

Photosynthetische Leistungsfähigkeit und Wassernutzungseffizienz von Pappelklonen

Dietmar Lüttschwager & Dietrich Ewald

Photosynthese & Wassernutzungseffizienz ?



Quelle: <http://mit-dem-postbus-durch-amerika.de>, © 2000-2011 Mark Hoschek



Ausgangssituation:

Nutzung schnellwachsender Rohstoffe

Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln als

- Beitrag zu einer nachhaltigen Rohstoff- und Energiebereitstellung
- Entlastung der Umwelt durch Ressourcenschutz
- CO₂-Emissionsverminderung

aber

Niederschlagsarmut und schwache Böden in Ostdeutschland

Potentielle Verschärfung der Situation durch Klimawandel

daher: Auswahl von Grau- und Zitterpappeln

Leistung versus Trockentoleranz

- Züchtungsforschung, Verbundprojekt FASTWOOD (FNR)

„Physiologische Untersuchungen zur photosynthetischen Leistungsfähigkeit und zur Wassernutzungseffizienz von Leistungsklonen der Pappel im Hinblick auf unterschiedliche Ploidiestufen“

Projektförderung durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.
(01.10.2011- 30.09.2014) FKZ: 22012510

Untersuchungsgegenstand:
durch Gewebekultur erzeugte u. vermehrte Klone bzw. Linien
(selektierte Klone und Neuzüchtungen der Sektion *Populus*)

= unterschiedliche Ploidie

= relativ trockenresistent



Was wurde gemessen?

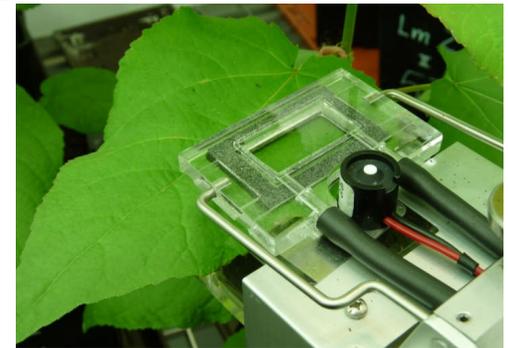
Physiologische Parameter in Klimakammer

- Netto-Photosynthese A
- Transpiration E
- Stomatäre Leitfähigkeit g_s
- Intrinsische Wassernutzungseffizienz (A / g_s)
- Chlorophyll-Gehalt



Modellierung der Messdaten zur Photosynthese (Lichtabhängigkeitskurven) nach Schulte (2003) und Ableitung von Kenngrößen:

- Maximale Nettophotosynthese A_{max}
- Lichtsättigungspunkt I_s
- Lichtkompensationspunkt I_0
- Apparente Quantenausbeute



Was wurde gemessen?

Biometrische Parameter

- Baumhöhe (14-tägig)
- Blatt-Trockenmasse (kumulativ bis zur Ernte)
- Spezifische Blattfläche SLA (ausgewählte Blätter)
- Blattoberfläche (errechnet)
- Spross-Trockenmasse
- Wurzel-Trockenmasse
- Spross-Wurzel-Relation
- Spross-Volumen (errechnet)
- Dichte des Sprosses



Was ist Wassernutzungseffizienz ? (nach Tambussi 2007)

Water Use Efficiency (WUE)

gemessen:

a) ganzheitlich für Pflanze oder Bestand

WUE_{Biomasse} = Stoffproduktion / (evapo)transpirierte Wassermenge

WUE_{Ertrag} = Ernte-Ertrag / (evapo)transpirierte Wassermenge

b) auf Blatt-Ebene über Gaswechselfmessungen

$WUE_{\text{instantaneous}}$ = Netto-Photosynthese A / Transpiration E

$WUE_{\text{intrinsisch}}$ = Netto-Photosynthese A / Wasserleitfähigkeit g_s

geschätzt:

über Kohlenstoff-Isotopen-Diskriminierung (ganzheitlich als A / g_s)

Untersuchungen 2012 (erstes Versuchsjahr) **Klone**

Isogene Pappel-Klone **unterschiedlicher Ploidie**,
welche nach Colchizinbehandlung entstanden und genetisch stabil sind

