  $1,4^{\circ}$  lager is dan de bovenzijde van het blad van *Filipendula*, terwijl de temperatuur aan de onderzijde van het blad van beide plantensoorten even hoog is (tabel 2). Dit verschil is toe te schrijven aan het feit dat *Centaurea* zowel via de blad

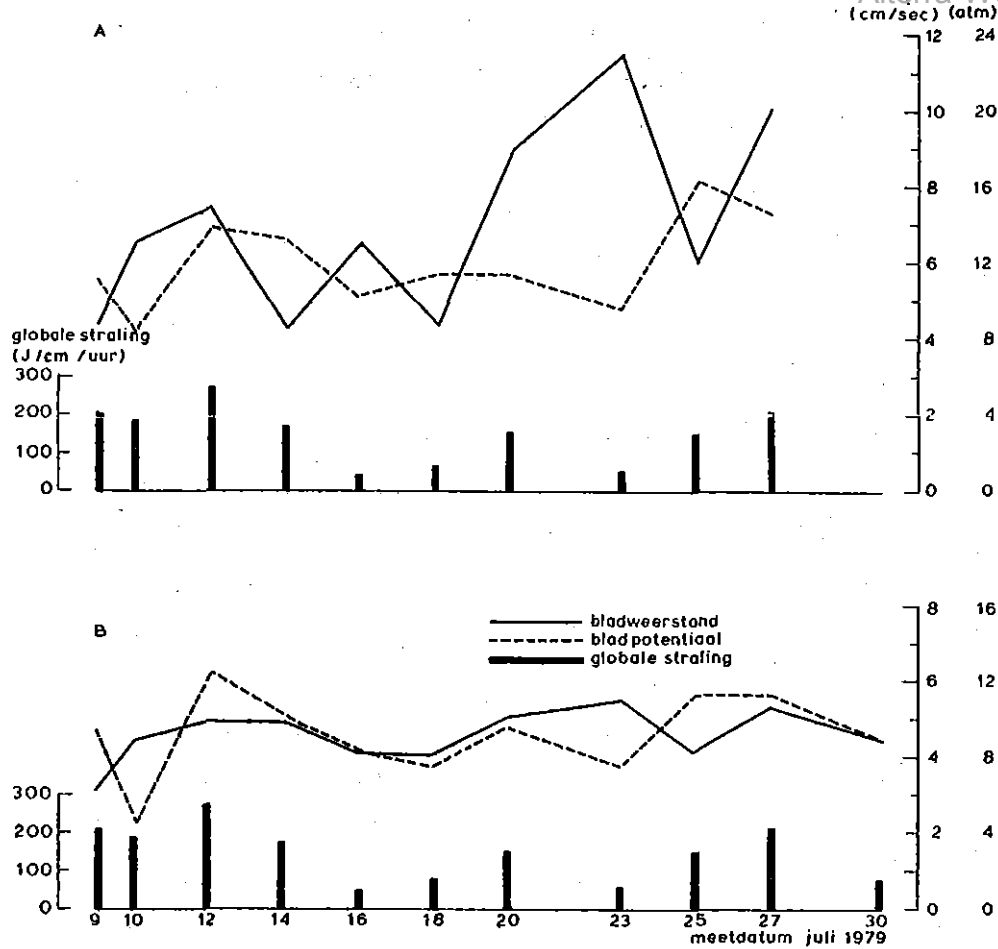


Fig. 4. Relatie tussen de bladpotentiaal ( $\psi_1$ ) de bladweerstand ( $r_1$ ) en de gemiddelde globale straling ( $J/cm^2/hr$ ) onder permanente vochtige omstandigheden. A) *Filipendula ulmaria* B) *Centaurea pratensis*

boven- als via de blad onderzijde transpireert terwijl bij *Filipendula* dit alleen via de bladonderzijde mogelijk is.

