

**Woord vooraf**

Sedert een kleine tien jaar wordt er door het Departement Biologie van de Universitaire Instelling Antwerpen in nauwe samenwerking met het Rijksstation voor Populiereenteelt te Geraardsbergen fundamenteel ecofysiologisch onderzoek uitgevoerd op verschillende populiereklonen en -selecties met het doel de fundamentele gasuitwisselingsprocessen en -karakteristieken die aan de basis liggen van groei en produktie bij populier nauwkeurig te bestuderen en beter trachten te begrijpen. De resultaten van deze onderzoekingen kunnen van belang zijn bij de selectie, de veredeling en het streven naar een verhoogde produktiviteit van populier. Reden te meer om de algemene aanpak en de voornaamste bevindingen van deze studie in dit overzichtsartikel samen te vatten en aan de praktijkgeïnteresseerde populiereteler voor te stellen. Dit onderzoek werd van bij de aanvang mede gefinancierd door het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (Brussel) o.a. als het Centrum voor Onderzoek naar de Potentiële Opbrengst van Planten.

**1 Probleemstelling en verantwoording**

Alle biomassa-produktie door de planten – zowel hout als bloemen, vruchten of organen – bestaat in essentie voor meer dan 90% uit de scheikundige elementen koolstof (C), waterstof (H) en zuurstof (O). Deze drie eenvoudige anorganische elementen worden door de plant uit de bodem en uit de atmosfeer opgenomen via de gasuitwisselingsprocessen, en vervolgens via allerlei fysiologische processen en biochemische cycli in de plant verder omgebouwd tot meer complexe moleculen en structuren. Water (H<sub>2</sub>O) wordt in vloeibare vorm door de plant uit de bodem opgenomen en als gasvormige waterdamp weer vrijgegeven aan de lucht via het transpiratie- of verdampingsproces. Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>) wordt door de plant in gasvormige toestand uit de atmosfeer opgenomen en met behulp van het zonlicht in de bladeren gefixeerd via het fotosynthese- of CO<sub>2</sub>-assimilatieproces. Terzelfdertijd wordt ook zuurstof (O<sub>2</sub>) opgenomen en CO<sub>2</sub> afgegeven aan

**Summary**

*In this ecophysiological review article the CO<sub>2</sub>- and water vapour gas exchange processes of individual poplar leaves occupy a major place together with their relations with growth and productivity of different poplar clones.*

*First the philosophy and the idea of gas exchange measurements as valuable production indices is justified and discussed. Some non-destructive systems suited for CO<sub>2</sub>- and water vapour gas exchange measurements under controlled laboratory as well as under field conditions, are further presented.*

*Results show that the maximal photosynthetic CO<sub>2</sub>-uptake by different poplar clones – alone or in combination with other ecophysiological, biochemical and anatomo-morphological leaf parameters – can be used as a reliable and predictive index for growth and/or productivity of these poplar clones. For young poplar cuttings a very close correlation with plant height is found; in older poplar trees differences in crown structure among the clones are more involved. A detailed and elaborated ecophysiological passport can be constructed for each poplar clone and reflects the poplar field productivity very well.*

*In conclusion, simple gas exchange measurements on individual poplar leaves provide some interesting information on tree growth capacity that could have important implications in practical breeding and selection work with poplar. However by means of this approach no information can be obtained concerning disease or pest resistance of certain poplar clones.*

de atmosfeer in de ademhaling of respiratie.

Hoe belangrijk ook de manier mag zijn waarop de gefixeerde CO<sub>2</sub> verder wordt verdeeld over de verschillende delen van de plant (wortels, bladeren, stengels, vruchten, bloemen,...) toch kan de uiteindelijke opbrengst aan economisch waardevolle produkten (in

<sup>1)</sup> Departement Biologie, Universitaire Instelling Antwerpen, Universiteitsplein 1, B-2610-Wilrijk, België.

<sup>2)</sup> Rijksstation voor Populiereenteelt, Gaverstraat 4, B-9500-Geraardsbergen, België.

het geval van populier: houtproductie) nooit hoger liggen dan de totale CO<sub>2</sub>-opname of fotosynthese (biologische productie).

Het is uit het voorgaande dan ook duidelijk dat een fundamentele studie of een betere kennis van het essentiële CO<sub>2</sub>-assimilatieproces (en ook van het daaraan gekoppelde transpiratieproces) een beter inzicht geeft in de groei en de productie of alleszins in het potentiële groei- of productievermogen van de plant i.c. van de populier. Indien bijvoorbeeld dit potentiële groeivermogen voor verschillende populiereklonen of -selecties zou kunnen voorspeld worden aan de hand van eenvoudige en kortstondige metingen van de CO<sub>2</sub>-opnamesnelheid van deze planten, dan kunnen deze gasuitwisselingsgegevens een belangrijke bijdrage leveren met het oog op eventuele vroegtijdige selectiemethodes.

De CO<sub>2</sub>-opname en waterdamp-afgifte processen kunnen trouwens verder geanalyseerd worden in termen van onderliggende anatomische, morfologische en biochemische bladkarakteristieken die eventueel genotypische verschillen tussen diverse klonen of cultivars aan het licht kunnen brengen en dus op hun beurt interessante mogelijkheden bieden als betrouwbare en gefundeerde selectie- of teeltcriteria. Ook in de populierenteelt gebeuren selectie en veredeling immers nog altijd grotendeels empirisch via de "trial and error" benadering vermits het inzicht in en het gebruik maken van met opbrengst verband houdende fysiologische en anatomo-morfologische karakteristieken zeer beperkt is en de redenen voor het superieure (groei)gedrag van nieuw ontwikkelde en hoge opbrengst gevende variëteiten meestal niet gekend zijn.

Het gasuitwisselingsgedrag van planten (i.c. populieren) geeft ook op een efficiënte en directe wijze de responsie van de populier weer zowel op bepaalde fysische omgevingsfactoren (als temperatuur, lichtinten-

siteit, luchtvochtigheid en windbeweging) als op fysico-chemische invloeden (bv.: bemesting, bodemvochtigheid). Uit de responsie van de fotosynthese (en/of transpiratie) op deze uitwendige factoren kunnen dan de optimale groeicondities (van bv. temperatuur, lichtintensiteit, vochtigheid, bemestingsniveau, ...) voor de verschillende populieren bepaald worden hetgeen eveneens erg belangrijke praktijkimplicaties kan hebben.

Samengevat kunnen we stellen dat een betere en meer fundamentele kennis van de gasuitwisselingskarakteristieken van populier a priori interessante en waardevolle gegevens zou kunnen opleveren met betrekking tot:

- 1 de onderlinge genotypische verschillen tussen diverse klonen en/of selecties;
- 2 de relatie tussen gasuitwisseling, groei en produktiviteit (eventueel opstellen van een gefundeerde en betrouwbare vroegtijdige selectie-index);
- 3 de afhankelijkheid van gasuitwisseling, groei en opbrengst van fysische en fysico-chemische omgevingsparameters, en daaruit voortvloeiende genotypestandplaats wisselwerkingen.

Voor meer informatie betreffende de hoger aangehaalde "gasuitwisselingsfilosofie" weze hier verwezen naar Ceulemans (1980) en naar Impens en Ceulemans (1982).

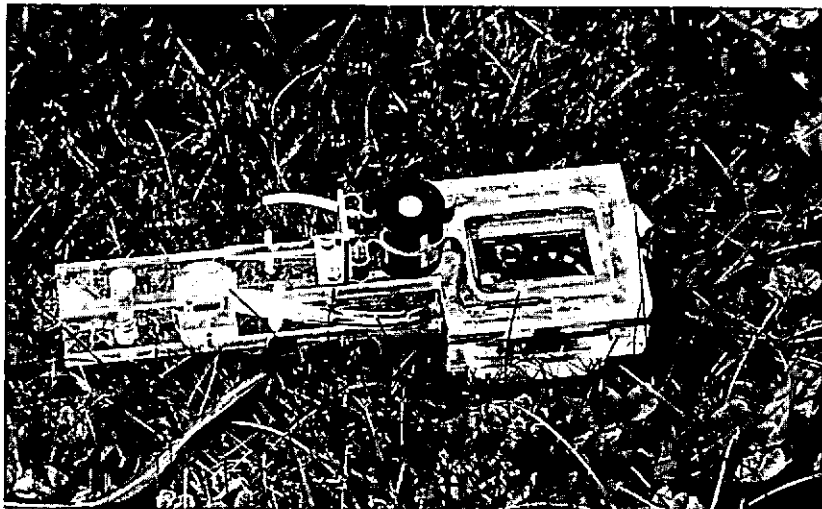
## 2 Hoe wordt de CO<sub>2</sub>-gasuitwisseling van populieren gemeten?

