

Einfluss der Wasserversorgung von Jungpflanzen angezogen in verschiedenen Substraten und Anzuchtssystemen auf biomorphologische und pflanzenphysiologische Merkmale bei Kopfsalat

N. Gruda und W.H. Schnitzler

(Eingegangen am 29.06.2000)

Summary

The Effect of Water Supply of Seedlings Cultivated in Different Substrates and Rasing Systems on the Bio-morphological and Plant-physiological Parameters of Lettuce

Wood fiber substrates perform well for lettuce seedlings production in speedling trays compared to standard commercially used press pots as well as growing media on peat base. Wood fibers contain a high air volume to allow higher levels of water tension without danger of water saturation in the substrate. For optimum growth they require a „high“ matric potential. For cultivation of lettuce seedlings irrigation pulses at $\phi = -30$ to -50 hPa are recommended in ebb and flood cultivation systems. This will provide good rooting and the least amount of proline, an indicator for plant stress.

Accumulation of proline in lettuce seedlings could only be proved under conditions of visible stress symptoms. Not only water tension, but also the substrates in raising systems influence the free content of proline. At $\phi = -200$ hPa proline in lettuce seedlings cultivated in a peat based press pots were ca. 40 % lower compare to seedlings in a wood fiber substrate in speedling trays. The difference in proline content between well-watered and stressed seedlings was smaller than with tomato transplants. Also, the correlation between proline content of lettuce seedlings and critical water tension for irrigation pulses was lower than with tomato transplant.

The lettuce plants performed well after transplanting and no differences derived from seedling-treatments were recorded.

Einleitung

Bei der Anzucht von Kopfsalatjungpflanzen (KSJ) werden hauptsächlich Presstöpfe mit Substratmischungen aus gefrorenem Schwarztorf verwendet.

Die zunehmende Technisierung und Steuerbarkeit des Anbaues verlangt genaue Aussagen über einzuhaltende Substratfeuchte während der Kultur (HAFEZ und RÖBER, 1980). Durch die in der letzten Zeit voranschreitende Vollautomatisierung der Bewässerung sowie die drastische Verringerung des Substratvolumens bei der Jungpflanzenproduktion wird diese Tatsache umso wichtiger.

Die Wasserversorgung bei der herkömmlichen Anzucht von KSJ basiert auf Erfahrungswerten, da bei Substraten auf Torfbasis das gute Wasserspeichervermögen mit großem Wurzelballen und hohem Volumengewicht in Presstöpfen dies erlauben.

Vorliegende Arbeit untersucht die Anzucht von KSJ in Holzfasersubstrat (HFS) bei unterschiedlichen Substratfeuchten. Es bestehen noch eine ganze Reihe offener Fragen bei der pflanzenbaulichen Verwendung von Substraten auf Holzbasis. Daher hat die vorliegende Arbeit folgende Zielsetzungen:

- Erforschung geeigneter Alternativen für torfhaltige Substrate zur Jungpflanzenanzucht mit biomorphologischen und physiologischen Untersuchungen zum Einfluss der Wasserversorgung bei der Anzucht von Kopfsalatjungpflanzen (*Lactuca sativa* L. var.

capitata L.) im Sommer;

- Ermittlung der optimalen Wasserversorgung auf das Wachstum von KSJ in Holzfasersubstraten.
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen Wasserversorgung und Prolingehalt bei KSJ.

Material und Methoden

Behandlungen, Termine und Substratuntersuchungen

Versuchsbehandlungen und -termine sind in der Tab. 1 zusammengefasst. Für die Anzucht von Kopfsalat wurden Toresa nova (Tn) oder Toresa nova + Braunkohle (TnBk), Holzfasersubstrate mit einer feinen Struktur von der Fa. Intertoresa, Schweiz zur Verfügung gestellt. Als Vergleich dienten marktfertige, torfhaltige Substrate wie

Tab. 1: Versuchsvarianten und -termine.

Versuch	Faktoren und Behandlungen	Termine	Pflanzenanzahl je Variante und Wiederholung
Versuch 1	A: Bewässerungsschaltpunkt		3 Anzuchtssystemeinheiten Ausgewertet: 15 Pflanzen
	1. 0 hPa	(1) 09.07.1996	
	2. -30 hPa	(3) 16.07.1996	
	3. -50 hPa	(4) 31.07.1996	
	4. -70 hPa		
Versuch 2	B: Substrat bzw. Anzuchtssystem		3 Anzuchtssystemeinheiten Ausgewertet: 15 Pflanzen
	1. Toresa nova, VZc (77er Platte)	(1+3) 06.08.1997	
	2. Toresa nova, VZc (96er Platte)	(4) 26.08.1997	
	3. Potgrond (Pt)		
	4. Statorum (Pt)		
Versuch 3	Weiterkultur des Kopfsalates mit Vorbehandlungen wie in Versuch 2	(2+3) 27.08.1997 (4) 17.09.1997	15 Pflanzen

Termine: (1) Aussaat, (2) Umtopfen, (3) Versuchsbeginn, (4) Versuchsende
GH = Gewächshaus, VZc = Veff-Zapfencontainer, Pt = Presstopf.

Potgrond (Pg) von der Klasmann-Deilmann GmbH sowie Stathom (St) und Biostathom (BSt) von der Fa. Gebr. Patzer GmbH & Co. KG, Deutschland. Die Mischungen der Substrate wurden selbst zubereitet und die Anteilsmengen werden in Volumenprozent angegeben.

Die Substrate wurden bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften in der 'Bayerischen Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft - Weihestephan' nach LUFA-Methoden (VDLUFA 1991, 1997) untersucht: pH-Wert nach CaCl_2 -Methode, wasserlösliche Salze nach Wasserextraktion 1:10 (Gew.-Vol.) als KCl berechnet, lösliches N nach Extraktion mit 0,0125 m CaCl_2 , P_2O_5 und K_2O nach Extraktion mit CAL (siehe Tab. 2).

Versuchsaufbau, Kulturführung und Erfassung der biomorphologischen Pflanzenmerkmale

Es stand dieselbe Versuchsanlage wie bei den Untersuchungen mit Tomatenjungpflanzen zur Verfügung (GRUDA und SCHNITZLER, 2000b). Als Anzuchtssysteme wurden Vefi-Zapfencontainer (VZc) und Presstöpfe (Pt) verwendet. Tab. 3 sind die Spezifikationen der angewandten Anzuchtssysteme zu entnehmen mit dem tatsächlichen Volumen je Topf. Dieses wurde durch Messen von 10 Töpfen je Variante ermittelt.

Jeder Versuch wurde mit drei Wiederholungen durchgeführt. Als Randreihen um die Versuchspartellen wurden Kisten bzw. Multiplatten mit Jungpflanzen platziert. In Versuch 1 standen die Pflanzen der selben Wasserversorgung auf einem Tisch und wurden durch Anstauen mit Nährlösung behandelt. Die Anzahl der Bewässerungen nahm mit Substrattrockenheit erwartungsgemäß ab. Dennoch waren die Unterschiede zwischen den drei trockensten Behandlungen ($\psi = -50$ bis -110 hPa) nicht sehr stark. Vom 22.07. bis 31.07. wurde öfter bewässert als eine Woche zuvor (Tab. 4). Die Variante Wasserspannung Null wurde durch ständiges Anstauen der Töpfe ermöglicht. Um Hydrokultureffekt und Algenbildung zu vermeiden, wurde die Nährlösung periodisch abgelassen und die Pflanzen mit frischer Nährlösung versorgt.

