

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?



AN0004 // JOHANN WALDHERR // DR. RICHARD BLAKEY

1 Einleitung

Der Lichtbedarf von Pflanzen ist heute bekanntlich weitaus komplexer als ursprünglich angenommen, was zur Entwicklung verschiedener LED-Technologien führte, mit denen eine Vielzahl von unterschiedlichen Lichtspektren erzeugt werden, sowohl monochromatisch als auch polychromatisch. Die sinnvolle Aufnahme einiger Wellenlängen in Lichtrezepte ist noch experimentell, aber eine nicht zu vernachlässigbare Region des Spektrums ist der dunkelrote Bereich. Dunkelrot (engl. far-red) umfasst die Wellenlängen von 700 bis 800 nm, ein Bereich des Lichtspektrums, der beim Menschen am Rande der Sichtbarkeit liegt. Diese Wellenlängen führen jedoch nachweislich zu schnellerem Wachstum, erhöhter Biomasse und besseren sensorischen Merkmalen (z.B. Geruch, Geschmack, Textur, Farbe). Aber warum sind Wellenlängen, die nicht in der Photosynthese verwendet werden, so wichtig für die Pflanzenentwicklung? Im Gegensatz zu Mensch und Tier können sich Pflanzen nicht bewegen. Ihre festsitzende Existenz bedeutet, dass die Pflanzen ohne äußeren Einfluss an einem Ort wachsen und leben werden. Dies mag wie eine einfache Beobachtung erscheinen, aber die Konsequenz für die Pflanzen ist, dass sie in der Lage sein müssen, sich in ungünstigen Bedingungen zurechtzufinden und zu überleben, wenn sich ihre Umgebung ändert. Die Reaktion auf begrenzte Ressourcen wie Wasser, Nährstoffe und Licht sowie zirkadiane und zirkuläre Zyklen sind für das Überleben von Pflanzen unerlässlich. Diese Reaktionen können manipuliert werden, um günstige Wachstumseigenschaften zu erreichen. Diese Application Note beschreibt, warum sich diese

Überlebenstechniken weiterentwickelt haben und warum dunkelrote Wellenlängen für die Pflanzenbeleuchtung unerlässlich sind. Eine Einführung in den Einsatz von LEDs im Gartenbau finden Sie unter [AN0002 LEDs - Die Zukunft der Horticulture-Beleuchtung](#).

2 Photorezeptoren und das Phytochromsystem

Licht wird in erster Linie für die Photosynthese benötigt, dem Hauptenergieumwandlungsmechanismus einer Pflanze und der Hauptentwicklungsfaktor, der hauptsächlich durch rotes und blaues Licht über Chlorophyll in den Photosystemen II und I angetrieben wird. Dabei sind drei Faktoren wichtig:

- Lichtintensität - ist die Menge an Photonen die zur Verfügung steht
- Photoperiodismus - zeigt die Dauer der Exposition an.
- Lichtqualität - entspricht den Wellenlängen von Pflanzen denen sie ausgesetzt sind.

Licht beeinflusst aber auch eine Reihe anderer pflanzlicher Prozesse. Jeder Prozess kann mit einem Photorezeptor verknüpft werden, der auf einen bestimmten Wellenlängenbereich reagiert. Kryptochrome erfassen blaues/UVA-Licht und sind für Phototropismus und Photomorphogenese verantwortlich, während Photorezeptoren, die Phytochrome genannt werden, dunkelrotes Licht erkennen (Abbildung 1). Phytochrome sind dagegen anders als kryptochrome Blaulichtrezeptoren, denn das Phytochrom-System ist von Natur aus auf das Zusammenspiel zweier Wellenlängen