Klon	Art	Ploidiestufen		
		2N	2N/4N	4N
Brauna 11	Zitterpappel (<i>P. tremula</i>)	2N	2N/4N	4N
Esch 5	Zitterpappelhybrid (<i>P. tremula</i> x <i>P. tremuloides</i>)	 *	2N/4N	 *
L447	Graupappel (<i>P. canescens</i>)	2N	2N/4N	4N

* bei unterschiedlichen Ploidiestufen anatomische Veränderungen erkennbar
z.B. unterschiedliche Chloroplastenzahlen in den Geleitzellen der Spaltöffnungen

Untersuchungen 2012 (erstes Versuchsjahr) Ergebnisse

- Photosyntheseleistung im Mai am höchsten und im saisonalen Verlauf sinkend
- Signifikante Unterschiede bei Photosynthese und WUE zwischen unterschiedlichen Klonen, nicht jedoch zwischen unterschiedlich ploiden Linien innerhalb der Klone
- Holzdichte aller drei Klone bei tetraploiden Pflanzen am geringsten und bei mixoploiden am höchsten
Spekulation:
große Holzdichte => kleinere Leitgefäße => trockenoleranter
- Allgemein: Biometrische Unterschiede deutlicher als physiologische, zwischen den Linien unterschiedlicher Ploidie häufig nicht signifikant

Untersuchungen 2013 (zweites Versuchsjahr) **Klone**

Abkürz.	Klon	Ploidie	Kombination
Ed	Esch 5	2N	<i>P. tremula</i> x <i>P.tremuloides</i> ♀
Em	Esch 5	2N/4N	<i>P. tremula</i> x <i>P.tremuloides</i> ♀
LP	L290 x <i>P.pseudosimonii</i> Nr. 5	2N	<i>P. tremula</i> x <i>P. pseudosimonii</i>
LS	L328 x S 13 Nr. 4	2N	<i>P. tremula</i> x <i>P.tremuloides</i> x <i>P. deltoides</i>
LT	L316 x L9 Nr. 21 Thermo	2N/4N	<i>P. tremula</i> x <i>P.tremula</i>
LC	L290 x L9 Col. Nr.2	2N/4N	<i>P. tremula</i> x <i>P. tremula</i>
Gd	Großdubrau 1	2N	<i>P. tremula</i> ♀
M	Max 2	2N	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>

Hybridasper = *P. tremula* x *P. tremuloides*

Aspe = *P. tremula*

n=10, dh. 80 Pflanzen insgesamt

Untersuchungen 2013 (zweites Versuchsjahr) **Ergebnisse**

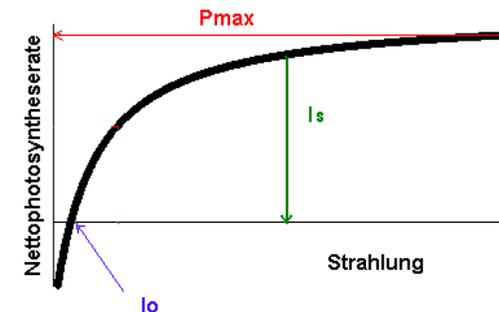
Klon	A max			Lichtkompensationspunkt			Lichtsättigungspunkt		
	[$\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$] CO ₂			[$\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$] PhAR			[$\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$] PhAR		
	Mai	Juli	Sept.	Mai	Juli	Sept.	Mai	Juli	Sept.
Ed	14.17	7.98	6.01	27	10	16	543	304	243
Em	13.90	8.15	6.21	26	11	18	567	335	261
Gd	13.54	6.89	7.35	34	12	18	598	279	262
LC	10.89	8.41	7.24	31	15	19	484	346	277
LP	16.16	8.14	5.89	36	20	29	671	367	258
LS	17.30	7.30	4.67	25	8	22	673	262	193
LT	10.14	6.10	5.96	47	22	29	489	392	352
M	12.91	9.03	6.24	25	8	16	550	333	267

