

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

Die Ergebnisse – kurzgefasst

In Belichtungsversuchen an der LVG Heidelberg in den Zeiträumen KW42/2017 bis KW03/2018 und KW50/2019 bis KW07/2020 konnte bei unterschiedlichen roten Blattsalaten eine intensivere Ausfärbung durch einen erhöhten Blauanteil mittels LEDs aufgezeigt werden. Die Intensität der Ausfärbung unter LEDs im Vergleich zu einer Metallhalogendampflampe war sortenabhängig. In den belichteten Varianten lagen die Erträge der Pflanzen alle in einem ähnlichen Bereich.

Die Belichtung mit einem erhöhten Blauanteil über die komplette Kulturdauer führte zu einem verstärktem Randen der Pflanzen unter der LED Variante. In einem weiteren Versuch wurde ein Lichtrezept erprobt, bei dem das Strahlungsspektrum der LEDs zum Ende der Kulturdauer geändert wurde. Diese Anpassung, bei der die Pflanzen nur die letzten sieben Tage vor der Ernte mit einem erhöhten Blauanteil belichtet wurden, führte zu Pflanzern ohne Symptome des Randes und dennoch zu einer intensiveren Ausfärbung.

Versuchsfrage und Versuchshintergrund

Die Ausfärbung roter Blattsalate während der Winterkultur im geschützten Anbau ist je nach Sorte sehr unterschiedlich und teilweise nur unzureichend. Auch der Einsatz einer Assimilationsbelichtung, z.B. durch den Einsatz einer Natriumhochdruckdampflampe, führt nicht immer zu dem erwünschten Ergebnis. Salate nutzen UV-Strahlung für die Anthocyanbildung (Krizek et al., 1998), wodurch im geschützten Anbau die Ausfärbung der Salate unter einem UV-durchlässigen Bedachungsmaterial intensiver ist (Shiohita et al. 2007). Auch die Belichtung mit blauen LEDs kann zu einer intensiveren Ausfärbung der Salate führen (Owen et al., 2015). In den strahlungsärmeren Wintermonaten können somit eine Belichtung mit UV-Strahlung bzw. blauem Licht zu einer stärkeren Ausfärbung führen. Es lag bei den Versuchen die Vermutung zugrunde, dass die Ausfärbung auch durch einen erhöhten Anteil von Blau im Strahlungsspektrum der verwendeten LED-Leuchten hervorgerufen werden kann. Dieser Effekt sollte bei unterschiedlichen, in NFT (Nutrient film technique) kultivierten, rotblättrigen Salatsorten untersucht werden.

Ergebnisse im Detail

Versuch 1 (KW42/2017 – KW03/2018):

Die Erträge der kultivierten roten Blattsalate unterschieden sich zwischen den Sorten, wobei innerhalb der Sorte die Ertragsunterschiede zwischen den beiden Belichtungsvarianten (Metallhalogendampflampe (CDM) und Leuchtdioden (LED)) nur unwesentlich waren. Geringe Einzelpflanzengewichte (Abb. 1) um 100 g und somit auch geringe Erträge von 1,3 kg m⁻² bis 1,4 kg m⁻² wurden nur bei den Sorten 'Kaftan' und 'Multired 4' erzielt. Einzelpflanzengewichte über 140 g und somit Erträge von 1,8 kg m⁻² wiesen die Sorten 'Lea', 'Soltero', 'Navara' und 'Saturdai' auf, allerdings nur unter der LED-Belichtung. Insgesamt lagen die Einzelpflanzengewichte nur bei zwei Sorten ('Kaftan', 'Corentine') in der CDM-Variante höher als in der LED-Variante.

Bei einigen Sorten ('Lea', 'Kaftan', 'Corentine', 'Navara') kam es vor allem in der LED-Variante zu einem verstärkten Randen (Abb. 2), wodurch die Anzahl an marktfähigen Pflanzen teilweise stark verringert wurde. Auch ein Staucheffect konnte bei 'Kaftan' und 'Soltero' unter den LEDs beobachtet werden. Dies wurde auf den erhöhten Blauanteil zurückgeführt und für den Folgeversuch eine Anpassung der Belichtungsstrategie vorgenommen (Tab. 2). Das Lichtrezept sah vor den Blauanteil im Strahlungsspektrum der LEDs, der vermutlich für die Stresssymptome verantwortlich war, erst 7 Tage vor Kulturende zu erhöhen.

