

Aus der Professur für Hydrologie und Angewandte Meteorologie
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

Thesen der Dissertation

Wasser- und Nährstoffhaushalt von Böden unter Mischkulturen und Trockenstress

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)
an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von
Dipl. - Hydrol. Philipp Stahn
aus Dresden

Verteidigung am 28. Juni 2019

Ein wasser- und nährstoffeffizienter Pflanzenbau ist für den Gewässer- und Ressourcenschutz von fundamentaler Bedeutung, insbesondere wenn sich zukünftig Trockenperioden häufen. Ökologisch und ökonomisch sinnvoll kann eine systematische Kombination von verschiedenen Kulturarten sein. Die so geschaffene Konkurrenz um Wachstumsfaktoren lässt eine optimierte Ausnutzung von Wasser- und Nährstoffressourcen erwarten, verbunden mit geringerer Gewässerbelastung. Besonders interessant für die Vergesellschaftung sind Leguminosen, die die Wachstumsbedingungen durch die Bereitstellung von symbiotisch fixiertem Stickstoff (N) sowie durch Mobilisierung von schwerlöslichem Phosphor (P) verbessern können.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der hydrologischen und pflanzenbaulichen Untersuchung von Süßgras/Leguminose Mischungen. In einem dreijährigen Feldversuch werden Mais in Reinkultur (Ma) und gemischt mit Feuerbohne (MaB) sowie Sorghum in Reinkultur (So) und kombiniert mit Lupine (SoLu) kontrolliert in einem Folientunnel mit Bewässerungssteuerung unter optimaler Wasserverfügbarkeit und Trockenstress angebaut. Untersucht werden die Einflüsse der Kulturen und Wasserstufen auf den Bodenwasser-, -N- und -P-haushalt anhand von experimentellen Daten. Die modellgestützte Nachbildung des Versuchs mit den agrarhydrologischen Modellen SWAP und ANIMO unterstützt die Untersuchung der Mechanismen unter Trockenstress im Wasser- und Nährstoffhaushalt des Bodens. Dem Einsatz der Simulationwerkzeuge geht eine umfassende Analyse der Struktur des Bodenwasserhaushaltsmodells mittels globaler varianzbasierter Sensitivitätsstudie und Mehrzieloptimierung voraus.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit lassen sich folgende Thesen ableiten.

- Die Beziehung zwischen Parametern und Ausgangsgrößen von bodenhydrologischen Modellen kann sehr komplex und variabel sein. Nicht alle unbekannt Parameter können anhand von Beobachtungsdaten invers geschätzt werden.
- Eine multikriterielle Optimierung dient der Identifikation einer verlässlichen Parametrisierung von Bodenwasserhaushaltsmodellen. Es zeigt sich, dass die Modellkalibrierung gegen Messungen der Saugspannung und Bodenfeuchte nicht zwangsläufig mit einer adäquaten Parametrisierung der Retentionseigenschaften (RTC) einhergeht. Es existieren verschiedene optimale Lösungen, aus denen günstige für die Nachbildung der RTC extrahiert werden müssen.
- Die Verdunstungscharakteristik der Mischkultur steht im engen Zusammenhang mit der Saatstärke und den interspezifischen Konkurrenzbedingungen im Bestand. Die höheren Evapotranspirationsraten (ETR) von MaB gegenüber Ma resultieren aus einer höheren Pflanzendichte. Die ähnlichen ETR zwischen So und SoLu sind auf die Konkurrenzschwäche der Lupine zurückzuführen.

- Trockenstress verändert die bodenhydraulischen Verhältnisse derart, dass ein Transport von Wasser aus unteren Bodenschichten in den effektiven Wurzelraum stattfindet. Die Simulationen zeigen, dass die Wassernachlieferung wesentlich für die Kompensation von Trockenstress, aber abhängig von den bodenphysikalischen Charakteristiken ist.
- Der Trockenmasseertrag ist abhängig von der Wasserversorgung und bedingt von der Kultur. Trockenstress reduziert die Produktivität der Kulturen. Die Süßgräser sind Hauptertragsbildner in der Mischung. Gemessen an dem Gesamtertrag erreichen die Mischkulturen keine höhere Produktivität als ihre jeweiligen Reinkulturen.
- Der Anteil der Leguminose am Gesamtertrag der Mischung steht im Zusammenhang mit der Wasserverfügbarkeit und deren Konkurrenzstärke. Die Bohne hat unter optimaler Wasserversorgung einen erheblichen Anteil am Ertrag, unter Trockenstress dagegen einen deutlich geringeren. Die Lupine trägt unabhängig von der Wasserstufe marginal zum Ertrag bei.
- Die Wassernutzungseffizienz (WNE) ist unabhängig von der Wasserversorgung und Kultur. Die aufgestiegene Bodenwassermenge sorgt für einen Ausgleich der WNE zwischen Trockenstress und optimaler Wasserversorgung. Eine effizientere Wassernutzung der Mischungen gegenüber den Reinsaaten ist nicht nachweisbar.
- Der N-Haushalt des Bodens ist abhängig von der Wasserstufe und der Kultur. Trockenstress geht gegenüber optimaler Wasserverfügbarkeit mit geringerem pflanzlichen N-Entzug sowie in der Tendenz mit erhöhtem herbstlichen mineralischen N (N_{\min}) im Boden und winterlichen N-Austrag einher.
- Die Mischkulturen können das verfügbare N effizienter als die Reinkulturen nutzen. Trotz geringerer N-Düngung erzielen sie bei beiden Wasserregimen ähnliche Erträge und nahmen gleich viel bis mehr N auf. Eine simple N-Bilanzierung lässt annehmen, dass dieser erhöhte N-Bedarf durch legume N-Fixierung gedeckt wird.
- Die bessere N-Ausnutzung bei Fruchtartenkombination ist nicht zwangsläufig mit geringeren winterlichen N-Austrägen verbunden. Die Mischkulturen hinterlassen zwar in der Tendenz geringere N_{\min} -Mengen nach der Ernte. Jedoch ist der winterliche N-Austrag aus den Böden unter Einfluss von Misch- und Reinkultur vergleichbar.
- Der trockenstressbedingte Bodenwassertransport kann zur pflanzlichen Ernährung beitragen. Die Simulationsergebnisse demonstrieren, dass das aufsteigende Wasser ausgetragenes Nitrat in den effektiven Wurzelraum zurückverfrachtet und so der Nitratkontamination des Grundwassers entgegenwirkt.

- Der P-Haushalt des Bodens ist bedingt abhängig von der Wasserstufe und der Kultur. Trockenstress führt zu einer Reduktion des pflanzlichen P-Entzugs. Die Mischkulturen entnehmen im Vergleich zu den Reinkulturen mehr P aus dem Boden. Weder stabiles P noch der pH-Wert korreliert mit der Kulturart. Das im Sickerwasser mineralisch gelöste P ist zwischen den Anbausystemen gleich.
- Die Simulationen belegen, dass eine ineffiziente Ausnutzung von P unter Trockenstress über kurze Zeiträume gesehen keine Belastung von Grundwasser zur Folge hat. Das immobile Verhalten von P bedingt eine geringe P-Verlagerung, der die aufgestiegenen P-Frachten infolge von Wasserlimitierung entgegenarbeiten.