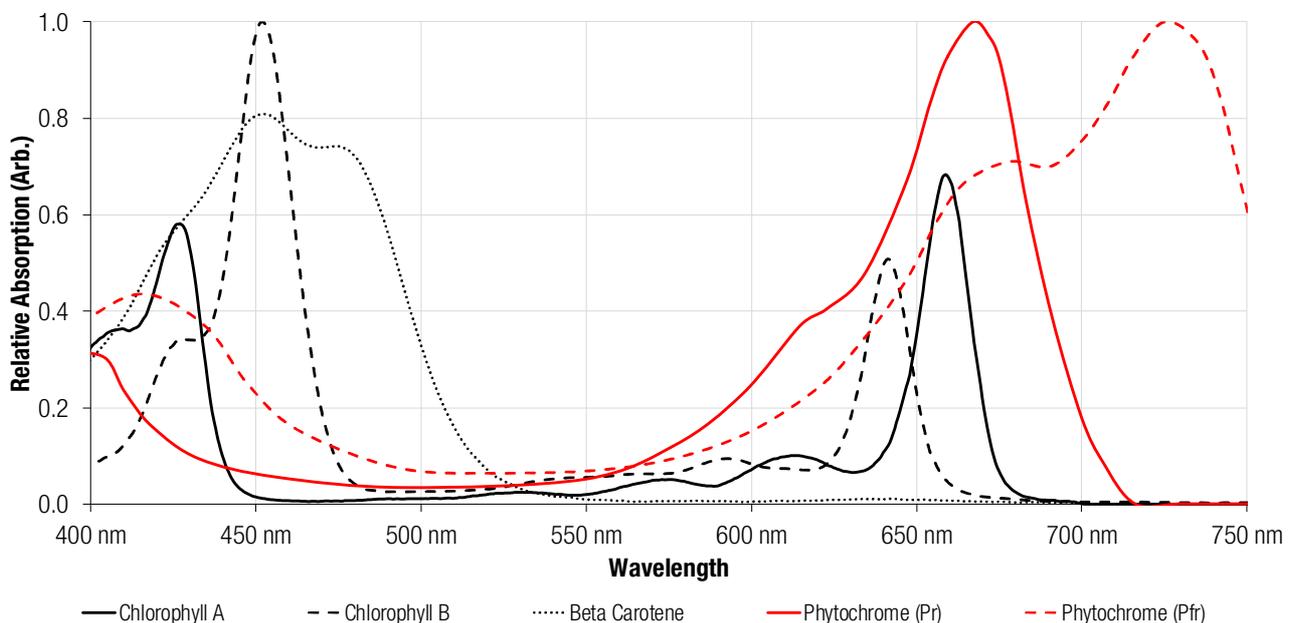


Abbildung 1: Typische Absorptionsspektren der Hauptpigmente von Pflanzen

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?

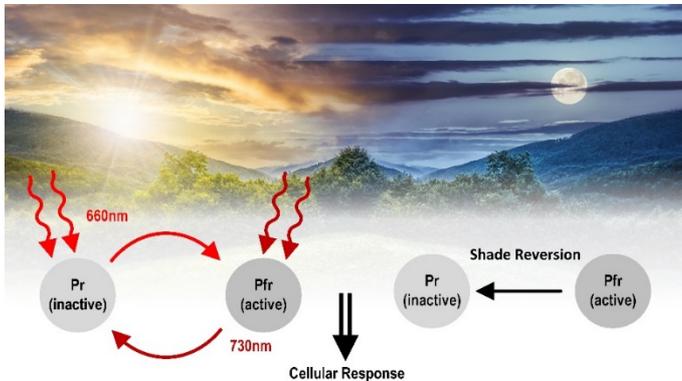


Abbildung 2: Die Funktionalität des Phytochromsystems

angewiesen. Das System besteht aus zwei Formen von Phytochromen, die sich in ihren absorbierten Wellenlängen unterscheiden: ^[1] Pr (Phytochromrot) hat ein Absorptionsmaximum bei 660 nm und Pfr (Phytochromdunkelrot; engl. *Phytochrom far-red*) ein Absorptionsmaximum bei 730 nm. Interessanterweise können Pr und Pfr jedoch ihre Molekularstruktur abhängig vom Verhältnis von roten und dunkelroten Wellenlängen reversibel miteinander umwandeln (Abbildung 2). Pfr-Photorezeptoren gelten als die aktive Form, die in Gegenwart von 660 nm rotem Licht aus der Pr-Form umgewandelt wird. Pfr ist physiologisch aktiv und löst biologische Reaktionen aus, ist aber instabil. Das heißt, bei vermindertem oder fehlendem Licht von 660 nm kehrt es in die Pr-Form zurück. Die Pfr-Form wird auch in Gegenwart von 730 nm dunkelrotem Licht in die inaktive Pr-Form umgewandelt. Daher beeinflusst das Verhältnis (Lichtqualität) neben der Belichtungszeit (Photoperiodismus) und der Gesamtmenge (Lichtintensität) von roten und dunkelroten Wellenlängen, denen eine Pflanze ausgesetzt ist, das Phytochrom-System. Unterschiedliche Verhältnisse von Rot-/Dunkelrotwellenlängen können biologische Signalwege auslösen, die die gewünschten Eigenschaften von Pflanzen signifikant beeinflussen können.