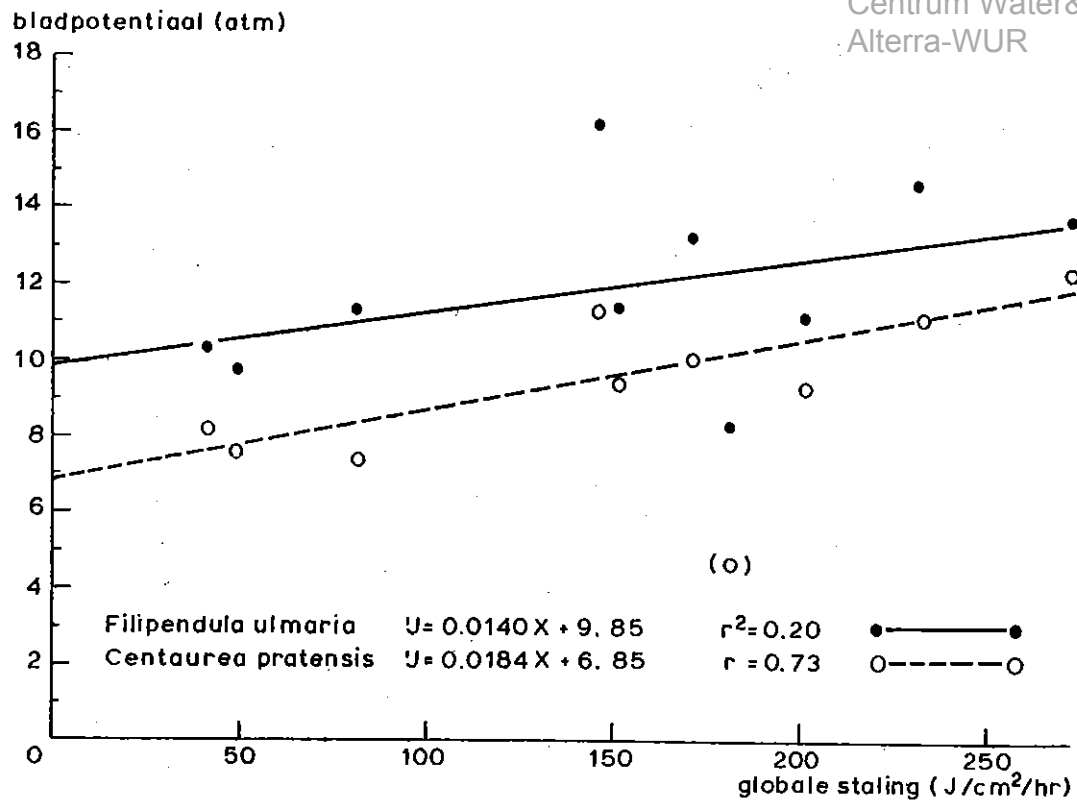


Fig. 5. Relatie tussen de bladpotentiaal van *Filipendula ulmaria* en van *Centaurea pratensis* onder vochtige omstandigheden en de globale straling

Tabel 2. Gemiddelde van de gemeten bladtemperaturen van *Filipendula ulmaria* en *Centaurea pratensis* in °C onder permanent verzadigde omstandigheden

	Bladbovenzijde	Bladonderkant
<i>Filipendula ulmaria</i>	25,9	23,9
<i>Centaurea pratensis</i>	24,5	23,9

#### 4. VERDAMPINGSGEDRAG ONDER UITDROGENDE OMSTANDIGHEDEN

De uitdrogingsproef, zoals beschreven in hoofdstuk 2, is gedaan met 8 potten met een begroeiing van *Filipendula ulmaria* en 8 potten met een begroeiing van *Centaurea pratensis*.

De proef werd ingezet op 9 juli 1979. Voor zover kon worden nage-

gaan was op dat moment de grond in alle potten juist verzadigd. De eerste planten van zowel Centaurea als van Filipendula verwelkten op 22 juli. Op 25 juli waren alle planten van de Centaurea begroeiing verwelkt. Drie dagen later waren eveneens de planten van de Filipendula begroeiing verwelkt.

Uitgaande van een volumegewicht van  $1,211 \text{ gr/cm}^3$  zoals na inklinking van de grond is vastgesteld, kan de afname van de hoeveelheid vocht als een volumepercentage worden berekend. Hoewel volgens de vocht karakteristiek van de ingeklonken grond (fig. 1a) het maximale vochtpercentage 50 bedraagt en er bij het verwelkingspunt nog 9 vol.% vocht aanwezig is, varieerden de maximale volumepercentages vocht van de 16 begroeide potten van 36,7 tot 57,1 en bij het verwelkingspunt van 22,0 tot 5,4 vol.%.

Van één pot met een Filipendula begroeiing en één pot met een Centaurea begroeiing waren de metingen dermate afwijkend, dat deze niet in beschouwing genomen zijn. De verschillen tussen de andere potten kunnen een aantal oorzaken hebben:

- de potten waren bij de uitgangssituatie op 9 juli niet volledig verzadigd;
- het volumegewicht van de grond in de verschillende potten verschilde en daarmee samenhangend de vocht karakteristieken;
- de hoeveelheid droge grond in de potten was niet aan elkaar gelijk.

Om toch een relatie tussen de zuigspanning in de bodem ( $\psi_s$ ) enerzijds en de bladpotentiaal ( $\psi_l$ ) en de bladweerstand ( $r_l$ ) anderzijds te kunnen vaststellen is de uitgangssituatie op 9 juli als onbekend verondersteld en werd er teruggerekend vanaf het verwelkingspunt (15,4 atm.). Hierbij is aangenomen dat zowel het volumegewicht,  $1,211 \text{ gr/cm}^3$ , als de vocht karakteristiek uit fig. 1a teruggerekend tot 0,1 atm., daar de verschillen in uitgangssituatie pas beneden deze zuigspanning van belang zijn. Indien het maximale volumepercentage vocht verschilt, zal de bijbehorende vocht karakteristiek voornamelijk tussen 0 en 0,03 atm. een ander verloop hebben dan de gebruikte vocht karakteristiek uit fig. 1a. De verschillen in de hoeveelheid droge grond zijn niet meer te achterhalen.