Hohe Photosynthesekapazität und bei Starklicht im Vorteil

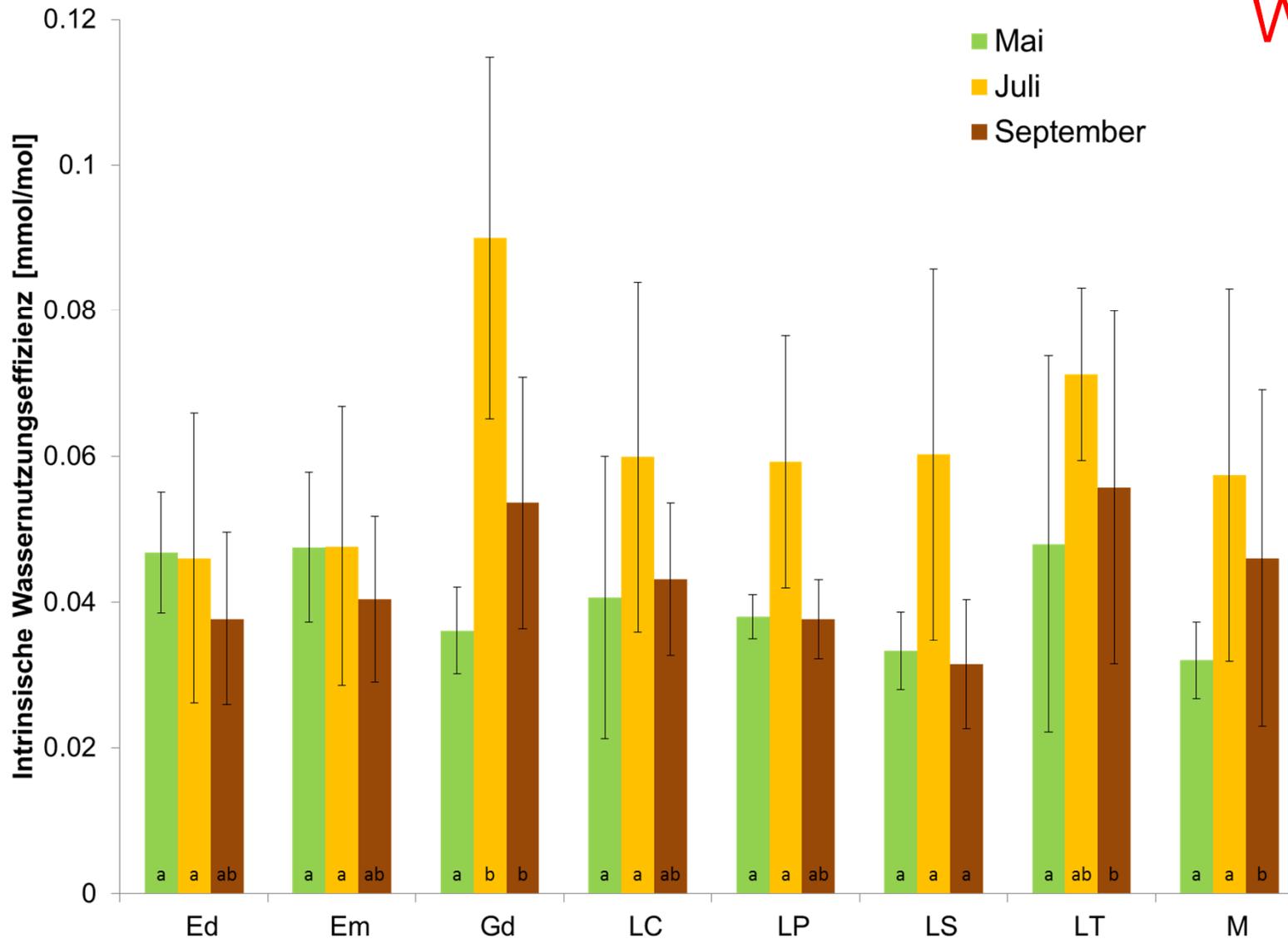
oder

Geringe Photosynthesekapazität, bei Schwachlicht im Vorteil

