

# Auswirkungen von moderatem Trockenstress auf Photosynthesekapazität, Wassernutzungseffizienz und Biomasseproduktion von drei Pappelklonen

Dietmar Lüttschwager<sup>1</sup>, Lucia Atanet Alia<sup>1</sup>, Dietrich Ewald<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg

<sup>2</sup>Thünen-Institut für Forstgenetik, Waldsiedersdorf

## Zusammenfassung

Wegen häufiger Niederschlagsarmut in Mitteleuropa ist für Kurzumtriebsplantagen die Züchtung von leistungsfähigen und trockenoleranten Pappelklonen von essentieller Bedeutung. Drei Klone mit bei Normalbewässerung sehr unterschiedlichen Spross-Wurzel-Verhältnissen: (1) Aspenklon Großdubrau Nr.1, (2) Neuzüchtung L316xL9 Nr. 21 Thermo, (3) Pappelklon Max2; wurden experimentell moderatem Trockenstress ausgesetzt und dann hinsichtlich Photosynthese, WUE und biometrischer Parameter geprüft. Das Höhenwachstum war bei den gestressten Pflanzen aller drei Klone etwas geringer. Photosynthese und Transpiration sanken jedoch unterschiedlich stark ab, weshalb die intrinsische Wassernutzungseffizienz bei Max2 stärker, bei den Aspen nur geringfügig anstieg. Der Pappelklon Max2 hatte bei guter Wasserversorgung eine geringere Wassernutzungseffizienz, konnte diese jedoch unter Stress wesentlich stärker steigern als die Aspen. Er hatte zudem bei ausreichender Bewässerung ein intensiveres Wurzelwachstum, reduzierte dieses unter Stress jedoch stärker. Die beiden Aspenklone verhielten sich somit unter moderatem Stress deutlich weniger anpassungsfähig.

**Schlüsselworte:** Pappel, Aspe, Photosynthese, Trockenstress, Wassernutzungseffizienz, Biomasse

## Abstract

### Effect of moderate drought stress on the capacity of photosynthesis, water use efficiency and biomass production of three poplar clones

Breeding of efficient but also drought tolerant poplar clones is very important for short rotation planting because of frequent periods with low precipitation in central Europe. Three clones which showed the most different shoot-root-relations: (1) aspen clone Großdubrau No.1, (2) new bred aspen clone L316 x L9 No.21 Thermo, (3) poplar clone Max2 were treated by a moderate water stress. Photosynthesis and transpiration was measured. The influence of drought on biometrical parameters of the plants was checked. Intrinsic water use efficiency was calculated. Height growth was lower in stressed plants. Photosynthesis and transpiration decreased differently which is why intrinsic WUE increased for Max2 more than for aspen clones. The poplar clone Max2 showed low water use efficiency after sufficient watering, but could increase this more pronouncedly under water stress as compared with aspen clones. This clone was characterized by an intensive root growth which was more reduced under stress. Unlike this both aspen clones reacted less adaptively under a moderate water stress.

**Keywords:** poplar, aspen, photosynthesis, drought stress, water use efficiency, biomass

## Einführung / Zielsetzung

Kurzumtriebsplantagen mit schnell wachsenden Baumarten tragen neben der Produktion von Energie und Rohstoffen auch zur Erhöhung der Artenvielfalt, zur Filterung von Schadstoffen und zum Lärmschutz bei. Pappeln nehmen dabei eine herausragende Stellung ein. Sie haben jedoch einen

vergleichsweise hohen Wasserverbrauch, so dass die Grenzen ihres Wachstums in Mitteleuropa häufig durch Wasserdefizite gezogen werden. Vor dem Hintergrund perspektivischer klimatischer Veränderungen ist deshalb die Züchtung von trockenoleranteren Klonen mit optimaler Biomasseproduktion von essentieller Bedeutung. Dabei bestand die Frage nach geeigneten physiologischen Leistungsparametern. Drei über Gewebekultur erzeugte Pappelklone, welche bei Normalbewässerung sehr unterschiedliche Spross-Wurzel-Verhältnisse aufgewiesen hatten - der bekannte Aspenklon Großdubrau Nr.1 (Gd) und die Neuzüchtung L316 x L9 Nr. 21 Thermo (LT) sowie der Pappelklon Max2 (M) - wurden experimentell moderatem Trockenstress ausgesetzt und ihre Blätter während dieser Periode hinsichtlich Photosynthese und intrinsischer Wassernutzungseffizienz (WUE) geprüft. Bei signifikanten Unterschieden zwischen den Klonen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Trockenheitsresistenz könnten diese Erkenntnisse künftig bei der Suche nach geeigneten Leistungsklonen der Pappel ausgenutzt werden.