Vooraleer de resultaten van de gasuitwisselingsmetingen op populier en de voornaamste bevindingen van het ecofysiologisch onderzoek voor te stellen, past het ook even aan te tonen welke methodes gebruikt worden om de gasuitwisseling bij populier te meten.

Onder laboratoriumcondities wordt de CO<sub>2</sub>- en wa-

Fig. 1 Voor het meten van de CO<sub>2</sub>-gasuitwisseling van afzonderlijke populierebladeren onder terrein- of groeikamercondities wordt een eenvoudige plexiglazen bladcuvette gebruikt die tijdens de kortstondige metingen op het te onderzoeken blad wordt geklemd. Merk de lichtsensor bovenop en de kleine ventilator binnenin de cuvette op.

Fig. 1 For short-term CO<sub>2</sub>-gas exchange measurements of single poplar leaves under field or growth chamber conditions a simple plexi cuvette, clamped onto the leaf surface, is used. Also notice the light sensor on top of and the small ventilator inside the cuvette.



terdampgasuitwisseling van afzonderlijke intacte populierebladeren (aan de plant!) op een niet-destructieve wijze gemeten met behulp van een plexiglazen assimilatiekamer waarin het betreffende populiereblad wordt opgesloten en waardoorheen een continue luchtstroom wordt gestuurd (zie ook Koch et al., 1968; Ceulemans and Impens, 1980 en 1982). Uit het verschil in  $\text{CO}_2$ -respectievelijk  $\text{H}_2\text{O}$ -concentratie tussen de in de cuvette inkomende en uitgaande lucht wordt dan de  $\text{CO}_2$ -gasuitwisseling (opname of afgifte) respectievelijk de transpiratie van het ingesloten populiereblad bepaald. Met behulp van een volledig elektronisch gestuurde regelininstallatie kunnen de fysische omgevingsparameters in de gasuitwisselingskamer (zoals belichtingsintensiteit, luchttemperatuur en -vochtigheid en windbeweging) exact gecontroleerd en geprogrammeerd worden. De  $\text{CO}_2$ -analyses gebeuren met behulp van gecalibreerde infrarood gasanalysatoren, terwijl verschillen in waterdampconcentratie gemeten worden met LiCl-voelers of met dauwpuntspiegel-systemen.

Op het terrein of in de geconditioneerde groeiruimte wordt voor het bepalen van de  $\text{CO}_2$ -opname gebruik gemaakt van kleine ( $\pm 20$  cm), eenvoudige en zelfgebouwde plexiglazen cuvetten die op het vlakke populiereblad worden geklemd (zie ook Ceulemans en Impens, 1982). In figuur 1 wordt één van dergelijke handige gasuitwisselingskamertjes getoond, terwijl de volledige installatie in gebruik in een populiereaanplanting geïllustreerd wordt in figuur 2.

In tegenstelling tot de gesofisticeerde, volledig klimaatgecontroleerde laboratorium-gasuitwisselingsinstallatie die hoger beschreven werd, zijn de fysische omgevingsfactoren (vooral luchttemperatuur) in dit geval erg moeilijk te controleren, maar geschieden de metingen binnen 1 à 3 min. Een kleine ventilator in de cuvette zorgt voor een homogene windbeweging over het ingesloten blad, terwijl de  $\text{CO}_2$ -concentratieverschillen in de lucht gemeten worden met een draagbare batterij-operationele infrarood gasanalysator (fig. 2). Voor het meten van de verdamping in het veld dient evenwel van een afzonderlijk toestel (een zogenaamde diffusieporometer) gebruik gemaakt te worden.

### 3 Invloed van lichtintensiteit op gasuitwisselingsprocessen en aanverwante karakteristieken

Alle fysische omgevingsfactoren (als lichtintensiteit of foton flux densiteit, luchttemperatuur, atmosferische  $\text{CO}_2$ -concentratie, luchtvochtigheid en windbeweging) hebben een eigen invloed op de gasuitwisselingsprocessen en aanverwante ecofysiologische karakteristieken. De meeste van deze wisselwerkingen werden in de literatuur reeds uitvoerig beschreven en bestu-

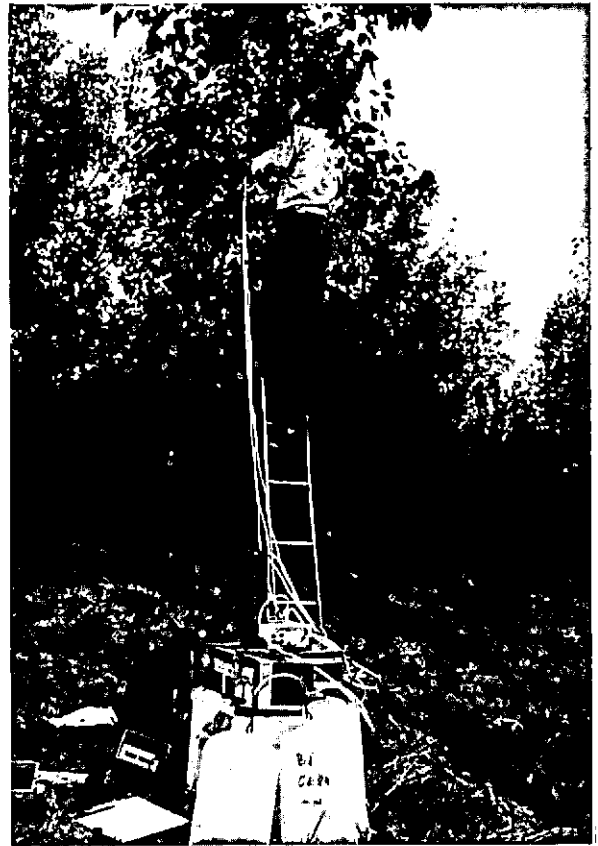


Fig. 2 Gasuitwisselingsmetingen onder terreincondities op vijfjarige populieren in het populietum te Grimminge (prov. O.-Vlaanderen). Zicht op de gasuitwisselingsinstallatie (onderaan) en de cuvette in het bladerendek.

*Fig. 2 Gas exchange measurements on five-year-old poplar trees under field conditions in a plantation at Grimminge (prov. East of Flanders). View on gas exchange system (bottom) and cuvette in the poplar crown.*

deerd (zie o.a. Whiteman and Koller, 1967; Larcher, 1980; Ceulemans, 1980). Licht (of beter: foton flux densiteit) is volgens de meeste auteurs niet alleen de primaire limiterende factor voor plantengroei en produktiviteit maar is tevens de belangrijkste en meest onafhankelijke klimatologische variabele. Daarom komen verschillen in de zogenaamde licht-responsiecurven van fotosynthese, transpiratie en aanverwante karakteristieken tussen diverse soorten of klonen in de literatuur uitgebreid aan bod.

Bij wijze van illustratie werd in figuur 3 de relatie tussen de fotosynthetische  $\text{CO}_2$ -opname en de foton flux densiteit voorgesteld voor de populiereklonen 'Robusta' en 'Beaupré'. Eerstgenoemde is de welbekende en veelvuldig aangeplante euramerikaanse kruising, terwijl 'Beaupré' een interamerikaanse kruising (*Populus trichocarpa* × *P. deltoides*) met sterk verhoogde groei-

Tabel 1 Karakteristieken van de eerste reeks populiereklonen. Stamvolume van bomen na zeven groeijaren. Nadere gegevens in d'Oultremont en Steenackers (1973) en Ceulemans and Impens (1980).

