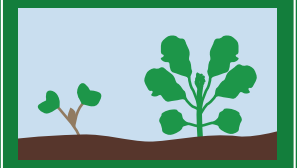
Foto: Dabbert

top agrar-Serie
FACHWISSEN PFLANZENBAU



• Pflanzenphysiologie
▶ **Phytohormone**

Hormone regulieren die Pflanzen

Phytohormone sind verantwortlich für die Pflanzenentwicklung und das Zusammenspiel der Ertragsorgane. Witterung, Sorteneigenschaften, Düngung und Pflanzenschutz beeinflussen die Prozesse.

UNSERE AUTOREN
Dr. Ute Kropf, Fachhochschule Kiel und Prof. Dr. Hansgeorg Schönberger, N.U. Agrar GmbH

Erst einmal angekeimt, sind Pflanzen in der Umwelt verankert, in der sie aufwachsen. Dort in der Erde dienen Phytohormone als Botenstoffe. Über diese kommunizieren auch weiter entfernte Organe einer Pflanze untereinander (z.B. Wurzel und die Zellen in der Ährenanlage) sowie auch benachbarte Pflanzen (z.B. über die Dampfphase des Ethylens oder Cytokinine über Wurzelausscheidungen).

Phytohormone steuern die Entwicklung der Pflanze, z.B. regulieren in der Wurzel gebildete Hormone das oberirdische Wachstum. Die Hormone steuern die Morphologie und Physiologie, dabei reagieren sie auf Tageslänge und alle Umwelteinflüsse, aber auch auf Düngungsmaßnahmen, Wachstumsregler, Fungizide und Herbizide sowie auf mechanische Eingriffe wie Walzen und Striegeln. Das gilt sowohl für die wachstumsfördernden Gruppen der Phytohormone (Cytokinine, Gibberelline, Auxine, Brassinosteroide) als auch für die Hormongruppen, die in der Pflanze für die Reaktion auf Stress, Alterung und Abreife (Abscisinsäure, Ethylen, Jasmonate, Strigolactone) zuständig sind.

Sortenunterschiede in der hormonellen Ausstattung beeinflussen nicht nur die Ertragsstruktur. Auch auf Saatzeit, Ablagetiefe, Bestandesdichte und einige

SCHNELL GELESEN

Die fünf bisher wichtigsten Hormone sind Cytokinine, Gibberelline und Auxine sowie Abscisinsäure und Ethylen.

Von der Keimung bis zur Kornbildung sind Cytokinine, Gibberelline und Auxine für die Pflanzenentwicklung maßgeblich.

In Stresssituation und vor allem für die Abreife spielen Abscisinsäure und Ethylen eine wichtige Rolle.

Wie stark sich Sortentypen unterscheiden, hängt auch von deren Hormonpegel ab.

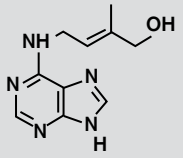
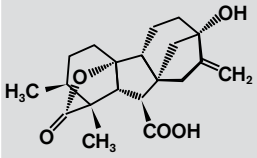
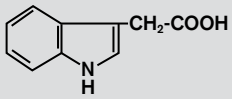
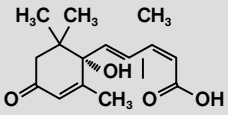
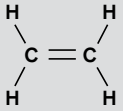
Neben den fünf bekannten Hormongruppen wirken noch weitere Substanzen hormonell auf die Pflanzenentwicklung.

Pflanzenschutzmaßnahmen reagieren die Sorten unterschiedlich. Eigenschaften der wichtigsten Hormongruppen finden Sie in Übersicht 1. Wie Phytohormone auf die Pflanzenentwicklung wirken, lesen Sie auf den nächsten Seiten.