## Vorgehensweise / Methoden

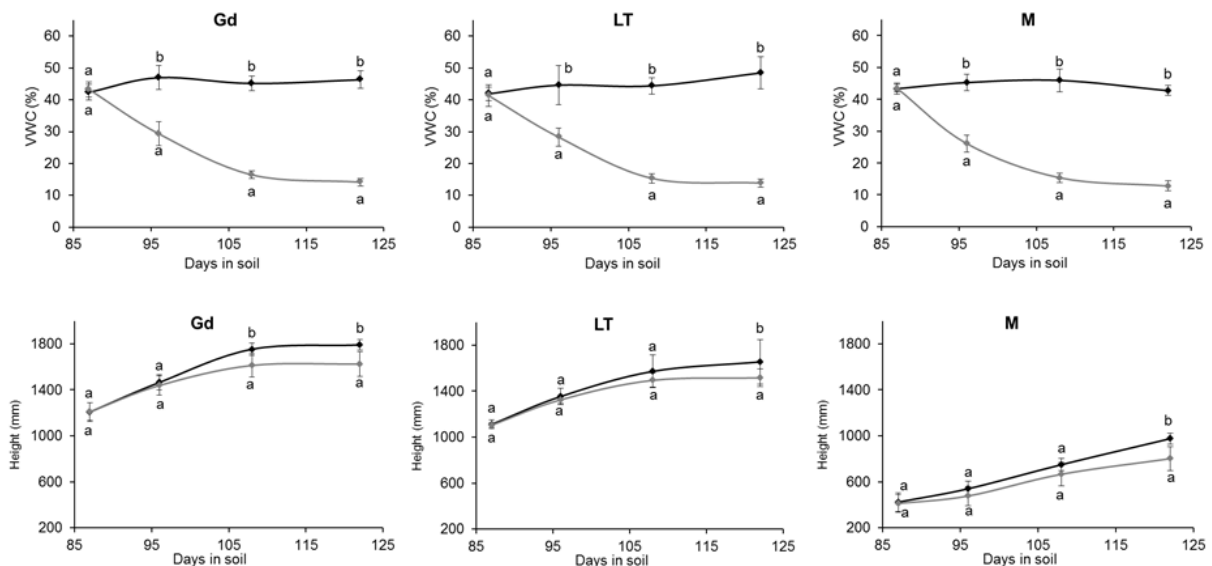
Pro Klon wurden 20 über Gewebekultur erzeugte Pflanzen für die Versuche hälftig als Stress- und Kontrollvarianten genutzt. Die bewurzelten Pflanzen aller Klone wurden in Jiffy-Torfquelltopfchen gepflanzt, abgehärtet und in 2-Liter-Töpfe mit einer einheitlich verdichteten Menge Bodensubstrat überführt. Um ein definiertes Bewässerungsregime zu gewährleisten, wurden in der Klimakammer zwei automatische Bewässerungssystemen (GARDENA C1030plus) installiert. Bei einer exakten Bodendichte von  $0,29 \text{ g/cm}^3$  in einem Volumen von  $1800 \text{ cm}^3$  hatte absolut trockener Boden mit Pflanzgefäß eine Masse von 600 g. Ein VWC von z.B. 50 % entsprach demnach einen Wasseranteil von 900 ml (50 % von  $1800 \text{ cm}^3$ ). Zwei Mal pro Woche und vor Gaswechselfmessungen wurden alle Pflanzgefäße gewogen, ihr volumetrischer Wassergehalt errechnet und selektiv korrigiert. Nachträglicher Korrekturbedarf bestand aufgrund der zunehmenden Eigenmasse der Pflanzen. Dies erfolgte zum Ende des Experiments auf Grundlage eines linearen Zusammenhangs zwischen Pflanzenfrischmasse und -höhe, der variantenspezifisch bestimmt wurde. Die differenzierte Bewässerung startete am 88. Tag nach Umsetzung der Pflanzen in Mineralboden. Gaswechselfmessungen wurden stets bei einer Strahlung von  $500 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$  an jungen vollentwickelten Blättern der 60 Pflanzen zu vier Terminen durchgeführt: vor Beginn des Experiments, zur halben VWC-Absenkung und zwei mal bei maximaler VWC-Absenkung. Gleichzeitig erfolgten Höhenmessungen und Chlorophyllbestimmungen. Zum Ende des Experiments wurden alle Pflanzen vollständig geerntet und biometrisch vermessen.