3 Die morphologische Reaktionen auf das rote und dunkelrote Licht

Das Phytochromsystem steuert eine Vielzahl von molekularen Prozessen, die eine Reihe von morphologischen Veränderungen bewirken, die es den Pflanzen ermöglichen, sich an ihre Lichtumgebung anzupassen. Diese Reaktionen auf rotes und dunkelrotes Licht entwickelten sich als Reaktionen auf die Umwelt und stellen in einigen Fällen Überlebensmethoden dar. Genauer gesagt, das Schattenfluchtsystem für den Fall, dass eine Pflanze nicht genügend Licht erhält. Dies kann entweder durch ein festes Objekt (das das gesamte Licht verdeckt) oder durch andere Pflanzen (die einige Wellenlängen des Lichts weitergeben) verursacht werden. Ein weiterer Punkt ist die Veränderung des Tages- und

Jahreslichts, was Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen und der Reaktion der Pflanze auf diese Bedingungen entspricht.

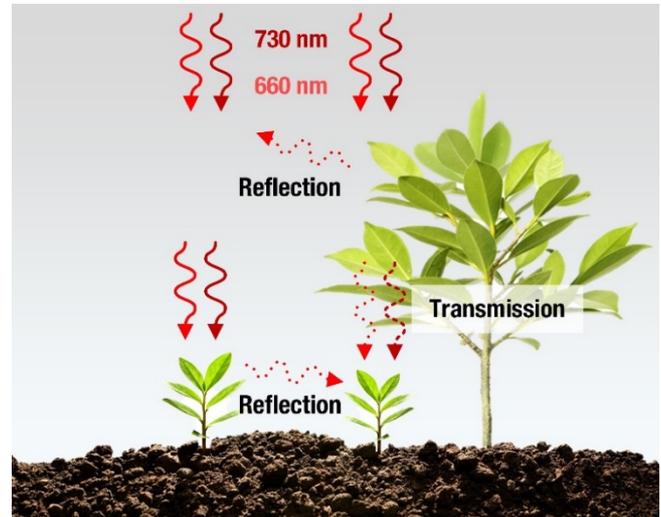


Abbildung 3: Die reflektierten und übertragenen Lichtwege von roten und dunkelroten Wellenlängen in Ökosystemen von Pflanzen

3.1. Lichtqualität und die Schattenflucht

In einigen Ökosystemen können Pflanzen in extrem hoher Dichte wachsen. In diesem Umfeld konkurrieren die Pflanzen um eine begrenzte Menge an Licht, die die Photosynthese antreibt. Dies kann zwischen Pflanzen sein, die zum gleichen Zeitpunkt wachsen oder im Schatten einer höheren Pflanze. Um in dieser Umgebung zu konkurrieren und zu überleben, spüren die Pflanzen, wie viel Schatten sie im Phytochrom-System haben. Das rote und dunkelrote Licht, welches Umfeld zur Verfügung steht, kann über verschiedene Wege die Pflanze erreichen. Der Großteil des Lichts aus dem dunkelroten Bereich wird entweder reflektiert oder durch pflanzliches Gewebe übertragen, wodurch das Verhältnis von rot-/fernroten erreichbaren Pflanzen in der unmittelbaren Umgebung verringert wird. Dies kann als Reflexion von den umgebenden Pflanzen oder als Lichtdurchtritt durch eine ausgewachsene Baumkrone bzw. Blätterhaube erfolgen (Abbildung 3). Das bedeutet, dass direktes Sonnenlicht einen hohen Anteil an rotem Licht hat, während das Licht, das von Blättern durchgelassen oder reflektiert wird, einen roten Mangel aufweist und einen relativ höheren Anteil an dunkelrotem Licht hat. Das Verhältnis von Rot zu Dunkelrot ermöglicht die Kontrolle des Phytochromsystems und damit die Vermeidung von Schatten bei schattenunverträglichen oder sonnenliebenden Pflanzen. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass diese Reaktionen eine beschleunigte Verlängerung von Hypokotylen (Keimstängel), Internodien und Stielen, erhöhte Blattneigungen zur Horizontalen und reduzierte Verzweigungen zur Folge hat, um mehr Sonnenlicht einzufangen und die Photosynthese zu fördern ^[2]. Dieses Verhalten soll das Überleben der Pflanze sichern. Darüber hinaus kann die Reaktion auf die Schattenflucht eine verfrühte Blüte auslösen, wodurch die Pflanze das Wachstum reduziert und die

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?



