Vortragsunterlagen zu „Technikeinsatz auf Basis natürlicher Bodenprozesse“

Management des Bodenwasserhaushaltes

Trockengebiet und Trockenstress

Trockenheit ist weltweit einer der wichtigsten Faktoren, der die Produktion von Nahrungsmittel beschränkt. 40 % der Erdoberfläche sind Trockengebiete. In diesen leben 47 % der Weltbevölkerung. Es werden etwa 20 % der weltweiten landwirtschaftlichen Nutzflächen bewässert, wobei diese 40 % zur Nahrungsmittelproduktion beitragen. Angesichts höheren Wachstumsraten der Weltbevölkerung im Verhältnis zu den Erträgen wird der Druck auf die vermehrte Nutzung der Frischwasserreserven für die Landwirtschaft weiter steigen. Bereits heute werden im internationalen Durchschnitt 80 % der Wasservorräte für die Landwirtschaft gebraucht. Eine effiziente Wassernutzung in der Nahrungsmittelproduktion ist also ein prioritäres Ziel.

Mit rund 500 mm Jahresniederschlag ist auch in den ostösterreichischen Ackerbaugebieten das Wasser in vielen Jahren der beschränkende Faktor für die Ertragsbildung. Für die Nutzpflanzenproduktion ist neben Häufigkeit und Intensität vor allem der Zeitpunkt des Auftretens von Trockenperioden entscheidend. Die meisten Kulturen reagieren auf Wassermangel zur Blüte mit den größten Ertragseinbußen, da die Befruchtung gestört wird. Besonders das Sommergetreide ist auch anfällig auf Frühjahrstrockenheit, die zu einer Reduktion bereits angelegter Ertragskomponenten führt.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen nachlieferungsabhängigen („supply driven“) und speicherabhängigen („storage driven“) Ökosystemen (Abb. 1).

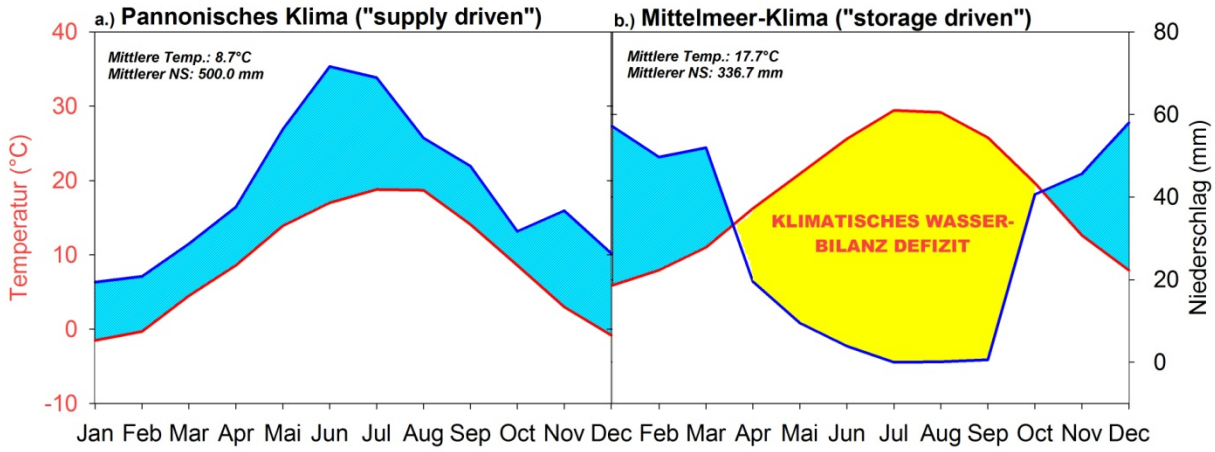


Abbildung 1. Klimatische Ausgangssituation.(a.) Günstige Verteilung der Niederschläge im semi-ariden gemäßigten Klimaraum. (b.) Sommerliches Wasserbilanzdefizit (gelbe Fläche) in einem Mittelmeerklima mit intensivem Wasserstress für die Pflanze - die gespeicherten Reserven im Boden entscheiden über die Ertragsbildung.