In Versuch 2 standen auf einer abgeteilten Tischfläche entweder Tn Vefi-Zapfencontainer (77er Platte und 96er Platte), oder St und Pg in Presstöpfen, jeweils mit einer einheitlichen Wasserspannung. Die Substrate dieses Versuches wurden differenziert nach Herstellerangaben behandelt: so wurde Salat in Pg und St nur mit Leitungswasser bewässert, in Tn dagegen mit Nährlösung ($\text{EC} = 1,4 \text{ mS cm}^{-1}$) versorgt.

Nur die Jungpflanzen aus Versuch 2 wurden für die Weiterkultur in 19×19 cm Töpfe in Torfkultursubstrat, TKS1 verwendet (Versuch 3). Ab diesem Zeitpunkt war die Wasserversorgung für alle Varianten gleich: Zeitabhängig wurde zuerst nur mit Leitungswasser bewässert,

Tab. 3: Spezifikationen der Anzuchtssysteme bei Kopfsalatjungpflanzen.

Versuchsvarianten	Abmessung der Platte [cmxcm]	Anzahl Töpfe pro Platte	Volumen je Topf [cm ³]
1. Tn, VZc (77er Platte)	60*40	77	56,0
2. Tn, VZc (96er Platte)	60*40	96	53,0
4. Torfhaltige Substrate (Pt)	60*40	104	64,0
5. TnBk (Pt)	60*40	104	64,0
6. Toresa nova (Pt)	60*40	104	67,2

Tn = Toresa nova, TnBk = Toresa nova + Braunkohle, VZc = Vefi-Zapfencontainer, Pt = Presstopf.

Tab. 4: Anzahl der Bewässerungen pro Behandlung vom 16.-31.07.1996 (Versuch 1).

Bewässerungsschaltpunkt	Anzahl der Bewässerungen		
	16.-22.07.	22.-31.07.	Summe
0 hPa	kontinuierlich	kontinuierlich	kontinuierlich
-30 hPa	9	22	31
-50 hPa	6	13	19
-70 hPa	4	12	16
-110 hPa	3	9	13

in der ersten Woche nur einmal, in der zweiten Woche zweimal und ab der dritten Woche einmal täglich. Ab der fünften Woche wurden die Pflanzen mit Nährlösung ($\text{EC} = 1,4 \text{ mS cm}^{-1}$) versorgt.

Die Versuche wurden mit Kopfsalat (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.) Sorte 'Stephanie' (Enza) durchgeführt. Nach der Aussaat wurden Platten mit KSJ für 3 Tage in einen Kühlraum mit 12°C gebracht bis die Keimwurzel zu sehen war. Innerhalb dieser Periode wurde nicht bewässert. In den Versuchen im Gewächshaus wurde dann eine Temperatur von $14/11^\circ\text{C}$ (Tag/Nacht) eingestellt.

Vor dem Auspflanzen wurden Blattzahl (BZ), Blattfläche (BF), Frischmasse (FM), Trockensubstanz (TS) und Trockenmasse (TM) als Auswertungskriterien für die oberirdischen Teile gemessen. Die Vorgehensweise dieser Messungen ist denen von Tomatenjungpflanzen zu entnehmen (GRUDA und SCHNITZLER, 2000b). Die Wurzelmasse wurde als Frisch- und Trockenmasse (FM-Wurzel, TM-Wurzel) erfasst.

Tab. 2: Mineralstoffgehalte der Substrate zu Versuchsbeginn.

Substrat	pH		Salze wasserl. [g l ⁻¹]		N _{min} [mg l ⁻¹]		P ₂ O ₅ [mg l ⁻¹]		K ₂ O [mg l ⁻¹]	
	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997	1996	1997
Toresa nova (Tn)	4,5	4,6	1,21	0,93	118	146	55	56	237	148
Tn + Braunkohle	5,2		1,18		86		26		212	
Stathom	5,9	6,2	0,60	0,84	76	99	139	151	238	223
Potgrond		5,8		1,47		228		143		319

Dabei wurde durch vorsichtiges Spülen in einem nicht zu starken Wasserstrom die Wurzelmasse vom Substrat gereinigt. Die Wurzeln wurden mit Zellstofftüchern abgetrocknet und gewogen. Zusätzlich wurde das Verhältnis TM-Blatt zu TM-Wurzel ($BW_{TMV} = \text{Blatt/Wurzel TM-Verhältnis}$) errechnet.

Die oberirdischen Pflanzenmerkmale wurden einmal wöchentlich bis zur 3. Woche nach dem Umtopfen auch bei Weiterentwicklung des Kopfsalates über das Jungpflanzenstadium hinaus (Versuch 3) erfasst.

Prolinbestimmung

Zur Prolinbestimmung wurde dieselbe Methode wie bei Tomatenjungpflanzen vorgenommen (GRUDA und SCHNITZLER, 2000b). Wie bei Tomaten wurden auch bei Kopfsalatpflanzen in den jüngeren Blätter höhere Werte, als in den älteren Blättern ermittelt (Abb. 2). Das Verhältnis im Gehalt an freiem Prolin zwischen dem jüngsten und dem ältesten Blatt betrug etwa 42. Als Pflanzenmaterial für die Untersuchungen in den vorliegenden Versuchen wurde das viertjüngste Blatt verwendet.

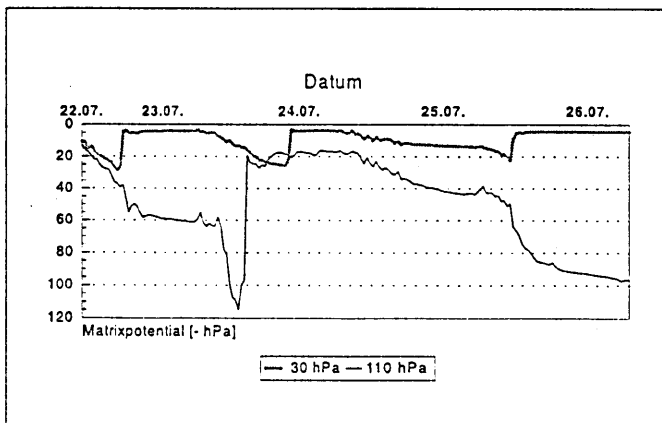


Abb. 1: Matrixpotential in *Toresa nova* bei den Bewässerungsschaltpunkten -30 hPa und -110 hPa (Versuch 1, Wiederholung a).

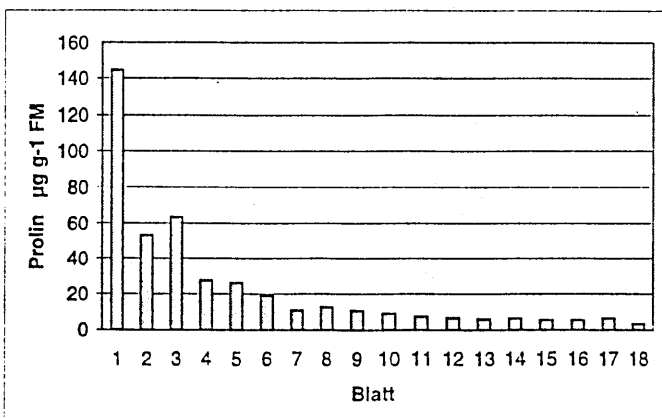


Abb. 2: Gehalt an freiem Prolin [$\mu\text{g g}^{-1}$] in Kopfsalatblättern bei Versuch 3 (1 = jüngstes Blatt).