Fortpflanzungsphase beginnt, um diese zu sichern [3]. Die praktische Anwendung hängt von den gewünschten Eigenschaften der zu kultivierenden Pflanze ab. Im Salat wird die Keimung durch weites Rotlicht gehemmt [4], aber es ist wichtig zu wissen, dass die Keimreaktion hier von der letzten Lichtbestrahlung abhängt [5]. Die Ergänzung mit dunkelrotem Licht während der Wachstumsphase führt zu einem erhöhten Trieb- und Wurzelwachstum mit höherem Frischgewicht der Triebe und der Blattfläche [6]. Eukalyptus-Stecklinge haben einen größeren Wurzelerfolg bei niedrigen Verhältnissen von Rot zu Dunkelrot [7]. Dunkelrotes Licht kann die Erträge von grünen Bohnen erhöhen [8] und das Wachstum von größeren Tomatenpflanzen fördern [9]. Interessanterweise kann Dunkelrotes Licht auch verwendet werden, um das Stammwachstum bei Pflanzen zu hemmen, bei denen es ungünstig ist, zu hoch zu wachsen, wodurch der Einsatz von Wachstumshemmern reduziert oder sogar ganz vermieden werden kann. Das Phytochromsystem steuert auch die Kohlenstoffverteilung und den Stoffwechselstatus in sich entwickelnden Pflanzen [10].

3.2. Der Photoperiodismus und der zirkadiane Rhythmus

Pflanzen sind auch sensibel für die Verschiebung der Wellenlängen von rotem zu blauem Licht, welche bei Sonnenaufgang und die entgegengesetzte Verschiebung bei Sonnenuntergang stattfindet. Außerdem können sie die Dauer dieser täglichen Ereignisse wahrnehmen, was sich auf Pflanzenprozesse wie die Blüte auswirkt. Wie die meisten Lebensformen muss auch der natürliche Rhythmus der Welt mit Aktivitäts- und Ruhephasen angepasst werden, um den Energieaufwand auf den Zeitpunkt zu begrenzen, zu dem er am effektivsten und nützlichsten ist. So ist es beispielsweise in der Regel nicht vorteilhaft, wenn eine Pflanze nachts oder im Winter blüht, wenn in diesen Zeiten nur wenige oder keine Bestäuber aktiv sind. Während sich die Pflanzen entwickeln, gibt es eine vegetative Phase (Wachstum) und eine reproduktive Phase (Blüte). Während sich die Pflanzen, Blätter und Triebe während der Wachstumsphase durch die Photosynthese entwickeln, findet in der Blütephase fast kein Wachstum statt. Durch die Entwicklung von Blüten können Pflanzen bestäubt werden und Früchte oder Samen produzieren. Der Prozess der Blütenproduktion ist nach Auslösung irreversibel, so dass der Zeitpunkt dieser Phase entscheidend ist [11]. Die gezielte Beeinflussung der Blütenbildung spielt gerade für Zierpflanzen- und Samenproduzenten eine enorm wichtige Rolle. Das Phytochromsystem ist das Schlüsselsystem zur Identifizierung und Reaktion auf diese Veränderungen. Phytochrom Pr wird von der Pflanze bei Dunkelheit produziert und akkumuliert. Das tagsüber durch dunkelrotes Licht erzeugte Pfr kehrt langsam in die inaktive Pr-Form (Halbwertszeit = 2,5 h) zurück, was als Dunkelreversion bezeichnet wird. Tagsüber wird die Pr-Form in Pfr umgewandelt, wodurch das Pr/Pfr-Gleichgewicht wiederhergestellt wird. Daher ist das Verhältnis von Pr/Pfr in der Nacht hoch, während es tagsüber niedrig