Beneden 0,1 atm. kunnen de bladpotentialen en de bladweerstanden welke onder vochtige omstandigheden bepaald zijn, representatief geacht worden (zie tabel 1).

Op bovengenoemde wijze berekend konden de figuren 6a en b en 7a en b samengesteld worden. Hierin staan, tussen veldcapaciteit (0,1 atm.) en het verwelkingspunt (15,4 atm.) de relaties tussen enerzijds de bladpotentiaal en de bladweerstand van *Centaurea* en *Filipendula* en anderzijds het vochtgehalte in volumeprocenten weergegeven.

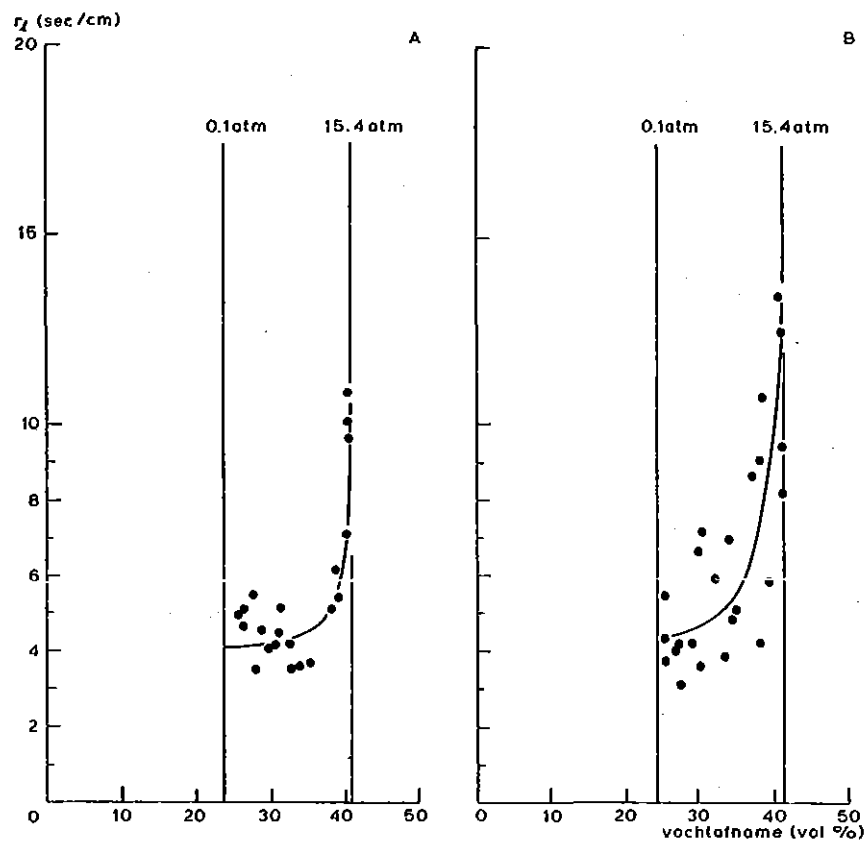


Fig. 6. Relatie tussen de bladweerstand ( $r_l$ ) en de vochtafname (vol.%) tussen veldcapaciteit (0,1 atm.) en het verwelkingspunt (15,4 atm.) A) *Centaurea pratensis* B) *Filipendula ulmaria*

De diffusieweerstand van het blad, van *Centaurea* neemt pas in een later stadium toe tijdens de afname van de hoeveelheid vocht in de bodem dan de diffusieweerstand van het blad van *Filipendula*. Tot een vochtafname van 35 vol.% blijft de bladweerstand vrij constant,

namelijk 4 à 5 sec/cm. Hoewel de gemiddelde bladweerstand van Centaurea onder natte omstandigheden een grote spreiding te zien geeft (tabel 1), bedraagt de gemiddelde weerstand eveneens 5 sec/cm.

Onder vochtige omstandigheden is de gemiddelde bladweerstand van Filipendula door een drietal hoge waarnemingen iets hoger, namelijk 7 sec/cm dan in grafiek 6b tot uiting komt (zie tabel 1 en fig. 4a).

De gemiddelde weerstand nabij het verwelkingspunt bedraagt voor Filipendula 13 sec/cm en voor Centaurea is dit iets lager, namelijk 10 sec/cm.

De spreiding van de gemiddelde bladpotentiaal (12 atm.) is onder natte omstandigheden bij Filipendula vrij groot (tabel 1). Bij veldcapaciteit is deze potentiaal eveneens 12 atm. (fig. 7b). Bij een verdere afname van de hoeveelheid vocht in de bodem neemt de bladpotentiaal sterk toe van een tweetal metingen bij het verwelkingspunt bedroeg de bladpotentiaal meer dan 30 atmosfeer.