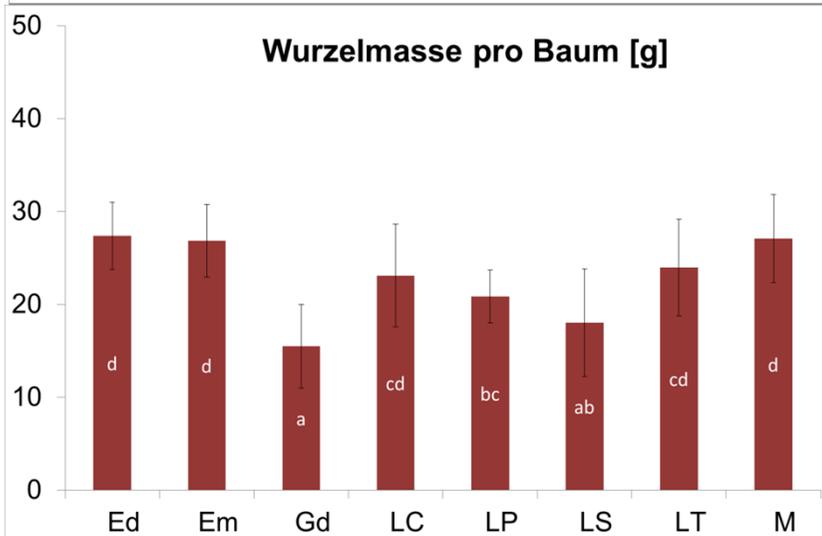
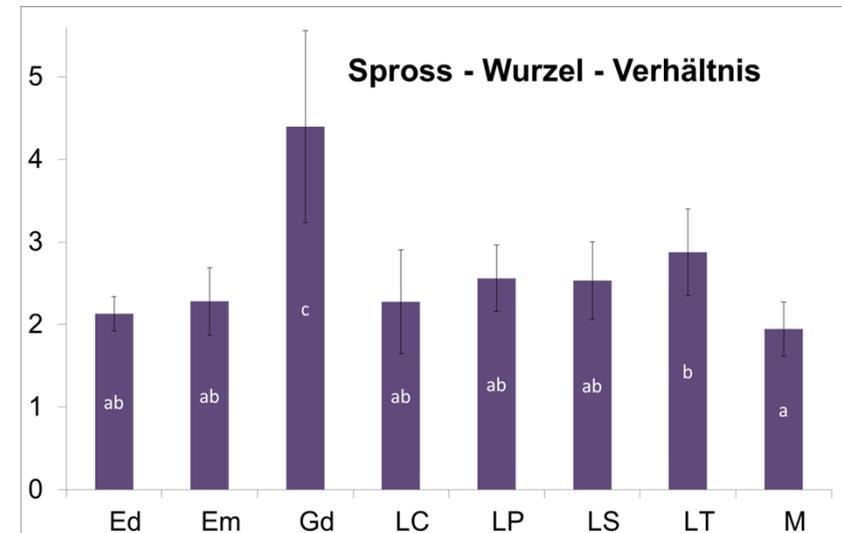
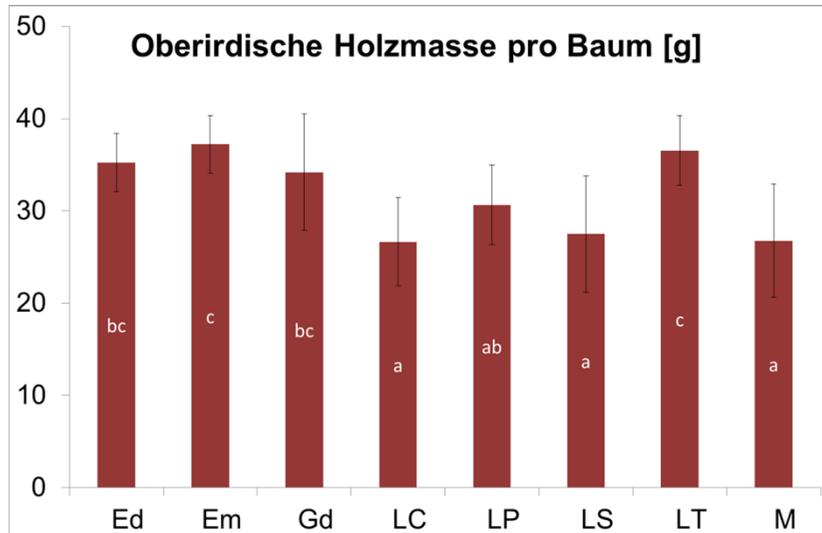
Das Ranking verändert sich im Saisonverlauf