## Ergebnisse

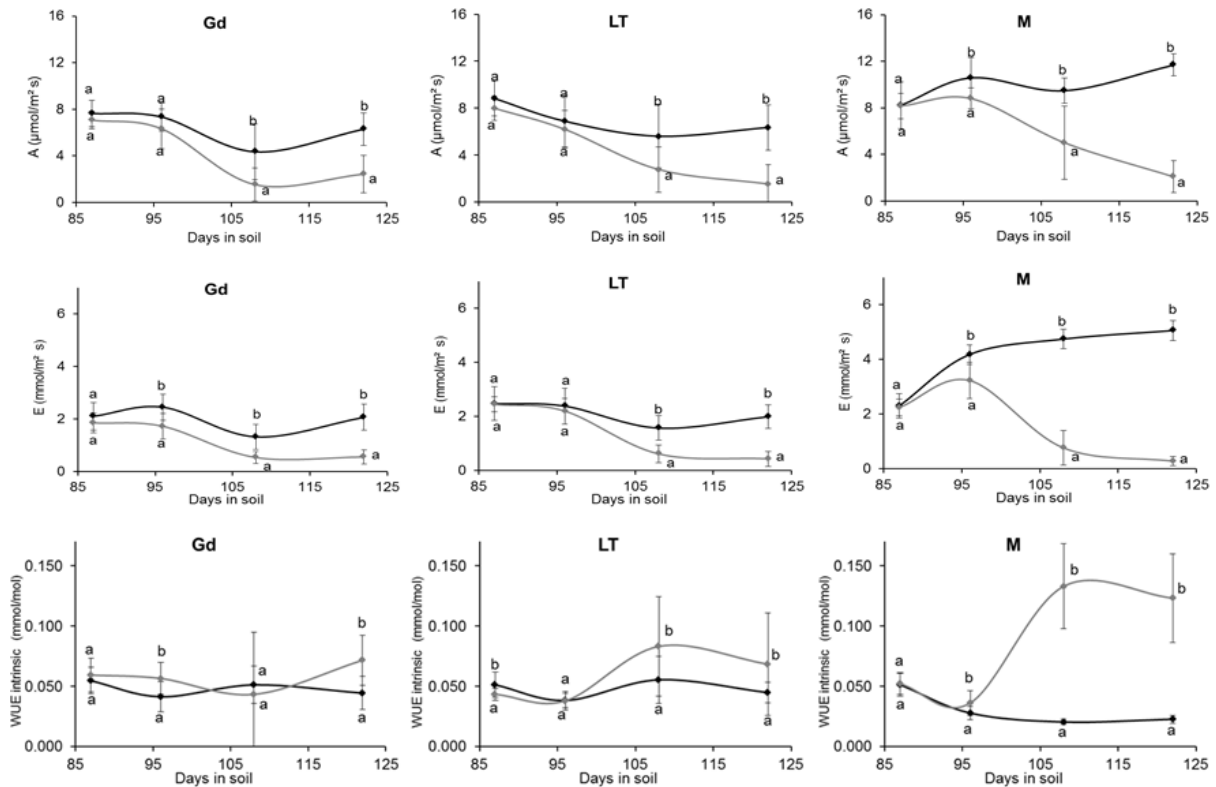
Der VWC in den Pflanzgefäßen wurde bei allen Stresspflanzen der drei Klone innerhalb von drei Wochen von 45 auf etwa 15 abgesenkt, während Kontrollpflanzen ihren VWC beibehielten. Die dadurch resultierende Reduktion im Höhenwachstum der Stresspflanzen war leicht aber signifikant (Abb. 1). Es handelte sich jedoch um moderaten Stress, d.h. eine Welketracht wurde bei keiner Pflanze beobachtet. Bei allen Pflanzen mit vermindertem VWC sanken Nettophotosynthese und Transpiration ab (Abb.2). Bei den beiden Aspenklonen erfolgte das jedoch annähernd im Gleichklang, was deshalb zu fast keiner (Gd) bzw. nur leichter Erhöhung (LT) der WUE führte. Bei Max2-Pflanzen hingegen sank die Transpiration weitaus stärker ab als die Photosynthese, weshalb ihre WUE unter Stress um ein Vielfaches höher war. Hinsichtlich biometrischer Veränderungen gab es ebenfalls Unterschiede zwischen den beiden Aspenklonen einerseits und Max2 andererseits (Tab. 1). Die Biomasse der Aspen wurde bei allen Kompartimenten unter Wassermangel um 20-25 % reduziert, beim Klon Max2 hingegen deutlich stärker. Dies betraf vor allem die Wurzelmasse mit fast 50%. Infolge dessen war das Spross-Wurzel-Verhältnis bei gestressten Max2-Pflanzen um ein Drittel höher als bei den Kontrollen. Bei den Aspen war dieser Wert nur um 9 % erhöht (LT) bzw. um 6% verringert (Gd). Auch Stickstoff-, Kalium- und Chlorophyllgehalt der Blätter waren nach Trockenheit bei Max2 deutlich stärker erhöht als bei den Aspen (Tab. 2). Signifikante Veränderungen der spezifischen Blattfläche (Xeromorphie) wurden allerdings nicht gefunden.

