

Biologie

Trockenstress bei Pflanzen – Wassermangel im Unterricht messen

In den Jahren 2018 bis 2020 regnete es in Deutschland viel zu wenig, was deutlich am Zustand der Wälder zu sehen ist. Zwar verfügen Pflanzen über bestimmte Mechanismen, mit trockenen Phasen umzugehen, aber eben nur für eine bestimmte Zeit. Zudem ist das mit großem Stress für sie verbunden.

Bäume, die an ihr jeweiliges Verbreitungsgebiet angepasst sind, verfügen über verschiedene Möglichkeiten, die Ressource Wasser aufzunehmen bzw. zu nutzen. Ein extremer Mangel führt jedoch zu Trockenstress und zur Ausschüttung des Hormons Abscisinsäure (ABA), das eine Vielzahl biochemischer Prozesse beeinflusst. Auch die Fotosynthese kommt ohne Wasser zum Erliegen. Diese Stresssymptomatik kann für Lernende sichtbar gemacht werden.



Kiefern-Mischwald: Neben scheinbar intakten Bäumen sind bereits vertrocknete Kiefern zu erkennen.

Strategien bei Wassermangel

Wasser ist für alle Organismen lebensnotwendig. Sie brauchen Wasser für die Aufrechterhaltung der Zellstruktur, Transportvorgänge, Energiegewinnung und -speicherung, Temperaturhaushalt etc. Insbesondere bei pflanzlichen Organismen, die sich nicht fortbewegen können, führt ein plötzlich auftretender Wassermangel zu Trockenstress. Bei krautigen Pflanzen sind die Auswirkungen innerhalb weniger Stunden zu sehen. Arten, die ihr natürliches Verbreitungsgebiet in semiariden

Angepasstheit	Beispiel	Lebensraum
Morphologie/Anatomie		
Tiefwurzler	Stieleiche	Mitteleuropa
Blattstellung verdickte Blätter (Abb. 1) reduzierte Blattoberfläche	Eukalyptus-Arten	Australien
	Fetthenne Milchbaum	
Cuticula mit Wachsschicht Spaltöffnungen (Abb. 2) bzw. eingesenkte Spaltöffnungen	Oleander	Südeuropa
	Rotfichte	Nordeurasien
Stoffwechsel		
Laubabwurf	Affenbrotbaum	afrikanisches Tiefend südlich der Sahara
Wasserspeicherung (Abb. 3)	Cactoideae	Nordamerika
C4-Fotosynthese	Mais	Mittelamerika
Crassulaceen-Stoffwechsel	Cactoideae	Nordamerika

Anpassungserscheinungen pflanzlicher Organismen an trockene Standorte, Beispiele und ursprüngliche Vorkommen

und ariden (wüstenhaften) Gebieten haben, weisen eine Vielzahl von Strategien gegen den Mangel auf: veränderte Cuticula (eine Art Wachsschicht auf Blättern), Reduktion der Blattoberfläche, eingesenkte Spaltöffnungen, Sitz, Anzahl oder Öffnungsrythmus der Spaltöffnungen, C4/CAM-Stoffwechsel.

ABA als Trockenstresshormon

Sobald die Wasserversorgung stagniert, wird ABA aus den Apoplasten der Blatt- und Wurzelzellen ausgeschieden und zu den Schließzellen transportiert. Es bewirkt, dass Wasser aus den Vakuolen abgegeben wird. Durch die eintretende Verminderung des Zellinnendrucks (Turgor) kommt es zu einer 30- bis 70-prozentigen Verengung der Spaltöffnungen, was eine Verringerung der Wasserdampf-abgabe bewirkt.

Ebenfalls ist das Phytohormon ABA dafür verantwortlich, dass Blätter und Früchte abgestoßen werden. Dadurch wird ein weiterer Wasser- und Energieverlust unter-

bunden. ABA zu analysieren, ist technisch herausfordernd und im Freiland schwer umzusetzen. Allerdings können die vorhandenen Kenntnisse zur Fotosynthese genutzt werden, um indirekt eine unter Stress stehende Pflanze zu erkennen.

Fotosynthese bei Wassermangel

Wasser wird während der Fotosynthese mithilfe von Lichtenergie in die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt (Fotolyse des Wassers); gibt es zu wenig Wasser, wird das unterbunden. Bei hoher Lichteinstrahlung und geringer Wasserversorgung kommt es zur Fotorespiration. Eine geringere Fotosyntheserate ist durch die Infrarotabstrahlung von Chloroplasten messbar. Im Fotosystem II kommt es bei der Absorption von Lichtenergie im Rotlichtbereich zur Anregung von Pigmentmolekülen (Chlorophyll a). Diese werden aus einem Grundzustand in einen energiereicheren Singulett-Zustand versetzt. Durch Anregung im Blaulichtbereich werden die Moleküle in einen zweiten Singulett-Zustand gehoben. Wird der zweite Zustand nicht erreicht, kommt es zu Energieabgabe in Form von Fluoreszenzlicht und Wärme.

