

Ins rechte Licht gerückt

LED-Einsatz für nachhaltige Qualitäts- und Wachstumssteuerung von Zierpflanzen

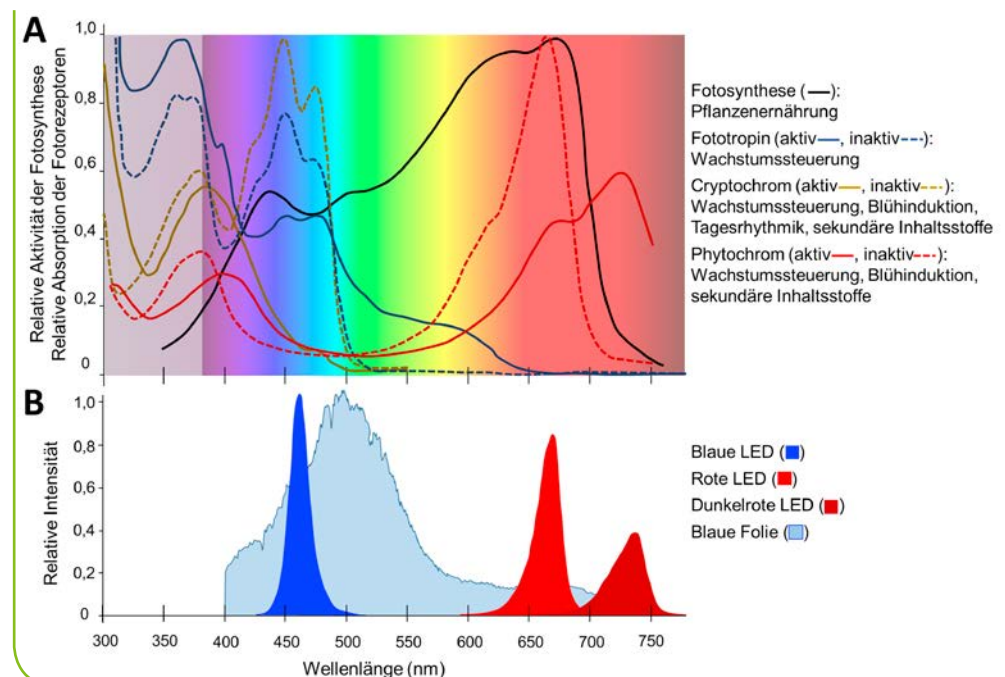
von HANNES SEIDEL: **Durch die Belichtung von Pflanzen mit bestimmten Spektralbereichen kann Einfluss auf das Wachstum, die Blütenbildung, die Konzentration sekundärer Inhaltsstoffe und daher auch auf die Pflanzengesundheit sowie die Population von Pflanzenpathogenen genommen werden. So könnte der Einsatz von chemischen Bioregulatoren und Pflanzenschutzmitteln durch geeignete Belichtungsstrategien reduziert werden. Bei der Entwicklung von Belichtungsstrategien besteht allerdings die Herausforderung, dass nicht alle Pflanzenarten oder sogar Sorten gleich auf die verwendete Belichtung reagieren.**

Von Öffentlichkeit und Handel werden eine nachhaltige Produktion von Pflanzen und eine Reduzierung von chemischen Bioregulatoren und Pflanzenschutzmitteln gefordert. Chemische Bioregulatoren werden u. a. eingesetzt um das Streckungswachstum von Zierpflanzen zu hemmen, um einen kompakten Wuchs mit einem ausgewogenen Verhältnis von Pflanze zu Topf und somit eine gute Verkaufsqualität zu erzeugen. Die bisherigen Kulturmethode unter Einsatz dieser Stoffe geraten immer mehr in Verruf. Aufgrund von immer stärkeren Einschränkungen vonseiten des Gesetzgebers und des Handels wird der Einsatz von chemischen Bioregulatoren und Pflanzenschutzmitteln mittelfristig noch stärker reglementiert werden und der wirtschaftliche Erfolg der Betriebe ist aufgrund des hohen Kulturrisikos gefährdet.