De bladpotentiaal van Centaurea neemt boven veldcapaciteit toe van ongeveer 7 atm. tot ruim 18 atm. bij het verwelkingspunt (fig. 7a). Vergelijking van fig. 7a met fig. 7b toont aan dat bij vergelijkbare vochtafnames in de bodem de bladpotentiaal van de afreatofyt Centaurea ruim de helft van de bladpotentiaal van de freatofyt Filipendula bedraagt.

Het vochtpercentage uit de figuren 6 en 7 kan met behulp van de vocht karakteristiek (fig. 1a) omgerekend worden tot een zuigspanning van de bodem ( $\psi_s$ ) in atmosferen. In figuur 8 is de zuigspanning van de bodem in relatie met de bladweerstand en in figuur 9 in relatie met de bladpotentiaal weergegeven. De bladweerstand en de bladpotentialen, in relatie tot de zuigspanning van de bodem zijn als rechte lijn berekend. De relatie van deze zuigspanning (x) met de bladweerstand van Filipendula(ij) kan worden gedefinieerd als:  $ij = 0,42x + 4,85$  en met de bladweerstand van Centaurea(ij) als:  $ij = 0,35x + 4,09$  (fig. 8). Deze lijnen komen goed met elkaar overeen.

Voor de relatie van de zuigspanning van de bodem (x) met de bladpotentiaal voor Filipendula (ij) geldt:  $ij = 0,97x + 13,56$  en voor Centaurea (ij):  $ij = 0,71x + 7,66$ . Deze lijnen komen minder goed met elkaar overeen.

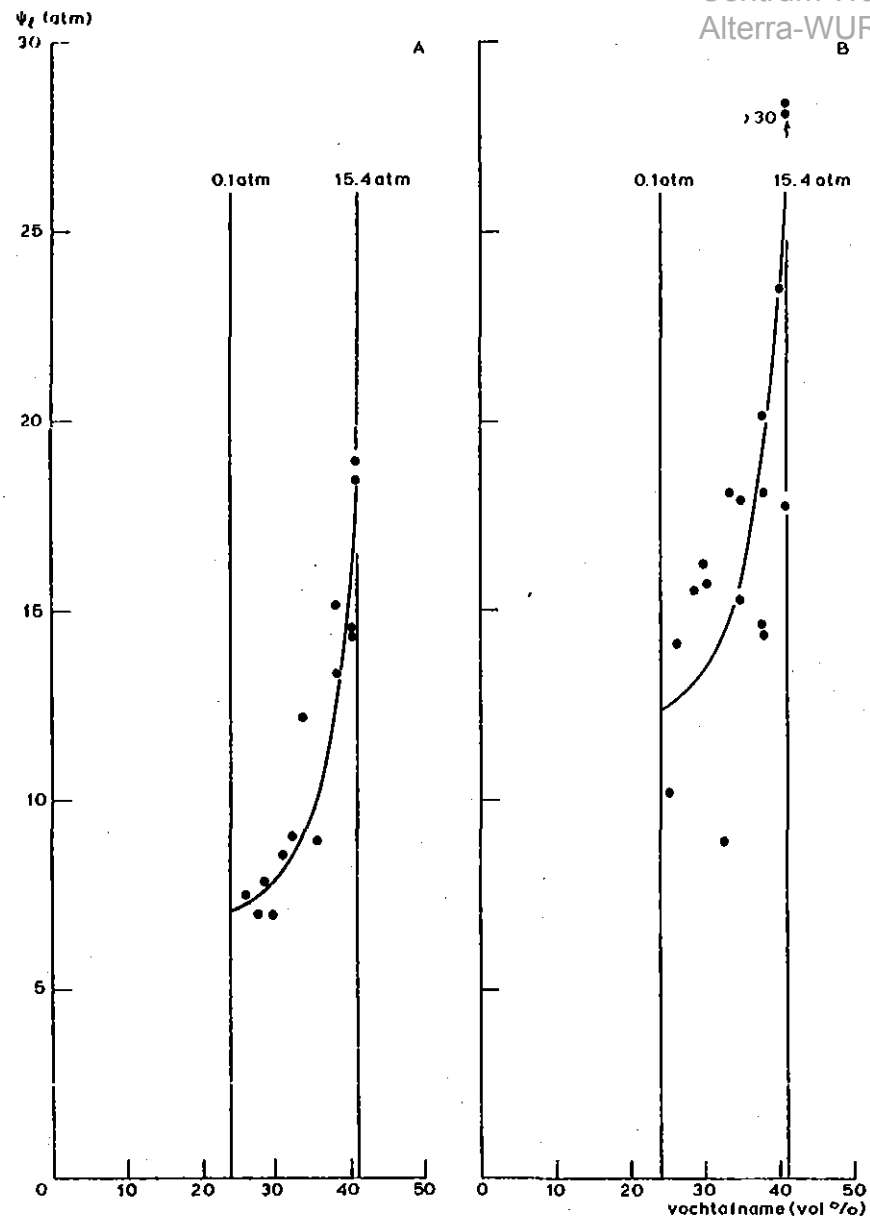


Fig. 7. Relatie tussen de bladpotentiaal ( $\psi_1$ ) en de vochtafname (vol.%) tussen veldcapaciteit (0,1 atm.) en het verwelkingspunt (15,4 atm.) A) *Centaurea pratensis* B) *Filipendula ulmaria*