In den semi-ariden Regionen des gemäßigten Klimaraums wie dem pannonischen Trockengebiet Ostösterreichs fallen etwa 60 % der Niederschläge während der Vegetationszeit mit einem sommerlichen Maximum. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da die Nutzpflanzen damit in einer Zeit hohen Bedarfs mit einer regelmäßigen Wassernachlieferung durch den Niederschlag rechnen

können. Im Vergleich dazu geht in den Ackerbaugebieten des Mittelmeerklimas die Schere zwischen Niederschlagsangebot und Wasserbedarf Richtung Sommer immer weiter auseinander. Was nicht über Winter im Boden gespeichert wurde, kommt in der späteren Vegetationszeit nicht mehr nach. Dennoch kann die Pufferwirkung des Bodenwasservorrates auch in den gemäßigten Trockengebieten bei ausbleibenden Niederschlägen zu kritischen Entwicklungsstadien ertragsbestimmend werden. Klimawandel-Studien weisen darüber hinaus auf eine steigende Tendenz von Trockenperioden hin.

2. Effiziente Wassernutzung

In semi-ariden Produktionsgebieten ist die Ertragsbildung der Kulturpflanzen eine Funktion aus Wasseraufnahme (WU), Wassernutzungseffizienz (WUE) und Harvest Index (HI). Für die Bewertung der Wassereffizienz des Produktionssystems bietet die Gleichung der Wassernutzungseffizienz einen geeigneten Rahmen. Ihre Komponenten zeigen sich in folgendem Zusammenhang:

$$WUE = \frac{BM}{T} * \left(\frac{1}{1 + \frac{E_s + R + D}{T}} \right)$$

BM/T bezeichnet dabei die Transpirationseffizienz im engeren Sinn. Diese ist Folge der Koppelung von CO_2-Assimilation und Wasserabgabe an den Spaltöffnungen. Eine Verbesserung dieses physiologischen Verhältnisses ist in gewissen Grenzen in der Züchtung denkbar, vor allem aber abhängig vom Photosyntheseweg (C4>C3 Pflanzen) und dem Sättigungsdefizit der Atmosphäre während der Vegetationszeit. Für das Management ist entscheidend, das vorhandene Wasser möglichst vollständig der Pflanzenaufnahme zuzuführen. Dies ergibt sich aus dem zweiten Teil der Gleichung: Bei gegebener Transpirationseffizienz zeichnet sich ein effizientes Produktionssystem durch die Minimierung von Verlustgrößen, d.h. Bodenevaporation (E_s), Oberflächenabfluss (R) und Tiefenversickerung (D), zugunsten der produktiven Transpiration (T) aus.

3. Managementmaßnahmen

3.1. Zwischenfrucht

Die Zwischenfrucht ist eine zusätzliche Kultur, die Wasser und Nährstoffe braucht. Sie nutzt dafür jedoch eine Zeit, in der sie nicht in Konkurrenz zu Hauptfürchten steht. Eine einfache Wasserbilanz zeigt, dass in Trockengebieten bei den üblichen Anbauterminen das wasserbedingte Ertragsrisiko einer Zwischenfrucht äußerst gering ist. Selbst ein früherer Anbau sollte im Allgemeinen machbar sein und empfiehlt sich für die Nutzung des vorhandenen Artenspektrums (v.a. der Leguminosen) sowie zum Erzielen eines wirksamen Begrünungsaufwuchses. Ein Großteil des Wasserentzuges über die Zwischenfruchtwurzel speist sich aus dem oberflächennahen Bodenreservoir, welches ansonsten der Bodenverdunstung (E_s) unterliegen würde. In hügeligen Lagen reduziert die Begrünung den Oberflächenverlust (R) von Wasser durch bessere Niederschlagsinfiltration. Langfristig wird auch der Bodenspeicher über die Humuszufuhr gefördert, was besonders auf leichten Böden wichtig ist, wo viel Wasser unter die Wurzelzone verloren geht (D). Darüber hinaus sind Begrünungen sehr wassereffizient. Durch ihr Wachstum in der kühleren Jahreszeit ist die Transpirationseffizienz hoch (weniger Wasserverdunstung pro Einheit assimiliertem CO_2). Mehrjährige Ertragsergebnisse bestätigen, dass auch im Trockengebiet kaum mit Ertragsverlusten in der Hauptfrucht zu rechnen ist (Abb. 2)