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

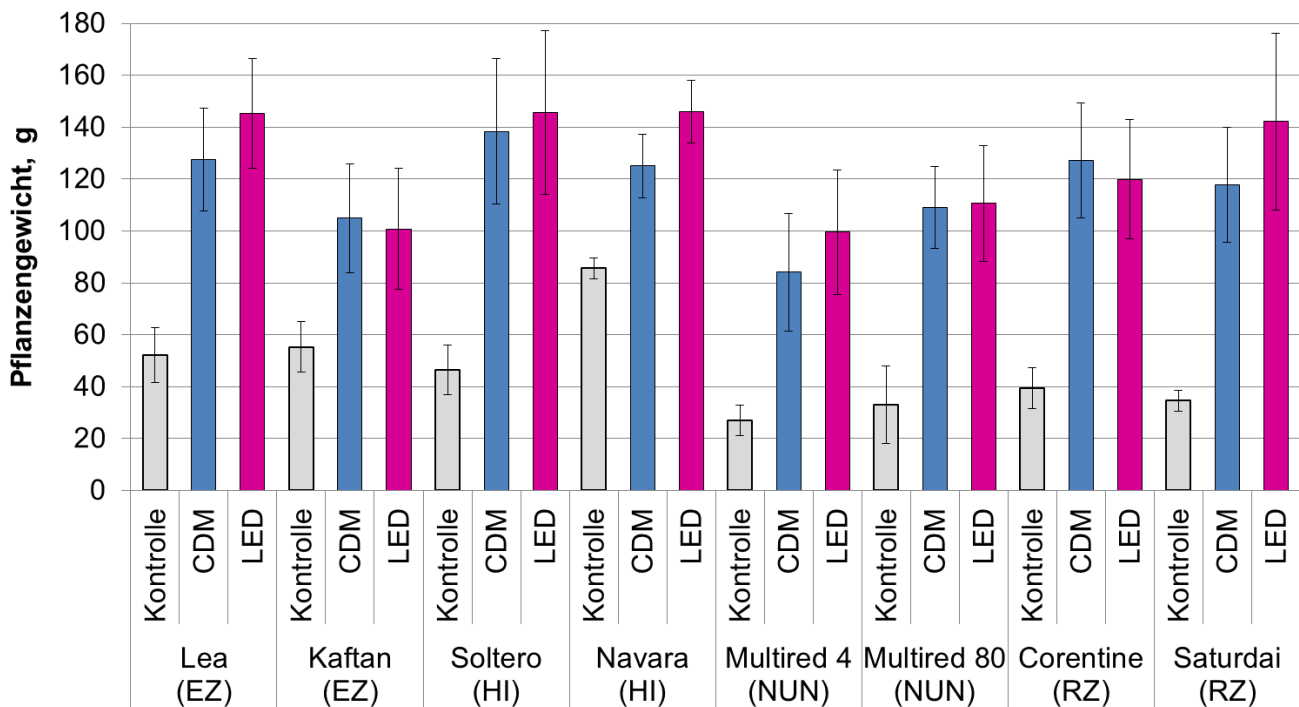


Abb. 1 durchschnittliche Einzelpflanzengewichte mit Standardabweichung unterschiedlicher Salatsorten unter zwei belichteten Varianten (CMD, LED) und einer unbelichteten Kontrollvariante. Auswertungszeitraum: KW03/2018



Abb. 2 Randen von Salatpflanzen unter LED-Belichtung.