Farbpigmente und Fotosynthese

Sonnenlicht setzt sich aus unterschiedlichen Spektralfarben zusammen, was gut anhand eines Regenbogens beobachtet werden kann. Erst die Aufnahme von Licht als Energiequelle ermöglicht es den autotrophen (sich selbst ernährenden) Pflanzen Fotosynthese zu betreiben, wobei aus

Kohlenstoffdioxid und Wasser Traubenzucker (Glucose) und Sauerstoff entsteht. Das Licht wird hierbei von Farbpigmenten absorbiert und in Energie umgewandelt. Die wohl bekanntesten Farbpigmente der Pflanzen, die zur Fotosynthese beitragen, sind die Chlorophylle. Sie absorbieren Licht vornehmlich im blauen und roten Bereich des Sonnenspektrums. Die Chlorophylle werden bei der Lichtaufnahme durch die Farbstoffe der Carotinoide (meist Gelb



- Abbildung 1 A: Darstellung des UV-Lichtbereichs von 300 – 380 nm und des für den Menschen sichtbaren Lichts von 380 – 780 nm mit der Aktivität der Fotosynthese (verändert nach 4) und der Absorption durch Fototropin, Cryptochrom und Phytochrom (verändert nach 5 – 7)
- Abbildung 1 B: Spektrum verschiedenfarbiger monochromatischer LEDs, die in Versuchen an der LWG verwendet werden und blaues Licht mit weitem Spektrum (400 – 730 nm), das beim Durchdringen von Sonnenlicht durch eine blaue Folie entsteht. Das enge Lichtspektrum von LEDs lässt sich im Vergleich zu Folie gezielter einsetzen um bestimmte Fotorezeptoren anzusprechen

oder Orange), Flavonoiden (meist Gelb) und Anthocyane (je nach pH-Wert Blau, Grün, Gelb oder Rot) unterstützt [1] und erweitern so das für die pflanzliche Photosynthese nutzbare Spektrum des Sonnenlichts (Abbildung 1 A).

Fotorezeptoren und farbspezifische Reaktionen

Neben den Farbpigmenten nehmen Pflanzen Licht über Fotorezeptoren wahr. Diese Fotorezeptoren vermitteln farbspezifische Reaktionen, indem Stoffwechselprozesse angeregt oder gehemmt werden [2, 3]. Die lichtabhängige Steuerung der Pflanzenentwicklung wird als Fotomorphogenese bezeichnet. Allen Fotorezeptoren ist gemein, dass sie in einer aktiven und einer inaktiven Form vorliegen können, deren Übergang durch bestimmte Lichtfarben hervorgerufen wird (Abbildung 1 A).

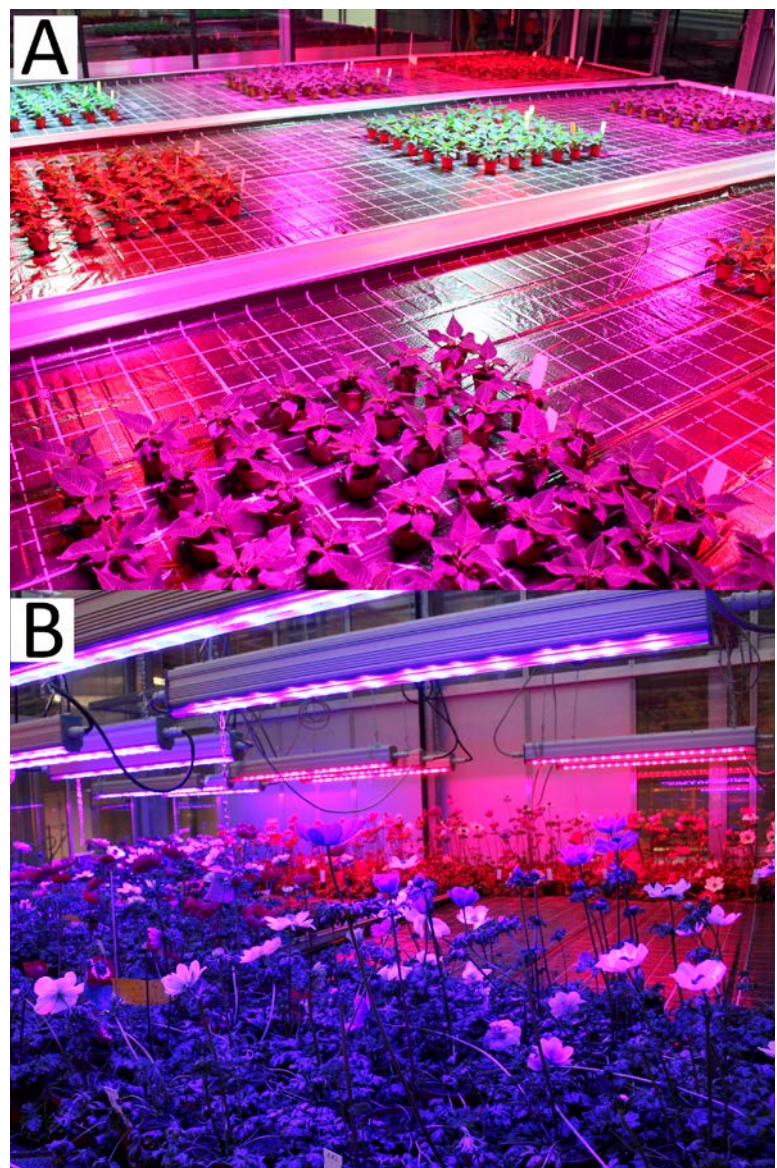
Der wohl am besten untersuchte und bekannteste Prozess ist das Phytochromsystem. Phytochrom (Abk. P) liegt in seiner aktiven Form als P_{FR} (Dunkelrot-absorbierende Form, FR von englisch far-red „dunkelrot“) vor und wird durch Licht mit einem Wellenlängenmaximum von 730 nm im dunkelroten Bereich inaktiviert. Diese inaktive Form (P_R) wird durch rotes Licht mit einem Wellenlängenmaximum von 660 nm angeregt. Die inaktive Form von Phytochrom ruft u. a. eine Schattenvermeidungsreaktion (dunkelrotes Licht macht einen Großteil des Lichtspektrums im Schatten aus) hervor, was zu einer Verlängerung der Blattstiele und der Internodien führt. Diese Reaktion kann als Vergeilung bei z. B. zu dunkel stehenden Zimmerpflanzen beobachtet werden. Die durch Phytochrom vermittelte Reaktion ist zudem von der Belichtungsstärke abhängig. So wird z. B. das Streckungswachstum nur durch hohe Intensitäten von rotem Licht gehemmt. Durch rotes bzw. dunkelrotes Licht induzierte und durch Phytochrom vermittelte Reaktionen wirken sich zudem auf die Samenkeimung und die Blütenbildung aus.