Trockenstress sichtbar machen

Um die veränderte Lichtabstrahlung festzustellen, kann man eine handelsübliche Digitalkamera modifizieren. Die meisten Kameras sind in der Lage, ein breites Lichtspektrum aufzunehmen. Dieses wird in

Weitere Informationen

Bowsher, C., Steer, M. & Tobin, A. (2008). *Plant Biochemistry*. New York: Garland Pub.

Gulder, H. J. (2017). *LWF Wissen 80 – Beiträge zur Fichte*.

Bresinsky, A. et al. (2008). *Strasburger – Lehrbuch der Botanik*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Lehninger, A. L. (1987). *Prinzipien der Biochemie* (S. 714). Berlin: de Gruyter-Verlag.

McAdam, S., Brodribb, T., Banks, J. et al. (2016). Abscisic acid controlled sex before transpiration in vascular plants. *PNAS*.

doi.org/10.1073/pnas.1606614113

Roháček, K., Soukupova, J. & Barták, M. (2008). Chlorophyll fluorescence: A wonderful tool to study plant physiology and plant stress. In B. Schoefs (ed.). *Plant cell compartments – Selected topics. Research Signpost*. India: Kerala.

Yao, J. et al. (2018). Phenotyping of Arabidopsis Drought Stress Response Using Kinetic Chlorophyll Fluorescence and Multicolor Fluorescence Imaging. doi.org/10.3389/fpls.2018.00603

Imbery, F., Kaspar, F., Friedrich, K. & Plückerhahn, B. (2021). *Klimatologischer Rückblick auf 2020: Eines der wärmsten Jahre in Deutschland und Ende des bisher wärmsten Jahrzehnts*.

www.bit.ly/3HfKcTx

den meisten Fällen durch eingebaute Filter begrenzt. In unserem Fall sollte der Infrarotfilter entfernt werden, um Licht in dem für diese Anwendung relevanten Bereich aufnehmen zu können. Dabei wird der grünlich schimmernde Filter hinter dem Objektiv ausgebaut. Zur Auswertung der Bilder kann die Open-Source-Software QGIS genutzt werden, die Bilder in das Raster des normierten differenzierten Vegetationsindex (NDVI) umrechnen kann. Dadurch können die Farbspektren von gestressten und nicht gestressten Pflanzen veranschaulicht werden.

Dr. Thomas Hoppe ist als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Friedrich-Schiller-Universität Jena in der AG Biologiedidaktik tätig.

Carla Porges, M. Sc., ist Lehrkraft und als Gastwissenschaftlerin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena in der AG Biologiedidaktik tätig.

Dr. Karl Porges ist abgeordnete Lehrkraft und als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Friedrich-Schiller-Universität Jena in der AG Biologiedidaktik tätig.

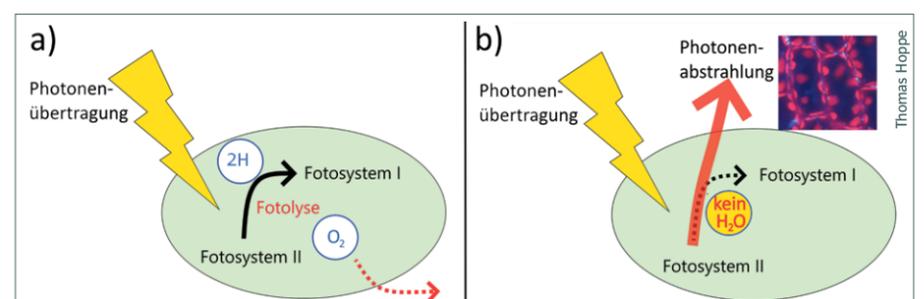
ANZEIGE



Institut Dr. Flad
Staatlich anerkanntes Berufskolleg
Breitscheidstraße 127, 70176 Stuttgart
Tel.: (0711) 63 74 60, Fax: (0711) 63 74 618
E-Mail: flad@chf.de, www.chf.de

Berufe mit Zukunft: CTA/PTA/UTA

- Ausbildung in zwei Jahren mit staatlicher Prüfung
- CTA mit Schwerpunkt Umwelt oder Biotechnologie möglich
- Gleichzeitig Erwerb der Fachhochschulreife (FHR) möglich
- Freiwillige Arbeitsgemeinschaften und Förderkurse
- Eigenes Wohnheim und Mensa
- Stipendien und zinslose Darlehen (BAföG)
- Bei entsprechend guter Leistung Ausbildung kostenlos
- BORS und BOGY, Experimentiersamstage
- Schnuppertage, Berufsinformationstage



Ablaufschema der Photonenübertragung: a) normaler Wasserhaushalt, b) Wassermangel