ist. Die Wirkung der Reaktion des Phytochromsystems auf diese Veränderungen hängt von der Art der Pflanze ab. Pflanzen können in Langtagspflanzen (LDP) und Kurztagspflanzen (SDP) unterteilt werden. SDP erfordern eine Dunkelphase zur Blüte, die nicht durch Licht unterbrochen werden darf. Wird diese Dunkelphase nicht erreicht, blüht die Pflanze nicht. Umgekehrt benötigen LTP eine Beleuchtungsphase, um zu blühen (Abbildung 4) [11]. Die hyper-red LED emittiert 660 nm Licht im roten Spektralbereich und die 730 nm dunkelrote LED im dunkelroten Spektralbereich. Eine Pflanze, die im Vergleich zu blauem Licht mehr rotes Licht ausgesetzt ist, wird dies als Beginn eines neuen Tages interpretieren, was möglicherweise eine Blüte auslösen kann. Mit steigendem Verhältnis weiß die Pflanze, dass der Übergang zur Tageszeit erfolgt ist. Wenn das Verhältnis durch den Sonnenuntergang wieder sinkt, spürt die Pflanze, dass es dunkel wird und so beginnen metabolische und morphologische Veränderungen für scotophile (nachtliebende) Prozesse. Die Länge der Nacht kann einen großen Einfluss auf die Morphologie der Pflanze haben [12].

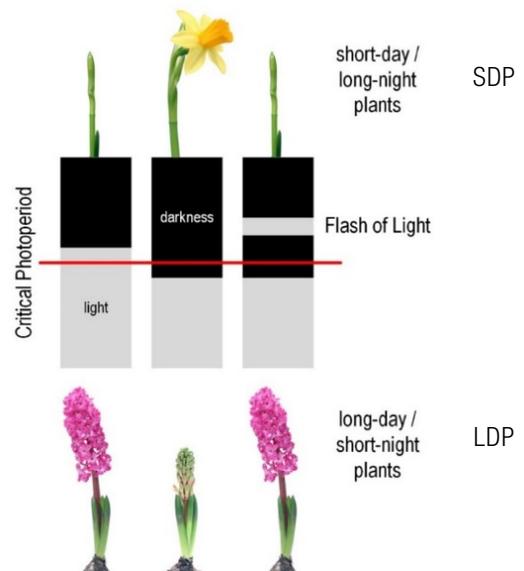


Abbildung 4: Die Wirkung des roten- und dunkelroten Photoperiodismus auf das Blühen von Pflanzen

Die Anwendungsmöglichkeiten sind je nach Art der zu kultivierenden Pflanze vielfältig. Zierpflanzenzüchter können durch die gezielte Manipulation des Phytochromsystems feststellen, wann Produkte marktreif sind. Dies ist äußerst vorteilhaft, wenn man die jährlichen Nachfragezyklen für frische Zierblumen betrachtet. Tage wie Valentinstag und Muttertag, an denen die Nachfrage am größten ist, finden Anfang des Jahres statt, außerhalb der typischen Blütezeit der meisten Zierpflanzen. Darüber hinaus kann die Pflanze aber auch mehrmals im Jahr zur Blüte gezwungen werden. Bei künstlichem Licht sind die Wachstums-/Blumenzyklen nicht an die Jahreszeiten gebunden. Daher gibt es die Möglichkeit, die Pflanze bei schlechten Lichtverhältnissen im Winter zur Blüte zu bringen.

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?



Ebenso können in den Sommermonaten unerwünschte Blütezeiten vermieden werden. So ist beispielsweise die Musterpflanze *Arabidopsis thaliana* eine Langtagspflanze und blüht früher unter Langzeitbedingungen als unter Kurztagsbedingungen [5]. Chrysantheme ist eine qualitative Kurztagspflanze. Eine gleichmäßige Blüte kann mit einer Photoperiode von 13,5 h oder weniger erreicht werden. Bei der Schnittchrysanthemenzucht verwendet der Gärtner für ca. 2-3 Wochen auch Langtagsbedingungen, bevor er aufgrund der geforderten Stiellängenvorgabe auf Kurztagsbedingungen wechselt [12]. Wenn die Nachtperiode durch hyperrotes Licht unterbrochen wird, kann die Blüte der Chrysantheme gehemmt werden. Dies gilt auch für Perilla-

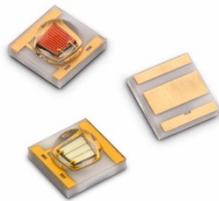


Abbildung 6: Würth Elektronik **WL-SMDC** SMD Mono-color keramische LED Waterclear

Pflanzen [14] und Weizen [15]. Daher kann die Dauer der Nachtzeit wichtiger sein als die Dauer der Lichtzeit. Die Blüte von Kalanchoe, einer Kurztagspflanze, wird hauptsächlich durch Rotlicht gesteuert [16]. Mit diesen Informationen können Landwirte ihre eigene optimierte Lichtrezeptur für Kulturpflanzen entwickeln.