Versuch 2 (KW50/2019 – KW07/2020):

Auch im zweiten Versuch gab es sortenabhängige Ertragsunterschiede, wohingegen bei den einzelnen Sorten zwischen den Belichtungsvarianten nur unwesentliche Unterschiede auftraten. Die ertragsstärkste Sorte war die Nummernsorte '81-587' mit einem Einzelpflanzengewicht von 157 g und einem Ertrag von 2,0 kg m⁻² (Abb. 3). Schwächer im Vergleich zu dem vorherigen Versuch zeigte sich die Sorte 'Soltero' mit einem Einzelpflanzengewicht von 95,7 g und einem Ertrag von 1,4 kg m⁻² in der CDM-Variante. Bereits beim Auflaufen nach der Aussaat kam es, trotz gleicher Anzuchtbedingungen, zu Wachstumshemmungen, die sich bis spät in die Kultur auswirkten und die geringeren Gewichte verursachten.

Die insgesamt höhere Einstrahlung während der Kulturzeit des zweiten Versuchs (siehe Kritische Anmerkungen) führte zu einem höheren Ertragsniveau der Pflanzen in der Kontrolle (Vgl. Abb. 1 und Abb. 3).

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

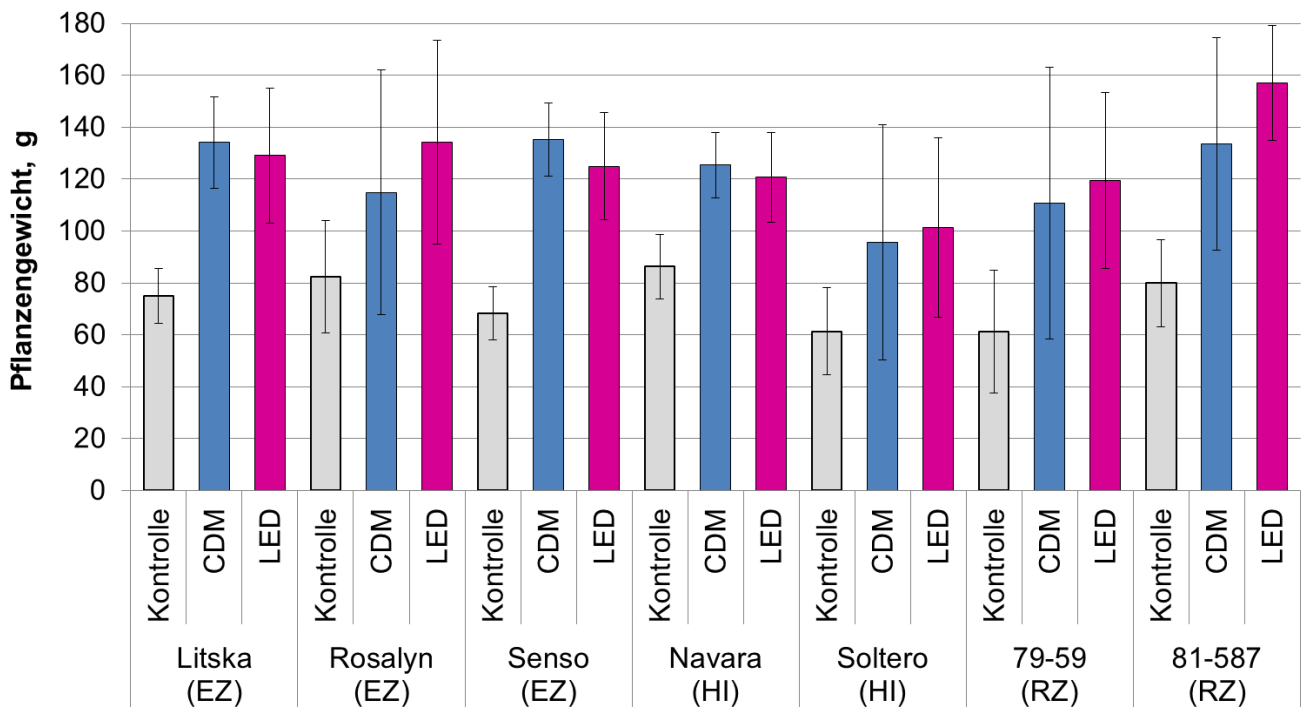


Abb. 3 durchschnittliche Einzelpflanzengewichte mit Standardabweichung unterschiedlicher Salatsorten unter zwei belichteten Varianten (CMD, LED) und einer unbelichteten Kontrollvariante. Auswertungszeitraum: KW10/2020