Table 1 Characteristics of the first series of poplar clones. Stem volume of trees after 7 growth years. Further details in d'Oultremont and Steenackers (1973) and Ceulemans and Impens (1980).

kloon	codenr. (België)	krusing	gesl.	sectie	herkomst	stamvolume (dm <sup>3</sup> )
Unal	S.910-1	P. trichocarpa V-235	♂	Tacamahaca	Washington	245.2
		×		×	×	
Beaupré	S.910-2	P. deltoides S.1-173	♀	Aigeiros	(Iowa × Missouri)	246.2
		P. trichocarpa V-235		Tacamahaca	Washington	
		×		×	×	
Fritzi Pauley	V-235	P. deltoides S.1-173	♀	Aigeiros	(Iowa × Missouri)	176.0
Columbia River	V-24	P. trichocarpa V-235	♂	Tacamahaca	Washington	175.4
Trichobel	S.724-101	P. trichocarpa V-24	♂	Tacamahaca	Oregon	-
		×		×	×	
Ghoy	S.682-90	P. trichocarpa V-24	♀	Tacamahaca	Oregon	148.4
		P. deltoides S.9-2		Aigeiros	(Iowa × Ontario)	
		×		×	×	
Robusta	-	P. nigra Ghoy	♂	Aigeiros	België	86.2
		P. × euramericana (Dode) Guinier		Aigeiros	VSA	
		×		×	×	
				Aigeiros	Europa	

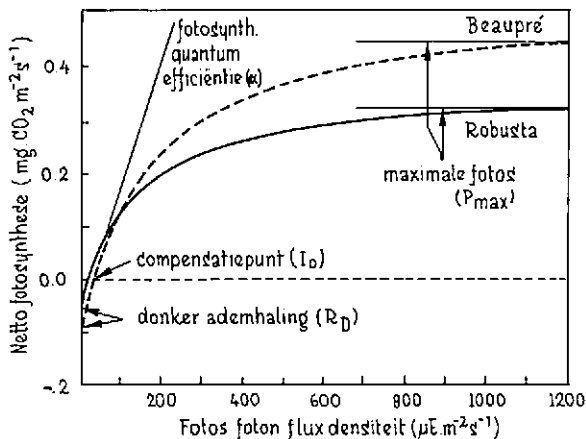


Fig. 3 Fotosynthetische CO<sub>2</sub>-assimilatie in functie van toenemende foton flux densiteiten (of lichtintensiteiten) voor populiereklonen 'Beaupré' en 'Robusta'. De aanverwante fotosyntheseparameters werden op deze figuur eveneens aangegeven.

Fig. 3 Photosynthetic CO<sub>2</sub>-assimilation as a function of increasing photon flux densities (or light intensities) for poplar clones 'Beaupré' and 'Robusta'. Related photosynthesis parameters were also indicated on this figure.

kracht is die op het Rijksstation voor Populierenteelt te Geraardsbergen in 1960-1961 werd bekomen (zie tabel 1 en ook Steenackers en Van Slijcken, 1982). In figuur 3 werden ook de belangrijkste fotosynthetische karakteristieken – die allen nauw gecorreleerd zijn met en afgeleid kunnen worden uit de fotosynthetische responscurve – gevisualiseerd. Deze fotosyntheseparameters zijn erg belangrijk bij de licht-schaduwadapta-

tie, bij de studie van verschillen tussen diverse klonen, ... en zullen verder in deze studie nog regelmatig aan bod komen.

Voor meer gedetailleerde informatie betreffende de invloed van verschillende fysische variabelen op gasuitwisselingsprocessen en -karakteristieken bij populier wordt de lezer verwezen naar studies van Ceulemans (1980) en Ceulemans and Impens (1980).

#### 4 Opbouw van een ecofysiologisch paspoort als groei-performantie-index voor populier (Laboratoriummetingen)

In de deelstudie die hieronder beschreven staat, werd een vrij complex en uitgebreid "ecofysiologisch paspoort" (kortweg ECOPAS) ontwikkeld voor een zestal snel-groeïende populiereklonen met de bedoeling de mogelijkheden van dit ECOPAS te toetsen bij het voorstellen van de veldopbrengst en de groei van deze klonen. De hierbij betrokken populiereklonen waren de klonen 'Ghoy', 'Unal', 'Beaupré', 'Columbia River', 'Trichobel' en 'Robusta'. Deze behoorden alle tot verschillende soorten van de secties Aigeiros en Tacamahaca, alsook tot enkele intersectionele hybriden, nl. *Populus trichocarpa*, *P. deltoides* × *P. nigra* en *P. trichocarpa* × *P. deltoides*. Voor een karakteristiek van deze klonen wordt verwezen naar tabel 1.

Verschiede planten van deze klonen werden in plastic potten gegroeïd van gelijkmatige stekken, gewonnen op het Rijksstation voor Populierenteelt te Geraardsbergen. De jonge populiereplanten groeïden eerst in een serre en vervolgens in een geconditioneerde plantengroeiruimte waar volgende constante

fysische omgevingscondities heersten: temperatuur 22.5 °C, 78% relatieve luchtvochtigheid, licht 160  $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 14 hr. fotoperiode en windbeweging 0.25  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Op volwassen bladeren van elk van deze populiereklonen werden vervolgens een ganse reeks ecofysiologische parameters bepaald evenals een aantal onderliggende biochemische en morfologische bladkarakteristieken. Al deze karakteristieken werden gecombineerd samengebracht in het ecofysiologisch paspoort dat is voorgesteld in figuur 4.

De ecofysiologische (gasuitwisselings-)karakteristieken werden bepaald op individuele volwassen bladeren met behulp van de gecontroleerde en geventileerde gasuitwisselingsinstallatie – die hoger (zie onder 2) werd beschreven – onder optimale condities van temperatuur, licht,  $\text{CO}_2$ -concentratie en vochtigheid.

De ecofysiologische karakteristieken groepeerden naast de verschillende diffusieweerstanden een aantal fotosynthese karakteristieken (als maximale fotosynthesnelheid, compensatiepunt en fotosynthetische efficiëntie; zie fig. 3) alsook de donker ademhaling ( $R_D$ ) en de waterhuishoudingsefficiëntie ( $T/P_N$ ) van de plant.

De biochemische bladkarakteristieken van verschillende bladeren werden bepaald op een destructieve wijze volgens diverse biochemische en enzymatische technieken. Deze biochemische bladparameters (fig. 4) waren de volgende:

- chlorofyl-concentratie (chl; chlorofyl is de primaire collector van lichtenergie in het groene blad);
- verhouding chlorofyl/proteïne (of chlorofyl/eiwit-concentratie);

- enzyme-activiteit van het RuDPC (dit is het enzyme dat bij populier uiteindelijk het  $\text{CO}_2$  capteert);
- verhouding chlorofyl a/chlorofyl b (dit is de verhouding van de twee belangrijkste groene plantpigmenten).

Verder werden voor de zes populiereklonen ook nog een viertal morfologische (of anatomische) bladkenmerken op een eenvoudige wijze bepaald, (fig. 4) te weten:

- het specifiek vers gewicht van het populiereblad (SVBG; dit is het vers gewicht per eenheid bladoppervlakte);
- de totale bladoppervlakte (bladopp.; dit is de gemiddelde waarde van meerdere bladeren);
- de stomatale densiteit (stom. dens.) aan de onderzijde van de bladeren (dit is het aantal huidmondjes per eenheid bladoppervlakte en dit aan de onderzijde van het populiereblad);
- de ratio van stomatale densiteiten aan de bovenzijde ten opzichte van deze aan de onderzijde (bov./ond.) van het bladoppervlak (dit is een onbenoemde grootheid). De meeste plantesoorten vertonen enkel huidmondjes aan de onderzijde van hun bladeren, maar een groot aantal populiereklonen (niet alle!) hebben stomata aan beide zijden van hun bladeren.