Statistische Auswertung

Die Daten wurden varianzanalytisch verrechnet und mit dem Tukey-Test nach KÖHLER et al. (1996) auf Unterschiede geprüft. Die zugrundeliegende Irrtumswahrscheinlichkeit bei den Verrechnungen betrug 5 % ($\alpha=0,05$). Entsprechend sind in den Tabellen und Grafiken die Signifikanzen mit Buchstaben dargestellt. Bei gleichen Buchstaben besteht keine signifikante Differenz zwischen den Varianten. Als unabhängige Variablen gingen der Variantennamen (z.B. Substrat bzw. Anzuchtssystem und Wasserversorgung) in das Modell ein. Wenn zwischen den Faktoren 1 und 2 keine Wechselwirkungen auftraten, wurden nur die Ergebnisse der Einzelfaktoren angegeben. Alle Auswertungen erfolgten durch eine vorherige Bearbeitung der Daten in Excel (Microsoft Excel, Version 7.0) und Weiterverrechnung mit dem Statistikprogramm SAS (Statistical, USA, Version 6.12). Die Zusammenhänge weiterer Einflussgrößen wurden mit Regressions- bzw. Korrelationsanalysen (nach Pearson) für die verschiedenen Varianten ermittelt (PRECHT, 1987).

Ergebnisse

Biomorphologische Pflanzenmerkmale

Die Ergebnisse der biomorphologischen Merkmale erfolgte getrennt nach den verwendeten Anzuchtsubstraten und sind Tab. 5 zu entnehmen. Da die Merkmale der Salatjungpflanzen in Presstöpfen aus Tn und aus TnBk bei unterschiedlicher Wasserversorgung nicht signifikant waren, wurde hier auf eine Darstellung der Werte verzichtet.

Ein niedrigerer Bewässerungsschaltpunkt (BSP) bewirkte bei *Toresa nova* in VZc niedrigere Blattfrisch- und -trockenmasse sowie BW_{TMV} . Für die Blattfläche und FM-Wurzel wiesen die KSJ keine signifikanten Unterschiede auf. Eine andere Tendenz zeigte sich bei Jungpflanzen in Stathum. Die Pflanzen der Variante $\phi = 0$ hPa blieben im Wachstum zurück mit deutlich geringerer Blattfläche und Frisch- und Trockenmasse Blatt.

Im Versuch 2 wurden die KSJ entweder in *Toresa nova* in Vefi-Zapfencontainern (77er und 96er Platte) oder in den torfhaltigen Substraten Stathum und Potgrond in Presstöpfen angezogen. Zum Versuchsende wurde 8 x bei einem Schaltpunkt von $\phi = -30$ hPa und 3 x bei $\phi = -200$ hPa bewässert.

Die Pflanzen bei $\phi = -30$ hPa zeigten im Durchschnitt mehr Blätter sowie eine höhere Blattfläche und Frischmasse je Pflanze als die Pflanzen bei $\phi = -200$ hPa. Die TS der Blätter war dagegen in der Variante $\phi = -200$ hPa erwartungsgemäß höher. Auch das Verhältnis Blatt-Trockenmasse und Wurzel-Trockenmasse ergab keinen signifikanten Unterschied (Tab. 6).

Betrachtet man die Wechselwirkung zwischen den Faktoren, so reagierten die Jungpflanzen je nach Substrat im Anzuchtssystem unterschiedlich auf die Wasserversorgung. Bei einem BSP von $\phi = -200$ hPa zeigten die Pflanzen in torfhaltigen Substraten eine größere Blattfläche und FM-Blatt im Vergleich zu HFS. Mit einer Blattfläche von 33,5 bzw. 35,7 cm^2 und FM-Blatt von 0,67 bzw. 0,68 g lagen die Ergebnisse der HFS bei dieser Behandlung sogar an letzter Stelle aller untersuchten Varianten. Für FM-Wurzel zeigten die Pflanzen in HFS tendenziell höhere Werte als die Pflanzen in torfhaltigen Substraten. Hinsichtlich der Trockensubstanz der Blätter ließen sich signifikante Unterschiede ermitteln. Die Trockenmasse der Blätter wurde allerdings stärker von Blattfrischmasse beeinflusst als von der Trockensubstanz.

Bei einem BSP von $\phi = -30$ hPa wuchsen die Pflanzen sowohl in HFS *Toresa nova* als auch in torfhaltigen Substraten gut, und es waren bei den Merkmalen Blattfläche und FM-Blatt keine signifikanten Unterschiede zwischen Substraten festzustellen. Pflanzen, angezogen in Holzfasersubstrat (VZc-77er Platte), hatten eine größere Wurzelmasse als die in Potgrond (Pt). Die Pflanzen im HFS schnitten bei beiden

Tab. 5: Einfluss der Wasserversorgung im Substrat auf einige biomorphologische Merkmale bei Kopfsalatjungpflanzen am Versuchsende für 1996 (Versuch 1).

Variante	BF [cm ² Pflanze ⁻¹]	FM-Blatt [g Pflanze ⁻¹]	FM-Wurzel [g Pflanze ⁻¹]	TM-Blatt [g Pflanze ⁻¹]	TM-Wurzel [mg Pflanze ⁻¹]	BWTMV
Toresa nova (VZc)						
0 hPa	290,9 a	7,32 a	1,64 a	0,304 a	44,5 a	6,8 ab
-30 hPa	281,4 a	6,03 b	1,28 a	0,264 ab	44,7 a	5,9 bc
-50 hPa	229,8 a	5,69 bc	1,25 a	0,237 b	32,5 b	7,3 a
-70 hPa	213,9 a	5,31 bc	1,15 a	0,248 ab	50,0 a	4,9 c
-110 hPa	207,0 a	4,99 c	1,42 a	0,248 ab	50,3 a	4,9 c
Statohum (Pt)						
0 hPa	74,0 b	1,49 b	0,19 a	0,081 b	4,5 b	17,8 a
-30 hPa	135,5 a	2,99 a	1,21 a	0,136 a	10,3 a	13,6 a
-50 hPa	141,6 a	3,33 a	0,25 a	0,147 a	7,0 ab	25,8 a
-70 hPa	136,3 a	3,14 a	0,26 a	0,133 ab	9,0 ab	15,1 a
-110 hPa	136,8 a	3,20 a	0,25 a	0,139 a	7,0 ab	20,1 a

VZc = Vefi-Zapfencontainer, Pt = Presstopf, FM = Frischmasse, TM = Trockenmasse, BWTMV = Blatt:Wurzel-Trockenmasse-Verhältnis. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant. Der Tukey-Test ($\alpha=0,05$) bezieht sich jeweils auf das verwendete Substrat im entsprechenden Anzuchtssystem.

Tab. 6: Einfluss des Bewässerungsschaltpunktes im Substrat auf einige bio-morphologische Merkmale der Kopfsalatjungpflanzen angezogen in drei Substraten und drei Anzuchtssystemen für das Jahr 1997 (Versuch 2).

