

## Wassernutzungseffizienz von Futterpflanzen in Rein- und Mischanbau

I. Nölke, B. Tonn, J. Isselstein

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung  
Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen,  
isabelle.noelke@uni-goettingen.de

### Einleitung und Problemstellung

Der Klimawandel wird voraussichtlich eine Herausforderung für Futterbausysteme darstellen (Olesen *et al.*, 2011). Vor diesem Hintergrund ist die Erhöhung der Erträge bei gleichzeitiger Konstanzhaltung oder Verringerung des Wasserverbrauchs von Futterbausystemen, also die Steigerung der Wassernutzungseffizienz (WNE), von großem Interesse. Der Anbau sich hinsichtlich ihrer Merkmale und Eigenschaften unterscheidender Futterpflanzenarten in Mischungen könnte dabei eine Schlüsselrolle spielen (Hofer *et al.*, 2016). Über die WNE von Futterpflanzen in Rein- und Mischanbau liegt bisher nur unzureichendes Wissen vor. Um den Einfluss von Pflanzenart und Mischung auf die WNE zu untersuchen, wurde ein Feldversuch durchgeführt, bei dem die flachwurzelnde Nicht-Leguminose Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*) in Mischkultur mit der flachwurzelnden Leguminose Weißklee (*Trifolium repens*) oder der tiefwurzelnden Nicht-Leguminose Zichorie (*Cichorium intybus*) sowie die zugehörigen Reinkulturen angebaut wurden. Aufgrund einer komplementären Ressourcennutzung sollte die WNE der beiden gemischten die der zugehörigen reinen Bestände übertreffen. Darüber hinaus sollte sich die WNE zwischen den Pflanzenarten unterscheiden und zwar sowohl im Rein- als auch im Mischbestand.

### Material und Methoden

Der noch laufende Feldversuch wurde im Jahr 2014 auf zwei hinsichtlich Höhenlage, Bodenart, Temperatur und Niederschlag unterschiedlichen Standorten in der Nähe von Göttingen in Niedersachsen angelegt. Die Mischkulturen von *L. perenne* mit *T. repens* oder *C. intybus* (600:400 Samen m<sup>-2</sup>) und die Reinkulturen aller drei Arten (1000 Samen m<sup>-2</sup>) wurden in Parzellen (3 × 5 m) in Blöcken in vierfacher Wiederholung angesät und nicht gedüngt. In den Jahren 2016 und 2017 wurde die oberirdische Biomasse (Schnitthöhe 5 cm) viermal jährlich geerntet. Teilproben davon wurden getrocknet und gewogen, um den Trockenmasseertrag (TME) zu ermitteln. Mittels permanent installierter Messröhren und einer tragbaren Messsonde (Diviner 2000, Sentek Pty Ltd, Stepney, Australien) wurde zudem einmal wöchentlich der volumetrische Bodenwassergehalt bis zu einer Tiefe von 60 cm gemessen und auf den Tag der Ernte interpoliert. Daraus wurde der Unterschied des Bodenwassergehalts ( $\Delta$ BWG) zwischen der zweiten (Juni) und der ersten (Mai) und zwischen der dritten (August) und der zweiten Ernte bestimmt. Außerdem wurde die Niederschlagsmenge (N) an beiden Standorten aufgezeichnet. Mit einer vereinfachten Bodenwasserbilanzgleichung (Zhang *et al.*, 2004) wurde dann der Wasserverbrauch (WV) als  $N - \Delta$ BWG kalkuliert. Dementsprechend schließt der WV sowohl die Transpiration der Vegetation als auch die Evaporation des Bodens, welche wiederum von der Vegetation abhängt, ein. Schließlich wurde die WNE für die von Trockenheit besonders betroffenen zweiten und dritten Aufwüchse als  $TME / WV$  berechnet. Die statistische Analyse erfolgte mittels linearer gemischter Modelle mit dem R 3.5.1 (R Foundation for Statistical Computing, Wien, Österreich) Paket „nlme“ (Pinheiro *et al.*, 2018), wobei die reinen und gemischten Bestände von (a) *L. perenne* und *T. repens* sowie (b) *L. perenne*

und *C. intybus* getrennt analysiert wurden. Die Variablen Kultivierung (reiner oder gemischter Anbau), Aufwuchs, Jahr und Standort sowie deren Interaktionen wurden als fixe Faktoren und Parzelle geschachtelt in Block als zufällige Faktoren in die Modelle einbezogen. Um den Modellannahmen der Homoskedastizität und der Normalverteilung der Residuen gerecht zu werden, wurden Quadratwurzel-Transformationen und Varianzstruktur-Funktionen verwendet. Die Modelle wurden dann basierend auf dem zweiten Akaike Informationskriterium verglichen und ausgewählt. Die Signifikanz der Faktoren der finalen Modelle wurde mit dem Wald-Test überprüft. Waren die Faktoren signifikant, wurden Tukey post-hoc Tests genutzt, um zu überprüfen, ob signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten bestanden.