4 Zusammenfassung

Phytochrome sind Photorezeptoren und eine der wesentlichen Möglichkeiten der Pflanzen, ihre Umwelt wahrzunehmen. Sie sind für die Erkennung von rotem und dunkelrotem Licht verantwortlich, das in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzenproduktion eine Vielzahl von Reaktionen auslöst und steuert. Das Funktionsprinzip von Phytochrom Pr (660 nm) und Pfr (730 nm) kann zur Steuerung vieler photomorphologischer Prozesse in einer Pflanze genutzt werden. Die genaue Wirkung hängt von der Art und der Sorte ab. Mit Hilfe der gartenbaulichen Expertise kann es zu einer Erhöhung der gewünschten Qualitätsparameter führen, weshalb der kombinierte Einsatz von rotem und weitem Rotlicht in Pflanzenleuchten unerlässlich ist. Für den Züchter ist es von Vorteil, die 730 nm LEDs separat zu steuern und an seine Bedürfnisse oder seine eingestellten Qualitätsparameter anzupassen. Je nach Ziel ist es sinnvoll, dass die LEDs mit der Wellenlänge 730 nm in einem einzigen Kanal separat dimmbar sind. Aus diesem Grund haben wir spezielle Gartenbau-LEDs mit Wellenlängen von 660 nm (Hyper Red) und 730 nm (Far Red) entwickelt, die in unserer **WL-SMDC Horticulture-Serie** enthalten sind. Diese Produkte wurden so optimiert, dass sie dem Absorptionsspitzenwert der beiden Phytochromformen entsprechen (Abbildung 5).

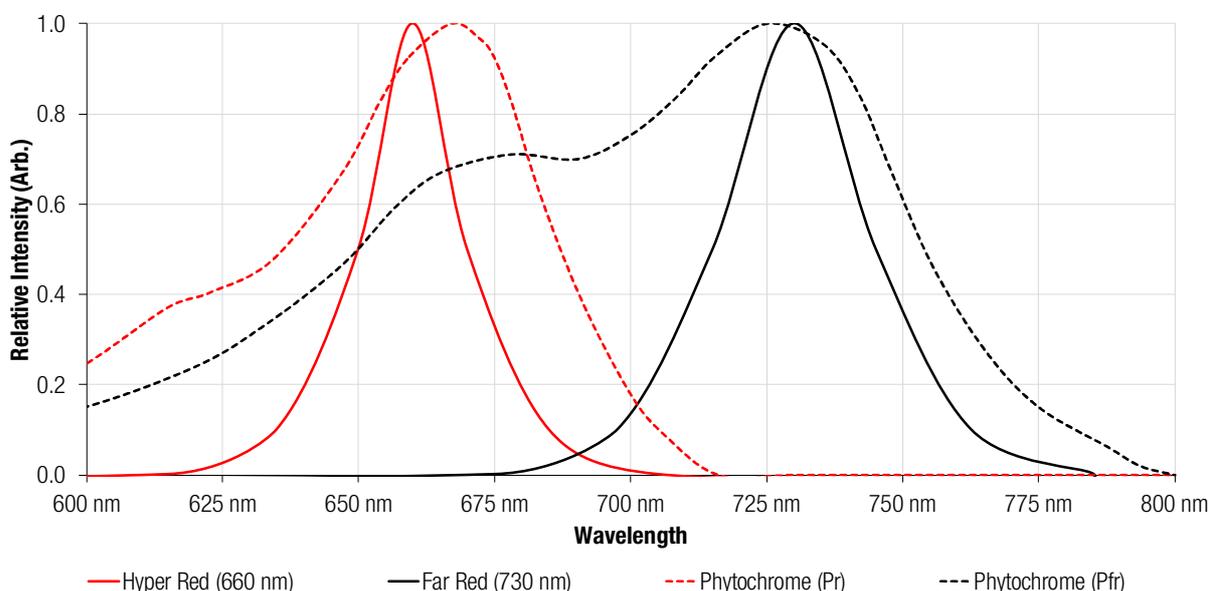


Abbildung 5: Die Absorptionsspektren von den Phytochromen Pr und Pfr und die Lichtleistung von den WL-SMDC hyperroten (**150353HS74500**) und dunkelroten (**150353FS74500**) keramischen LEDs.

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?