Omwille van de complexiteit van dit ECOPAS-model werd er een multivariate statistische analyse op toegepast die de verschillende, afzonderlijke bladkarakteristieken bijeenbracht in zogenaamde componenten. In tabel 2 werden deze componenten gerangschikt naar graad van belangrijkheid en naar de mate waarin zij de

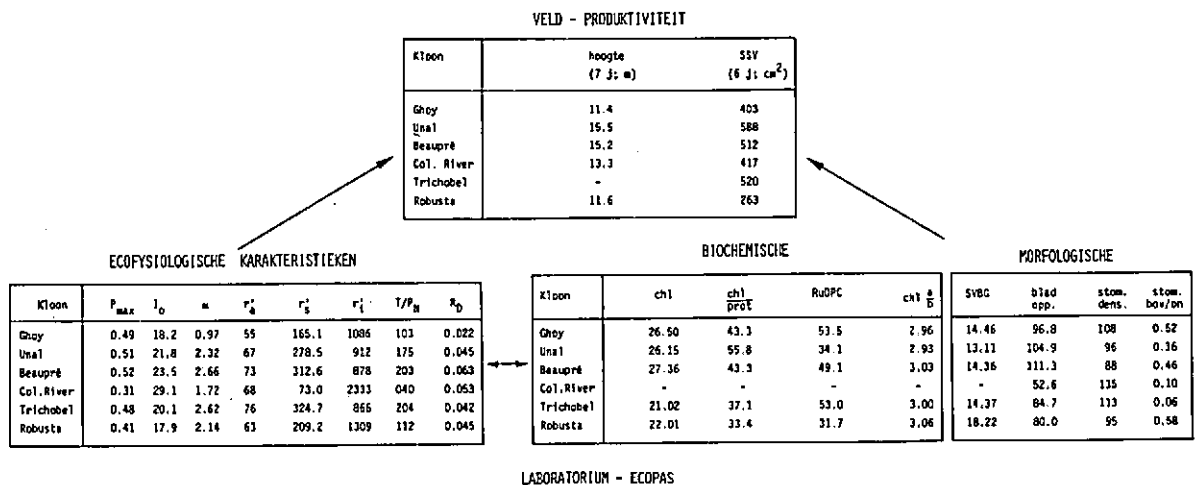


Fig. 4 Het ecofysiologisch paspoort (ECOPAS), bestaande uit ecofysiologische, biochemische en morfologische bladparameters werd onder laboratoriumcondities opgebouwd voor verschillende populiereklonen en gebruikt als performantie-index voor hun veld-productiviteit. Voor de verklaring der symbolen en afkortingen wordt naar de tekst verwezen.

Fig. 4 The ecophysiological passport (ECOPASS) has been made up of different ecophysiological, biochemical and morphological leaf parameters for several poplar clones under laboratory conditions and was used as an index of their field production performance. For explanations of symbols and abbreviations: see text.

Tabel 2 De componenten werden gebruikt om het complexe populieren-ECOPAS te vereenvoudigen. Hier worden de verschillende bladkarakteristieken opgesomd die de drie belangrijkste componenten bepalen, alsook de correlaties ( $r^2$ ) tussen de veldproductiviteit van de populiereklonen en de afzonderlijke of gezamenlijke componenten. \*: significant aan 5% en \*\*: significant aan 1%.

Table 2 The so called components were used to simplify the complex poplar ECOPASS. Here the different leaf characteristics are summarized that determine the three principal components. Moreover correlation coefficients ( $r^2$ ) between the field productivity of the poplar clones and the individual or combined components are given. \*: significant at 5% level and \*\*: significant at 1% level.

component	voornaamste bladkarakteristieken	aard der karakteristieken	$r^2$ tussen prod. en comp.	$r^2$ met prod.
I	$P_{max}$ ; $I_0$ ; $E_p$ ; $r_i$	ecofysiologische	0.848*	0.848*
II	chl; chl <sup>a+b</sup> ; chl/prot.	biochemische	0.055	0.903**
III	stomat. densiteit en ratio bov./ond.	morfologische	0.054	0.956**

totale variabiliteit binnen het ECOPAS kunnen verklaren. In deze tabel 2 werd daarenboven ook de correlatie aangegeven tussen elk van deze componenten en de veldproductiviteit van de beschouwde (zes) populiereklonen. Als maat voor de veldproductiviteit van de populiereklonen werd de gemiddelde stamsnijvlakaanwas (SSV) over een periode van zes jaar genomen, die werd opgemeten voor een tiental standaardbomen van de verschillende klonen in drie populietuinen in België, nl. te Ethe (provincie Luxemburg), Overboelare (provincie Oost-Vlaanderen) en Lommel (provincie Limburg) (zie ook fig. 4). Over de keuze van deze opbrengstparameter alsmede over vergelijkingen tussen de stamsnijvlakaanwas en andere produktiviteitsindices werd reeds voldoende uitgeweid in een vorig artikel door Steenackers et al. (1981).

Zoals bleek uit tabel 2 waren de ecofysiologische (gasuitwisselings-)karakteristieken veruit de belangrijkste parameters in het globale ECOPAS, omdat zij niet alleen de grootste variabiliteit (47%) konden verklaren, maar ook omdat zij een duidelijke karakterisatie en differentiatie van de verschillende populiereklonen mogelijk maakten. Verder volgden de biochemische (component II; tabel 2) en de morfologische (component III; tabel 2) bladkarakteristieken. De maximale fotosynthese ( $P_{max}$ ), het foton flux compensatiepunt ( $I_0$ ), de efficiëntie van waterverbruik ( $T/P_N$ ) en de interne weerstand ( $r_i$ ) waren samen voor ca. 85% gecorreleerd met de produktie (= stamsnijvlakaanwas van de diverse populiereklonen), terwijl alle bladkarakteristieken te samen een correlatie van 96% met de veldproductiviteit vertoonden! (tabel 2)

Het grote belang van de ecofysiologische gasuitwisselingskarakteristieken in het voorspellen van de uiteindelijke veldproductiviteit van de populier, is vanuit praktisch oogpunt erg interessant omdat deze ecofysiologische parameters (1°) vrij gemakkelijk te bepalen zijn aan de hand van eenvoudige en niet-destructieve gasuitwisselingsmethoden (zie o.m. onder 2) en (2°) in feite resulteren uit de onderliggende biochemische en

anato-morfologische bladkenmerken. Als twee belangrijkste gasuitwisselingsparameters vallen vooral de  $P_{max}$  en het foton flux compensatiepunt ( $I_0$ ) te vermelden.

Deze resultaten illustreren aldus de mogelijkheden van dit uitgebreide ECOPAS-model om de veldproductie van verschillende populiereklonen te voorspellen aan de hand van een ganse reeks eenvoudige ecofysiologische, biochemische en morfologische metingen op jonge planten onder laboratoriumomstandigheden en dit met een zeer grote nauwkeurigheid (correlatie 96%). In het licht van eventuele vroegtijdige selectiemethodes is deze bevinding zeker niet onbelangrijk. Nochtans is het ECOPAS zelf als groei- of produktie-index eerder moeilijk hanteerbaar (multivariabele statistische analyses) en vrij omslachtig (zeer veel parameters). Daarom verdiende het aanbeveling onze aandacht toe te spitsen op de ecofysiologische (gasuitwisselings-)karakteristieken om na te gaan in hoeverre één of meerdere van deze parameters bruikbaar waren in produktiestudies van populieren. Deze ecofysiologische bladkarakteristieken bleken immers de meest sprekende en meest relevante parameters in het hoger beschreven ECOPAS-concept. Hierop werd verder ingegaan in de hierna beschreven deelstudies.

## 5 CO<sub>2</sub>-gasuitwisseling en groei van verschillende jonge populiereklonen (Groeikamer-metingen)

Om het groot belang van de maximale fotosynthesnelheid ( $P_{max}$ ) en het foton flux compensatiepunt ( $I_0$ ) bij het voorspellen van de produktiviteit van verschillende populiereklonen te testen, werd een studie opgezet met een veel groter aantal (grotendeels ongekende) populiereklonen dan voorheen (nl. 18 tegenover 6). Daarenboven werden de jonge populierestekken gedurende het ganse seizoen buiten opgekweekt en gemeten onder geconditioneerde groeirumtecondities, terwijl in de vorige studie de metingen onder laboratoriumomstandigheden werden uitgevoerd op planten

Tabel 3 Lijst met klonen die het resultaat zijn van terugkruisingen (F.2) van moederklonen 'Beaupré' en 'Fritzi Pauley' met verschillende *P. deltoides* en *P. trichocarpa* × *P. deltoides*-hybriden. Stamomtrek van 5-jarige planten op 1.30 m hoogte werd eveneens aangegeven.