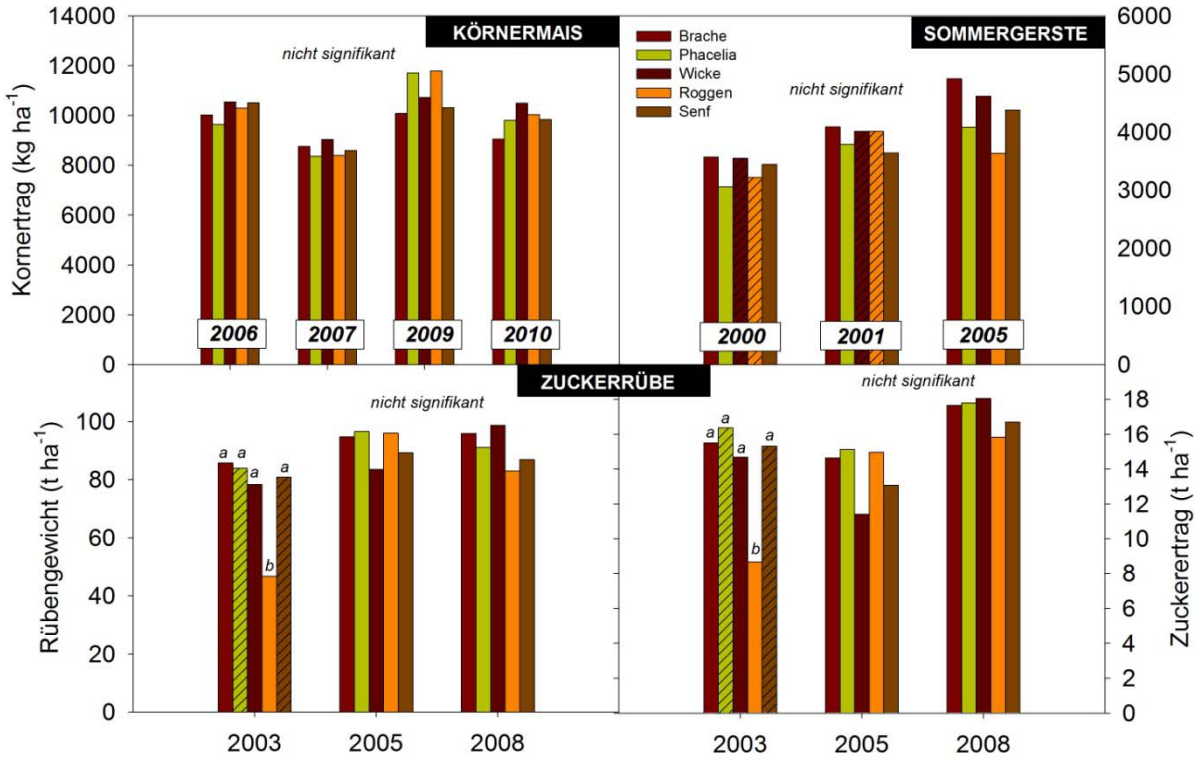


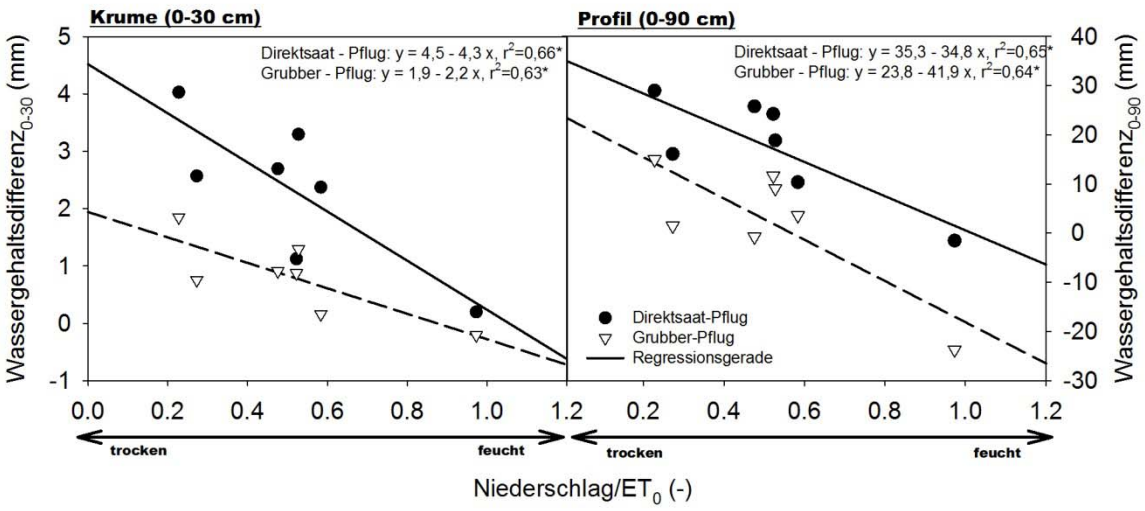
Abbildung 2: Hauptfruchterträge nach unterschiedlichen Zwischenfrüchten und Schwarzbrache, Hollabrunn. (Die gestreiften Balken sind abweichende Varianten, nämlich bei Sommergerste Platterbse als Leguminose und Perko als winterharte Begrünung; bei Zuckerrübe Phacelia in einer Mischung mit Senf und Platterbse sowie Ölrettich als Kreuzblütlervariante).

3.2 Bodenbearbeitung

Reduzierte Bodenbearbeitung beeinflusst verschiedene Komponenten des Wasserhaushaltes und der Wassernutzungseffizienz. In erster Linie wirkt der Erhalt einer Mulchdecke als Verdunstungsschutz gegen Bodenevaporation (E_s), in hängigen Lagen auch gegen den Oberflächenabfluss, der mit zunehmendem Deckungsgrad exponentiell abnimmt. Je nach Mulchdeckungsgrad kann mit einer Reduktion der unproduktiven Verdunstung von etwa 30 % gerechnet werden.

Auch die Porenverteilung auf wenig gelockerten Böden ist günstiger (Abb. 3) und erhöht die Wasserhaltefähigkeit und den Wasseranteil, der in Porenbereichen gespeichert ist, die der Pflanzenaufnahme besser zugänglich sind (Mittelporen). Erhalt von Regenwurmgängen und Wurzelkanälen hilft Starkniederschläge rascher aufzunehmen. Diese natürlichen Poren weisen eine hohe Kontinuität und Stabilität auf und werden auch gerne von den Pflanzenwurzeln genutzt, um tiefere Bodenschichten aufzuschließen.

Von einem rein hydrologischen Standpunkt weist eine reduzierte Bodenbearbeitung also zahlreiche Vorteile gegenüber einer regelmäßigen Lockerung der Oberkrume auf. Voraussetzung für die Übertragung dieser Vorteile in Ertrag ist jedoch zweifellos eine geeignete Sätechnik, angepasste Fruchtfolgen und Pflanzenschutzmaßnahmen.