Variante	BF [cm ² Pflanze ⁻¹]	FM-Blatt [g Pflanze ⁻¹]	FM-Wurzel [g Pflanze ⁻¹]	TS-Blatt [%]	BWTMV	
Hauptwirkung: BSP						
-30 hPa	67,6 a	1,40 a	0,24 a	4,87 b	6,0 a	
-200 hPa	51,7 b	1,08 b	0,22 a	5,26 a	5,1 a	
Wechselwirkung: BSP*Substrat in Anzuchtssystemen						
- 30 hPa	Tn 77er Platte	70,7 ab	1,45 ab	0,37 a	5,12 b	3,4 a
	Tn 96er Platte	66,6 ab	1,34 b	0,24 ab	5,19 b	5,7 a
	Potgrond, Pt	59,9 b	1,22 b	0,11 b	4,76 bc	9,7 a
	Statohum, Pt	73,1 ab	1,59 ab	0,23 ab	4,44 c	5,3 a
- 200 hPa	Tn 77er Platte	35,7 c	0,68 c	0,27 ab	5,93 a	2,1 a
	Tn 96er Platte	33,6 c	0,67 c	0,28 ab	5,86 a	1,8 a
	Potgrond, Pt	59,5 b	1,23 b	0,10 b	4,86 bc	9,6 a
	Statohum, Pt	58,4 a	1,77 a	0,22 ab	4,37 c	6,7 a

BSP = Bewässerungsschaltpunkt, Tn = Toresa nova, Pt = Presstopf, BF = Blattfläche, FM = Frischmasse, TS = Trockensubstanz, BWTMV = Blatt/Wurzel-Trockenmasse-Verhältnis. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant. Der Tukey-Test ($\alpha=0,05$) bezieht sich jeweils auf Haupt- und Wechselwirkung.

Containergrößen (77er und 96er Platte) mit einem höheren TS-Blatt besser ab als die in Statohum.

Einflüsse nicht mehr nachweisbar. Das heißt, die kleineren Jungpflanzen waren in der Lage, den Vorsprung der größeren einzuholen.

Wachstum des Salates nach der Auspflanzung

Um zu klären, inwieweit die Wasserversorgung bei der Jungpflanzenkultur das weitere Wachstum der Salatpflanzen beeinflusst, wurden 15 Kopfsalatpflanzen pro Variante in Töpfen mit TKS1 im Gewächshaus weiterkultiviert. In Tab. 7 sind die Ergebnisse der Messungen der Blattfläche und der Blattfrischmasse der Salatpflanzen in den Terminen 1, 2 und 3 Wochen nach dem Auspflanzen wiedergegeben. In der ersten und zweiten Woche nach dem Auspflanzen konnte noch ein deutlicher Einfluss der Varianten auf die Blattfläche und die FM-Blatt festgestellt werden. In der dritten Woche dagegen waren diese

Gehalt an freiem Prolin

Im Jahr 1996 zeigten sich keine Unterschiede im Gehalt an freiem Prolin zwischen den untersuchten Wasserspannungen in Tn in Vefi-Zapfencontainern (Abb. 3).

Im Jahr 1997 dagegen differierten die Varianten eindeutig (Abb. 4). Sowohl die Wasserversorgung als auch das Substrat übten eine signifikante Wirkung auf den Gehalt des freien Prolins der Salatjungpflanzen aus. Höhere Gehalte an freiem Prolin, die auch auf einen Trockenstress der Pflanzen hinweisen, wurden bei trockeneren Behandlungen und Verwendung eines HFS gemessen. Mit einem Gehalt von 13,4 $\mu\text{g g}^{-1}$

Tab. 7: Blattfläche [$\text{cm}^2 \text{Pflanze}^{-1}$] und FM-Blatt [g Pflanze^{-1}] der Salatpflanzen in der ersten, zweiten und dritten Woche nach dem Auspflanzen (Versuch 3).

Variante	03.09.1997		10.09.1997		17.09.1997	
	Blattfläche	FM-Blatt	Blattfläche	FM-Blatt	Blattfläche	FM-Blatt
Hauptwirkung: BSP						
- 30 hPa	256,4 a	6,12 a	695,5 a	19,8 a	888,4 a	26,27 a
- 200 hPa	202,3 b	4,70 b	606,5 b	17,3 a	852,3 a	25,10 a
Hauptwirkung: Substrat						
Tn (77er Platte)	227,2 b	5,64 b	676,8 ab	20,1 a	811,4 a	24,25 a
Tn (96er Platte)	178,4 c	4,26 c	519,1 b	14,6 b	795,9 a	21,90 a
Potgrond (Pt)	229,0 b	5,16 b	657,5 ab	18,4 ab	942,9 a	28,90 a
Statohum (Pt)	282,9 a	6,57 a	750,5 a	21,1 a	967,3 a	28,50 a
Wechselwirkung: BSP*Substrat						
- 30 hPa Tn 77er Platte	311,9 ab	7,84 a	793,6 a	23,9 a	910,0 a	27,20 a
Tn 96er Platte	227,9 c	5,49 b	594,9 ab	16,9 ab	813,7 a	24,01 a
Potgrond (Pt)	248,1 bc	5,66 b	688,1 ab	19,3 ab	973,6 a	29,23 a
Statohum (Pt)	237,5 c	5,49 b	705,3 ab	18,9 ab	856,3 a	24,61 a
- 200 hPa Tn 77er Platte	142,3 de	3,45 cd	559,9 ab	16,2 ab	712,7 a	21,29 a
Tn 96er Platte	128,8 e	3,03 d	443,3 b	12,3 b	706,2 a	18,16 a
Potgrond (Pt)	209,9 cd	4,66 bc	626,8 ab	17,4 ab	912,2 a	28,56 a
Statohum (Pt)	328,3 a	7,64 a	795,7 a	23,3 a	1078,2 a	32,39 a

BSP = Bewässerungsschaltpunkt. Tn = Toresa nova. Pt = Presstopf. FM = Frischmasse. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant. Der Tukey-Test ($\alpha=0.05$) bezieht sich jeweils auf Haupt- und Wechselwirkung.

Frischmasse zeigten die Jungpflanzen in Toresa nova bei $\varphi = -200 \text{ hPa}$ die höchsten Werte an freiem Prolin bei allen untersuchten Varianten. Bei derselben Wasserversorgung in Statohum lagen diese Werte ca. 50 % niedriger. Die niedrigsten Gehalte an freiem Prolin wurden bei Jungpflanzen in Statohum bei $\varphi = -30 \text{ hPa}$ mit $6,2 \mu\text{g g}^{-1} \text{ FM}$ festgestellt.

Eine Regressionsanalyse für beide Versuche zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen dem BSP und dem Gehalt an freiem Prolin von KSJ im Substrat Toresa nova in VZc (Abb. 5). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,31$ war jedoch dieser Zusammenhang sehr schwach.

Tab. 8 sind Korrelationen zwischen einigen biomorphologischen Merkmalen der KSJ und dem Gehalt an freiem Prolin zu entnehmen. Die engste Korrelation bestand zwischen dem Gehalt an freiem Prolin und der Blattfläche ($r = -0,82$) sowie der Blattfrischmasse ($r = -0,80$). Bei Wurzelwerten sowie bei der BWTMIV wurden keine signifikanten Korrelationen festgestellt.