De relaties tussen de globale straling en de (evapo)transpiratie enerzijds en de bladpotentiaal, de bladweerstand en de zuigspanning van de bodem anderzijds zijn onder de uitdrogende omstandigheden niet nauwkeurig te bepalen. Aan het begin van de uitdroging zijn de situaties niet aan elkaar gelijk zodat er faseverschillen tussen de verschillende potten optreden. Daar bovendien de grootte van de transpi-

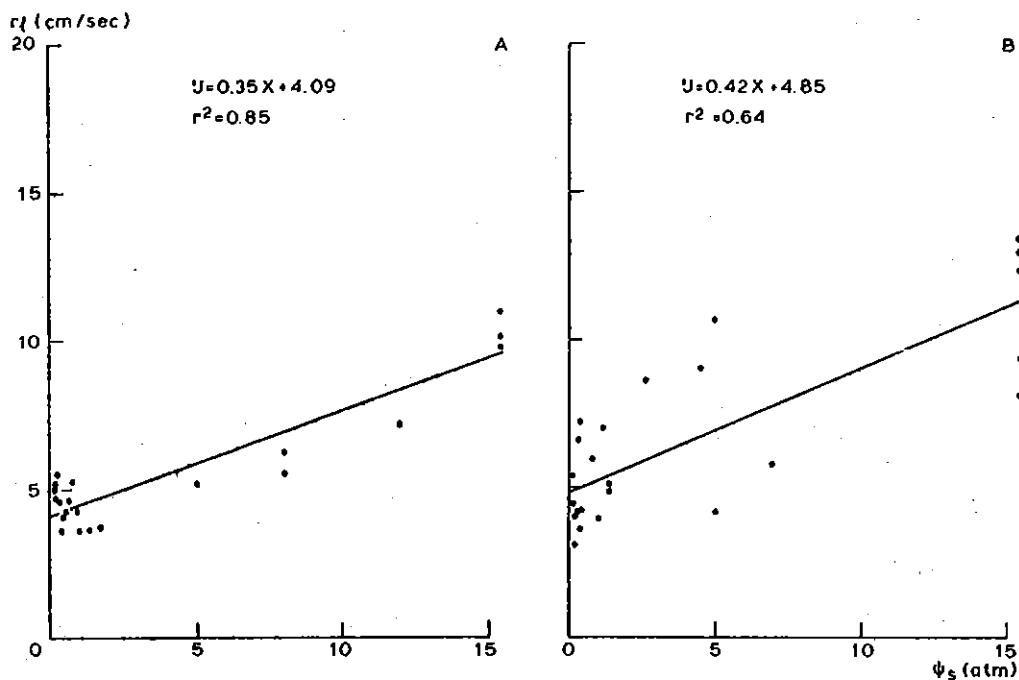


Fig. 8. Relatie tussen de bladweerstand ( $r_l$ ) en de zuigspanning van de bodem ( $\psi_s$ ) tot het verwelkingspunt (15,4 atm.) A) *Centaurea pratensis* B) *Filipendula ulmaria*

ratie door ongelijke bladoppervlaktes eveneens verschilt, is het uitdrogingsverloop van een aantal afzonderlijke potten bepaald. Voor vier potten met een *Filipendula* begroeiing is dit verloop in figuur 10a en voor vier potten met een *Centaurea* begroeiing in figuur 10b weergegeven. In beide gevallen is de gewichtsafname van het bodemvocht gekozen als maat voor de uitdroging. De hoeveelheid vocht op 9 juli verschilt als gevolg van de eerder genoemde oorzaken.

Behalve dat de potten met de *Filipendula* begroeiing gemiddeld minder vocht bevatten dan de potten met de *Centaurea* begroeiing transpireert *Filipendula* ook minder dan *Centaurea* als gevolg van een kleiner bladoppervlak. Gemiddeld bedraagt het verschil in bladoppervlak 16%. Per eenheid van transpirerend bladoppervlak bedraagt de grootte van de transpiratie van *Centaurea* de helft van de grootte van de transpiratie van *Filipendula*.



