

Wolfram Spreer und Karlheinz Köller, Hohenheim

Partial Rootzone Drying

Wer wird hier ausgetrickst?

Die Frage, ob man durch platzierte Bewässerung den Hormonhaushalt von Pflanzen so gezielt manipulieren kann, dass Bewässerungswasser fast ohne Ertragsverlust eingespart werden kann, wird seit langem diskutiert. In einem Experiment der Universität Hohenheim in Thailand wird untersucht, ob man durch Partial Rootzone Drying (PRD) die Pflanze tatsächlich austricksen kann, oder ob es sich nur um einen Effekt gezielter Defizitbewässerung handelt und man unnötigen Aufwand betreibt, indem man platziert bewässert.

M. Sc. Wolfram Spreer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Teilprojekt „Bewässerungs- und Fertigungsplanung für wassersparende und optimierte Nährstoffversorgung von Litchi und Mango (B3)“ des Sonderforschungsbereichs „Nachhaltige Landnutzung und ländliche Entwicklung in Bergregionen Südostasiens“ (SFB 564) der Universitäten von Hohenheim und Chiang Mai, Thailand. Prof. Dr. Karlheinz Köller betreute die vorliegende Arbeit als Teilprojektleiter. Die Arbeit des SFB 564 wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt. Universität Hohenheim, Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Garbenstr. 9, 70593 Stuttgart; e-mail: spreer@ats.uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

PRD, Trockenstress, Defizit-Bewässerung, ABA, Mango, Wirkungsgrad der Bewässerung

Keywords

PRD, drought stress, deficit-irrigation, ABA, mango, water use efficiency

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 05121 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.



PRD in Mango - Versuchsansatz

Die Universität Hohenheim führt eine vergleichende Untersuchung in Thailand durch. (Standort Mae Jo: etwa 30 km nördlich von Chiang Mai, 18,5° N, 98,5° O, 350 m üNN) Auf dem Versuchsfeld stehen 350 Mangobäume (*Mangifera indica* L.) der Sorte Chok Anan im Alter von neun Jahren auf 0,56 ha in einem Abstand von 4•4m. Die Fragestellung des Versuchs ist, ob es tatsächlich einen Unterschied zwischen PRD und kontrollierter Defizitbewässerung gibt. Wegen der hohen Toleranz gegenüber Trockenstress eignet sich Mango für diese Untersuchung besonders [4]. Die Kultur reagiert auf die periodisch auftretende Unterversorgung mit Wasser während der Trockenzeit (November bis Mai) mit einem natürlichen Schluss der Spaltöffnungen, was zu einer verminderten Wasserabgabe führt. Dieser natürliche Effekt soll durch die PRD-Bewässerung künstlich verstärkt werden. In dem Versuchsfeld wurden vier Varianten angelegt und auf Stresssymptome und Ertrag untersucht: Kontrolle mit ausreichender Bewässerung (Con), kontrollierte Defizitbewässerung (CDI), Partial Rootzone Drying (PRD) und Kontrolle ohne Bewässerung (0V).

Für die Behandlungen Con und CDI wurde das Bewässerungswasser mit Superjet 50 Mikro-Sprinklern des Herstellers NETA-FIM ausgebracht, die eine Ausflussrate von 50 l/h bei einem Wurfradius von 1,5 m haben. Die Sprinkler sind druckkompensiert, so dass eine gleichmäßige Anwendung ge-

Bei PRD - Bewässerung wird die Wurzelzone in zwei Teile aufgeteilt, die abwechselnd in einem Intervall von zehn bis fünfzehn Tagen bewässert werden, während der jeweils andere Teil austrocknet. Entsprechend der Theorie wird im einen Teil der Wurzel das Pflanzenstresshormon Abscisinsäure (ABA) gebildet, das die Pflanze veranlasst, durch Schließen der Spaltöffnungen weniger Wasser zur Transpiration abzugeben. Die dadurch unweigerlich verminderte Photosyntheserate habe aber nur einen geringen negativen Effekt auf die Fruchtentwicklung, da über den feuchten Teil der Wurzel Wasser aufgenommen werden kann. Das vegetative Wachstum werde jedoch deutlich gesenkt. Der Effekt: Für die Bewässerung wird weniger Wasser benötigt, der Ertrag nimmt nur gering ab und dadurch steigt die Wassernutzungseffizienz stark an. Ein nützlicher Nebeneffekt: Die Menge an Baumschnitt sinkt durch das verminderte Wachstum während der Zeit, in der die Pflanze unter Trockenstress steht [1].

Es gibt eine Reihe von Experimenten, die diese Theorie stützen, der Nachweis über den Hormonhaushalt ist jedoch letztendlich noch nicht gelungen. Eine Anzahl von Experimenten stützt auch die Annahme, dass der Effekt, der zu einer erhöhten Wassernutzungseffizienz führt, in erster Linie auf Stressverhalten der Pflanze beruht, das auch unter nicht platzierter Defizitbewässerung auftritt [2, 3].