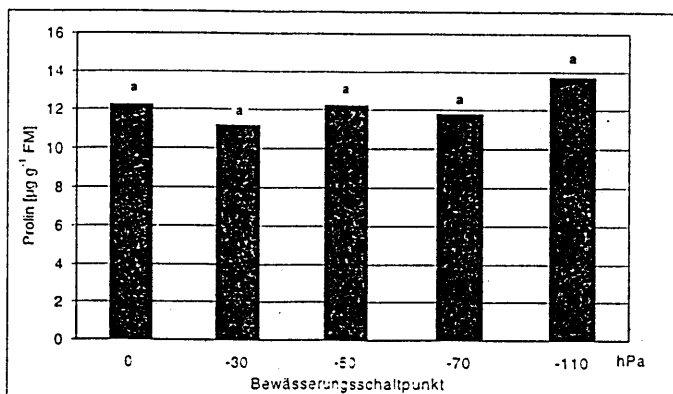


Abb. 3: Gehalt an freiem Prolin [$\mu\text{g g}^{-1} \text{ FM}$] im vierten Laubblatt von Kopfsalatjungpflanzen am 30.07.1996. Substrat: Toresa nova in Vefi-Zapfencontainern (77er Platte). Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Tukey-Test ($\alpha=0,05$).

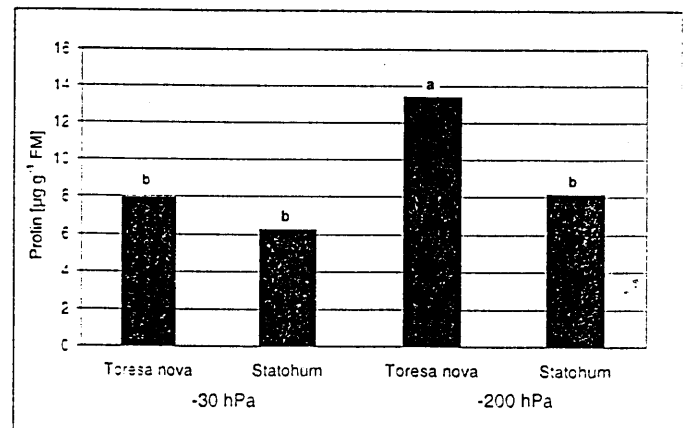


Abb. 4: Wirkung der Wasserversorgung und der Substrate auf den Gehalt an freiem Prolin [$\mu\text{g g}^{-1} \text{ FM}$] im vierten Laubblatt von Kopfsalatjungpflanzen am 28.08.1997. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Tukey-Test ($\alpha=0,05$).

Diskussion

Einfluss der Wasserversorgung auf die biomorphologischen Pflanzenmerkmale

Ein gutes Pflanzenwachstum wurde in der Kombination von HFS Toresa nova in VZc bei einer Wasserversorgung mit relativ hohen Wasserspannungswerten ($\varphi = 0$ bis -30 hPa) erzielt (Tab. 5). Diese Ergebnisse sind auf die physikalischen Eigenschaften des Substrates sowie die Substratdichte zurückzuführen. Nach KARLOVICH und FONTENO (1986) ist das Gesamtwasservolumen in Containern von größerer Bedeutung als die Wasserspannung. Bei einer BSP von $\varphi = -110 \text{ hPa}$ (Tab. 5) oder -200 hPa (Tab. 6) blieben die Salatjungpflanzen in Toresa nova (VZc) im Wachstum zurück.

Im Jahr 1996 (Versuch 1) fiel jedoch nur eine höhere Blattfrischmasse

Tab. 7: Blattfläche [cm² Pflanze⁻¹] und FM-Blatt [g Pflanze⁻¹] der Salatpflanzen in der ersten, zweiten und dritten Woche nach dem Auspflanzen (Versuch 3).

Variante	03.09.1997		10.09.1997		17.09.1997	
	Blattfläche	FM-Blatt	Blattfläche	FM-Blatt	Blattfläche	FM-Blatt
Hauptwirkung: BSP						
- 30 hPa	256,4 a	6,12 a	695,5 a	19,8 a	888,4 a	26,27 a
- 200 hPa	202,3 b	4,70 b	606,5 b	17,3 a	852,3 a	25,10 a
Hauptwirkung: Substrat						
Tn (77er Platte)	227,2 b	5,64 b	676,8 ab	20,1 a	811,4 a	24,25 a
Tn (96er Platte)	178,4 c	4,26 c	519,1 b	14,6 b	795,9 a	21,90 a
Potgrond (Pt)	229,0 b	5,16 b	657,5 ab	18,4 ab	942,9 a	28,90 a
Statohum (Pt)	282,9 a	6,57 a	750,5 a	21,1 a	967,3 a	28,50 a
Wechselwirkung: BSP*Substrat						
- 30 hPa Tn 77er Platte	311,9 ab	7,84 a	793,6 a	23,9 a	910,0 a	27,20 a
- 30 hPa Tn 96er Platte	227,9 c	5,49 b	594,9 ab	16,9 ab	813,7 a	24,01 a
- 30 hPa Potgrond (Pt)	248,1 bc	5,66 b	688,1 ab	19,3 ab	973,6 a	29,23 a
- 30 hPa Statohum (Pt)	237,5 c	5,49 b	705,3 ab	18,9 ab	856,3 a	24,61 a
- 200 hPa Tn 77er Platte	142,3 de	3,45 cd	559,9 ab	16,2 ab	712,7 a	21,29 a
- 200 hPa Tn 96er Platte	128,8 e	3,03 d	443,3 b	12,3 b	706,2 a	18,16 a
- 200 hPa Potgrond (Pt)	209,9 cd	4,66 bc	626,8 ab	17,4 ab	912,2 a	28,56 a
- 200 hPa Statohum (Pt)	328,3 a	7,64 a	795,7 a	23,3 a	1078,2 a	32,39 a

BSP = Bewässerungsschaltpunkt. Tn = Toresa nova. Pt = Presstopf. FM = Frischmasse. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben innerhalb einer Spalte unterscheiden sich nicht signifikant. Der Tukey-Test ($\alpha=0,05$) bezieht sich jeweils auf Haupt- und Wechselwirkung.

Frischmasse zeigten die Jungpflanzen in Toresa nova bei $\phi = -200$ hPa die höchsten Werte an freiem Prolin bei allen untersuchten Varianten. Bei derselben Wasserversorgung in Statohum lagen diese Werte ca. 50 % niedriger. Die niedrigsten Gehalte an freiem Prolin wurden bei Jungpflanzen in Statohum bei $\phi = -30$ hPa mit $6,2 \mu\text{g g}^{-1}$ FM festgestellt.

Eine Regressionsanalyse für beide Versuche zeigt einen negativen Zusammenhang zwischen dem BSP und dem Gehalt an freiem Prolin von KSJ im Substrat Toresa nova in VZc (Abb. 5). Mit einem Bestimmtheitsmaß von $r^2 = 0,31$ war jedoch dieser Zusammenhang sehr schwach.

Tab. 8 sind Korrelationen zwischen einigen biomorphologischen Merkmalen der KSJ und dem Gehalt an freiem Prolin zu entnehmen. Die engste Korrelation bestand zwischen dem Gehalt an freiem Prolin und der Blattfläche ($r = -0,82$) sowie der Blattfrischmasse ($r = -0,80$). Bei Wurzelwerten sowie bei der BWTMV wurden keine signifikanten Korrelationen festgestellt.