@ *friederike.mund@topagrar.com*

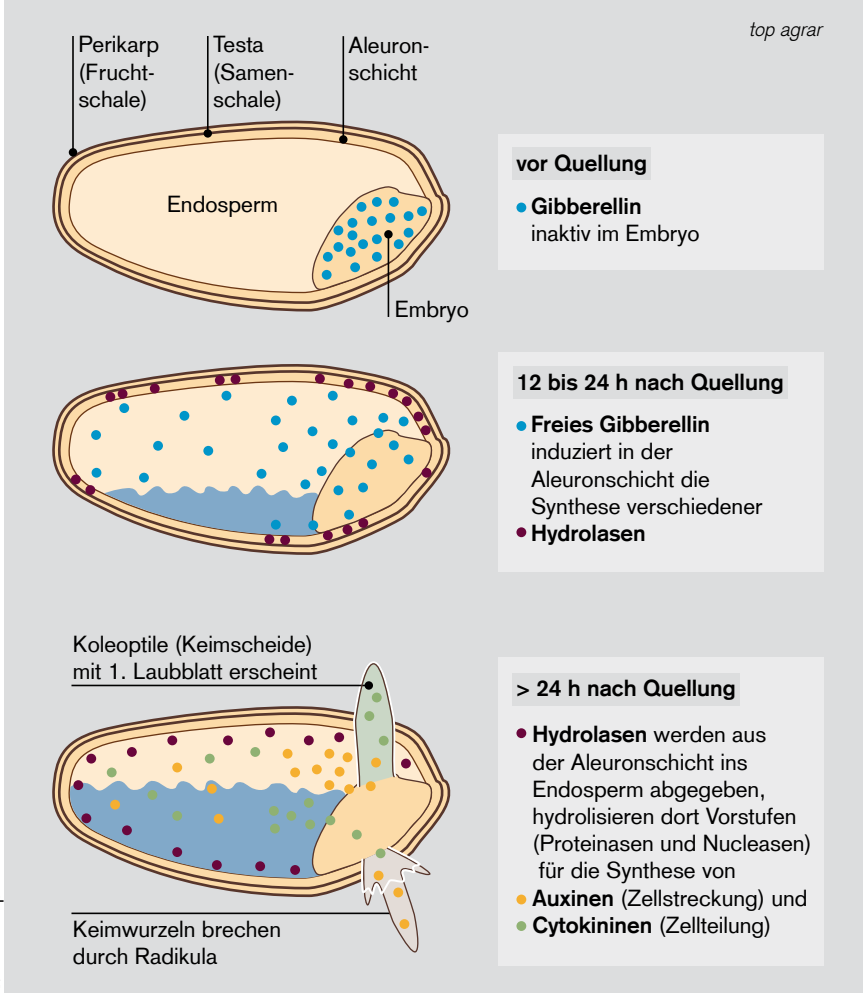
Die Autoren der Serie „Fachwissen Pflanzenbau“ rufen zeitloses Fachwissen in Erinnerung und stellen Zusammenhänge im Pflanzenbau kurz und knackig (wieder) her. Der aktuelle Themenblock „Pflanzenphysiologie“ startet. Es folgen „Fruchtfolge, Zwischenfrüchte, Kulturen“ sowie „Pflanzenschutz und Wachstumsregler“. Schon erschienen sind die Themen „Boden“ und „Bodeneingriff“. Alle Beiträge sammeln wir online frei zugänglich für Abonnenten unter www.topagrar.com/wissen-pflanzenbau ►