**Tabelle 1:** Biometrische Parameter aller Pappelpflanzen am Ende des 35-tägigen Trockenstress-Experiments und Verhältnis von gestressten zu Kontrollpflanzen. Mittelwerte mit Standardabweichung in Klammern, n = 10. Stresspflanzen unterscheiden sich signifikant von Kontrollpflanzen bei allen Parametern außer bei SLA, Newman-Keuls-Test mit  $\alpha=5\%$ .

Variante	Basis-	Blätter	SLA	Fläche (berechnet)	Trockenmasse [g]			Spross- Wurzel- Verhältnis	Anteil vorher gefallener Blätter
	durch- messer				n	[cm <sup>2</sup> /g]	[cm <sup>2</sup> ]		
	[mm]								
Gd Kontrolle	12.3 (0.7)	48 (3)	266	4322 (397)	16.25 (1.49)	29.45 (3.35)	16.98 (2.79)	2.78 (0.35)	4.0 (1.5)
Gd Stress	11.0 (0.7)	42 (2)	259	3166 (503)	12.20 (1.94)	22.52 (3.39)	14.19 (2.97)	2.62 (0.29)	12.4 (5.2)
LT Kontrolle	11.8 (0.6)	47 (5)	250	4029 (463)	16.12 (1.84)	29.04 (4.25)	21.74 (5.89)	2.21 (0.58)	2.0 (3.0)
LT Stress	10.8 (0.3)	45 (3)	265	3419 (176)	12.91 (0.66)	23.60 (1.56)	16.11 (2.63)	2.42 (0.39)	10.1 (5.8)
M Kontrolle	8.2 (1.2)	32 (4)	181	2067 (439)	11.44 (2.43)	9.56 (3.64)	8.72 (3.90)	2.65 (0.70)	1.1 (1.3)
M Stress	6.8 (0.8)	28 (3)	178	1460 (290)	8.19 (1.63)	6.53 (2.22)	4.71 (2.13)	3.52 (0.96)	3.6 (3.0)
GD S/K	89 %	88 %	98 %	73 %	75 %	76 %	84 %	94 %	
LT S/K	92 %	94 %	106 %	85 %	80 %	81 %	74 %	109 %	
M S/K	83 %	88 %	99 %	71 %	72 %	68 %	54 %	133 %	



**Abb. 1:** Zeitlicher Verlauf des Volumetrischen Wassergehalts (VWC) in Pflanzgefäßen und Pflanzenhöhe (Height) der Pappelklone Großdubrau1 (Gd), L316xL9 Nr.21 Thermo (LT) und Max2 (M) während des Trockenstress-Experiments. Gestresste Pflanzen grau, Kontrollpflanzen schwarz. Mittelwerte mit Standardabweichung in Klammern, n = 10. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht voneinander, Newman-Keuls-Test mit  $\alpha=5\%$ .



**Abb. 2:** Zeitlicher Verlauf von Netto-Photosynthese (A), Transpiration (E) und intrinsischer Wassernutzungseffizienz (WUE<sub>intrinsic</sub>) von Blättern der Pappelklone Großdubrau1 (Gd), L316xL9 Nr.21 Thermo (LT) und Max2 (M) während des Trockenstress-Experiments. Gestresste Pflanzen grau, Kontrollpflanzen schwarz. Mittelwerte mit Standardabweichung in Klammern, n = 10. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht voneinander, Newman-Keuls-Test mit  $\alpha=5\%$ .