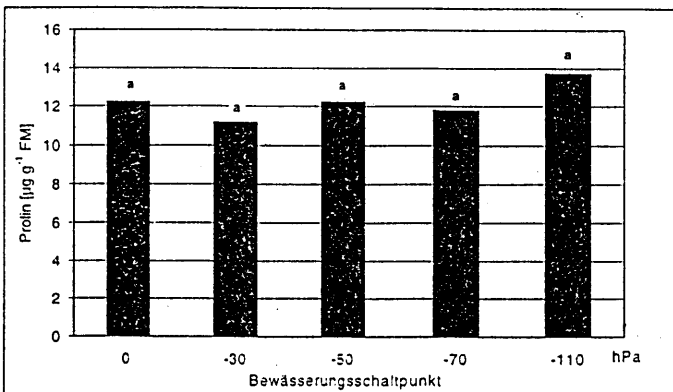


Abb. 3: Gehalt an freiem Prolin [$\mu\text{g g}^{-1}$ FM] im vierten Laubblatt von Kopfsalatjungpflanzen am 30.07.1996. Substrat: Toresa nova in Vefi-Zapfencontainern (77er Platte). Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Tukey-Test ($\alpha=0,05$).

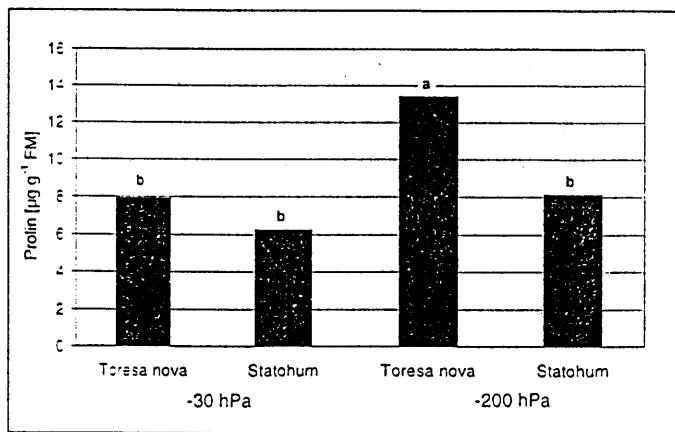


Abb. 4: Wirkung der Wasserversorgung und der Substrate auf den Gehalt an freiem Prolin [$\mu\text{g g}^{-1}$ FM] im vierten Laubblatt von Kopfsalatjungpflanzen am 28.08.1997. Mittelwerte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Tukey-Test ($\alpha=0,05$).

Diskussion

Einfluss der Wasserversorgung auf die biomorphologischen Pflanzenmerkmale

Ein gutes Pflanzenwachstum wurde in der Kombination von HFS Toresa nova in VZc bei einer Wasserversorgung mit relativ hohen Wasserspannungswerten ($\phi = 0$ bis -30 hPa) erzielt (Tab. 5). Diese Ergebnisse sind auf die physikalischen Eigenschaften des Substrates sowie die Substratdichte zurückzuführen. Nach KARLOVICH und FONTENO (1986) ist das Gesamtwasservolumen in Containern von größerer Bedeutung als die Wasserspannung. Bei einer BSP von $\phi = -110$ hPa (Tab. 5) oder -200 hPa (Tab. 6) blieben die Salatjungpflanzen in Toresa nova (VZc) im Wachstum zurück.

Im Jahr 1996 (Versuch 1) fiel jedoch nur eine höhere Blattfrischmasse

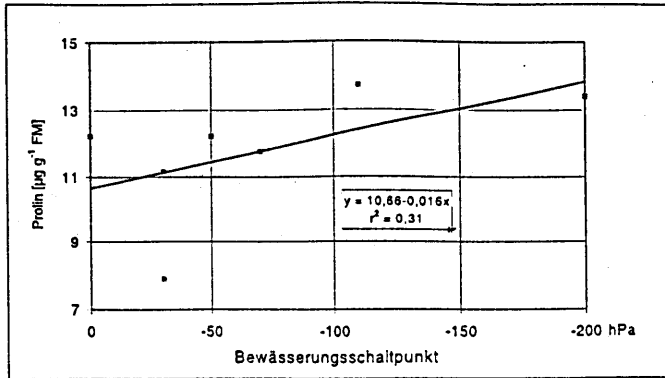


Abb. 5: Regressionsanalyse des Bewässerungsschaltpunktes auf die Gehalte an freiem Prolin im vierten Laubblatt von Kopfsalatjungpflanzen. Die Datenpunkte entsprechen den Mittelwerten von Messungen am 30.07.1996 und 29.08.1997.

der Jungpflanzen in Toresa nova (VZc) bei höher eingestellten Wasserspannungen ($\varphi = 0$ bis -30 hPa) auf. Für andere Substrate bzw. Anzuchtssysteme wurden keine Unterschiede zwischen BSP-Varianten festgestellt mit Ausnahme von Stathom bei $\varphi = 0$ hPa mit der geringsten FM-Blatt und Blattfläche. Eine Analyse der realen Bewässerungsgänge ergab, dass die Unterschiede in der Bewässerungshäufigkeit zwischen den drei trockensten Varianten gering waren (Tab. 4). Andererseits dürften auch der relativ geringe Wasserverbrauch der KSJ, die kurze Anzuchtperiode sowie die am Kulturanfang feuchtere Kultursteuerung mitbeteiligt gewesen sein.

Ein weiterer Grund für die Ergebnisse in Versuch 2 könnten auch ausgewählte Bewässerungsteuerung und -verfahren sein. Wie bei der Tomatenanzucht (GRUDA und SCHNITZLER, 2000b) wurde in vorliegenden Versuchen keine kontinuierliche Substratfeuchte eingehalten, da die Wasserversorgung durch Tensiometer gesteuert wurde.

Im Jahr 1997 konnten in den vorliegenden Versuchen mit Kopfsalat durch weitere Veränderungen des Bewässerungsschaltpunktes bis $\varphi = -200$ hPa die beiden Substrattypen stärker differenziert werden (Tab. 6). Die Pflanzen in den torfhaltigen Substraten Potgrond und Stathom zeigten bei diesem Schaltpunkt die bessere Leistung. Bei $\varphi = -30$ hPa konnte kein Unterschied in den pflanzenbaulichen Merkmalen zwischen den Jungpflanzen in HFS und denen in torfhaltigen Substraten festgestellt werden. Diese Bewässerungsvariante hatte keine hemmende Wirkung auf das Wachstum von KSJ in torfhaltigen Substraten, solange genügend Luftvolumen vorhanden ist. Nach einer Berechnung auf der Basis der Funktionen von pF-Kurven (GRUDA und SCHNITZLER, 2000a) hat Stathom bei einer Wasserspannung von -30 hPa einen Luftgehalt von ca. 22 Vol.-%, wobei das Optimum bei ca. 10 Vol.-% liegt (BUNT, 1976; WEVER, 1994).