Tab. 1: Wirtschaftliche Faktoren der bewässerten Varianten der Untersuchung

Behandlung	spez. Kosten (/Baum)	Druck (bar)	Bewässerung mm	m³/Baum	Erntemenge (kg/Baum)	Wirkungsgrad, Bewässerung
Con	1,08	1,5	270	4,32	12,78	2,96
CDI	1,08	1,5	135	2,16	9,19	4,26
PRD	1,05	0,7	130	2,08	12,26	5,89

Tab. 2: Erntemenge und Größenklassen

Table 2: Yield and size classes

Behandlung	Erntemenge (kg/Baum)	Größenklasse in g					
		>500	401-500	301-400	251-300	201-250	<200
Con	12,78	8,5%	22,1%	44,3%	13,7%	9,4%	2,1%
PRD	12,26	9,1%	23,4%	49,7%	10,4%	5,3%	2,2%
CDI	9,19	8,0%	25,2%	38,9%	14,1%	11,3%	2,5%
0V	5,78	13,7%	23,3%	26,7%	13,8%	16,9%	5,5%

währleistet ist. Jeder Baum wurde mit einem Sprinkler ausgestattet. Die PRD Variante wurde mit je sechs Tropfern NETAFIM JR8 ausgestattet. Auch diese Emittter sind druckkompensiert. Die Ausflussrate eines einzelnen Tropfers beträgt 8 l/h. So wurde bei gleicher Betriebszeit in den PRD Parzellen etwa die Hälfte des Wassers ausgebracht wie in den anderen bewässerten Parzellen. Die Hauptleitung auf dem Feld ist ein 2-Zoll-PE-Rohr (50mm), die Laterale sind 16mm PE-Schläuche von bis zu 50m Länge, welche alle durch ein manuelles Ventil einzeln verschlossen werden können. Die Wasserversorgung erfolgt aus einem Speicherbecken, etwa 12m oberhalb und 3km entfernt vom Feld, über eine 4-Zoll-PP-Rohr (100 mm). Um den für die Sprinkler benötigten Druck zu erzeugen, wurde eine einstufige Kreiselpumpe ARENO HS2FL mit einem 4 kW-Elektromotor verwendet. Als spezifische Kosten der Bewässerung wurden die Kosten für Laterale (Schlauch und Flansche), Emittter und Regelventile im Falle der PRD-Bewässerung angesetzt (Tabelle 1).

Die optimale Bewässerung wurde mit der Penman-Monteith Formel für die Evapotranspiration errechnet. Zur Berechnung wurde das von der FAO zur Verfügung gestellte Computerprogramm CROPWAT verwendet [5]. Die Referenz-Evapotranspiration (ET₀) schwankte im Bewässerungszeitraum (1. 2. bis 6. 5. 2004) zwischen 3,9 und 5,6 mm/d, woraus sich eine Bewässerungsmenge von 2,7 bis 3,3mm/d ergab. Bei der Defizitbewässerung wurde die Zeit der Wasserausbringung um die Hälfte reduziert. Der Standort am Hang mit einem extrem hohen Steingehalt (70%) hat ein sehr geringes Wasserhaltevermögen. Bewässert wurde deswegen dreimal die Woche, um die Intervalle zwischen den Bewässerungsgaben gering zu halten.

Trockenstress

Um Stresssymptome bei der PRD-Behandlung zu untersuchen, wurde der Schluss der Spaltöffnungen im Tagesverlauf gemessen. Verwendet wurde hierzu ein transportables Porometer AP4 der Firma Delta-T, das an die Blätter angeklemt wird. Das Gerät misst den Anstieg der Luftfeuchte in einer Messzelle und korreliert diesen mit dem stomatären Widerstand. Gemessen wurde in regelmäßigen Intervallen im Monat April mit den höchsten Temperaturen gegen Ende der Trockenzeit und im Mai nach dem Einsetzen der ersten Niederschläge. An jedem Baum wurden jeweils fünf Blätter in allen Himmelsrichtungen in einem Abstand von einer halben Stunde beprobt. Die sich daraus ergebenden Kurven wurden im Hinblick auf Trockenstress untersucht.

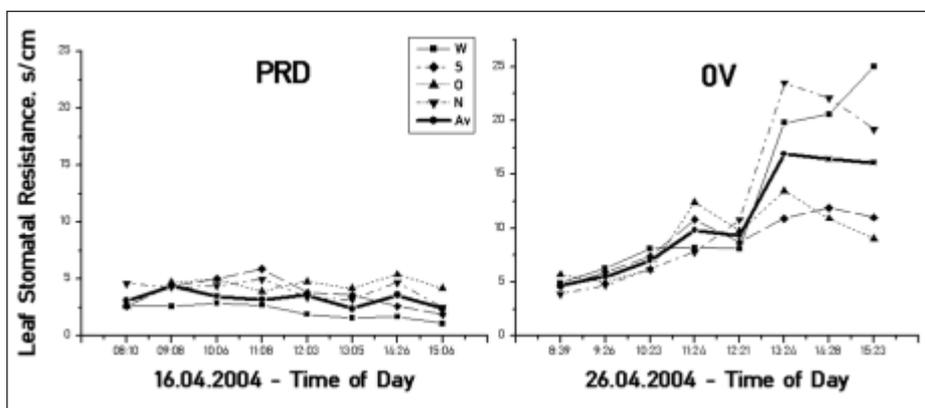


Bild 1: Stomatärer Widerstand in den Varianten OV und PRD während der Bewässerungszeit und nach Einsetzen der Niederschläge