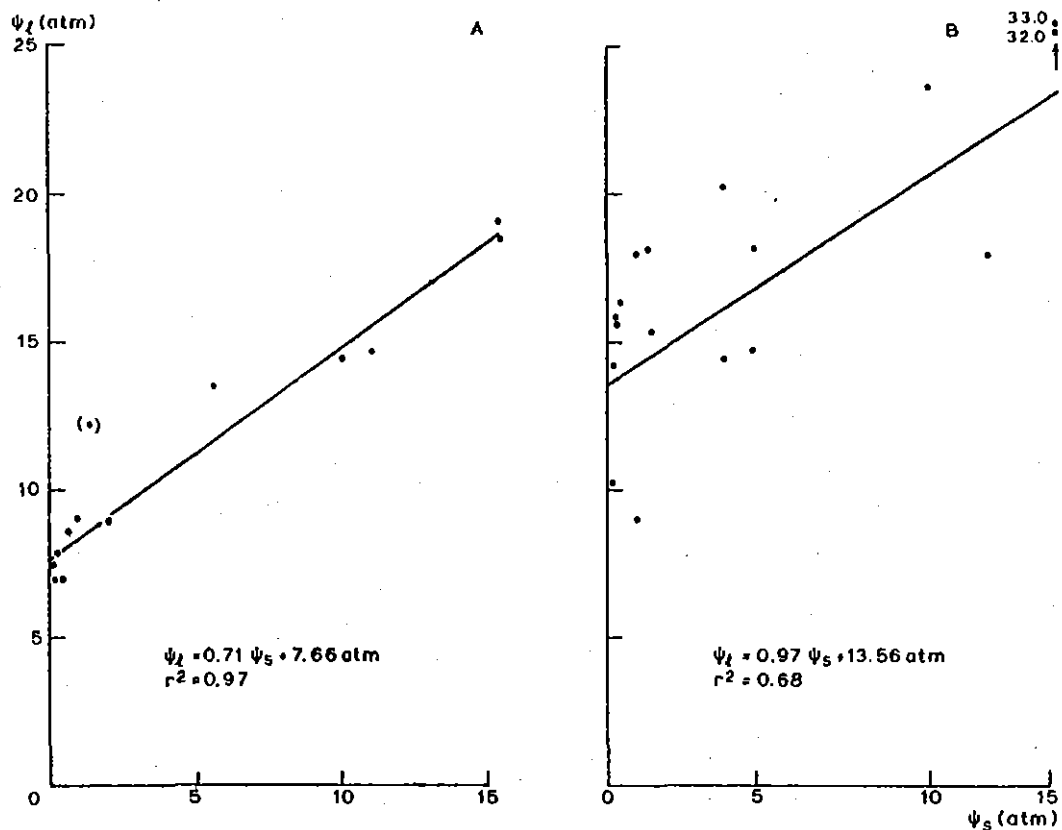


Fig. 9. Relatie tussen de bladpotentialaal ( $\psi_l$ ) en de zuigspanning van de bodem ( $\psi_s$ ) tot het verwelkingspunt (15,4 atm.) A) *Centaurea pratensis* B) *Filipendula ulmaria*

Het transpirerend bladoppervlak van *Centaurea* is daarentegen tweemaal zo groot als dat van *Filipendula* als gevolg van de aanwezigheid van huidmondjes aan de boven- en onderzijde van het blad. *Filipendula* heeft alleen huidmondjes aan de onderzijde van het blad. Zie ook hoofdstuk 3 en figuur 3. Bovengenoemde feiten maken dat de *Filipendula* begroeiing eerder verwelkt dan de *Centaurea* begroeiing.

In tegenstelling tot *Centaurea* is er een duidelijke afname in het vochtgebruik voor de evapotranspiratie van de laatste 200 gr voor het bereiken van het verwelkingspunt waarneembaar (fig. 10b). Uitgaande van een hoeveelheid droge grond van 7,923 kg en een volumegewicht van 1,204 gr/cm<sup>3</sup> (zie hoofdstuk 2) komt 200 gr vocht overeen met 3 vol.%. Uit de vocht karakteristiek (fig. 1b) kan worden afgelezen dat deze reductie vanaf 4,85 atm. (d.i. pF 3,7) aantoonbaar is.

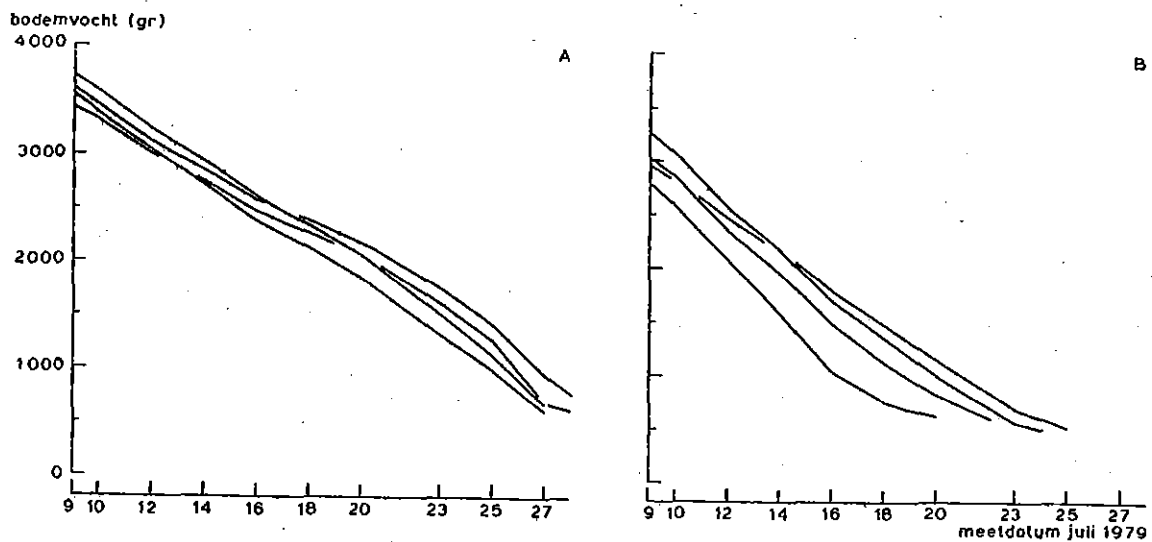


Fig. 10. Vochtafname van het bodemvocht tot het verwelkingspunt van een 4-tal potten A) *Centaurea pratensis* B) *Filipendula ulmaria*

