

Wolfgang Graf und Werner B. Herppich

Minderung der Wasserverluste in der Nachernte von Feldsalat (*Valerianella locusta*)

Wasserverlust durch Transpiration ist einer der Hauptgründe für optisch sichtbare Qualitätsverluste bei Gemüse in der Handelskette und vor allem während der Verkaufspräsentation. Dies gilt im Besonderen für Salate. Trockenstress im Laufe des Wachstums führt auch nach der Ernte zu einer Verringerung der Transpiration. Ob dies auch bei Feldsalat der Fall ist, wurde in vorliegender Studie untersucht. Dazu wurden die Pflanzen in zwei Intensitäten mangelbewässert. Mit zunehmendem Trockenstress konnte eine deutliche Verringerung der Transpiration festgestellt werden. Gleichzeitig trat allerdings auch eine deutliche Ertragsminderung in der Variante mit dem stärksten Mangel auf.

Schlüsselwörter

Feldsalat, Mangelbewässerung, Nacherntephysiologie

Keywords

Corn salad, deficit irrigation, post-harvest physiology

Abstract

Graf, Wolfgang and Herppich, Werner B.

Reducing post-harvest moisture loss in corn salad (*Valerianella locusta*)

Landtechnik 67 (2012), no. 2, pp. 106–109, 7 figures, 9 references

Moisture loss through transpiration is one of the main reasons for optical quality penalties with vegetables during the trading period and above all at presentation for sale. This applies in particular to salad vegetables. Drought stress during plant growth results in transpiration reduction and this continues post-harvest. The study presented here investigates whether this also applies to corn salad. Hereby, plants were grown with two different intensities of insufficient moisture supply. With increasing drought-stress a clear reduction in transpiration could be determined. Simultaneously, however, a marked yield reduction in the variant with the highest moisture reduction also became apparent.

■ Bei Salaten im Allgemeinen und Blattsalaten im Besonderen entscheidet speziell der Wasserverlust in der Handelskette und am „Point of Sale“ über die Qualitätserhaltung. Die für den Kunden sichtbare Qualität (frisch oder welk) beeinflusst die Kaufentscheidung erheblich. Milder Trockenstress während der Anzucht fördert bzw. trainiert die Regulationsfähigkeit der Stomata [1, 2]. Dieser Effekt bleibt auch nach der Ernte bestehen und verringert den Wasserverlust der Pflänzchen. Diesem unbestreitbaren Vorteil steht allerdings ein verringerter Ertrag durch die Mangelbewässerung entgegen, der in der Praxis den Erlös deutlich schmälert.

Ziel dieser Untersuchung war es, die Pflanzen während der Kultur einem leichten Trockenstress auszusetzen, um eine höhere Resistenz gegenüber Trockenstress zu erzielen und somit die Haltbarkeit des Produktes zu steigern. Dies sollte mit möglichst geringen Ertragseinbußen erreicht werden - im Idealfall sollten diese durch einen höheren Erlös aufgrund der Qualitätssteigerung ausgeglichen werden.

Material und Methoden

Saatgut der Sorte ‚Holländischer Breitblättriger‘ wurde in Anzuchterde (Flora Self) ausgesät, die Sämlinge anschließend in Anzuchterde in 5,5 cm Jiffi Torftöpfe (Jiffi Products) pikiert und die Pflanzen dann im Überschuss bewässert. Am nächsten Tag wurde das überschüssige Wasser abgegossen und die Salatpflanzen in eine Klimakammer gestellt (**Abbildung 1**). Es erfolgte täglich eine Bewässerungsdüngung nach Bedarf (5 bis 10 ml; 2 ‰ Osmosol 523 DI, Scots Deutschland GmbH, Nordhorn). Die Kontrollen (n = 40) wurden immer optimal bewässert (257,5 ml über den gesamten Versuchszeitraum), die Mangelvariante I (n = 60) erhielt eine leicht verringerte Was-