Fig. 1: Stomatal resistance in the treatments OV and PRD during the irrigation period and after start of the rainy season

Während der Trockenzeit war der stomatäre Widerstand in allen Varianten (auch unter Bewässerung) höher als in der Regenzeit. Besonders in den Nachmittagsstunden schließen die Spaltöffnungen auf Grund hoher Sonneneinstrahlung und Temperatur stärker. Diese Reaktion wurde bei der PRD-Variante nicht festgestellt. Es konnte also nicht nachgewiesen werden, dass durch PRD ein zusätzlicher Trockenstress induziert wurde. Die Vermutung liegt nahe, dass das durch Tropfer ausgebrachte Wasser effizienter genutzt wurde (Bild 1).

Ernte

Bei der Ernte wurde das Fruchtgewicht pro Baum ermittelt sowie die durchschnittliche Anzahl an Mangos. Alle Mangos wurden in Größenklassen eingeteilt, wie sie vom thailändischen Landwirtschaftsministerium für die Sorte Choak Anan vorgegeben sind. Die Erntemenge der PRD-Variante unterschied sich nur unwesentlich von der vollbewässerten Kontrolle, während die CDI-Variante einen deutlichen Minderertrag zeigte. CDI und 0-Variante hatten einen größeren Anteil an Früchten, die nur zur Weiterverarbeitung verwendet werden können (<300g). Der relativ große Anteil Mangos in der obersten Klasse in der 0-Variante lässt sich dadurch erklären, dass einige Bäume unter Trockenstress Früchte abwarfen. Die absolute Zahl großer Mangos ist jedoch geringer als bei PRD und Con (Tabelle 2).

Als Wirkungsgrad der Bewässerung wurde das Verhältnis zwischen der Erntemenge und des Volumens des applizierten Wassers angenommen [6]. Da in den beiden Varianten PRD und CDI die Hälfte der Wassermenge appliziert wurde, liegt der Wirkungsgrad der Bewässerung in diesen Varianten höher (Tab. 1). Die damit verbundenen Ertragseinbußen in der defizitbewässerten Variante wären für einen Landwirt kaum hinnehmbar, während sowohl Erntemenge als auch der Anteil marktfähiger Mangos in der PRD Variante wenig unter dem Ergebnis der Kontrolle war.

Fazit

Es gelang in dieser Untersuchung nicht nachzuweisen, dass durch PRD ein zusätzlicher Trockenstress induziert wird. Allerdings konnte ein deutlich höherer Wirkungsgrad der Bewässerung gemessen werden, ohne bedeutende Ernteeinbußen in Kauf nehmen zu müssen, wie das bei der kontrollierten Defizitbewässerung der Fall war. Die deutlichen Unterschiede im Ertrag lassen sich kaum durch Unterschiede im Trockenstressverhalten der Pflanzen erklären. Wohl aber ist anzunehmen, dass durch ein Zusammenspiel des schnelleren Einsickerns in den trockenen Boden und einer direkten Ausbringung des Wassers durch Tropfer die Bewässerungseffizienz anstieg.

Für die Praxis heißt das, dass das Verfahren PRD für eine trockenstresstolerante Kultur wie Mango dann eine interessante Alternative darstellt, wenn Wasserverfügbarkeit ein limitierender Produktionsfaktor ist. Die teilweise dramatisch höhere Wirkungsgrad der Bewässerung kann den Einsatz von PRD rechtfertigen, auch wenn gegenwärtig noch Forschungsbedarf über die pflanzenphysiologischen Grundlagen für das Funktionieren der Methode besteht. Vergleicht man das Verfahren mit einer einfachen Tropfbewässerung, entstehen Mehrkosten nur durch Regelventile und den logistischen Mehraufwand. Im Vergleich zu einer Bewässerungsanlage mit Mikrosprinklern werden die Mehrkosten der Leitungen in der Regel durch geringere Kosten der Emittter kompensiert, so dass lediglich der höhere Wartungsaufwand ins Gewicht fällt. Der niedrigere Druckbedarf der Tropfer kann auch eine wichtige Rolle für die Entscheidung spielen.

Neben dem Trockenstressverhalten der Pflanzen muss bei der Untersuchung des Verfahrens nun vor allem der Einfluss der Form der Wasserausbringung untersucht werden, da niedrigere Verdunstungsverluste, unterstützt durch ein schnelleres Einsickern in den trockenen Boden, möglicherweise den Hauptunterschied bei den getesteten Verfahren ausmachen.