Voor *Centaurea* kan op grond van fig. 10a geen reductie worden aangetoond. Tot het verwelkingspunt is de grootte van de evapotranspiratie vrij constant. Dit vindt zijn bevestiging in de toename van de bladweerstand tijdens het uitdrogingsproces (fig. 6). Bij *Centaurea* neemt deze weerstand tegen het bereiken van het verwelkingspunt sterk toe terwijl de weerstand bij *Filipendula* onder minder natte omstandigheden al toeneemt. Dit betekent dat de freatofyt *Filipendula* eerder een weerstand tegen de transpiratie gaat opbouwen dan de afreatofyt *Centaurea*. Dit komt echter niet tot uiting in het oplopen van de bladtemperatuur. De gemiddelde bladtemperaturen tijdens de metingen staan in tabel 3. Het verschil met de bladtemperaturen onder verzadigde omstandigheden (tabel 2) is klein. De temperatuur aan de onderzijde van het blad van beide plantensoorten is tijdens het uitdrogingsexperiment ruim een halve graad hoger.

Tabel 3. Gemiddelde van de gemeten bladtemperaturen in °C van *Filipendula ulmaria* en *Centaurea pratensis* tijdens het uitdrogingsexperiment

	Bladbovenzijde	Bladonderzijde
<i>Filipendula ulmaria</i>	25,6	24,8
<i>Centaurea pratensis</i>	24,3	24,6

## 5. DISCUSSIE

Op grond van het feit dat een freatofyt normaliter over voldoende bodemvocht kan beschikken en een afreatofyt niet altijd, valt te verwachten dat bij afreatofyten aanpassingen tegen vochttekorten aanwezig zijn. Op grond van metingen van de bladweerstand moet echter geconcludeerd worden dat zich juist het tegenovergestelde verschijnsel voordoet. *Centaurea* beschikt niet over het vermogen om een dreigend vochttekort het hoofd te bieden door het opvoeren van de diffusie-weerstand. Verder transpireert *Centaurea*, gezien de metingen van de bladweerstand, evenveel via de bovenzijde als via de onderzijde van het blad,

terwijl *Filipendula* uitsluitend via de onderzijde van het blad transpireert.

Het voorkomen van enige beharing op de bladeren en stengels van *Centaurea* duidt wel op een reguleringsmechanisme voor de transpiratie van deze soort.

Het toenemen van de bladweerstand en het mogelijke effect van de beharing komt echter niet tot uiting in de bladtemperatuur.

Door soortgelijke proeven met andere freato- en afreatofyten te doen, kan worden vastgesteld of het hier een uitzondering betreft.

Aan het einde van de proef bleek dat het wortelstelsel van zowel *Centaurea* als van *Filipendula* door de uitdrogende omstandigheden goed en homogeen door de beschikbare grond ontwikkeld was. Dit in tegenstelling tot de potten met verzadigde grond, waar het wortelstelsel van beide plantensoorten zich voornamelijk in de bovenste helft van de beschikbare grond ontwikkeld had. Met behulp van de uigevoerde potproeven kan niet worden bevestigd dat het wortelstelsel van een afreatofyt zich sneller en dieper ontwikkelt dan het wortelstelsel van een freatofyt.

## 6. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In de maand juli 1979 zijn onder geconditioneerde omstandigheden in een klimaatskas van een tweetal plantensoorten specifieke verdampingsfactoren bepaald. Het betrof hier de afreatofyt *Centaurea pratensis* en de freatofyt *Filipendula ulmaria*. Beide soorten groeiden in waterdichte potten die met fijnzandig leem gevuld waren.

Van acht potten van iedere soort is de uitdroging vanaf verzadiging van de bodem vervolgd aan de hand van het verdampingsgedrag van de planten. Van evenzoveel andere potten werd de bodem om de twee dagen aangevuld tot verzadiging en werd eveneens het verdampingsgedrag van de planten vastgesteld. Om de evaporatie tegen te gaan was in alle potten op de grond een laagje grind aangebracht.

De volgende factoren werden bepaald:

de bladpotentiaal ( $\psi_1$ ), met behulp van een pressure bomb  
de bladweerstand ( $r_1$ ), met behulp van een diffuso-porometer

de (evapo-)transpiratie, met behulp van gravimetrie de zuigspanning in de bodem ( $\psi_s$ ), met behulp van de vocht karakteristiek de globale straling, met behulp van een Kipp-solarimeter het bladoppervlak, met behulp van een planimeter.