Untersuchungen 2013 (zweites Versuchsjahr) **Ergebnisse** **WUE**



Untersuchungen 2013 (zweites Versuchsjahr) **Ergebnisse**



Kontrast: (bei ausreichender Bewässerung)

Gd - großer Spross & kleine Wurzel

M - kleiner Spross & große Wurzel

Zwischen-Hypothese:

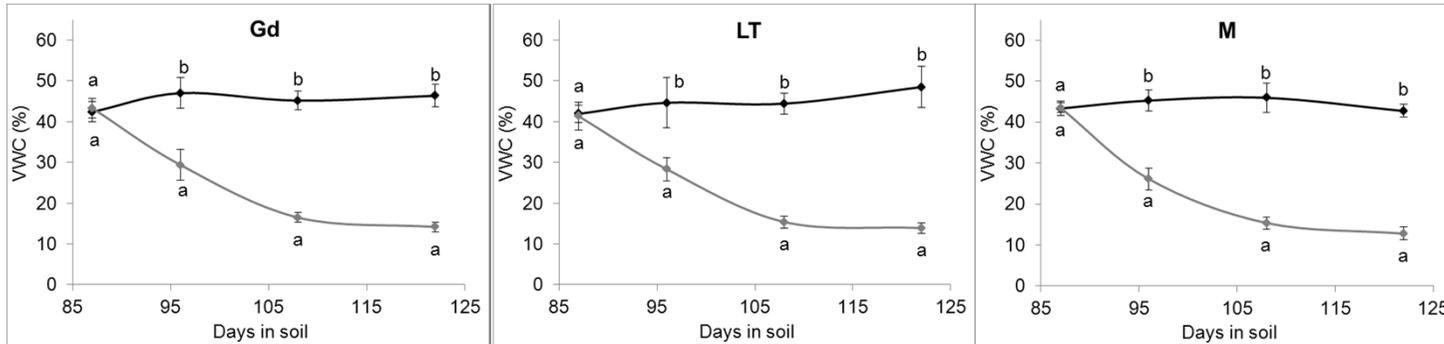
Gd erhöht Trockentoleranz durch WUE-Steigerung
 bei M ist das morphologisch bedingt nicht nötig

Untersuchungen 2013 (zweites Versuchsjahr) Ergebnisse

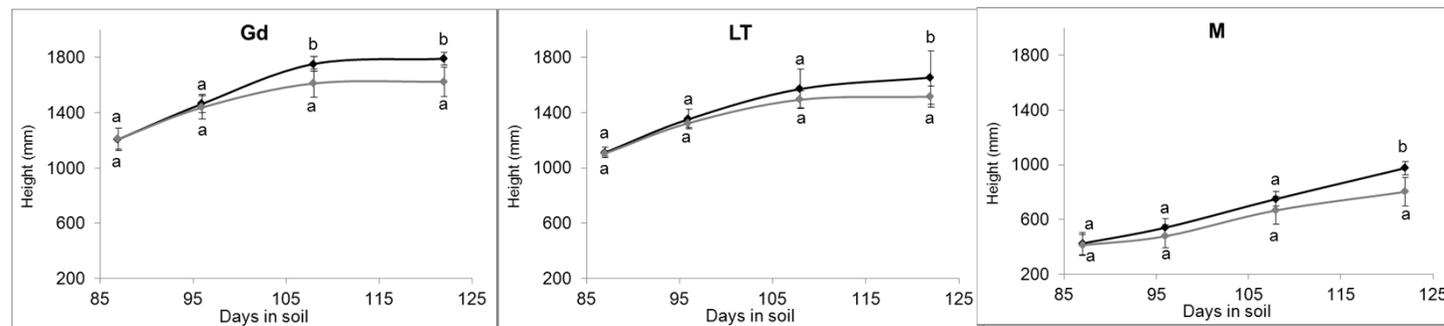
- Photosynthesekapazität verringerte sich bei den acht Klonen saisonal von Mai bis September unterschiedlich stark. Der Abfall variierte zwischen 34% und 73%.
- Intrinsische Wassernutzungseffizienz war bei sechs von acht Klonen im Juli deutlich höher. Beide Esch5-Linien hingegen zeigten kaum saisonale Unterschiede. Das Ranking war veränderlich.
- Deutliche Unterschiede im Spross-Wurzel-Verhältnis: Kontrast zwischen diploidem Aspen-Klon Großdubrau1 (geringste Wurzelmasse und anfällig bei Rapid-Stress) und diploidem Pappel-Klon Max2 . Beide Klone wurden deshalb neben LT für **Trockenstressexperimente im Folgejahr** ausgewählt.