**Tabelle 2:** Nährelementgehalt (Ganzbaum-Mischproben aus je 10 Bäumen) und Chlorophyllgehalt (Mittelwerte mit Standardabweichung, n = 10) in Blättern der drei Pappelklone am Ende des 35-tägigen Trockenstress-Experiments und Verhältnis von gestressten zu Kontrollpflanzen.

Variante	% N <sub>t</sub>	% P	% K	% Mg	% Ca	Chlorophyll [mg/m <sup>2</sup> ]
Gd Kontr.	1.522	0.16	1.50	0.37	2.34	336 ( 37)
Gd Stress	1.695	0.15	1.52	0.35	1.88	400 (108)
LT Kontr.	1.524	0.15	1.42	0.47	1.93	286 ( 52)
LT Stress	1.666	0.14	1.46	0.46	1.67	326 ( 70)
M Kontr.	1.663	0.24	1.65	0.26	1.81	416 ( 64)
M Stress	2.429	0.19	2.02	0.24	1.46	556 ( 65)
Gd S/K	111 %	92%	101 %	95%	81%	119%
LT S/K	109 %	89%	103 %	98%	86%	114%
M S/K	146 %	82%	122 %	95%	81%	134%

### Schlussfolgerungen:

Der Pappelklon Max 2 hatte bei guter Wasserversorgung eine geringere Wassernutzungseffizienz und ein stärkeres Wurzelwachstum. Er besaß hohe photosynthetische Leistungsfähigkeit, transpierte allerdings auch vergleichsweise mehr Wasser. Unter Stress konnte er jedoch WUE wesentlich stärker steigern und seine Wurzeln reduzieren als beide Aspenklone, die sich damit deutlich weniger anpassungsfähig zeigten. Untersuchungen in Frankreich an 29 Pappelhybriden (Monclus et al. 2006)

kamen zu dem Ergebnis, dass die produktivsten Genotypen die geringste Trockenstress-Toleranz aufweisen, während weniger produktive bei Trockenheit stabiler waren. Zhang et al. (2004) unterschieden zwei gegensätzliche Wassernutzungsstrategien bei *Populus davidiana*: Populationen aus trockenen Gebieten besaßen eine konservative Strategie mit hoher Kapazität für Trockenresistenz und geringen Wachstumsraten. Populationen aus feuchteren Gebieten waren hingegen mehr verschwenderisch, wuchsen aber schneller. Eine Zuordnung der Klone zu unterschiedlichen „Strategien“ und Aufteilung in tendenzielle „Generalisten“ (Max2) und „Spezialisten“ (Großdurbau1) erweist sich somit nach dem Trockenstress-Experiment als sinnvoll. Die Fähigkeit zur Änderung der  $WUE_{intrinsic}$  bei unterschiedlicher Wasserverfügbarkeit kann als Selektionskriterium der Züchtung angesehen werden.

## Literatur

Monclus R, Dreyer E, Villar M, Delmotte FM, Delay D, Petit JM, Barbaroux C, Le Thiec D, Brèchet C, Brignolas F, 2006: Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* x *Populus nigra*. *New Phytologist* 169: 765–777.

Zhang X, Zang R, Li C, 2004: Population differences in physiological and morphological adaptations of *Populus davidiana* seedlings in response to progressive drought stress. *Plant Science* 166: 791–797.

### Korrespondierender Autor:

Dr. Dietmar Lüttschwager  
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF)  
Institut für Landschaftsbiogeochemie  
15374 Müncheberg  
Eberswalder Strasse 84  
dluettschwager@zalf.de

# FastWOOD II: Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb – Erkenntnisse aus 6 Jahren FastWOOD

Mirko Liesebach (Hrsg.)

Thünen Report 26

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**  
**Mirko Liesebach (ed)** (2015) FastWOOD II: Züchtung schnellwachsender Baumarten für die Produktion nachwachsender Rohstoffe im Kurzumtrieb – Erkenntnisse aus 6 Jahren FastWOOD. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 210 p, Thünen Rep 26

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



THÜNEN

## Thünen Report 26

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@ti.bund.de](mailto:thuenen-report@ti.bund.de)  
[www.ti.bund.de](http://www.ti.bund.de)

ISSN 2196-2324

ISBN 978-3-86576-131-6

DOI:10.3220/REP\_26\_2015

urn:nbn:de:gbv:253-201503-dn054837-5