Nur bei $\varphi = 0$ hPa (Tab. 5) zeigte Stathom ein vermindertes Wachstum im Vergleich zu anderen Behandlungen. Die Leistungen sind in den einzelnen pflanzenbaulichen Merkmalen auf eine Kombination von Substratart, Substratdichte sowie Containerhöhe zurückzuführen. Offensichtlich hatte bei Variante $\varphi = 0$ hPa das nicht so stark entwickelte Wurzelsystem sowie die Zeitdauer des Versuches den Einfluss der Vernässung abgeschwächt. Zusätzlich wurden auch Wurzeln beobachtet, die in die Nährlösung gewachsen waren, weil die Presstöpfe auf einer Kiste standen, die 1 cm Abstand zum Tischboden hatte. Zu den relativ guten Ergebnissen, trotz extrem hoher Wasserversorgung ($\varphi = 0$ hPa), könnte auch die verwendete Sorte beigetragen haben.

Bei den Versuchen mit Salatjungpflanzen wurden für FM-Wurzel keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten in Versuch 2 sowie nur ein Unterschied zwischen Jungpflanzen in Toresa nova mit denen in Potgrond (Versuch 3) festgestellt. Tendenziell war jedoch ein

stärker entwickeltes Wurzelsystem bei Verwendung von Tn in VZc (77er Platte) bei höherer Substratfeuchte zu erkennen. Das hat zu niedrigeren Werten des BWTMV bei diesen Varianten geführt (Tab. 5 und Tab. 6).

Im Zierpflanzenbau ist es üblich das Längenwachstum der Pflanzen durch die Steuerung der Wasserversorgung zu beeinflussen, um kompaktere Pflanzen zu erzielen (RÖBER und HAAS, 1989). Nach KRUG (1991) sollte bei der Jungpflanzenanzucht nicht immer das höchste Wasserpotential mit der höchsten Wachstumsleistung angestrebt werden. Durch ein geringeres oder wechselndes Wasserangebot können widerstandsfähigere Jungpflanzen kultiviert werden. In der vorliegenden Untersuchung waren die Unterschiede durch Wasserversorgung in der Jungpflanzenanzucht nach drei Kulturwochen nicht mehr erkennbar (Tab. 5). Das heißt, die kleineren Jungpflanzen waren in der Lage, den Vorsprung der größeren einzuholen.

Bei der Verwendung von HFS zur Jungpflanzenanzucht muß das relativ niedrigere Wasserspeichervermögen dieses Substrates berücksichtigt werden. Die erzielten Ergebnisse empfehlen eine Wasserspannung von $\varphi = -30$ bis -50 hPa bei der Anzucht von KSJ. Die vorliegenden Versuche zeigen außerdem, dass für Kopfsalatjungpflanzen, die in Deutschland normalerweise nur in Presstöpfen angezogen werden, auch mit anderen Anzuchtssystemen in der Sommerperiode gute Ergebnisse erzielt werden können.

Einfluss der Wasserversorgung auf Prolingehalt der Kopfsalatjungpflanzen angezogen in verschiedenen Substraten und Anzuchtssystemen

In Versuchen mit Kopfsalatjungpflanzen wurde ein Zusammenhang zwischen dem Gehalt an freiem Prolin und dem BSP festgestellt (Abb. 5), der allerdings nicht so eng korreliert war ($r^2 = 0,31$) wie bei Tomatenjungpflanzen ($r^2 = 0,95$, siehe GRUDA und SCHNITZLER, 2000b). Insgesamt waren die gemessenen Prolinwerte bei KSJ ca. um das 10-fache niedriger als bei Tomatenjungpflanzen mit derselben Wasserversorgung. Eine Prolinanreicherung in KSJ konnte nur unter sichtbaren Stressbedingungen nachgewiesen werden. Eine Wasserspannung von $\varphi = 0$ bis -110 hPa zeigte keine Unterschiede im Gehalt an freiem Prolin. Dies deutet darauf hin, dass die Bewässerungsschaltpunkte zu keinem starken Trockenstress bei KSJ in Toresa nova in VZc-77er Platte geführt haben. Mit ca. $14 \mu\text{g je g}$ Frischmasse bei $\varphi = -110$ hPa wurden zwar die höchsten Werte an Prolin erreicht, diese waren aber nicht signifikant unterschiedlich von den erreichten Werten anderer untersuchter Varianten (Abb. 2):

Nach Untersuchungen von RÖBER und HORN (1993) konnten sowohl Ertrag als auch Qualität mit zunehmender Wassermenge signifikant gesteigert werden, bei gleichzeitigem Absinken des Gehaltes an freiem Prolin. Das entspricht auch den Ergebnissen bei Kopfsalat für das Jahr 1997 (Abb. 3). Sobald die eingestellte Wasserspannung das Pflanzenwachstum beeinflusste, wurden auch eindeutige Unterschiede im Gehalt an freiem Prolin in den Salatjungpflanzen festgestellt mit engen Korrelationen für Blattfläche, FM-Blatt und Blattanzahl, jedoch mit keinem signifikanten Zusammenhang zu den Wurzelparametern (Tab. 8).

Nicht nur die Wasserspannung, sondern auch die Substrate in Anzuchtssystemen üben einen Einfluss auf den Gehalt an freiem Prolin aus. Toresa nova in VZc, das nicht sehr viel Wasser speichert, bewirkte höhere Werte an Prolin bei Salatjungpflanzen. Die höchsten Werte des Prolingehaltes wurden bei Anzuchten in Toresa nova bei einem Schaltpunkt von $\varphi = -200$ hPa gemessen (Abb. 4).

Prolin ist kein spezifischer Stressindikator und wird in der Pflanze zu einem späteren Zeitpunkt angereichert (AMBERGER-OCHSENBAUER, 1986; ASPINALL und PALEG, 1981; BRUNOLD et al., 1996; LARCHER und BODNER,

Tab. 8: Korrelationsanalyse zwischen einigen biomorphologischen Merkmalen und dem Gehalt an freiem Prolin. Messungen bei Kopfsalatjungpflanzen am 29.08.1997.

	Blattanzahl	Blattfläche	FM-Blatt	FM-Wurzel	BWTMV
Prolingehalt	-0,79 **	-0,82 ***	-0,80 **	-0,15 n.s.	-0,21 n.s.

n.s. = nicht signifikant; * $a \leq 0,05$; ** $a \leq 0,01$; *** $a \leq 0,001$.

1987; RABE, 1990). Daher wird der Gehalt dieser Aminosäure als Stressindikator in der Wissenschaft kontrovers diskutiert. Nach HSIAO (1973), PUGNAIRE et al. (1994) und BRUNOLD et al. (1996) wird bereits bei milder bis mäßiger Trockenbelastung die Akkumulation und Freisetzung des Pflanzenhormones Abscisinsäure beobachtet, wobei sich ein Prolinanstieg erst bei massivem Wasserverlust zeigt. REID et al. (1991) wiesen nach, dass trockene Wurzelspitzen größere Mengen Abscisinsäure (ABA) beinhalten als die nicht gestressten. Vermutlich ist ABA ein Faktor, der das Wurzelwachstum kontrolliert. Bei größerem Stress mit erhöhten ABA-Konzentrationen wurde auch die Prolinanreicherung in einigen Pflanzenarten gesteigert (AMBERGER-OCHSENBAUER, 1986). STEWART und VOETBERG (1987) wiesen jedoch darauf hin, dass höhere Konzentrationen an ABA für eine Prolinanreicherung nicht nötig sind.