Untersuchungen 2014

Stress-Versuch



Der volumetrische Wassergehalt des Bodens wurde bis fast zum Welkepunkt gesenkt. *schwarz = Kontrolle, grau = Stress*

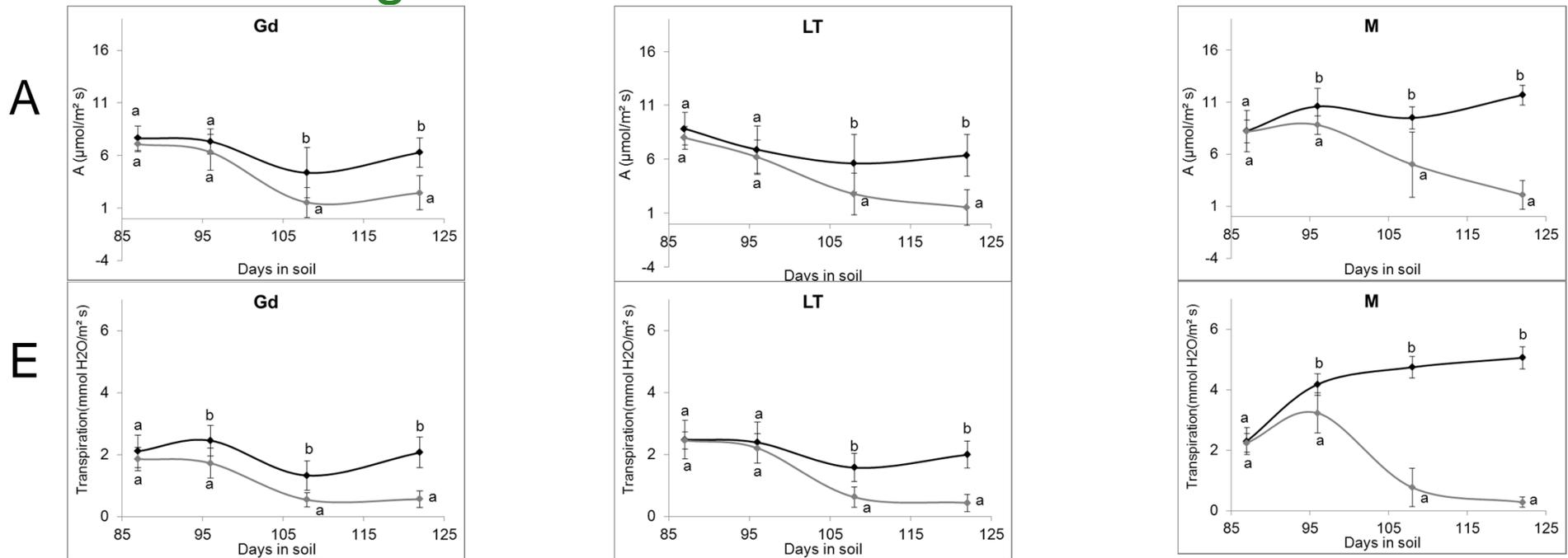


Das Höhenwachstum wurde dadurch bei allen drei Klonen leicht verringert.