Abb. 1



Versuchsaufbau in der Klimakammer (Foto: Graf)
Fig. 1: Experimental setup in the climate chamber

serversorgung (68 % der Kontrolle) und die Mangelvariante II (n = 60) eine stark reduzierte Wasserversorgung (36 % der Kontrolle). In der Klimakammer wurden 15 °C am Tag (12 h) bzw. 10 °C in der Nacht bei jeweils 60 % relativer Feuchte gehalten. Die Ernte erfolgte im praxisüblichen Erntestadium. Das Erntegut wurde gleichmäßig auf transparente Plastikschalen verteilt und doppelt mit Frischhaltefolie umwickelt (**Abbildung 2**).

Abb. 2



Feldsalatpflanzen verpackt in Plastikschalen mit Frischhaltefolie umwickelt während der simulierten Handelsphase (Foto: Graf)
Fig. 2: Corn salad plants packed in plastic pots and wrapped in fresh-keeping film during a simulated trading period

Abb. 3



Versuchsaufbau der Messung des Masseverlustes (Foto: Graf)
Fig. 3: Experimental setup for measurement of mass losses

Zur Simulation von Lagerung und Warenpräsentation im Handel wurden die Versuchspflanzen in den Plastikschalen bei $20 \pm 1^\circ\text{C}$ bei $40\% \pm 5\%$ rF für eine Woche dunkel gelagert. Zur Erfassung der Masseverluste während der Lagerung wurden die Schalen alle zwei Tage gewogen und auf Kondensat geprüft.

Am Ende der Lagerung wurden die Pflanzen den Schalen entnommen und gewogen. Zur Analyse des Masseverlustes [1] wurden pro Variante jeweils sechs Pflanzen bei freier Konvektion auf ein Gittergerüst gelegt (**Abbildung 3**) und alle 10 min über einen Zeitraum von 90 min auf einer Analysewaage (BP 210 S, Sartorius AG, Göttingen) gewogen. Nach 24 h Trocknung bei 85°C wurde die Trockenmasse der Versuchspflanzen bestimmt.

Die relative Frischmasse bzw. der relative Masseverlust wurde wie folgt berechnet:

$$rFM_{xh \text{ Dehydratisierung}} [\text{mg g}_{FM}^{-1}] = \frac{FM_{0h \text{ Dehydratisierung}} [\text{g}] \cdot 1000}{FM_{xh \text{ Dehydratisierung}} [\text{g}]}$$

$$rMasseverlust_{xh \text{ Dehydratisierung}} [\text{mg g}_{FM}^{-1}] = 1000 - rFM_{xh \text{ Dehydratisierung}} [\text{mg g}_{FM}^{-1}]$$

Aus Masseverlust und Trockenmasse wurde die Transpiration nach Stocker [3, 4] berechnet

$$\text{Transpiration}_{TM \times x \cdot h} [\text{mmol kg}_{TM}^{-1} \text{ s}^{-1}] = \frac{\text{Wasserverlust} [\text{mmol}]}{TM [\text{kg}] \cdot \text{Zeit} [\text{s}]}$$

Da eine ausreichend exakte Erfassung der gesamten Transpirationsfläche der Pflanze nicht möglich war und sich zudem die Transpirationsleistung von Blättern, Stielen und Sprossachsen unterscheidet, erfolgte der Bezug auf die Gesamttrockenmasse [3, 4, 5].