A. Anhang

A.1. Bill of Material

Index	Beschreibung	Baugröße	Wert	Artikelnummer
	WL-SMDC	3535	Hyper-red $\lambda = 660 \text{ nm}$	150353HS74500
	WL-SMDC	3535	Far-red $\lambda = 730 \text{ nm}$	150353FS74500

A.2. Literaturverzeichnis

- [1] J. Li, G. Li, H. Wang, and X. Wang Deng, "Phytochrome signaling mechanisms.," *Arab. B.*, vol. 9, p. e0148, 2011.
- [2] R. Pierik and M. de Wit, "Shade avoidance: phytochrome signalling and other aboveground neighbour detection cues," *J. Exp. Bot.*, vol. 65, no. 11, pp. 2815–2824, Jun. 2013.
- [3] K. J. Halliday, M. G. Salter, E. Thingnaes, and G. C. Whitelam, "Phytochrome control of flowering is temperature sensitive and correlates with expression of the floral integrator FT.," *Plant J.*, vol. 33, no. 5, pp. 875–885, Mar. 2003.
- [4] S. Contreras, M. A. Bennett, J. D. Metzger, D. Tay, and H. Nerson, "Red to Far-red Ratio During Seed Development Affects Lettuce Seed Germinability and Longevity," *HortScience*, vol. 44, no. 1, pp. 130–134, Feb. 2009.
- [5] H. Wang and H. Wang, "Phytochrome Signaling: Time to Tighten up the Loose Ends," *Mol. Plant*, vol. 8, no. 4, pp. 540–551, Apr. 2018.
- [6] M.-J. Lee, K.-H. Son, and M.-M. Oh, "Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light," *Hortic. Environ. Biotechnol.*, vol. 57, no. 2, pp. 139–147, Apr. 2016.
- [7] S. P. Hoad and R. R. B. Leakey, "Effects of pre-severance light quality on the vegetative propagation of *Eucalyptus grandis* W Hill ex Maiden - Cutting morphology, gas exchange and carbohydrate status during rooting," *TREES-STRUCTURE Funct.*, vol. 10, no. 5, pp. 317–324, Jun. 1996.
- [8] P. A. Davis and C. Burns, "Photobiology in protected horticulture," *Food Energy Secur.*, vol. 5, no. 4, pp. 223–238, 2016.
- [9] C. Kubota, P. Chia, Z. Yang, and Q. Li, "Applications of far-red light emitting diodes in plant production under controlled environments," in *International Symposium on Advanced Technologies and Management Towards Sustainable Greenhouse Ecosystems: Greensys2011 952*, 2011, pp. 59–66.
- [10] Z.-C. Yang, C. Kubota, P.-L. Chia, and M. Kacira, "Effect of end-of-day far-red light from a movable LED fixture on squash rootstock hypocotyl elongation," *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, vol. 136, pp. 81–86, 2012.
- [11] F. Tooke, M. Ordidge, T. Chiurugwi, and N. Battey, "Mechanisms and function of flower and inflorescence reversion," *J. Exp. Bot.*, vol. 56, no. 420, pp. 2587–2599, 2005.
- [12] Y. H. Song, J. S. Shim, H. A. Kinmonth-Schultz, and T. Imaizumi, "Photoperiodic Flowering: Time Measurement Mechanisms in Leaves," *Annu. Rev. Plant Biol.*, vol. 66, pp. 441–464, Apr. 2015.
- [13] S. Kumar M.C. Singh and D. Sharma, *Effect of Photosynthetically Active Radiation (PAR) from LEDs on Growth and Development of Chrysanthemum morifolium Ramat. cv. Zembla*, vol. 6. 2017.
- [14] K.-Y. Park, *Flowering Response to Light Intensity and Night Interruption in Perilla*, vol. 40. 1995.
- [15] S. Pearce, L. M. Shaw, H. Lin, J. D. Cotter, C. Li, and J. Dubcovsky, "Night-break experiments shed light on the Photoperiod 1-mediated flowering," *Plant Physiol.*, Jan. 2017.
- [16] W. Amaki and M. Kunii, "Effects of light quality on the flowering responses in *Kalanchoe blossfeldiana*," in *Acta Horticulturae*, 2015, no. 1107, pp. 279–284.

Application Note

Das Phytochromsystem - Was ist der Nutzen von Dunkelrotem Licht?