Table 3 List of poplar clones as a result of back-crosses (F.2) of mother clones 'Beaupré' and 'Fritzi Pauley' with several *Populus deltoides* and *P. trichocarpa* × *P. deltoides* hybrids. Stem circumference of 5-year-old plants at 1.30 m height has also been given.

codenr.	terugkruising van	×	met kloon of hybride	uit	omtrek (cm)
72.035/10	Beaupré (S.910-2)		<i>P. deltoides</i> S.620-225	Michigan	23.25
72.034/1	idem		<i>P. deltoides</i> S. 235-8	Z. Illinois	25.25
75.027/2	idem		idem	idem	23.75
75.027/3	idem		idem	idem	26.50
75.027/5	idem		idem	idem	26.50
75.028/3	Beaupré (S.910-2)	S.760-141 =	<i>P. deltoides</i> S.77-6	N. Illinois	20.25
			×	×	
			<i>P. deltoides</i> S.235-17	Illinois	—
75.028/5	idem	idem	idem	idem	—
72.029/1	Fritzi Pauley (V-235)	idem	idem	idem	23.00
72.029/2	idem	idem	idem	idem	22.50
72.029/3	idem	idem	idem	idem	22.00
			<i>P. deltoides</i> V-5	Iowa	
72.040/2	Fritzi Pauley (V-235)	S.647-17 =	×	×	24.25
			<i>P. trichocarpa</i> V-24	Oregon	
72.040/9	idem	idem	idem	idem	30.75
72.040/12	idem	idem	idem	idem	26.00
			<i>P. trichocarpa</i> V-235	Washington	
72.041/3	idem	S.909-11 =	×	×	27.50
			<i>P. deltoides</i> V-11	Missouri	

die in de groeikamer waren opgegroeid.

Onder de 18 populiereklonen bevonden zich vijf klonen (nl. 'Fritzi Pauley', 'Columbia River', 'Trichobel', 'Una' en 'Beaupré') die reeds voorkwamen op de gecontroleerde lijst van de (Belgische) Nationale Dienst voor Afzet van Land- en Tuinbouwprodukten (NDALTP), m.a.w. klonen die reeds hun snelle groei en hun hoge ziekteresistentie hadden aangetoond (Steenackers en Van Slijcken, 1982; zie ook tabel 1). De 13 overige populiereklonen (tabel 3 minus kloon 72.041/3) bevonden zich voorlopig nog in een experimentele observatieperiode op het Rijksstation voor Populiereenteelt te Geraardsbergen en werden voorsnog niet vrijgegeven aan de handelskwekerijen. Het betreft hier allemaal terugkruisingen naar de klonen 'Beaupré' (codenr.: S.910-2) en 'Fritzi Pauley' (codenr.: V-235) waarin men vrij hoge verwachtingen stelt. De volledige lijst van deze hier bestudeerde, ongekende klonen wordt gevonden in tabel 3, samen met vergelijkbare omtrekmetingen op vijfjarige planten.

In totaal werden zes gelijke stekken (ca. 24 cm lang) van elke kloon op het Rijksstation te Geraardsbergen gesneden, die in de loop van de maand april 1981 in grote plastic containers van 50 l werden gestekt. Per container werden oorspronkelijk drie stekken geplant. De plastic containers waren gevuld met speciaal daartoe bestemde "stekgrond" (pH: ± 5.0; firma Belcoma) en gedurende de eerste vijf maanden van elk groeiseizoen werd maandelijks eenmaal bemest met een Triabon-meststof (concentraties: N:16/P:8/K:12/Mg:5).

Daarenboven werd in de loop van de maanden augustus 1981 en juli 1982 om de veertien dagen gespoten met het insecticide E 605 (Bayer) om insecten en ongedierte te bestrijden. De planten werden verder regelmatig gewied en gedurende korte of langere droogteperiodes werden ze rijkelijk van water voorzien zodat geen vochtstress in de bodem kan optreden. De binnenplaats van de Campus van de Universitaire Instelling Antwerpen waarop de jonge populiereplanten waren geplaatst was voldoende wind- en tochtvrij om een optimale groei te verzekeren. Aan het einde van het groeiseizoen (in november 1981 en oktober 1982) werd de totale lengte van alle (jaar)scheuten gemeten tot op 1 cm nauwkeurig (tabel 5).

De fotosynthetische CO<sub>2</sub>-opname van de 18 verschillende populiereklonen werd bepaald bij omgevingstemperaturen van ca. 25 °C en onder een waaier van diverse foton flux densiteiten (of belichtingsintensiteiten). Om de grote fluctuaties in de klimaatsomstandigheden te elimineren en om een vlotte en uniforme meetprocedure van het groot aantal planten mogelijk te maken, werden de buiten opgekweekte populieren voor het meten van de fotosynthesesnelheid tijdelijk in een geconditioneerde plantengroeiruimte ondergebracht. Elke container werd dan voor één à twee uren naar deze plantengroeikamer overgebracht waar de gasuitwisselingsmetingen werden verricht. De constante fysische omgevingscondities in de groeikamer waren de volgende: luchttemperatuur ca. 25 °C, atmosferische vochtigheid ca. 75%, en windbeweging

0.30 m.s<sup>-1</sup>. De foton flux densiteiten, afkomstig van twee natriumlampen (Philips HNF, 400 W) werden gevarieerd tussen 0 en 1400  $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

De fotosynthese-lichtresponsie (zoals voorgesteld in fig. 3) werd opgesteld voor een vijftal volwassen bladeren per kloon met behulp van een eenvoudige

plexi gasuitwisselingscuvette, zoals beschreven onder 2. De bladtemperaturen varieerden tussen 27° en 29 °C.

In plaats van een opsomming te geven van alle gasuitwisselingsparameters voor alle 18 populiereklonen werd in tabel 4 een kort overzicht van de resulta-

Tabel 4 Voor de vier gemeten gasuitwisselingsparameters werd de spreiding aangegeven voor de 18 populiereklonen, alsook hun variatiecoëfficiënt (in procent), hun correlatie-coëfficiënt met de eerste jaarscheutlengte en het significantieniveau van deze correlatie-coëfficiënt. Planten buiten opgekweekt en gemeten onder groeikamer-omstandigheden.

Table 4 For the four gas exchange parameters the range has been given for the 18 poplar clones, as well as their coefficient of variance (%), their correlation coefficient with the first year's shoot length and the level of significance of this correlation coefficient. Plants grown outside and measured under growth chamber conditions.

parameter	spreiding of range	variatie coëff. (%)	correlatie $r^2$	signif.
maximale fotosynthese	0.13-0.50 mgCO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	37	+ 0.65	1%
lichtcompensatiepunt	24-92 $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$	35	- 0.60	1%
fotos. efficiëntie	1.0-3.3 g CO <sub>2</sub> E <sup>-1</sup>	27	+ 0.35	niet
donker respiratie	0.041-0.121 mg CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	31	- 0.41	niet
jaarscheutlengte	74-125 cm	16	1.0	-

Tabel 5 Groei- en CO<sub>2</sub>-gasuitwisselingsmetingen voor 19 populiereklonen geplant als stekken in plastic kuipen of in de kwekerij, of als tweejarige poten in het populietum. De eerste vijf klonen zijn in de handel verkrijgbare en door de NDALTP erkende klonen, de overige bevinden zich nog in een observatie-periode.

Table 5 Growth and CO<sub>2</sub>-gas exchange data for 19 poplar clones planted either as cuttings in plastic containers or in the nursery, either as two-years old sets in the poplar plantation. The first five clones are under control of the Belgian NDALTP while the remaining clones are still in an experimental test period.

plantsoen: plaats:	stekken in plastic kuipen Wilrijk (prov. Antwerpen)		kwekerij Overboelare (prov. O. Vlaand.)				populietum-weiland Grimminge (prov. O. Vlaanderen)			
	P <sub>max</sub> <sup>1)</sup>	I <sub>0</sub> <sup>2)</sup>	hoogte m; 1 j	hoogte (m)		<sup>3)</sup> omtr. cm; 2 j	P <sub>max</sub>	hoogte (m)		<sup>4)</sup> omtr. cm; 5 j
kloon				1 j	2 j			2 j	5 j	
Fr. Pauley	0.29	59	0.80	2.08	5.09	8.61	-	-	-	-
Col. River	0.26	31	1.11	1.79	4.26	9.05	-	-	-	-
Trichobel	0.31	48	0.86	2.04	4.83	10.81	-	-	-	-
Unal	0.43	25	1.25	2.46	5.66	12.22	-	-	-	-
Beaupré	0.28	47	0.96	2.21	5.56	13.07	0.17	5.00	9.71	32.00
72.035/10	0.26	46	0.99	1.95	4.77	12.00	0.13	3.87	6.60	23.25
72.034/1	0.33	69	1.02	2.00	5.53	12.10	0.16	4.07	7.80	25.25
75.027/2	0.20	74	0.97	1.55	4.49	10.71	0.11	3.82	7.02	23.75
75.027/3	0.15	80	0.74	1.70	4.71	11.81	0.12	3.95	7.90	26.50
75.027/5	0.22	57	0.84	1.52	4.47	11.50	0.06	3.82	7.05	26.50
75.028/3	0.21	24	1.20	2.10	5.23	11.88	0.09	4.37	6.55	20.25
75.028/5	0.13	70	0.93	2.00	5.27	13.63	0.11	4.60	5.10 <sup>5)</sup>	18.00 <sup>5)</sup>
72.029/1	0.23	49	0.77	2.40	5.56	14.58	0.15	5.02	7.22	23.00
72.029/2	0.25	83	0.84	2.35	5.85	13.23	0.10	4.97	7.35	22.50
72.029/3	0.26	92	0.88	2.30	5.84	13.10	0.13	4.72	6.82	22.00
72.040/2	0.40	59	1.15	2.20	4.82	10.18	0.18	4.25	7.30	24.25
72.040/9	0.49	83	0.93	1.90	4.49	10.27	0.20	3.75	8.10	30.75
72.040/12	0.50	48	1.22	2.10	4.96	10.52	0.30	4.62	8.00	26.00
72.041/3	-	-	0.87	1.85	4.82	9.61	0.25	3.92	7.90	27.50
Gemiddelde:	0.29	58	0.96	2.03	5.06	11.52	0.15	4.32	7.36	24.77
Var.coëff. (%)	37	35	16	13	10	14	42	11	14	15