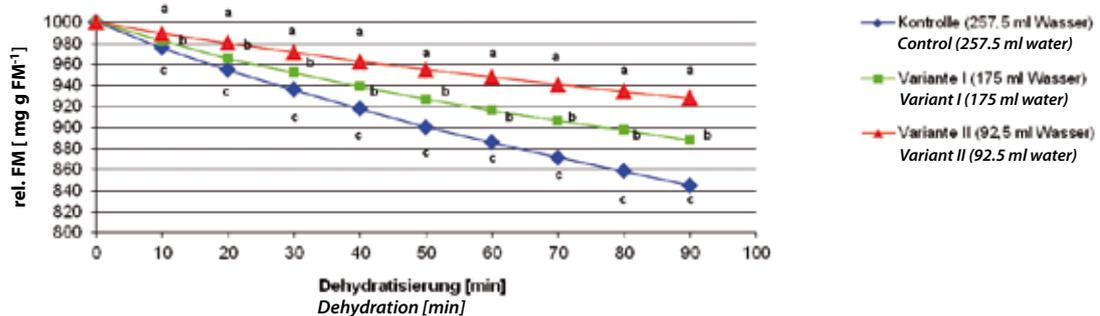
Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgte mit WinSTAT 2007.1 (R. Fitch Software, Staufen, Germany).

Ergebnisse und Diskussion

Während der simulierten Handelsphase traten weder relevante Masseverluste der verpackten Salate noch Kondensatbildungen in den Schalen auf. Dagegen waren die Masseverluste der Pflanzen nach dem Auspacken eindeutig von den Bewässerungsbedingungen während der Kultur abhängig. Die optimal bewässerten Kontrollen zeigten mit $155 \pm 37 \text{ mg g}_{FM_{0h \text{ dehyd.}}}^{-1}$ tatsächlich den größten anfänglichen Masseverlust. Im Vergleich dazu waren die der Mangelvariante I um 28 % ($112 \pm 9 \text{ mg g}_{FM_{0h \text{ dehyd.}}}^{-1}$) und der Mangelvariante II um 54 % ($72 \pm 14 \text{ mg g}_{FM_{0h \text{ dehyd.}}}^{-1}$) geringer. Sowohl nach 10 min als auch nach 90 min freier Transpiration bestanden deutliche Unterschiede zwischen den Verlustraten der Pflanzen der drei Versuchsvarianten (**Abbildung 4**).

Die hohen Masseverluste der optimal versorgten Kontrollpflanzen im Vergleich zu denen der Variante II ergaben sich aus den deutlich höheren Transpirationsraten der Kontrollen

Abb. 4



Masseverlust einzelner Feldsalatpflanzen nach 9 Tagen simulierter Lagerung (verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede; Tukey's-Test, $p < 0,05$)

Fig. 4: Weight loss of individual corn salad plants after 9 days simulated storage (different letters indicate significant differences; Tukey's test, $p < 0.05$)

Abb. 5

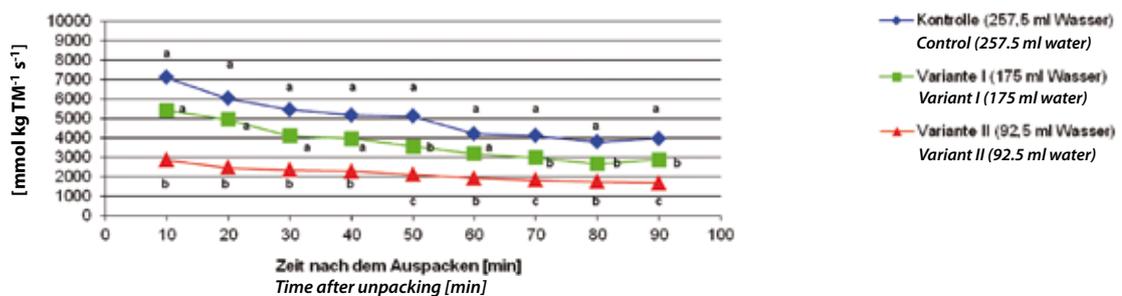


Abb. 5: Transpiration einzelner Feldsalatpflanzen nach 9 Tagen simulierter Lagerung (verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede; Tukey's-Test, $p < 0,05$)

Fig. 5: Transpiration of individual corn salad plants after 9 days simulated storage (different letters indicate significant differences; Tukey's test, $p < 0.05$)