Ausfärbung

In beiden Versuchen konnte gezeigt werden, dass die Salate unter der LED-Belichtung mit einem erhöhten Blauanteil (440 nm und 465 nm) eine höhere Ausfärbung aufwiesen als unter der CDM-Belichtung (Abb. 4a-4c), die im Vergleich zu einer Natriumhochdruckdampfampe bereits über einen höheren Blauanteil im Strahlungsspektrum verfügt. Die Stärke dieses Effekts war sortenabhängig (Abb. 4,

Tab. 1 Intensitätsunterschiede in der Ausfärbung der Salatsorten unter LED-Belichtung im Vergleich zur CDM-Belichtung.

= : kein Unterschied, + : leicht intensiver Ausfärbung in der LED-Variante, ++: intensiver Ausfärbung in der LED-Variante, +++: viel intensivere Ausfärbung in der LED-Variante.

Bewertung	=	+	++	+++
Sorten	'79-59' (RZ)	'Lea' (EZ)	'Litska' (EZ)	'Multired 80' (NUN)
	'81-579' (RZ)	'Rosalyn' (EZ)	'Kaftan' (EZ)	
		'Senso' (EZ)	'Navara' (HI)	
		'Soltero' (HI)	'Multired 4' (NUN)	
		'Corentine' (RZ)		
		'Saturdai' (RZ)		

Tab. 1). Nur wenige Sorten zeigten keine intensivere Ausfärbung unter der LED-Belichtung. Die Sorten '79-59' (Abb. 4d) und '81-587' wiesen auch unter der CDM-Belichtung bereits eine deutliche Ausfärbung auf.

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

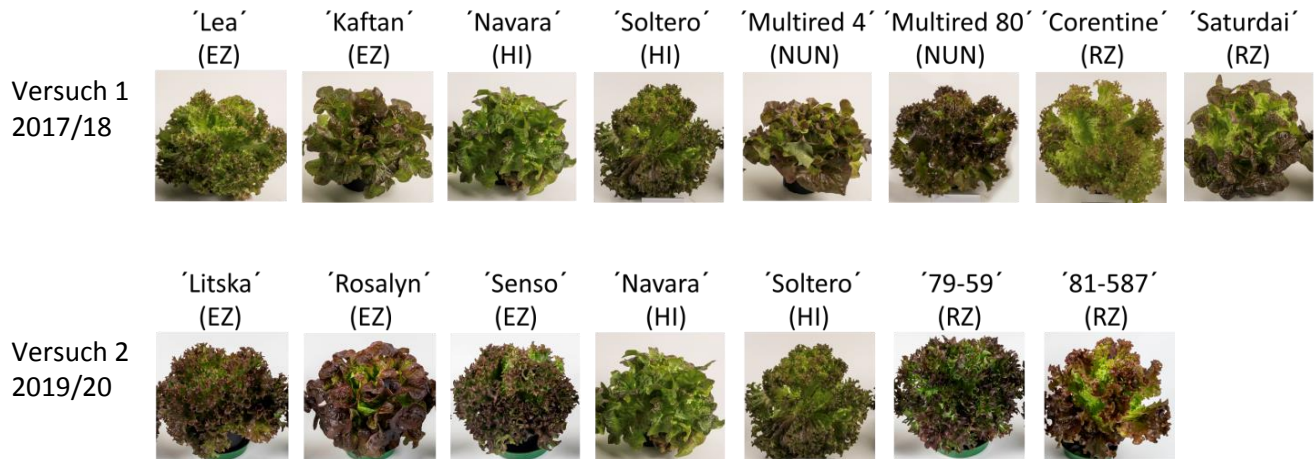


Abb. 4 Ausfärbungsunterschiede am Beispiel dreier Salatsorten unter unterschiedlichen Belichtungsvarianten (Kontrolle (unbelichtet), CDM, LED). a) 'Multired 80', b) 'Navara', c) 'Litska', d) '79-59'.