1) P<sub>max</sub>: maximale fotosynthesesnelheid (mg CO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>).

2) I<sub>0</sub>: lichtcompensatiepunt ( $\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

3) Stamomtrek op 1.00 m hoogte.

4) Stamomtrek op 1.30 m hoogte.

5) Twee op vier bomen afgestorven.



ten weergegeven. In deze tabel werd de spreiding van de maximale fotosynthese weergegeven, alsook deze van het foton flux compensatiepunt, van de fotosynthetische efficiëntie en van de donker ademhaling, evenals de variatie-coëfficiënt (in %) en de correlatie van elk van de vier ecofysiologische karakteristieken met de eerste jaarscheutlengte van de populieren. De maximale fotosynthetische CO<sub>2</sub>-opname die hier bedoeld werd, is deze gemeten bij ca. 1300 μE.m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> en bij 25 °C.

Wat betreft de waarden van de verschillende fotosynthetische karakteristieken bepaald voor de klonen 'Fritzi Pauley', 'Columbia River', 'Trichobel', 'Unal' en 'Beaupré' werd er een vrij goede overeenstemming gevonden tussen de waarden die in de vorige deelstudie (zie onder 4) bekomen werden onder gecontroleerde laboratoriumcondities en deze die hier (in tabel 4 en 5) vermeld werden voor de buiten opgekweekte planten. Er werd een redelijk grote spreiding vastgesteld in de diverse fotosynthetische karakteristieken tussen de 18 verschillende populiereklonen (variatie-coëfficiënten tussen 27 en 37%; tabel 4 en 5), terwijl de variatie tussen de 18 klonen wat betreft hun eerste jaarscheutlengte daarentegen veel geringer was en ongeveer 16% bedroeg.

Verder bleek uit tabel 4 dat zowel de maximale CO<sub>2</sub>-opnamesnelheid als het foton flux compensatiepunt significant gecorreleerd waren met de eerste jaarscheutlengte van de diverse populiereklonen, respectievelijk positief en negatief. Fotosynthetische efficiëntie en donker respiratie waren niet gecorreleerd met scheutlengte-groei. De significante correlatie tussen de maximale fotosynthese en de lengte van de eerste jaarscheut van de 18 populiereklonen werd grafisch voorgesteld in figuur 5. Daarenboven was de hiërarchie in de goeikracht van de verschillende klonen grotendeels dezelfde gedurende het eerste en het tweede groeijjaar (in situ) gezien er eveneens een significante correlatie werd vastgesteld tussen de eerste en de tweede jaarscheutlengte (niet geïllustreerd).

Vermits bijna alle bovengrondse biomassa die tijdens het eerste en het tweede jaar geproduceerd werd door deze jonge en onvertakte populierestekken, naar de groei van de scheutlengte ging, gaf deze jaarscheutlengte een vrij goed idee van de initiële bovengrondse biomassa productie van deze klonen. De maximale fotosynthese was niet alleen gecorreleerd met de scheutgroei tijdens het eerste jaar, maar ook met de scheutlengte bij het einde van het tweede groeiseizoen.

De resultaten uit de hier beschreven deelstudie bevestigen eens te meer het belang van de gasuitwisselingskarakteristieken – vooral dan van de fotosynthetische CO<sub>2</sub>-opname en het lichtcompensatiepunt – in studies met betrekking tot de groei en/of de produktiviteit van verschillende populieren.

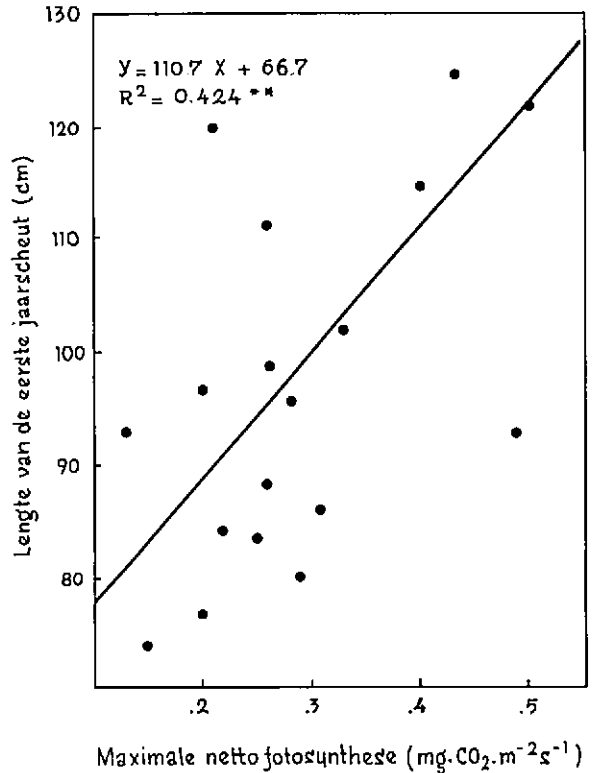


Fig. 5 Lineaire relatie tussen de maximale fotosynthetische CO<sub>2</sub>-opname en de lengte van de jaarscheut (= groei) tijdens het eerste groeiseizoen van 18 verschillende populiereklonen. Regressie significant aan 1%.

Fig. 5 Linear relationship between maximal photosynthetic CO<sub>2</sub>-uptake and shoot length (=growth) of 18 different poplar clones during their first year growing season. Regression significant at 1%.

teit van verschillende populieren. De potentie van eenvoudige fotosynthesemetingen als index of als maat voor de groei en de produktie van populieren, kan verklaard worden door de sleutelpositie die het fotosyntheseprocess inneemt in de opbouw van de organische bestanddelen waaruit de plant bestaat (zie onder 1). Of de hier bekomen conclusies en bevindingen ook overdrachtelijk zijn naar terreincondities en naar oudere populiereplanten, wordt onderzocht in het volgende deelonderzoek.

## 6 CO<sub>2</sub>-gasuitwisseling en groei van verschillende populiereklonen (Terreinmetingen)

Uitgebreide metingen werden verricht van de maximale CO<sub>2</sub>-opnamesnelheid van een 15-tal populiereklonen (ca. 6 jaar oud op het ogenblik van de metingen, d.i. juli 1983) in een populierenaanplanting te Grimminge (prov. Oost-Vlaanderen; nabij Geraardsbergen). Deze aanplanting is één van de produktieplantingen

van het Rijksstation voor Populiereenteelt en werd aangelegd in de winter 1980-1981 met tweejarig pootmateriaal. Van elk der 15 populiereklonen groeiden vier planten in het betreffende populietum, behalve van kloon 75.028/5 (tabel 3) waarvan twee bomen waren afgestorven. De onderzochte klonen waren 'Beaupré' (zie tabel 1) en de ganse reeks terugkruisingen uit tabel 3.