($3,96 \pm 1,10 \text{ mol kg}_{\text{TM}}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$) gegenüber den mangelbewässerten Pflanzen (Variante I: $2,88 \pm 0,26 \text{ mol kg}_{\text{TM}}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ und Variante II: $1,69 \pm 0,30 \text{ mol kg}_{\text{TM}}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ nach 90 min.) Dagegen unterschieden sich die Transpiration von Kontrollpflanzen und denen der Variante I anfänglich nicht signifikant voneinander, ließen sich aber deutlich von Variante II abgrenzen. Mit zunehmender Dehydratisierungszeit traten jedoch auch zwischen optimal wasserversorgten und solchen mit leichter Mangelbewässerung (Variante I) abgesicherte Unterschiede in den Transpirationsraten auf. Dabei war die Transpiration der Kontrollpflanzen immer mindestens doppelt so hoch wie die der Pflanzen der Variante II (**Abbildung 5**). Die Ergebnisse belegen, dass ein enger Zusammenhang ($R^2 = 0,70$) zwischen der Bewässerungsmenge während der Kultur und der Transpiration der Pflanzen und damit dem Masseverlust in der Nachernte besteht.

Verglichen mit den Kontrollen betrug die Ertragsminderung bei Pflanzen der Variante I 9 % bzw. bei denen der Variante II 34 % (**Abbildung 6**). Dagegen wurde der Ertrag gemessen an der Trockenmasse von der Bewässerungsmenge nicht signifikant beeinflusst (**Abbildung 7**). Es kann deshalb vermutet

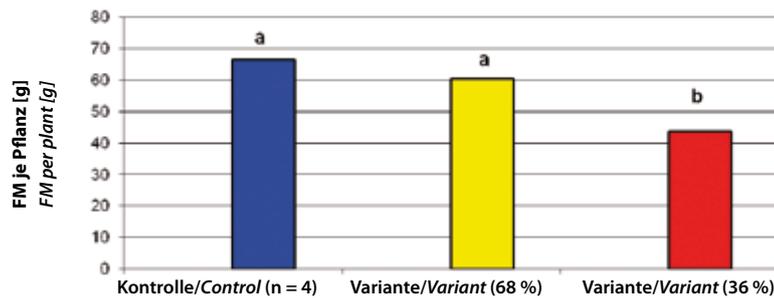
werden, dass der Gehalt an gewünschten Inhaltsstoffen, darunter auch die Geschmacksbildner, von der Mangelbewässerung nicht beeinflusst wird. Es ist aber auch keine Anreicherung zu erwarten.

Die Definition der Mangelbewässerung über die Bewässerungsmenge hat sich bewährt. Aufgrund des geringen Substratvolumens in den 5,5 cm Torftöpfen und bestehender grundsätzlicher Probleme bei der Messung von Saugspannungen in gärtnerischen Kultursubstraten [6, 7] sind Tensiometer und TDR/FDR-Sonden nicht sicher einsetzbar. Die angewendete Verfahrensweise erlaubt eine sichere Steuerung der Mangelbewässerung und hat sich schon bei der Kontrolle des Wachstums von Ziergehölzen bewährt [8, 9].

Schlussfolgerungen

Auch bei Feldsalat führt Mangelbewässerung zu einer Anpassung des Regulationsverhaltens der Stomata, die auch nach der Ernte bestehen bleibt. Dadurch verringern sich die Wasserverluste nach dem Auspacken des Feldsalats beim Kunden deutlich, da mangelbewässert angezogene Pflanzen deutlich weniger transpirieren und deshalb länger frisch bleiben. Damit

