

Zusammenfassung

Natürliche Wurzelverwachsungen in gleichen oder zwischen verschiedenen Bäumen sind lange bekannt und weit verbreitet; es gibt fast 200 Arten, in denen sie nachgewiesen wurden. Sie können die mechanische Stabilität der Bäume erhöhen und möglicherweise die individuelle Fitness durch den Austausch von Ressourcen steigern, wenn sie funktionsfähig sind und das Gewebe den Austausch von Wasser und Stoffwechselprodukten ermöglicht. Jüngste Forschungen haben gezeigt, dass ein Ressourcenaustausch stattfinden kann, wodurch sich der Kohlenhydratgehalt im Xylem-Saft und die Wachstumsraten der verbundenen Bäume erhöht. Dies deutet darauf hin, dass Wurzelverwachsungen dazu beitragen können, Stress bei Bäumen abzumildern, was ihre Fitness potenziell erhöht und somit ein kooperatives Merkmal darstellt. Untersuchungen auf der Ebene von Waldbeständen sind jedoch aufgrund der logistischen Schwierigkeiten, die mit dem Zugriff auf die unterirdische Biomasse verbunden sind (z.B. umfangreiche Ausgrabungen des Wurzelsystems, destruktive Methoden zur Validierung funktioneller Wurzeltransplantate), eine Herausforderung.

In diesem Projekt konzentrierten wir uns auf Bestände der Schwarzen Mangrove (*Avicennia germinans*, L.), um zu untersuchen, ob funktionale Wurzelverwachsungen dazu beitragen können, die salzbedingte physiologische Trockenheit bei Bäumen zu mildern. Mangroven sind aufgrund ihrer Salzstressexposition, ihrer flachen Wurzelsysteme und ihres Standorts auf weichen Sedimenten für diese Art von Studien besonders geeignet. Mit Hilfe eines Ultraschall Dopplers konnten wir Wurzelnetzwerke in acht Waldparzellen entlang eines Salzstressgradienten kartieren und die allometrischen Eigenschaften der Bäume von verbundenen und nicht verbundenen Bäumen, sowie Veränderungen in der Topologie der Netzwerke (d. h. die Anzahl und Anordnung der Bäume) analysieren. Anhand dieser Merkmale wurden Veränderungen in der Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit von Wurzelverbindungen entlang des Stressgradienten untersucht. Die Funktionalität der Wurzelverwachsungen wurde über den Xylem-Saftaustausch über die Wurzeln mit Hilfe von Saftflusssensoren nach der HFD-Methode (heat field deformation method) validiert. Zur Verarbeitung der Saftflussdaten entwickelten wir eine Shiny R-App (SFA, 'Sap Flow Analyzer'). Wir nutzten statistische Modelle (Regressions- und verallgemeinerte Mischeffektmodelle), um die Kopplung des Saftflusses verbundener Wurzeln und der zugehörigen Stämme zu bewerten. Außerdem haben wir ein Individuen-basiertes Simulationsmodell zur Beschreibung der Baumallometrie in Reaktion auf physiologischen Trockenstress (BETTINA) erweitert, um den Saftaustausch durch die Wurzeln zu quantifizieren. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Wurzelverwachsungen ein kooperatives Verhalten darstellen können; und sowohl die Häufigkeit als auch der Wahrscheinlichkeit für Verwachsungen mit höherem Salzgehalt (physiologischer Trockenstress) zunimmt. Gleichzeitig verringerte sich die Zahl der Bäume, die ein Netzwerk bilden. Dies ist ein typisches Merkmal kooperativer Organismengruppen, in denen die Kosten der Zusammenarbeit mit der Begrenzung der Ressourcen steigen und das Kosten-Nutzen-Verhältnis durch eine verringerte Zahl an Netzwerkmitgliedern ausgeglichen wird.

Saftflussmessungen belegten Funktionsfähigkeit der Wurzelverwachsungen. Während des Austausches, ist der Saftfluss im Spender negativ und im Empfänger positiv. Der Saftfluss innerhalb der Mangrovenbäume ist jedoch hochkomplex und höchstwahrscheinlich stark kompartimentiert, so dass es schwierig ist, empirische Rückschlüsse auf die Menge und die Auswirkungen des Saftaustauschs zwischen Baumpartnern oder in Baumgruppen zu ziehen. Unser Modellierungsansatz hat dazu beigetragen, diese Lücke zu schließen, und stellt eine erste Quantifizierungsmöglichkeit des Ressourcenaustauschs zwischen verbundenen Bäumen dar. Er legt nahe, dass der Austausch: 1) bidirektional sein kann und auf Wasserpotenzialgradienten reagiert, die Wasser von Bäumen mit geringerer zu höherer physiologischer Trockenheit (negativeres Wasserpotenzial) übertragen können, 2) der Austausch auch durch die Baumgröße moduliert wird, wobei ein höherer Austausch stattfindet, wenn die Größenunterschiede zunehmen, wobei Saft vom größeren zum kleineren Partner fließt, und

3) verbundene Bäume möglicherweise eine höhere Wassernutzungseffizienz aufweisen, indem sie ihre Bodenwasseraufnahme im Vergleich zu nicht verbundenen Bäumen häufiger reduzieren.