Het bodemprofiel van dit weiland-populietum wijst op een zeer sterk hydromorfe alluviale bodem (zie Steenackers en Van Slijcken, 1982). Het bodemmateriaal is meestal zeer heterogeen met zwaardere of lichtere tussenlagen. Soms worden zelfs venige of kalkhoudende laagjes aangetroffen. Een reductiehorizont begint tussen 40 en 80 cm. 's Winters en in het voorjaar zijn deze gronden zeer nat of geïnundeerd en 's zomers zijn ze eveneens nat. Deze bodem wordt door Liekens (1962) gerangschikt als zijnde geschikt voor populier.

De CO<sub>2</sub>-gasuitwisselingsmetingen werden uitgevoerd in de loop van de tweede helft van de maand juli 1983 en werden beperkt tot het opmeten van de maximale fotosynthesesnelheid ( $P_{max}$ ) aan juist volwassen bladeren en onder niet-limiterende condities van licht en temperatuur. Samen met de CO<sub>2</sub>-meting werd ook de op het blad invallende fotosynthetisch actieve straling gemeten evenals de bladtemperatuur. Deze bladtemperaturen bedroegen ongeveer 2 à 3 °C meer dan de omgevingstemperatuur.

Alhoewel alle fotosynthesemetingen in de populiereplantage werden uitgevoerd op zonnige dagen, kon toch niet vermeden worden dat de foton flux densiteiten – invallend op de bladeren – schommelden tussen ongeveer 200 en 2000  $\mu E \cdot m^{-2} s^{-1}$ . Daarom werden alle fotosynthesewaarden die niet bij verzadigde foton flux densiteiten bepaald werden, gecorrigeerd zodat vergelijkbare maximale fotosynthesewaarden ( $P_{max}$ ) verkregen werden voor alle klonen. Voor het uitvoeren van deze correcties werd gebruik gemaakt van de fotosynthese-lichtresponsie-curven van de verschillende klonen, die reeds eerder werden opgesteld (zie figuur 3). De op deze manier op het veld bekomen  $P_{max}$ -waarden werden voor de verschillende populiereklonen weergegeven in tabel 5. In dezelfde tabel staan ter vergelijking ook de gemiddelde  $P_{max}$ -waarden die onder gecontroleerde groeikamercondities op eenjarige stekplanten van dezelfde populiereklonen werden gemeten, alsook enkele groeigegevens voor tweejarige planten uit de kwekerij.

Alhoewel de fotosynthesewaarden van het veld veel lager waren dan deze gemeten onder groeikamercondities werd er toch een duidelijk significant (1%) verband gevonden tussen deze beide reeksen van  $P_{max}$ -waarden (figuur 6). Dit impliceerde dat klonen met een hoge (licht verzadigde) fotosynthesesnelheid deze ont-

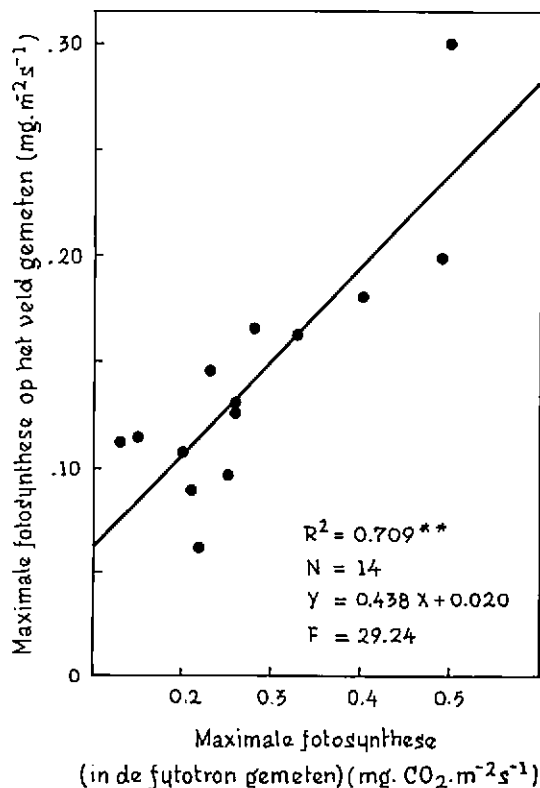


Fig. 6 Verband tussen de maximale fotosynthesesnelheden gemeten onder gecontroleerde fytotroncondities op eenjarige stekplanten en gemeten onder veldcondities voor vijftien populiereklonen. De getoonde lineaire correlatie is significant aan 1%.

Fig. 6 Relationship between maximal photosynthetic rates measured on one-year-old cuttings under controlled conditions and these measured under field conditions for five-year-old poplar trees. The linear correlation is significant at the 1% level.

wikkelen zowel op het veld (vrijstaande boom in volle grond) als onder gecontroleerde omgevingscondities (in container opgekweekte stekplant). Een rangschikking van deze klonen volgens stijgende of afnemende  $P_{max}$  blijkt dus mogelijk en zinvol. Een verklaring voor de veel lagere fotosynthesesnelheden die op het veld (d.i. in het populietum) gemeten werd, dient mogelijk gezocht te worden in het verschil in bodem-watergehalte tussen de beide reeksen proefplanten. De planten uit de vorige deelstudie (zie onder 5) die in plastic kuipen waren opgegroeid, werden zeer regelmatig van water voorzien, terwijl de bomen in het populietum van Grimminge een uitzonderlijk droge maand juli 1983 kenden zonder bijkomende irrigatie.

Op de 16 herhalingen van  $P_{max}$  voor de 15 populiereklonen (tabel 3 en 5) werd een variantie-analyse van het hiërarchische model uitgevoerd, die volgende besluitvorming mogelijk maakte:

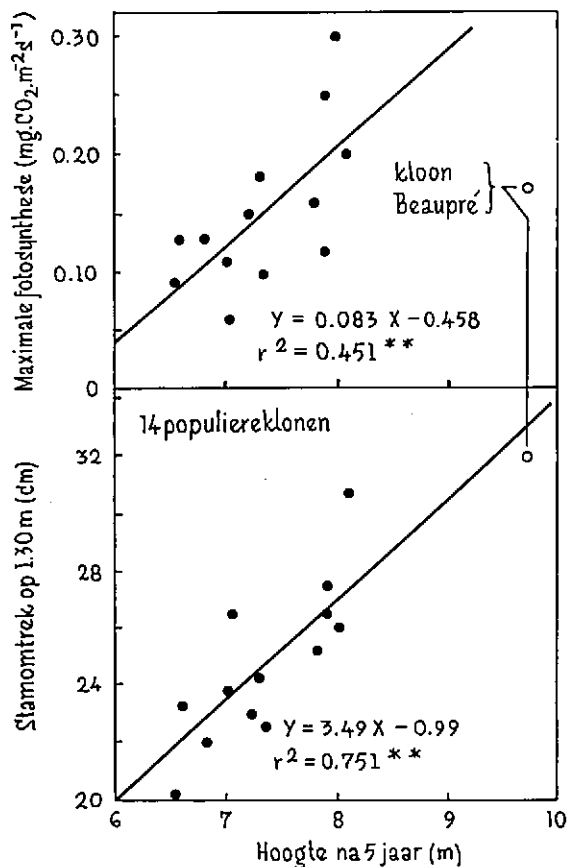


Fig. 7 Relaties tussen maximale fotosynthesesnelheid, hoogte en stamomtrek voor 14 vijfjarige populiereklonen uit het populietum te Grimminge (prov. O.-Vlaanderen).

Fig. 7 Relationship between maximal photosynthesis, height and stem circumference of 14 five-year-old poplar clones from the poplar plantation at Grimminge (prov. East of Flanders).

- 1 er waren geen significante verschillen tussen de maximale fotosyntheseswaarden van verschillende bladeren op éénzelfde boom;
- 2 er werden wel significante verschillen gevonden tussen vier bomen van eenzelfde kloon;
- 3 er waren zéér significante verschillen tussen de diverse klonen.