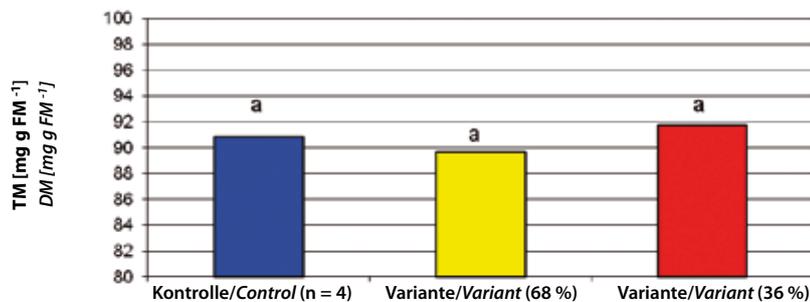
Abb. 6



Einfluss der Bewässerungsmenge auf den Ertrag von Feldsalat (verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede; Tukey's-Test, $p < 0,05$)

Fig. 6: The influence of amount of moisture applied to corn salad plants on respective yields (different letters indicate significant differences; Tukey's test, $p < 0.05$)

Abb. 7



Einfluss der Bewässerungsmenge auf den Gehalt an Trockenmasse von Feldsalat (verschiedene Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede; Tukey's-Test, $p < 0,05$)

Fig. 7: The influence of amount of moisture applied to corn salad plants on the respective dry matter content (different letters indicate significant differences; Tukey's test, $p < 0.05$)

kann defizitbewässerter Feldsalat ohne Qualitätsverlust länger in der Handelskette verbleiben. Vor allem bleibt der Salat beim Verbraucher länger „frisch und knackig“.

Die Verfahrensweise muss noch mit dem Ziel der Verringerung der Ertragsminderung optimiert werden. Das Hauptproblem der Ertragsminderung kann durch die Optimierung der Steuerung des Mangels verringert werden. Die optimale Bewässerungsmenge liegt zwischen Variante I und II, muss aber immer an die jeweiligen Produktionsbedingungen angepasst werden. Analysen der Inhaltsstoffe sollten Auskunft darüber geben, inwieweit auch diese von der Mangelbewässerung beeinflusst werden können.

Literatur

- [1] Graf, W. (2010): Einfluss von Funktion und Struktur des Blütenstiels auf die Nacherntphase von Schnittrosen. Dissertation Humboldt Universität zu Berlin; dissertation.de - Verlag im Internet GmbH, Berlin
- [2] Mortensen, L. M.; Gieslerød, H. R. (2005): Effect of air humidity on powdery mildew and keeping quality of cut roses. *Scientia Horticulturae* 104, pp. 49–55
- [3] Stocker, O. (1929): Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpiration- und Evaporationsgröße, 2. Bericht Deutsche Botanische Gesellschaft 47, S. 130–136
- [4] Stocker, O. (1956): Meßmethoden der Transpiration. In: Ruhland, W.: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Band 3, Pflanze und Wasser, Springer Verlag, Berlin, Göttingen und Heidelberg, S. 293–311
- [5] von Willert, D. J.; Matyssek, R.; Herppich, W. (1995): Experimentelle Pflanzenökologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- [6] Graf, W.; Zander, M. (2009): Mangelbewässerung sicher steuern. *Deutsche Baumschule* (8) S. 47–49
- [7] Graf, W.; Zander, M. (2007): Bewässerungssteuerung in Trockenstressgefäßversuchen: Tagungsband der 44. Tagung der Gartenbauwissenschaftlichen Gesellschaft: Erfurt, 21.-24. Februar, BHGL Schriftenreihe 25, S. 89
- [8] Graf, W.; Zander, M. (2010): Mangelbewässerung verhilft zu kompakten Pflanzen. *Deutsche Baumschule* (5), S. 29–31
- [9] Zander, M.; Graf, W. (2010): *Salix repens* ssp. *arenaria* (L.) Hiitonen 'Böschungsprinzessin', a new creeping willow cultivar with good drought stress tolerance. *Acta Horticulturae* 885, pp. 429–435

Autoren

Dr. rer. hort. Wolfgang Graf ist Mitarbeiter des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) im Team Pflanzen-, Garten- und Weinbau und dem Team agroXML, Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, E-Mail: w.graf@ktbl.de.

Dr. rer. nat. Werner B. Herppich ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Leibniz Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim in der Abteilung Technik im Gartenbau.