## Ergebnisse und Diskussion

Für die Rein- und Mischbestände von *L. perenne* und *C. intybus* hing die WNE in beiden Versuchsjahren von der Kultivierungsform ab ( $p < 0.001$ ). Dagegen variierte die WNE der Kultivierungsformen bei den Rein- und Mischbeständen von *L. perenne* und *T. repens* zwischen den beiden Versuchsjahren (Kultivierung  $\times$  Jahr Interaktion:  $p < 0.001$ , Tab. 1).

Tab. 1: *P*-Werte der Haupt- und Interaktionsfaktoren bei Wassernutzungseffizienz (WNE), Wasserverbrauch (WV) und Trockenmasseertrag (TME) für Rein- und Mischkulturen von *Lolium perenne* und (a) *Trifolium repens* oder (b) *Cichorium intybus*. Faktoren, für die kein Wert angegeben ist, waren nicht im finalen Modell enthalten.

Faktoren	<i>p</i> -Werte					
	WNE		WV		TME	
	a	b	a	b	a	b
Kultivierung	< 0.001	< 0.001	0.038	-	< 0.001	< 0.001
Aufwuchs	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001
Standort	0.024	0.003	0.471	0.034	-	0.039
Jahr	0.089	-	0.002	< 0.001	0.943	< 0.001
Kultivierung $\times$ Aufwuchs	-	-	-	-	-	< 0.001
Kultivierung $\times$ Jahr	< 0.001	-	-	-	-	-
Aufwuchs $\times$ Standort	-	0.018	< 0.001	< 0.001	-	-
Aufwuchs $\times$ Jahr	< 0.001	-	0.001	0.007	< 0.001	-
Standort $\times$ Jahr	-	-	-	-	-	0.009

Im Gegensatz zu unseren Erwartungen übertraf die WNE der Mischkulturen von *L. perenne* und *C. intybus* in beiden Versuchsjahren nur die WNE der Reinkulturen von *L. perenne*, aber nicht die der Reinkulturen von *C. intybus* (Abb. 1). Die Mischkulturen von *L. perenne* und *T. repens* nutzten im Jahr 2016 Wasser effizienter als die Reinkulturen von *L. perenne* und genauso effizient wie die Reinkulturen von *T. repens*, wohingegen im Jahr 2017 die WNE der Mischungen über der beider Reinkulturen lag. Diese Ergebnisse spiegeln vor allem den TME wider, da sich der WV nicht (*L. perenne* und *C. intybus*) oder nur geringfügig (*L. perenne* und *T. repens*) zwischen den Kultivierungsformen unterschied (Abb. 1, Tab. 1). Vermutlich rühren die Unterschiede des TME und damit der WNE von Unterschieden des pflanzenverfügbaren Stickstoffs (N) her. Im Gegensatz zu *L. perenne* hatten beide Mischungspartner Zugang zu zusätzlichen N-Quellen: *T. repens* als Leguminose zu atmosphärischem N<sub>2</sub> mittels symbiotischer Fixierung und *C. intybus* zu N tieferer Bodenschichten mittels tiefer Wurzeln. Diese Hypothese stimmt weitgehend mit den Erkenntnissen von Hofer *et al.* (2017) überein.