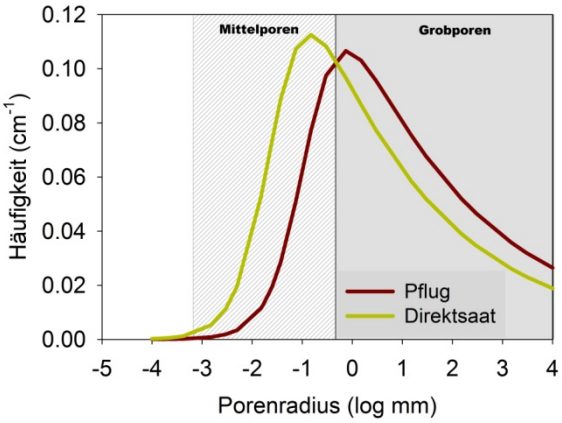


Abbildung 3. Hydrologische Effekte reduzierter Bodenbearbeitung. (i) Besonders im Oberboden zeigt sich unter trockenen Bedingungen die Wirkung der Mulchdecke mit höheren Wassergehalten. (ii) Die Poren-verteilung verschiebt sich zugunsten der wasserspeichernden Mittelporen.

3.3 Züchtung auf Wurzelsystemgröße

Die pflanzenverfügbare Wassermenge ist neben den bodentypischen Speichereigenschaften (nutzbare Feldkapazität aufgrund vorhandener Textur und Struktur) direkt abhängig von der Tiefe des Wurzelraums. Die Optimierung der Wurzeleigenschaften von Nutzpflanzen wäre damit eine attraktive Option zur Verbesserung der Trockentoleranz als auch der Nährstoffnutzung. Bisher liegen aber nur wenige Erfahrungen vor, die Wasseraufnahmeeffizienz der Sorten über die Pflanzenwurzel zu steigern, insbesondere aufgrund der Problematik der Messung der Wurzelsystemgröße in züchterischen Versuchen. Ergebnisse aus der Tschechischen Republik mit 16 Braugerstensorten konnte jedoch ein sehr deutlicher Zusammenhang zwischen dem Ertrag und der Wurzelsystemgröße in Trockenjahren nachweisen. Da der Harvest-Index bereits in langjähriger züchterischer Bearbeitung optimiert wurde und Zuchtziele (Frühreife, konservative Wassernutzung) aus Programmen in südeuropäischen Trockenklimaten für die mitteleuropäischen Niederschlagsverteilungen gegebenenfalls die Gefahr einer schlechteren Nutzung der Vegetationszeit implizieren, wäre der Ansatzpunkt Trockenresistenz über Wurzeltiefe zu verbessern besonders vielversprechend.

Vom Bodenmanagement ist heute vor allem auf die Optimierung der Bodenstruktur, die Förderung des Bodenlebens (kontinuierliche Bio-Makroporen) und die Vermeidung von Schadverdichtungen zu achten, um den vorhandenen Sorten eine bestmögliche Entfaltung ihres Wurzelsystems zu ermöglichen.

Zusammenfassung

1. Erprobte Technologien zum Management von Trockenheit sind zumeist auf sommertrockene Klimate ausgerichtet. Es bedarf angepasster und praxiserprobter Lösungen für die Trockengebiete des gemäßen Klimaraums in Mitteleuropa.

2. Zwischenfruchtbau ist nach derzeitigen Erfahrungen auch in Trockengebieten ohne Gefahr der Ertragsminderung durch Wasserkonkurrenz machbar. Gründe sind die Wassereffizienz der Begrünungen und die Umverteilung von Bracheverdunstung in produktive Pflanzentranspiration.

3. Bei Vorhandensein geeigneter Sätechnik ist der Erhalt einer schützenden Mulchdecke eine der effizientesten Maßnahmen zur Verbesserung der Pflanzenwasserversorgung unter Trockenbedingungen. Offener Boden sollte vom hydrologischen Standpunkt im Produktionssystem vermieden werden, um das vorhandene Wasser weitestgehend produktiv zu nutzen.

4. Die Optimierung der Wurzeleigenschaften von Sorten für Trockengebiete sollte als Option in die Züchtung auf Trockenresistenz Eingang finden, da sie zu den direktesten Wegen der Ertragssicherung zählt.

Autor:
Gernot Bodner, Abteilung für Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz Straße 24, 3430 Tulln an der Donau
gernot.bodner@boku.ac.at