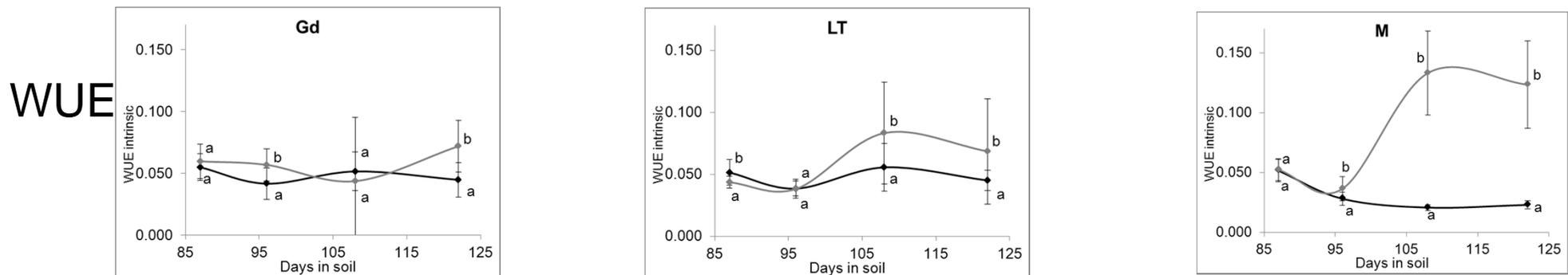
Untersuchungen 2014

Stress-Versuch



Photosynthese A und Transpiration E sinken bei Stress unterschiedlich stark ab.

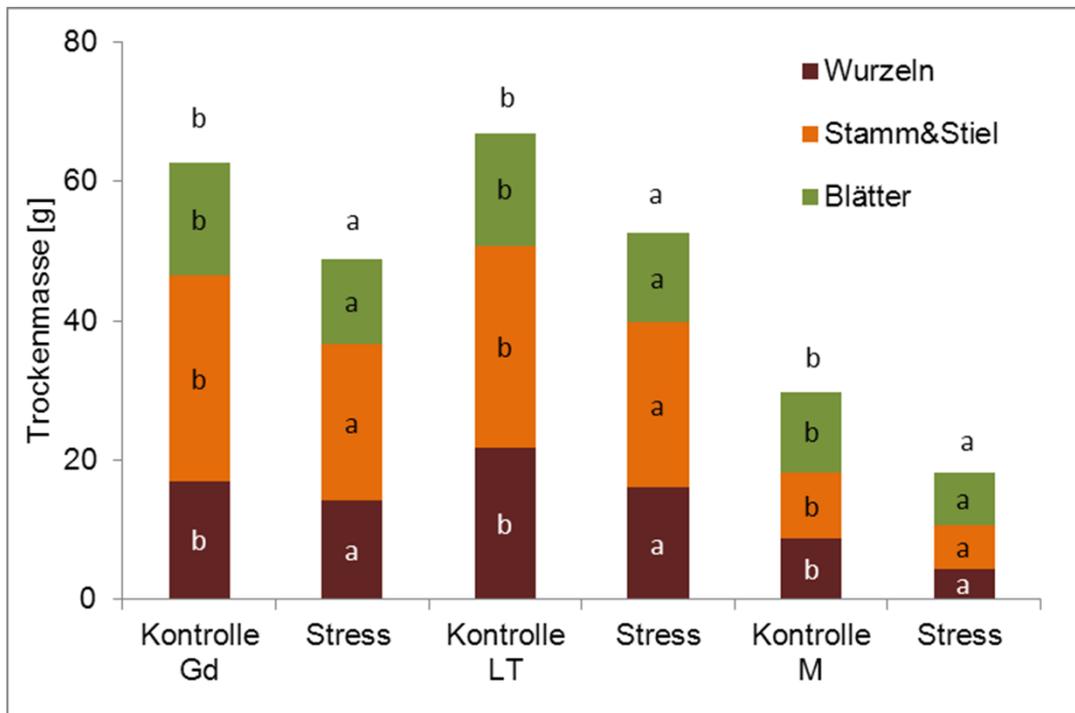
WUE steigt deshalb bei Max2 stark an, bei den Aspen Gd und LT nur geringfügig.