Weitere Fotorezeptoren sind u. a. Cryptochrome und Phototropine, die durch UV- und Blaulicht gesteuert werden. Cryptochrom synchronisiert den Tagesrhythmus und kann das Sprosswachstum hemmen. Zusammen mit Phytochrom hat es Einfluss auf die Blühinduktion und die Produktion von sekundären Inhaltsstoffen, was sich wiederum auf die Pflanzengesundheit, die Farbe oder Haltbarkeit sowie auf den Nährwert für den Menschen

auswirken kann. Fototropine können eine gerichtete Krümmungsbewegung der Sprossachse oder Blattstiele hervorrufen und sind verantwortlich für die Chloroplastenbewegung und die Stomataöffnung. Diesen Blaulichtreaktionen kann durch grünes Licht entgegengewirkt werden. Zusätzlich besitzen die Phytochrome lokale Absorptionsmaxima im UV- und Blaulichtbereich und wirken so auch auf die Blaulichtreaktion von Cryptochromen und Phototropinen ein.

Steuerung der Fotomorphogenese durch LEDs

Die Kenntnis der durch Fotorezeptoren vermittelten farbspezifischen Reaktionen eröffnet die Möglichkeit diese



■ Bild 1: Versuchsaufbauten zur Wachstumssteuerung bei (A) *Anemone coronaria* und (B) Poinsettien-Minis-Eintriebern (alle Fotos: Hannes Seidel)



Bild 2: Verschiedene *Anemone-coronaria*-Sorten erscheinen nach der Assimilationsbelichtung mit starkem blauen Licht (unten) deutlich kompakter als die unbelichtete Kontrolle oder die Varianten der starken roten Belichtung

anzusteuern, um bestimmte Reaktionen der Pflanze hervorzurufen und so den Einsatz von chemischen Bioregulatoren und Pflanzenschutzmitteln zu verringern oder zu vermeiden. Andererseits können wir erahnen, dass es durch das komplexe Zusammenspiel verschiedener Fotorezeptoren bei spezifischen Pflanzenreaktionen und die Anregung von mehreren Fotorezeptoren durch dieselben Lichtfarben (Abbildung 1 A) schwierig ist, den Einfluss einer Manipulation des Lichtspektrums auf den gesamten Pflanzenorganismus abzuschätzen.