WICHTIGER HINWEIS

Der Anwendungshinweis basiert auf unserem aktuellen Wissens- und Erfahrungsstand, dient als allgemeine Information und ist keine Zusicherung der Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG zur Eignung des Produktes für Kundenanwendungen. Der Anwendungshinweis kann ohne Bekanntgabe verändert werden. Dieses Dokument und Teile hiervon dürfen nicht ohne schriftliche Genehmigung vervielfältigt oder kopiert werden. Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG und seine Partner- und Tochtergesellschaften (nachfolgend gemeinsam als „WE“ genannt) sind für eine anwendungsbezogene Unterstützung jeglicher Art nicht haftbar. Kunden sind berechtigt, die Unterstützung und Produktempfehlungen von WE für eigene Anwendungen und Entwürfe zu nutzen. Die Verantwortung für die Anwendbarkeit und die Verwendung von WE-Produkten in einem bestimmten Entwurf trägt in jedem Fall ausschließlich der Kunde. Aufgrund dieser Tatsache ist es Aufgabe des Kunden, erforderlichenfalls Untersuchungen anzustellen und zu entscheiden, ob das Gerät mit den in der Produktspezifikation beschriebenen spezifischen Produktmerkmalen für die jeweilige Kundenanwendung zulässig und geeignet ist oder nicht.

Die technischen Daten sind im aktuellen Datenblatt zum Produkt angegeben. Aus diesem Grund muss der Kunde die Datenblätter verwenden und wird ausdrücklich auf die Tatsache hingewiesen, dass er dafür Sorge zu tragen hat, die Datenblätter auf Aktualität zu prüfen. Die aktuellen Datenblätter können von www.we-online.com heruntergeladen werden. Der Kunde muss produktspezifische Anmerkungen und Warnhinweise strikt beachten. WE behält sich das Recht vor, an seinen Produkten und Dienstleistungen Korrekturen, Modifikationen, Erweiterungen, Verbesserungen und sonstige Änderungen vorzunehmen. Lizenzen oder sonstige Rechte, gleich welcher Art, insbesondere an Patenten, Gebrauchsmustern, Marken, Urheber- oder sonstigen gewerblichen Schutzrechten werden

hierdurch weder eingeräumt noch ergibt sich hieraus eine entsprechende Pflicht, derartige Rechte einzuräumen. Durch Veröffentlichung von Informationen zu Produkten oder Dienstleistungen Dritter gewährt WE weder eine Lizenz zur Verwendung solcher Produkte oder Dienstleistungen noch eine Garantie oder Billigung derselben.

Die Verwendung von WE-Produkten in sicherheitskritischen oder solchen Anwendungen, bei denen aufgrund eines Produktausfalls sich schwere Personenschäden oder Todesfällen ergeben können, sind unzulässig. Des Weiteren sind WE-Produkte für den Einsatz in Bereichen wie Militärtechnik, Luft- und Raumfahrt, Nuklearsteuerung, Marine, Verkehrswesen (Steuerung von Kfz, Zügen oder Schiffen), Verkehrssignalanlagen, Katastrophenschutz, Medizintechnik, öffentlichen Informationsnetzwerken usw. weder ausgelegt noch vorgesehen. Der Kunde muss WE über die Absicht eines solchen Einsatzes vor Beginn der Planungsphase (Design-In-Phase) informieren. Bei Kundenanwendungen, die ein Höchstmaß an Sicherheit erfordern und die bei Fehlfunktionen oder Ausfall eines elektronischen Bauteils Leib und Leben gefährden können, muss der Kunde sicherstellen, dass er über das erforderliche Fachwissen zu sicherheitstechnischen und rechtlichen Auswirkungen seiner Anwendungen verfügt. Der Kunde bestätigt und erklärt sich damit einverstanden, dass er ungeachtet aller anwendungsbezogenen Informationen und Unterstützung, die ihm durch WE gewährt wird, die Gesamtverantwortung für alle rechtlichen, gesetzlichen und sicherheitsbezogenen Anforderungen im Zusammenhang mit seinen Produkten und der Verwendung von WE-Produkten in solchen sicherheitskritischen Anwendungen trägt.

Der Kunde hält WE schad- und klaglos bei allen Schadensansprüchen, die durch derartige sicherheitskritische Kundenanwendungen entstanden sind.

NÜTZLICHE LINKS



Application Notes

www.we-online.de/app-notes



REDEXPERT Design Plattform

www.we-online.de/redexpert



Toolbox

www.we-online.de/toolbox



Produkt Katalog

www.we-online.de/produkte

KONTAKTINFORMATION

appnotes@we-online.de

Tel. +49 7942 945 - 0



Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG
Max-Eyth-Str. 1 · 74638 Waldenburg · Germany

www.we-online.de