Untersuchungen 2014

Stress-Versuch

Welche Auswirkungen hatten 35 Tage Wasserdefizit auf die Entwicklung der Biomassekompartimente ?



Klon	Stress / Kontrolle [%]		
	Gd	LT	M
Blattfläche	73%	85%	66%
Blattzahl	88%	94%	88%
Blätter	75%	80%	67%
Stamm & Stengel	76%	81%	64%
Wurzeln	84%	74%	51%
Spross/Wurzel-Verh.	94%	109%	136%
Chlorophyll / Blattfläche	119%	114%	134%
Blatt-Stickstoffgehalt	108%	109%	157%
Spezifische Blattfläche	98%	106%	99%

- Unter Stress stärkere Wurzelmasse-Reduktion bei M als bei Gd und LT
- Chlorophyll- und N-Gehalt erhöht sich bei M stärker als bei Gd und LT
- Keine signifikant veränderten Spezifischen Blattflächen (Xeromorphie)

Zwischenhypothese aus 2. Jahr

„Gd erhöht Trockentoleranz durch WUE-Steigerung bei M ist das morphologisch bedingt nicht nötig“ wurde so **nicht bestätigt!**

Sondern:

Max 2 hat bei guter Wasserversorgung eine geringere WUE, kann diese jedoch unter Stress wesentlich stärker steigern als die Aspen Gd und LT.

Max 2 hat bei guter Wasserversorgung ein stärkeres Wurzelwachstum als Gd, reduziert dieses unter Stress jedoch stärker

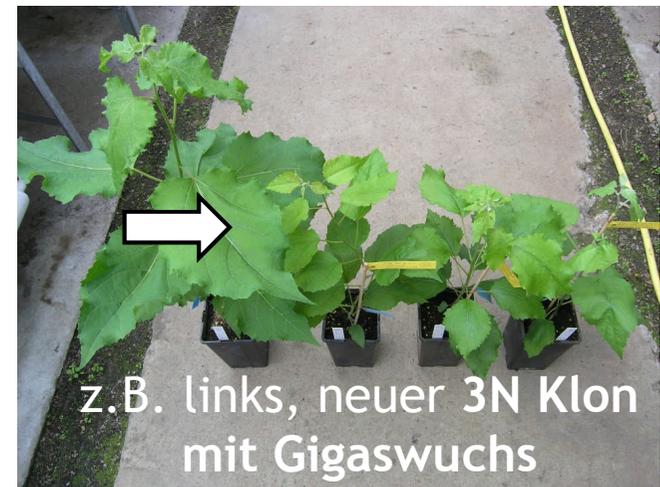
Das bedeutet:

Unter moderatem Stress sind Gd und LT deutlich weniger anpassungsfähig als Max 2

Schlussfolgerungen:

- Untersuchungen zur Photosynthese und Wassernutzungseffizienz von Pappelblättern unter standardisierten Bedingungen können Hinweise zur Leistungsfähigkeit und zur Fähigkeit zu Trockenstresstoleranz geben.
- Physiologie und Morphologie (Struktur & Funktion) wechselwirken bei der Toleranz gegenüber Trockenstress, werden aber von weiteren biochemischen Aspekten beeinflusst (Phytohormone, Metabolom-Forschung).
- Gleiche Klone unterschiedlicher Ploidie unterscheiden sich signifikant morphologisch, jedoch nicht hinsichtlich Photosynthese und Wassernutzung.
- Differierende Holzdichten im Spross lassen jedoch Unterschiede in der Effizienz und Stabilität der Wasserleitsysteme vermuten (günstig bei 2N/4N)

d.h. eine weitere Züchtung in Richtung Ploidie zur besseren Stresstoleranz ist gerechtfertigt.



z.B. links, neuer 3N Klon mit Gigaswuchs

Danke!

Christine Ewald
&
Lucia Atanet Alia

