

Kapitel 38

Die pflanzliche Entwicklung wird durch interagierende Faktoren gesteuert

- Umwelt, Photorezeptoren, Phytohormone und das Genom der Pflanze spielen alle bei der Regulation der pflanzlichen Entwicklung eine Rolle.
- Phytohormone vermitteln zahlreiche Entwicklungsphänomene bei Pflanzen. Jedes Pflanzenhormon (Phytohormon) hat vielfältige regulatorische Rollen und wirkt sich dabei auf mehrere unterschiedliche Aspekte der Entwicklung aus. Die Interaktionen zwischen den Phytohormonen sind häufig komplex.

Siehe Tabelle 38.1

- Die Wirkung von Phytohormonen und Photorezeptoren wird über Signaltransduktionswege vermittelt.

Die Pflanzenentwicklung im Überblick

- Zellteilung, Zellstreckung und Zelldifferenzierung tragen alle zur pflanzlichen Entwicklung bei.
- Bei Ende der Keimruhe keimt der Samen aus und entwickelt sich zu einem wachsenden Keimling. Photorezeptoren und Phytohormone regulieren die Keimlingsentwicklung.
[Siehe Abbildung 38.1](#), [Aktivität 38.1](#) und [Aktivität 38.2](#)
- Die Pflanze blüht schließlich und setzt Früchte an. Die Blüte wird bei einigen Pflanzen durch die Länge der Nacht kontrolliert. Phytohormone spielen bei der sexuellen Reproduktion von Pflanzen eine Rolle.
- Einige Pflanzenknospen durchlaufen eine winterliche Knospenruhe. Alle Pflanzen altern schließlich und sterben ab.

Das Ende der Keimruhe und der Beginn der Keimung

- Die Keimruhe kann durch den Ausschluss von Wasser oder Sauerstoff aus dem Embryo bedingt sein, auch durch ein mechanisches Einengen des Embryos oder durch chemische Hemmung der Embryonalentwicklung. In der Natur wird die Keimruhe durch verschiedenste Mechanismen durchbrochen, wie Aufrauen der Samenschale, Feuer, Auswaschen und niedrige Temperaturen.
- Die Keimruhe bietet adaptive Vorteile, zum Beispiel eine höhere Wahrscheinlichkeit, am richtigen Ort und zu einer Jahreszeit zu keimen, die für das Keimlingswachstum günstig sind.
- Die Samenkeimung beginnt mit der Aufnahme von Wasser und der Quellung des Samens. Anschließend mobilisiert der Embryo seine Reserven, um chemische Bausteine und Energie zu gewinnen.
- Die Embryonen von Getreidesamen sondern Gibberelline ab, welche die Aleuronschicht dazu veranlassen, Verdauungsenzyme zu synthetisieren und auszusecheiden; diese bauen die im Endosperm gespeicherten Makromoleküle ab.

[Siehe Abbildung 38.4](#) und [Aktivität 38.3](#)

Gibberelline regulieren viele Prozesse von der Keimung bis zum Fruchtwachstum

- Es gibt Dutzende von Gibberellinen. Unter diesen reguliert Gibberellin A₁ das Sprosswachstum bei den meisten Pflanzen.

- Mutantpflanzen, die nicht ausreichend Gibberelline bilden können, sind Zwergformen: Ihre Sprossachse ist kürzer als beim Wildtyp.
- Gibberelline regulieren bei einigen Früchten das Wachstum und lösen bei zweijährigen Pflanzen das „Schossen“ (Schießen) aus.
[Siehe Abbildung 38.6](#)

Auxine beeinflussen bei Pflanzen Wachstum und Form

- Durch Untersuchungen zum Phototropismus gelang die Entdeckung und Isolierung von Auxinen wie der Indolelessigsäure. Bei Graskeimlingen befindet sich der Photorezeptor für Phototropismus in der Coleoptilspitze. Ein Auxinsignal wandert vom Photorezeptor zur Wachstumszone in der Coleoptile.
[Siehe Abbildung 38.7](#), [Abbildung 38.8](#) und [Tutorium 38.1](#)
- Der Auxintransport ist gerichtet. Auxinanion-Effluxcarrier sind auf das basale Zellende beschränkte Membranproteine, die dafür verantwortlich sind, dass Auxin von der Sprossspitze zur Sprossbasis wandert.
[Siehe Abbildung 38.9](#)
- Die laterale Bewegung von Auxin, die durch Auxin-Carrierproteine vermittelt wird, ist für Phototropismus und Gravitropismus verantwortlich.
[Siehe Abbildung 38.10](#)
- Auxin wirkt mit bei der Wurzelbildung, dem Blattfall, der Apikaldominanz und der parthenokarpen Fruchtentwicklung. Bestimmte synthetische Auxine werden als selektive Herbizide eingesetzt.
[Siehe Abbildung 38.12](#)
- Die Richtung der Zellstreckung ist durch die Anordnung der Cellulosemikrofibrillen in der pflanzlichen Zellwand begrenzt. Auxin erhöht die Plastizität der Zellwand und fördert dadurch die Zellstreckung. Dies geschieht, indem Protonen aus dem Cytoplasma in die Zellwand gepumpt werden; durch den niedrigeren pH-Wert werden dort Proteine aktiviert, die so genannten Expansine.
[Siehe Abbildung 38.14](#), [Abbildung 38.15](#) und [Tutorium 38.3](#)
- Wie alle Phytohormone wird Auxin durch Rezeptorproteine gebunden.
- Auxin und andere Phytohormone geben das Signal zur Zelldifferenzierung und Organbildung.
[Siehe Tutorium 38.2](#)