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

Kultur- und Versuchshinweise

Sorten:



Anbausystem: NFT (Nutrient film technique)

Pflanzdichte: 12,5 Pfl. m⁻²

Düngung: modifizierte Sonnevelds Nährlösung für Salate; EC: 2,0

Aussaat: Versuch 1: KW42/17

Versuch 2: KW50/19

Pflanzung: Versuch 1: KW45/17

Versuch 2: KW02/20

Auswertung: Versuch 1: KW03/18

Versuch 2: KW10/20

Belichtung: 6:00 – 18:00 Uhr; Schaltpunkt: 150 µmol m⁻² s⁻¹

Varianten: **Kontrolle** (unbelichtet); kultiviert in NGS (New Growing System)

Gewächshauseindeckung: Einfachverglasung

CDM CDM-KE I (DH-Licht), Metallhalogendampflampe; ØPPFD: 40 µmol m⁻² s⁻¹

LED LED-KE 300 (DH-Licht); 5 LED-Typen, 4 Kanäle; ØPPFD: 40 µmol m⁻² s⁻¹

Tab. 2 Belichtungseinstellungen der LEDs in den zwei Versuchen. %-Angaben beziehen sich auf die ØPPFD auf der Fläche (40 µmol m⁻² s⁻¹), die durch die Leuchten ohne gleichzeitigem natürlichem Sonnenlicht produziert werden.

Versuch		1	2	2
Zeitraum		KW45/17 - 03/18	KW02 - 06/20	KW06 - 07/20
Blau	(440 nm + 465 nm)	30 %	10 %	30 %
Rot	(660 nm)	30 %	50 %	30 %
Dunkelrot	(730 nm)	6 %	6 %	6 %
Weiß	(6500 K)	34 %	34 %	34 %

Ausfärbung roter Blattsalate unter verschiedenen Belichtungsvarianten

Kritische Anmerkungen

Die Assimilationsbelichtung mit einer durchschnittlichen Photonenflussdichte (\varnothing PPFD) von $40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ist für eine Salatkultur sehr gering. Dadurch lassen sich insgesamt die geringen Einzelpflanzengewichte und Erträge erklären. Das Ertragsniveau unterschied sich zwischen den beiden Versuchen kaum, obwohl es deutliche Unterschiede in der Globalstrahlung (gemessen mit Pyranometer DK-RM 1 - Spektralbereich: 350 nm bis 1100 nm) und Sonnenscheindauer während dieser Zeiträume gab. Der Winter 2017 war bis in den Februar hinein ein sehr dunkler. Während des Versuchszeitraums KW42/17 - KW03/18 (Pflanzung bis Ernte) wurde eine Globalstrahlung außerhalb des Gewächshauses von aufsummiert 34.353 W m^{-2} mit 51,4 Sonnenstunden erreicht. Im zweiten Versuch war die Kulturzeit zwei Wochen kürzer. Dennoch war die Globalstrahlung in diesem Zeitraum (KW02/20 – KW10/20) mit insgesamt 64.886 W m^{-2} (106 Sonnenstunden) fast doppelt so hoch. Die höhere Einstrahlung während des zweiten Versuchs führte zu einem höheren Ertragsniveau und einer besseren Ausfärbung der Pflanzen in der unbelichteten Kontrollvariante.

Quellenangaben

Krizek, D.T., Britz, S.J. and Mirecki, R.M. 1998. Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. *Physiol. Plant.* 103:1-7.

Shiohita, R., Enoka, J., Aiona, D.K. and Wall, M. (2007). Coloration and growth of red lettuce grown under UV-radiation transmitting and non-transmitting covers. *Acta Hortic.* 761, 221-225, DOI: 10.17660/ActaHortic.2007.761.28

Owen, W., & Lopez, R. G. (2015). End-of-production Supplemental Lighting with Red and Blue Light-emitting Diodes (LEDs) Influences Red Pigmentation of Four Lettuce Varieties, *HortScience horts*, 50(5), 676-684. Retrieved Aug 27, 2020