Zoals bleek uit tabel 5 bestond er een redelijk grote variatie in de  $P_{\max}$ -waarden van de verschillende klonen (variatie-coëfficiënt 42%), terwijl de groeiparameters uit deze tabel in het algemeen een lagere variatie vertoonden, nl. tussen 10 en 16%. De relaties tussen hoogtegroei, stamomtrek en maximale fotosynthesesnelheid van de populiereklonen in het populietum werden voorgesteld op figuur 7. Door zijn sterke hoogtegroei en grote stamomtrek (zie tabel 5) distantieerde kloon 'Beaupré' zich van de reeks experimentele klonen. De grote hoogte en stamomtrek werden echter

niet teruggevonden in een sterk verhoogde  $P_{\max}$  (figuur 7), maar wel zat er een duidelijk verband in de relatie tussen  $P_{\max}$  en hoogte voor de overige 13 klonen. Deze correlatie was echter niet significant indien kloon 'Beaupré' erbij betrokken werd! Dit kan verklaard worden door het feit dat bij deze vijfjarige populieren de groei en/of produktie waarschijnlijk ook voor een groot deel bepaald wordt door de structuur van de kruin. In dit opzicht verschilt kloon 'Beaupré' niet alleen sterk van de 13 overige klonen (figuur 7 en tabel 5), maar daarenboven speelt deze structuurparameter sterker mee in het bepalen van de produktie naarmate de bomen ouder worden. Dit zou dan ook verklaren waarom er een veel hechtere correlatie gevonden werd tussen fotosynthesesnelheid en groei bij de éénjarige populierestekken (zie onder 5 en op figuur 5) in vergelijking met deze vijfjarige bomen. In verder onderzoek dient de vorm- of structuurparameter dan ook geïncorporeerd te worden naast de gasuitwisseling.

Tenslotte werden nog enkele andere interessante en significante correlaties tussen verschillende groei- en gasuitwisselingskarakteristieken uit tabel 5 vastgesteld, te weten:

- hoogte van de tweejarige klonen in de kwekerij met hoogte van de tweejarige planten in het populietum;
- hoogte van twee- en driejarige bomen in het veld;
- hoogte van drie- en vierjarige bomen in het veld;
- hoogte van vier- en vijfjarige bomen in het populietum;
- maximale fotosynthese van eenjarige planten onder gecontroleerde condities met hoogte van vierjarige bomen in het populietum.

## Slot

Met dit artikel werd getracht het belang aan te tonen van gasuitwisselingsmetingen op het niveau van een enkelvoudig populiereblad met betrekking tot de groei en de produktiviteit van verschillende populieren. Zo kunnen aan de hand van eenvoudige en kortstondige  $\text{CO}_2$ - en waterdamp-gasuitwisselingsmetingen de optimale omgevingscondities en de mogelijke groeilimieten qua luchttemperatuur, lichtintensiteit,  $\text{CO}_2$ -concentratie en vochtgehalte voor verschillende populiereklonen worden vastgelegd, hetgeen voor de praktijk (o.a. rassenproeven en veredeling) zeker niet onbelangrijk is. Verder kan men op een vrij elegante manier gebruik maken van de maximale fotosynthetische  $\text{CO}_2$ -opname (per eenheid bladoppervlakte) of het lichtcompensatiepunt om de hoogtegroei of de produktie van verschillende populiereklonen te voorspellen of alleszins hun hiërarchische produktierangorde a priori vast te leggen. Deze fotosyntheseparameters kunnen eenvoudig op het terrein of onder gecontroleerde condities bepaald worden en zijn inderdaad zeer nauwkeurig ge-

correleerd met de hoogtegroei van jonge (een- of tweejarige) populiereklonen. De bruikbaarheid van de fotosynthese als produktie-index verkleint echter indien men met grotere of oudere planten te doen heeft, omdat daar kruinstructurele facetten meespelen in het bepalen van de groei en/of produktie. In dat geval kan men echter gebruik maken van een meer gedetailleerd en volledig ecofysiologisch paspoort (ECOPAS) voor het voorspellen van de veldproduktiviteit op langere termijn. Gasuitwisselingsmetingen geven misschien wel een beter inzicht in de groei- en produktieprestatie van populieren, maar vertellen niets meer over hun ziekteresistentie.

### Samenvatting

In dit ecofysiologisch overzichtsartikel draait alles rond de CO<sub>2</sub>- en waterdamp-gasuitwisselingsprocessen van individuele populierebladeren en hun relatie met de groei en produktie van verschillende populiereklonen.

Vooraf wordt de filosofie en de idee van gasuitwisselingsmetingen als produktie-indicatoren verantwoord en toegelicht. Vervolgens worden enkele niet-destructieve systemen die geschikt zijn voor het bepalen van CO<sub>2</sub>- en waterdamp-gasuitwisseling zowel onder gecontroleerde laboratoriumcondities als onder terreinomstandigheden, voorgesteld.

De resultaten tonen aan dat de maximale fotosynthetische CO<sub>2</sub>-opname van diverse populiereklonen – alleen of in combinatie met andere ecofysiologische, biochemische en anato-morfologische bladparameters – kan gebruikt worden als een vrij betrouwbare en voorspelbare index van de groei en/of de produktie van deze populiereklonen. Voor jonge populierestekken wordt een zeer nauwe correlatie vastgesteld met de hoogtegroei; bij oudere bomen echter spelen ook kruinstructurele verschillen tussen de klonen mee. Een uitgebreid en gedetailleerd ecofysiologisch paspoort kan voor elke populierekloon worden opgebouwd en geeft een zeer betrouwbaar beeld van de veldproduktiviteit van de populier.

In elk geval leveren eenvoudige gasuitwisselingsmetingen op individuele populierebladeren waardevolle informatie betreffende de groeicapaciteit die in verder praktijkgericht selectie- en veredelingswerk bij populier een wezenlijke bijdrage kan betekenen. Betreffende de eventuele ziekteresistentie van bepaalde populiereklonen kunnen via deze benadering echter geen gegevens verzameld worden.

### Dankbetuigingen

Dit onderzoek werd gesubsidieerd door het Instituut tot Aanmoediging van het Wetenschappelijk Onderzoek in Nijverheid en Landbouw (Brussel) als het Centrum voor Onderzoek naar de Potentiële Opbrengst van Planten. De auteurs danken de heren F. Kockelbergh voor hulp bij de gasuitwisselingsmetingen, J. Van Slijcken en P. Remy voor de groeimetingen en A. Cuyllits voor de figuren. Dank gaat tevens uit naar ir. R. Moermans voor hulp bij de statistische verwerking.

### Literatuur

- Ceulemans, R. 1980. Vergelijkende laboratoriumstudie van de gasuitwisselingskarakteristieken van verschillende populiereklonen en opbouw van het ecologisch paspoort als produktie-prestatie-index. Doctoraats thesis, Universitaire Instelling Antwerpen; 255 pp.
- Ceulemans, R. & I. Impens. 1980. Leaf gas exchange processes and related characteristics of seven poplar clones under laboratory conditions. *Can. Journ. For. Res.* 10: 429-435.
- Ceulemans, R. & I. Impens. 1982. Studie van de fotosynthetische CO<sub>2</sub>-gasuitwisseling als maat voor de groei en produktie van verschillende land-, sier- en tuinbouwgewassen. *Landbouwtijdschrift* 35: 2597-2618.
- d'Oultremont, C. E. & V. Steenackers. 1973. Nieuwe populierevariëteiten opgenomen op de lijst van de te controleren variëteiten. *Tijdschrift van de Kon. Belg. Bosbouwmaatschappij* 80: 123-135.
- Impens, I. & R. Ceulemans 1982. Gasuitwisselingsprocessen van plantenproduktiviteit. In: "Produktie van biomassa". Genootschap Plantenproduktie en Ekosfeer, Kon. Vlaamse Ingenieurs Vereniging; 7-29.
- Koch, W., E. Klein & H. Walz. 1968. Elektronische Gaswechsel Messanlei für Pflanzen. *Laboratorium und Freiland. Siemens Zeitschrift* 42: 392-404.
- Larcher, W. 1980. *Physiological plant ecology*. Springer, Berlin, 303 pp.
- Liekens, H. 1962. Studie van de bodemgesteldheid van vallei-gronden en hun geschiktheid voor de populierenteelt. Doctoraats thesis, Katholieke Universiteit Leuven.
- Steenackers, V. & J. Van Slijcken. 1982. De 'Unal'-populiereklonen: enkele eerste resultaten. *Mededelingen van het Rijksstation voor Populierenteelt*, nr. 1; 102 pp.
- Steenackers, V., I. Impens & R. Ceulemans. 1981. Produktiviteit van verschillende populiereklonen in een aantal geografisch verspreide populietea in België. *Populier* 18: 91-96.
- Whiteman, P. C. & D. Koller. 1967. Interactions of carbon dioxide concentration, light intensity and temperature on plant resistances to water vapour and carbon dioxide diffusion. *New Phytol.* 66: 463-473.