Andere Autoren (ARGANDONA und PAHLICH, 1991; DRÜGE, 1997) sind dagegen der Meinung, dass Prolin auch als ein früher Indikator für relativen Pflanzenstress gilt und sein Gehalt gut mit dem Pflanzenertrag korreliert. RÖBER und HORN (1993) empfehlen, den Prolinanstieg in der Pflanze als ein Frühwarnsystem zu verwenden. Nach den vorliegenden Versuchsergebnissen ist der Prolingehalt der Blätter u.U. ein guter Parameter zur Bestimmung des Wassermangels bei Gemüsejungpflanzen. Es konnte festgestellt werden, dass eine Prolinanreicherung wesentlich von der Versuchsanordnung und auch der Pflanzenart abhängig ist. Bei Tomatenjungpflanzen wurden im Vergleich mit der Kontrollvariante höhere Werte als bei Kopfsalatjungpflanzen nachgewiesen.

Danksagung

Dem Bayerischen Landwirtschaftsministerium (Förderprogramm C.A.R.M.E.N.) wird für die gewährte Finanzierung und der Fa. Intertoresa, Schweiz für die kostenlos zur Verfügung gestellten Substrate gedankt.

Zusammenfassung

Holzfasersubstrate zeigen gute Eigenschaften für die Jungpflanzenproduktion auch in Zapfencontainern im Vergleich zu Presstöpfen und anderen Standardkultursubstraten. Holzfasersubstrate besitzen einen hohen Luftgehalt, so dass auch bei höheren Wasserspannungswerten keine Gefahr der Substratsättigung besteht. Bei der Anzucht von Salatjungpflanzen ist ein Matrixpotential von $\phi = -30$ bis -50 hPa anzustreben mit dem Resultat einer höheren Trockenmasse und besserer Durchwurzelung. Diese Richtwerte wurden auch durch die geringen Gehalte des Stressindikators Prolin bestätigt.

Eine Prolinanreicherung in Kopfsalatjungpflanzen konnte nur unter sichtbaren Stressbedingungen nachgewiesen werden. Nicht nur die Wasserspannung, sondern auch die Substrate in Anzuchtssystemen übten einen Einfluss auf den Gehalt an freiem Prolin aus. Bei einem Bewässerungsschaltspunkt von -200 hPa lagen die Prolinwerte der Kopfsalatjungpflanzen, angezogen in einem Substrat auf Torfbasis in

Presstöpfen, ca. 40 % niedriger als bei denen in HFS in Vefi-Zapfencontainer. Der Unterschied im Prolingehalt zwischen gut versorgter und Stressvariante war geringer als bei Tomatenjungpflanzen. Auch der Zusammenhang zwischen dem Gehalt an freiem Prolin und dem Bewässerungsschaltspunkt ($r^2=0,31$) war nicht so ausgeprägt wie bei Tomatenjungpflanzen.

Bei der Weiterkultur der Salatjungpflanzen ergaben sich keine Unterschiede, die auf die verschiedenen Vorbehandlungen zurückzuführen waren.

Literatur

- AMBERGER-OCHSENBAUER, S., 1986: Untersuchungen zu Vorkommen und Früherkennung von kühloleranten Genotypen bei *Saintpaulia-Ionatha*-Hybriden. Dissertation, Fak. Landw. und Gartenbau, TU-München-Weihenstephan.
- ARGANDONA, V. and PAHLICH, E., 1991: Water stress on proline content and enzyme activities in barley seedlings. *Phytochemistry* 30, 1093-1094.
- ASPINALL, D. and PALEG, L.G., 1981: Proline accumulation: Physiological aspects. In: Paleg, L.G. and Aspinall, D. (eds.), *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*, 205-241. Academic Press, London.
- BRUNOLD, CH., RUEGSEGG, A., and BRÄNDLE, R., 1996: Streß bei Pflanzen. Ökologie, Physiologie, Biochemie, Molekularbiologie. Paul Haupt-Verlag, Bern-Stuttgart-Wien.
- BUNT, A.C., 1976: *Modern potting composts*. George Allen Unwin Ltd., London.
- DRÜGE, U., 1997: Proline level in leaves and yield of cutting and flowers of chrysanthemum as influenced by different root zone conditions. *Scientia Hort.* 86, 171-180.
- GRUDA, N. and SCHNITZLER, W.H., 2000a: Physical properties of wood fiber substrates and their effect on the growth of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L. var. *capitata* L.). International Symposia on Growing Media and Hydroponics & Composting of Organic Matter (ISHS), Chalkidiki, Macedonia Greece, August 31- September 6, 1999. *Acta Hort.* (in print).
- GRUDA, N. und SCHNITZLER, W.H., 2000b: Einfluss der Wasserversorgung auf biomorphologische und pflanzenphysiologische Merkmale von Tomatenjungpflanzen in Holzfasersubstrat. *J. Appl. Bot.* 74, 233-239.
- HAFEZ, M. und ROBER, R., 1980: Wasserversorgung der Zierpflanzen. *Gb+Gw* 24, 536-537.
- HSIAO, T.C., 1973: Plant responses to water stress. In: Briggs, W.R., Green, P.B., and Jones, R.L. (eds.), *Annual review of plant physiology*, Volume 24, 519-570.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. und VOLESKE, P., 1996: *Biostatistik, Einführung in die Biometrie für Biologen und Agrarwissenschaftler*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- KRUG, H., 1991: *Gemüseproduktion. Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis*. Parey-Verlag, Berlin-Hamburg.
- LARCHER, W. and BODNER, M., 1987: Criteria for chilling stress in *Saintpaulia ionantha*. *Angew. Botanik* 61, 309-323.
- PRECHT, M., 1987: *Bio-Statistik. Eine Einführung für Studierende der biologischen Wissenschaften*. Oldenbourg-Verlag, München-Wien.
- PUGNAIRE, F.I., ENDOLZ, L.S., and PADROS, J., 1994: Contrasts by water stress on plant growth. In: Pessaraskli, M. (ed.), *Handbook of plant and crop stress. II. Series*, 247-259. Marcel Dekker, New York-Basel-Hong Kong.
- RABE, E., 1990: Stress physiology: The functional significance of the accumulation of nitrogen-containing compounds. *J. Hort. Sci.* 65, 231-243.
- REID, D.M., BEALL, F.D., and PHARIS, R.P., 1991: Environmental cues in plant growth and development. In: Bidwell, R.G.S. (ed.), *Plant Physiology: A treatise*, Vol. X: Growth and Development, 65-181. Academic Press, Inc., San Diego-California-London.
- ROBER, R. und HAAS, H., 1989: Wieviel Wasser und welches Substrat? *DeG.* 43, 1534-1538.
- ROBER, R. und W. HORN, W., 1993: Wirkung unterschiedlicher Wassergaben:

- auf Wachstum, Qualität und Prolingehalt von *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. Gartenbauwissenschaft 58, 15-20.
- STEWART, C.R. and VOETBERG, G., 1987: Abscisic acid accumulation is not required for proline accumulation in wilted leaves. Plant Physiology 83, 747-749.
- VDLUFA, 1991: Methodenbuch I: Bodenuntersuchung, 1. Teillieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA, 1997: Methodenbuch I: Bodenuntersuchung, 2. Teillieferung. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- Wever, G., 1994: Normen voor substraat in de maak. Groenten en Fruit december, 18.
- Anschrift der Autoren*
Dr. N.S. Gruda und Prof. Dr. W.H. Schnitzler, Lehrstuhl für Gemüsebau der Technischen Universität München-Weihenstephan, D-85350 Freising.