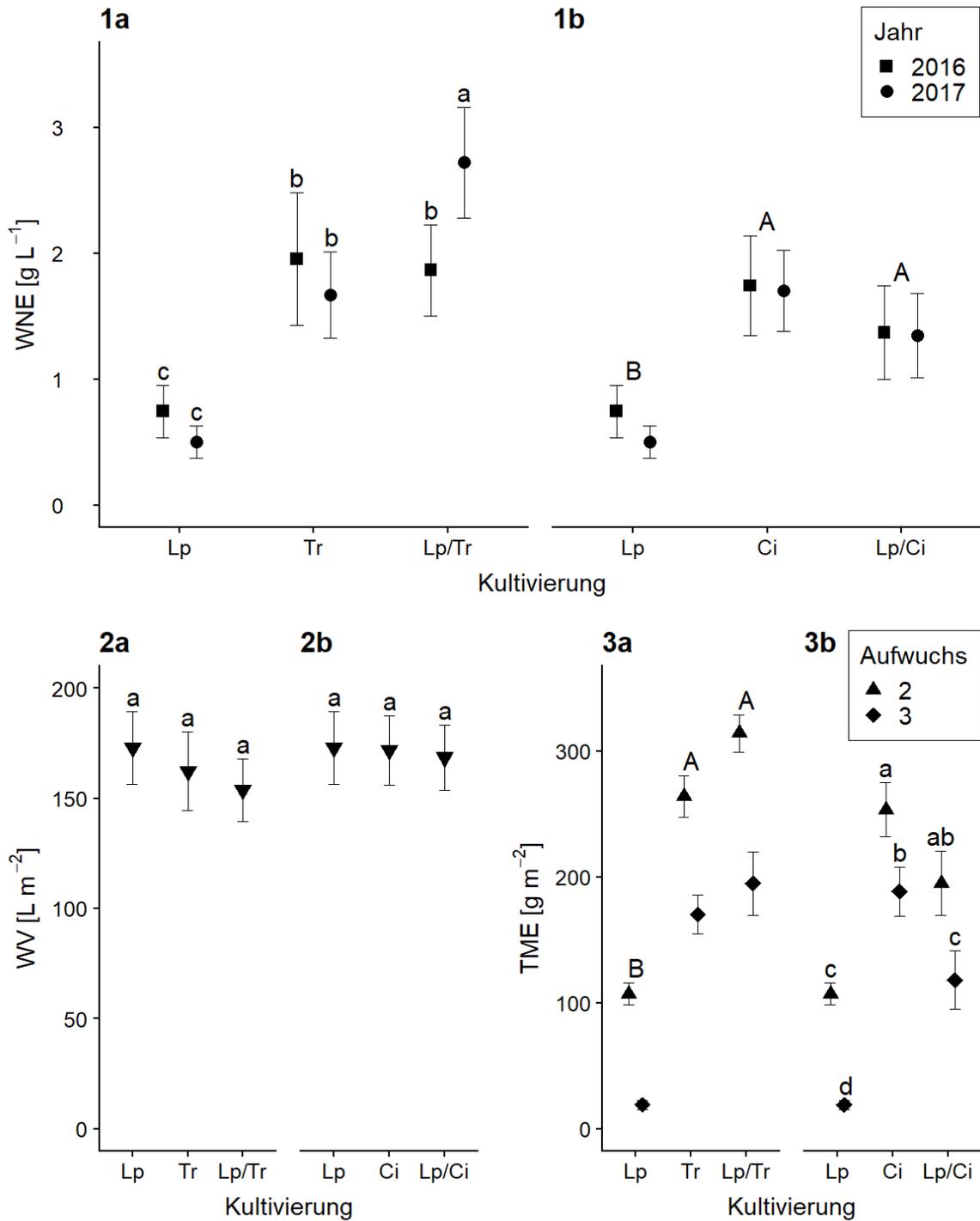


Abb. 1: Mittelwerte und Standardfehler von (1) Wassernutzungseffizienz (WNE), (2) Wasserverbrauch (WV) und (3) Trockenmasseertrag (TME) für Rein- und Mischkulturen von *Lolium perenne* (Lp) und (a) *Trifolium repens* (Tr) oder (b) *Cichorium intybus* (Ci). Verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) zwischen den Mittelwerten je Kultivierungsform (2) und Jahr (1) oder Aufwuchs (3), verschiedene Großbuchstaben zwischen den Mittelwerten je Kultivierungsform über die Jahre (1) und Aufwüchse (3).

## Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse machen deutlich, dass die WNE in Futterbausystemen nicht nur von Mischungseffekten, sondern vor allem von Artunterschieden beeinflusst wird. Außerdem scheint in unserem Experiment Stickstoff und nicht Wasser die wesentliche limitierende Ressource für den TME und damit die WNE zu sein.

Die zugrundeliegende Forschung wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des IMPAC<sup>3</sup>-Projekts finanziert.

## Literatur

Hofer D., Suter M., Haughey E., Finn J.A., Hoekstra N.J., Buchmann N., Lüscher A. (2016): Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *Journal of Applied Ecology* 53, 1023-1034.

Hofer D., Suter M., Buchmann N., Lüscher A. (2017): Nitrogen status of functionally different forage species explains resistance to severe drought and post-drought overcompensation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 236, 312-322.

Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Seguin B., Peltonen-Sainio P., ... Micale F. (2011): Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34, 96-112.

Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team (2018): nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models, version 3.1-137, <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.

Zhang Y., Kendy E., Qiang Y., Changming L., Yanjun S., Hongyong S. (2004): Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 64, 107-122.