LEDs (von englisch light-emitting diode „Licht emittierende Diode“) können weitestgehend monochromatisches Licht erzeugen. Es zeichnet sich durch die Emission von Wellenlängen eines begrenzten Spektralbereichs aus und erscheint so in einer bestimmten Farbe. Folien und Filter, die eine bestimmte Lichtfarbe erzeugen, sind weniger geeignet, um gezielt auf Fotorezeptoren einzuwirken. Dieses Licht erscheint uns zwar in einer bestimmten Farbe, weißt aber dennoch ein breites Lichtspektrum auf (Abbildung 1 B).

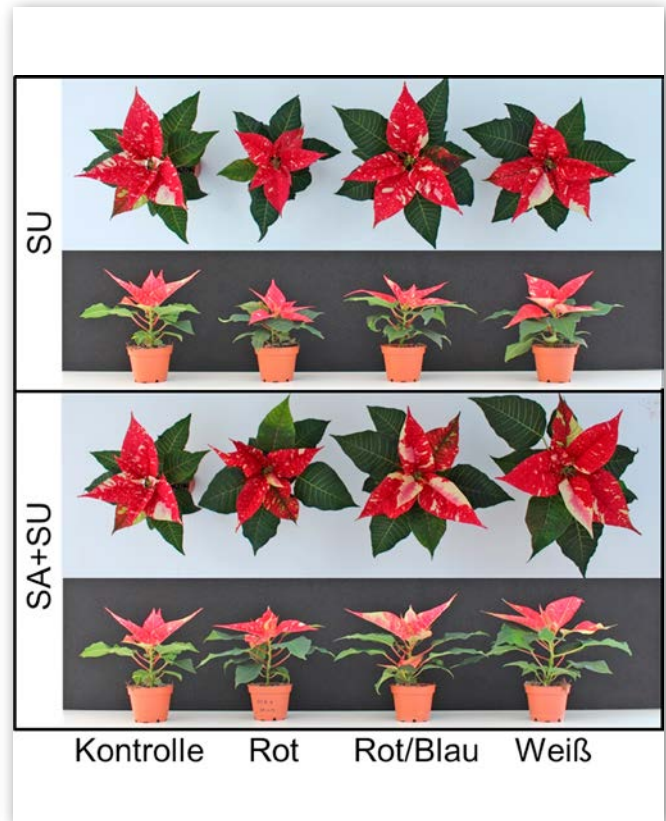


Bild 3: Einfluss der LED-Belichtung zum Sonnenuntergang (SU) sowie Sonnenauf- und Sonnenuntergang (SA+SU) auf das Wachstum einer Poinsettiasorte

Versuche an der LWG

In den Versuchen an der LWG (siehe Bild 1) wird das Potenzial der LED-Technik zur Vermeidung von chemischen Bioregulatoren zur Wachstums- und Entwicklungssteuerung deutlich. Eine Assimilationsbelichtung von Kronen-Anemonen (*Anemone coronaria*) von Oktober bis März mit roten und blauen LEDs und zwei unterschiedlichen Lichtintensitäten hat deutliche Einflüsse auf das Wachstum und die Blütenbildung gezeigt. Die Pflanzen unter der blauen Belichtung hatten, verglichen zur unbeleuchteten Kontrollvariante, jeweils um bis zu 43 Prozent und 47 Prozent kürzere Blatt- und Blütenstiele. Diese Reaktion war unter starkem Blaulicht deutlicher ausgeprägt als unter schwachem Blaulicht. Dagegen wiesen die Pflanzen unter der roten Belichtung einen bis zu 39 Prozent größeren Laubkranzdurchmesser als die Kontrollpflanzen auf. Die Pflanzen unter der blauen Belichtung erschienen daher deutlich kompakter (siehe Bild 2). Während des gesamten Versuchszeitraums bildeten die Anemonen in der starken Rotlichtvariante zwar deutlich mehr Blütenstände als in den anderen Belichtungsvarianten und in der

Kontrolle, allerdings hatten die mit starkem Blaulicht belichteten Pflanzen mehr aufrecht stehende Blütenstände und somit eine bessere Qualität.

Die Stärke und Richtung der beschriebenen Effekte kann zusätzlich von der Sorte und der Pflanzenart abhängen. Dementsprechend konnte in einem vorangegangenen Versuch, bei dem *Calibrachoa*-Stecklinge unter verschiedenen Lichtfarben bewurzelt wurden, eine Streckungshemmung unter rotem Licht und Streckungsförderung unter blauem Licht beobachtet werden.