Cytokinine sind von der Keimung bis zur Seneszenz aktiv

- Cytokinine sind Adeninderivate. Zeatin und Isopentenyladenin sind natürlich vorkommende Cytokinine; Kinetin ist ein synthetisches Cytokinin.
- Cytokinine wurden zuerst als Promotoren der pflanzlichen Zellteilung untersucht; sie fördern ferner die Samenkeimung bei einigen Pflanzenarten, hemmen außerdem das Streckungswachstum der Sprossachse, fördern das Dickenwachstum von Spross und Wurzel, stimulieren das Wachstum von Seitenknospen, fördern das Flächenwachstum von Blattgewebe und verzögern die Blattseneszenz.

Ethylen: Ein Phytohormon, das Blattseneszenz und Fruchtreife beschleunigt

- Der Blattfall wird durch ein Gleichgewicht zwischen Auxin und Ethylen kontrolliert.
- Ethylen fördert Seneszenz und Fruchtreife.

- Ethylen führt zur Bildung des schützenden Hypokotylhakens bei eudikotylen Keimlingen, die noch nicht dem Licht ausgesetzt waren. Im Spross hemmt Ethylen das Streckungswachstum, fördert das Dickenwachstum und macht die Pflanzenzellen für den Gravitropismus unempfindlich.
- Ethylen wirkt durch einen Signaltransduktionsweg, der zwei Membranproteine einschließt und letztlich zur Genexpression führt.

[Siehe Abbildung 38.17](#)

Abscisinsäure: Das Stresshormon

- Abscisinsäure erhält anscheinend die winterliche Knospenruhe aufrecht. Sie verhindert das Auskeimen von Samen, die noch in Verbindung mit der Mutterpflanze stehen, und hemmt die Sprossstreckung. Abscisinsäure reguliert durch ihre Wirkung auf das Öffnen der Stomata ferner den Gas- und Wasseraustausch zwischen Blättern und Atmosphäre.

Brassinosteroide: Phytohormone, die an der Lichtwirkung beteiligt sind

- Es gibt Dutzende von Brassinosteroiden. Diese Steroidhormone beeinflussen die Zellstreckung, das Pollenschlauchwachstum, die Differenzierung des Leitgewebes und das Längenwachstum der Wurzeln. Einige Lichteffekte werden durch die Veränderungen in der Wirkung und der Menge von Brassinosteroiden hervorgerufen.

Licht und Photorezeptoren

- Phytochrome sind bläuliche Farbstoffe, die im Cytoplasma vorkommen. Jedes Phytochrom existiert in zwei Formen, P_r und P_{fr} , die durch Licht ineinander überführt werden können. P_r absorbiert Rotlicht und wird dabei in P_{fr} umgewandelt; P_{fr} absorbiert Dunkelrotlicht und wird dabei in P_r überführt. Bei vollständiger Dunkelheit geht P_{fr} wieder in P_r über.

[Siehe Abbildung 38.18](#)

- Phytochrome besitzen eine Wirkung auf Keimlingswachstum, Blühvorgang und Etiolierung.
 - Die fünf bekannten Phytochrome vermitteln die Effekte von Rot- und Dunkelrotlicht sowie von energiearmem Blaulicht. Sie können unterschiedliche Rollen bei der pflanzlichen Entwicklung spielen; ihre Signaltransduktionswege können miteinander interagieren und auf diese Weise die Wirkungen übermitteln, die durch Lichtverhältnisse verschiedener Spektralverteilungen entstehen.
 - Cryptochrome sind gelbe Pigmente, die Blaulicht und ultraviolettes Licht absorbieren; sie treten mit Phytochromen bei der Kontrolle der Keimlingsentwicklung und der Blühinduktion in Wechselwirkung. Cryptochrome vermitteln die Effekte von energiereichem Blaulicht.
 - Die Signaltransduktionswege für Phytochrome und Cryptochrome werden durch Proteinkinasen gesteuert.
 - Phototropin, ein weiterer gelber Farbstoff, ist der Photorezeptor für den Phototropismus.
- Siehe Abbildung 38.19**
- Zeaxanthin, ein weiterer Blaulichtrezeptor, vermittelt die lichtinduzierte Öffnung der Stomata.