

---

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Transportweg des Pflanzenhormons Abscisinsäure durch Wurzeln unter verschiedenen externen Bedingungen zu untersuchen. Ferner sollte der ABA-Effekt auf die hydraulische Leitfähigkeit von Pflanzenwurzeln analysiert und die Kopplung des Wasserflusses mit dem Hormontransport untersucht werden.

Mit den Experimenten dieser Arbeit konnte erstmals gezeigt werden, dass ein Phytohormon wie Abscisinsäure mit dem „Solvent-drag“ des Wasserflusses apoplastisch durch den Wurzelzellwandbereich in die Xylemgefäße transportiert werden kann. In einer aktuellen Publikation von Wan und Zwiazek (2000) konnte dieser Befund bestätigt werden. Ähnliche Ergebnisse wurden bereits von Steudle (1993) für Nährionen gefunden.

Es konnte ein Bypass-Fluss für ABA durch den gesamten Zellwandapoplasten, auch durch lipophile Barrieren wie Exo- und Endodermis nachgewiesen werden. Dies ist durch die speziellen Moleküleigenschaften von Abscisinsäure möglich: (i) der geringe Durchmesser des Moleküls (8 - 11 nm) und (ii) die hohe Lipophilie von ABA bei schwach sauren pH-Werten. Mit einer Penetration apoplastischer Barrieren ist demnach zu rechnen.

Weiterhin wurde gezeigt, dass die Ausbildung solcher lipophilen Zellwandnetze einen signifikanten Einfluss auf den apoplastischen ABA-Transport besitzt.

Die Ausbildung einer Exodermis in Mais, wie sie unter natürlichen Bedingungen zu beobachten ist, konnte den ABA-Fluss in das Xylem um die Faktoren 2 bis 4 reduzieren. Da gleichzeitig eine Verminderung der hydraulischen Wurzeleitfähigkeit um denselben Betrag auftrat, blieb das Wurzel-Spross-ABA-Signal, die Phytohormonkonzentration, im Xylem gleich. Die zu den Stomata geleitete Information über den Wasserzustand der Wurzel änderte sich also nicht.

Im natürlichen System ist sogar eine Verstärkung des Signals zu erwarten, da eine Exodermis nicht als Aufnahme-Barriere für gewebeproduzierte ABA wirkt. Gleichzeitig verringert sie den Verlust von apoplastischer ABA an die Rhizosphäre.

---

Außerdem wird der Wasserverlust aus dem Gewebe durch eine Exodermis signifikant reduziert wird. Somit sind solche Wurzeln gut an die Bedingungen eines eintrocknenden Bodens angepasst.

Apoplastische Barrieren sind demnach, neben membran-lokalisierten Transportern, wichtige Parameter für die Beurteilung von Wurzeltransporteigenschaften für Wasser und darin gelöste Substanzen.

Der Beitrag der apoplastischen Komponente zum Gesamt-ABA-Transport ist abhängig von der untersuchten Pflanzenart, der aktuellen Transpirations- oder Wasserflussrate und von Umwelteinflüssen wie erhöhter ABA-Konzentration im Wurzelgewebe (z.B. durch Trockenstress), pH-Wert der Rhizosphäre und den Ernährungsbedingungen der Pflanze.

Erhöhter radialer Wasserfluss, erhöhte ABA-Wurzelgewebebehalte und niedriger pH-Wert der Rhizosphäre verstärken den apoplastischen Bypass-Fluss unter physiologischen Bedingungen. Geringe Wassertransportraten, niedrige ABA-Konzentrationen im Gewebe, alkalische pH-Werte der Rhizosphäre und Ammoniumernährung verstärken dagegen den symplastischen Beitrag zum ABA-Transport.

In der vorliegenden Arbeit konnten die sich widersprechenden Theorien bezüglich des ABA-Effektes auf die hydraulische Leitfähigkeit von Wurzeln erklärt werden.

ABA erhöht über einen Zeitraum von 2 Stunden die Zelleitfähigkeit ( $L_p$ ) mit einem Maximum 1 Stunde nach ABA-Inkubation. Dies wirkt sich in einem verstärktem  $L_p$  von intakten Wurzelsystemen aus, das einem ähnlichen Zeitmuster folgt.

Pflanzen sind demnach in der Lage, mittels ABA den zellulären Wassertransportweg reversibel zu optimieren, um so unter mildem Trockenstress, wie er in einem gerade eintrocknenden Boden auftritt, die Pflanze mit ausreichend Wasser zu versorgen. Tritt ein länger andauernder Wassermangel ein, versperrt die Pflanze diesen Weg wieder. Dieser transiente Effekt erklärt auch die aus der Literatur bekannten stimulierenden und inhibierenden ABA-Wirkungen.

Durch den verstärkten Wasserfluss zu Beginn der Stresssituation erzeugt ABA auf diese Weise ein sich selbst verstärkendes, wurzelbürtiges Hormonsignal in den Spross. Das Blatt erreicht in effektiver Weise eine ABA-Menge, die ausreichend ist,

---

um die Stomata zu schließen. Es folgt eine Reduktion der Transpiration. Eine weiter andauernde Erhöhung des symplastischen Wassertransportweges wäre ohne physiologische Bedeutung.

Regulierende Membranstrukturen für diesen Vorgang könnten ABA-sensitive Wasserkanäle (Aquaporine) der Plasmamembran sein. Es wurde gezeigt, dass der Rezeptor für diesen Vorgang innerhalb von corticalen Maiswurzelzellen lokalisiert und hochspezifisch für (+)-cis-trans-ABA ist. Die Signaltransduktion für diesen Kurzzeiteffekt erfolgt nicht mittels verstärkter Aquaporintranskription, könnte aber über ABA-induzierte Aktivierung (Phosphorylierung), oder Einbau von Aquaporinen in die Zellmembran ablaufen.

Der Abscisinsäure-Transport ist ein komplexer Vorgang. Er wird beeinflusst durch Umwelteinflüsse, Wurzelanatomie, ist gekoppelt mit dem Wasserfluss und durch sich selbst variierbar. Herkömmliche Vorstellungen einer simplen Hormondiffusion können diesen regulierbaren Vorgang nicht mehr beschreiben.

Pflanzen besitzen ein ABA-Transportsystem, das schnell, effektiv und an sich verändernde Umweltbedingungen adaptierbar ist.