De wortelontwikkeling werd visueel vastgesteld.

Op grond van het experiment kunnen een aantal conclusies getrokken worden:

- De grootte van de (evapo-)transpiratie van *Centaurea* en van *Filipendula* correleert goed met de hoeveelheid globale straling ( $1 > r^2 > 0,99$ ).
- Onder gelijke omstandigheden transpireert *Centaurea* evenveel via de bladboven- en bladonderzijde als *Filipendula*, dat alleen via de onderzijde van het blad transpireert.
- Het ontbreken van transpiratiemogelijkheden via de bovenzijde van het blad van *Filipendula* heeft tot gevolg dat deze zijde van het blad ruim  $1^\circ\text{C}$  warmer is dan de bladonderzijde en eveneens ruim  $1^\circ\text{C}$  warmer dan de bladboven- en bladonderzijde van *Centaurea*.
- Het toenemen van de bladweerstand heeft geen duidelijke invloed op de bladtemperatuur.
- De beharing van *Centaurea* heeft geen merkbare invloed op het verdampingsgedrag en op de bladtemperatuur.
- De evaporatie is onder natte omstandigheden door de afscherming van de vegetatie voor beide soorten 5,6% kleiner dan van natgehouden, onbegroeide grond.
- Tussen de bladweerstand van beide soorten en de globale straling bestaat geen relatie.
- Onder vochtige omstandigheden neemt de bladpotentiaal ( $i_j$ ) bij een toenemende hoeveelheid globale straling ( $x$ ) toe volgens  $i_j = 0,0140x + 9,85$  met  $r^2 = 0,20$  voor *Filipendula* en volgens  $i_j = 0,0184x + 6,85$  met  $r^2 = 0,73$  voor *Centaurea*. De globale straling is uitgedrukt in  $\text{J}/\text{cm}^2/\text{hr}$  en de bladpotentiaal in atm.
- Tot veldcapaciteit bedraagt de bladweerstand van *Filipendula* gemiddeld 7,0 atm. Deze neemt toe tot 13 atm. bij het verwelkingspunt. Voor *Centaurea* gelden waarden van respectievelijk 4,5 atm. tot veldcapaciteit en 10,0 atm. bij het verwelkingspunt.

- De bladweerstand neemt onder uitdrogende omstandigheden bij Filipendula in een vroeger stadium toe dan bij Centaurea.
  - Tot veldcapaciteit bedraagt de bladpotentiaal van Filipendula gemiddeld 12,0 cm/sec. Bij het verwelkingspunt loopt de potentiaal op tot boven de 30 cm/sec. Voor Centaurea gelden waarden van respectievelijk 9,1 cm/sec bij veldcapaciteit tot meer dan 18 cm/sec bij het verwelkingspunt.
  - Bij 4,85 atm, (pF 3,7) treedt bij Filipendula een reductie op in de transpiratie. Bij Centaurea is tot het verwelkingspunt geen reductie in de transpiratie waarneembaar.
  - De wortelzone van Filipendula en van Centaurea beperkt zich onder natte omstandigheden voornamelijk tot de bovenste 10 cm terwijl onder droge omstandigheden de wortels door de gehele pot homogeen verdeeld zijn.
  - Op grond van bovenstaande gegevens over de reductie in de transpiratie, de bladpotentiaal, de bladtemperatuur en het transpireren aan boven- en/of onderzijde van het blad blijkt de freatofyt Filipendula ondanks de permanente invloed van het grondwater in zijn natuurlijke omgeving over meer mogelijkheden te beschikken om zich tegen droogte te beschermen dan de afreatofyt Centaurea. Alleen de beharing van Centaurea duidt op een aanpassing tegen droogte.
- In hoeverre het hier een uitzondering betreft, dient met behulp van soortgelijke metingen aan andere freato- en afreatofyten te worden onderzocht.

## 7. LITERATUUR

- BEHBOUDIN, M.H., (1977). Water relations of cucumber, tomato and sweet pepper. Veenman, Wageningen
- BIELORAI, H. and P.A.M. HOPMANS (1975). Recovery of leaf water potential transpiration and photosynthesis of cotton during irrigation cycles. Reprint 182. ICW Wageningen
- FEDDES, R.A., (1971). Water, heat and crop growth. Veenman, Wageningen
- KANEMASU, E.T., G.W. THURTELLAND, C.B. TANNER (1969). Design, calibration and field use of a stomatal diffusion porometer. Plant Physiol. 44 : 881 - 885

SCHOLANDER, P.F., e.a. (1965). Sap pressure in vascular plants. Science  
148 : 339 - 346

SLAYTER, R.O. and J.F. BIERHUIZEN (1964). Transpiration from cotton  
leaves under a range of environmental conditions in relation  
to internal and external diffusive resistances. Tech.bull.  
36. ICW Wageningen