Auch der Zeitpunkt der Belichtung kann eine fotomorphogenetische Reaktion hervorrufen. Die Dämmerung besitzt einen hohen Anteil an dunkelrotem Licht und kann daher das Streckungswachstum fördern. So konnte in Versuchen der Landwirtschaftskammer Niedersachsen durch rote LED-Belichtung während der Abenddämmerung bei mehrtriebigen Weihnachtssternen eine Streckungshemmung hervorgerufen werden. Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden an der LWG Poinsettien-Mini-Eintriebler, die eine deutlich kürzere Standzeit als Poinsettien-Mehrtriebler haben, während der Abenddämmerung bzw. Abend- und Morgendämmerung mit roten, roten und blauen oder weißen LEDs beleuchtet. Eine Belichtung während der Abenddämmerung führte tendenziell zu einer farbunabhängigen Abnahme des Streckungswachstums im Vergleich zur unbelichteten Kontrollvariante (siehe Bild 3). Allerdings waren die Effekte stark von der Sorte abhängig. Die zusätzliche Lichtsumme durch eine Belichtung während der Morgen- und Abenddämmerung hatte einen triebstreckenden Effekt zur Folge und zeigte keine, wie eigentlich erwartet, Unterschiede zwischen den Lichtfarben. Es zeigte sich allerdings ein sortenabhängiger Einfluss auf die Kompaktheit, Brakteenausfärbung und Cyathienqualität. Durch die Belichtung während der Dämmerung wurde der Tag verlängert und so das Unterschreiten der kritischen Tageslänge der Poinsettien (Kurztagpflanze) in den belichteten Varianten hinausgezögert. Das Aussetzen der Belichtung während dieser kritischen Phase könnte somit zu einer deutlicheren Wachstumshemmung der beschriebenen Belichtungsvarianten führen, was allerdings bei Poinsettien-Minis noch nachzuweisen ist.

Ausblick

Auch in Zukunft werden weiterhin Versuche zur Wachstumssteuerung durchgeführt werden. Die bisherigen Ergebnisse verdeutlichen, dass zur Wachstumssteuerung mit LED-Belichtung kulturspezifische Lichtrezepte entwickelt und erprobt werden müssen. Zudem werden Versuche zur Mehrlagenkultur im geschlossenen Raum in ein Regalsystem mit

LED-Belichtung durchgeführt werden. Hierzu werden die kulturspezifische Wirkung der Belichtung und deren spektrale Zusammensetzung auf die Produktion von bewurzelten Stecklingen, Zierpflanzen, Kräutern und Gemüsejüngpflanzen sowie deren Leistung im folgenden Kulturverlauf untersucht werden. Die bessere Flächenausnutzung und die geringere Exposition gegenüber Schaderregern im geschlossenen Anbau versprechen eine Senkung der Energiekosten und Pflanzenschutzmaßnahmen sowie eine Einsparung an wichtigen Ressourcen und chemische Bioregulatoren.

Literatur

- [1] SMITH, H. L., MCAUSLAND, L. & MURCHIE, E. H. Don't ignore the green light: Exploring diverse roles in plant processes. *J. Exp. Bot.* 68, 2 099 – 2 110 (2017).
- [2] HUCHÉ-THÉLIER, L. et al. Light signaling and plant responses to blue and UV radiations-Perspectives for applications in horticulture. *Environ. Exp. Bot.* 121, 22 – 38 (2016).
- [3] DEMOTES-MAINARD, S. ET AL. Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environ. Exp. Bot.* 121, 4 – 21 (2016).
- [4] TAZAWA, S. Effects of Various Radiant Sources on Plant Growth (Part 1). *Japan Agric. Res. Q.* 33, 163 – 176 (1999).
- [5] BRIGGS, W. R. & CHRISTIE, J. M. Phototropins 1 and 2: versatile plant blue-light receptors. *Trends Plant Sci.* 7, 204 – 210 (2002).
- [6] BANERJEE, R. ET AL. The Signaling State of Arabidopsis Cryptochrome 2 Contains Flavin Semiquinone. 282, 14 916 – 14 922 (2007).
- [7] ANDERSON, G. R., JENNER, E. L. & MUMFORD, F. E. Optical rotatory dispersion and circular dichroism spectra of phytochrome. *Biochim. Biophys. Acta – Protein Struct.* 221, 69 – 73 (1970).

HANNES SEIDEL

BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR
WEINBAU UND GARTENBAU
INSTITUT FÜR ERWERBS- UND
FREIZEITGARTENBAU
hannes.seidel@lwg.bayern.de