ÜBERSICHT 1: VORKOMMEN, FUNKTION UND ANWENDUNG DER FÜNF WICHTIGSTEN PHYTOHORMONGRUPPEN

Chemische Verbindung	Faktor	Beschreibung
Cytokinine (Cytokinese: Zellteilung): stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindungen, z. B. Zeatin isoliert aus Maiskörnern		
	Vorkommen	In allen sich teilenden Geweben: vor allem Wurzelspitzen, Blätter, Blütenknospen, wachsende Samen
	Funktion	Stimulieren Photosynthese und Chlorophyllbildung sowie Knospenaustrieb, brechen die apikale Dominanz des Haupttriebes, öffnen die Spaltöffnungen und verlangsamen die Alterung. Cytokinine sind verantwortlich für den „Greening-Effekt“, sie sind Gegenspieler der Alterungshormone ABA und Ethylen.
	Praktische Anwendung	N-Düngung, N-Nachlieferung und Fungizidwirkstoffe (Triazole, Strobilurine, Carboxamide) stimulieren die Cytokininsynthese und fördern damit die vegetative Entwicklung der Pflanze.
Gibberelline: Bekannt sind über 140 Gibberellinsäuren, von denen z. B. im Schossen nur einige physiologisch aktiv sind.		
	Vorkommen	Im Samen – dort stimulieren sie die Keimung – und in allen teilungsfähigen Geweben (Wurzelspitze, Sprossspitze, Achsengewebe); Gibberelline sind mitverantwortlich für die Zellstreckung, sie lösen das Schossen aus.
	Funktion	Zellstreckung bei der Keimung, Blattbildung, Internodienstreckung (Schossen), Kornbildung (Entwicklung der Endosperms), Fruchtbildung
	Praktische Anwendung	Synthetische Gibberelline beenden Keimruhe und stimulieren die Keimung z. B. beim Mälzen, erhöhen den Zuckerertrag von Zuckerrohr, vergrößern Früchte z. B. von kernlosen Weintrauben; Wachstumsregulatoren hemmen die Gibberellinsynthese.
Auxine: Indol-3-Essigsäure („indole-3-acetic acid“, IAA) als wichtigstes natürlich vorkommendes Auxin		
	Vorkommen	In allen teilungsfähigen Geweben der Spross- und Wurzelspitzen, in wachsenden Samen und Früchten
	Funktion	Stimulieren die Zellstreckung des Sprosses, von Samen und Früchten; unterstützen die Cytokinine bei der Zellteilung. Auxine steuern die apikale Dominanz und beschränken die Bestockung. Sie fördern Wurzelbildung und -verzweigung. Als Gegenspieler von ABA und Ethylen verzögern Auxine die Alterung der Blätter.
	Praktische Anwendung	Synthetische Auxine wirken als herbizide Wuchsstoffe („Pflanze wächst sich tot“), zur Blütenausdünnung im Zierpflanzenbau, Blüh- und Fruchtsynchronisation im Obstbau oder zur Verbesserung der Fruchtqualität bei Baumfrüchten.
Abscisinsäure („abscisic acid“, ABA): Ruhe- und Stresshormon		
	Vorkommen	Blätter, alterndes Gewebe, reifende Früchte
	Funktion	Verzögert den Übergang von der vegetativen in die generative Phase, induziert Keimruhe, schließt die Spaltöffnungen zum Wassersparen, induziert Blatt- und Fruchtfall (Abszission); verstärkte Synthese in der Wurzel und Transport in den Spross bei Stress (z. B. Nährstoff- und Wassermangel, Hitze, Trockenheit, Schadverdichtung, Pathogenbefall).
	Praktische Bedeutung	ABA ist ein Gegenspieler der Wachstumshormone (Cytokinine, Gibberelline, Auxine) und leitet Alterungsprozesse ein, baut die Keimruhe auf und beschleunigt die Alterung bis hin zur Notreife unter Stress.
Ethylen: Gasförmiges Alterungs- und Reifehormon		
	Vorkommen	Wird in alternden und reifenden Geweben gebildet und wirkt auch dort. Ethylen ist gasförmig und wird in der Pflanze nicht transportiert.
	Funktion	Lässt Gewebe durch den Abbau von Chlorophyll schneller altern und reifen. Wird verstärkt bei Stress durch Trockenheit, Hitze, Staunässe und Schadverdichtungen gebildet. Bei P-Mangel fördert Ethylen das Wurzelhaarwachstum; bei Staunässe die Adventivwurzeln. Ethylen hemmt die Zellstreckung und fördert das Dickenwachstum.
	Praktische Anwendung	Ethephon stimuliert als Wachstumsregler die Ethylensynthese und festigt das Gewebe durch schnellere Alterung. Stressauslösende Herbizide (z. B. Bifenox, Carfentrazon als PPO-Hemmer) verstärken die Ethylenbildung. Es dient auch zur Reifeförderung z. B. bei Bananen, je nach Anwendungstermin auch zur Blühförderung oder Blühhemmung im Zierpflanzenbau.

ABA = Abscisinsäure; N = Stickstoff; P = Phosphor; PPO-Hemmer = Hemmt die protoporphyrinogen Oxidase (HRAC: E) *top agrar; Quelle: Schönberger, Kropf*

ÜBERSICHT 2: ERST MIT DEN AKTIVIERTEN HORMONEN KEIMT DER SAMEN



Quelle: Kropf

△ Je größer Embryo und Endosperm, desto aktiver die Phytohormone und besser die Triebkraft.

KEIMUNG

Startschuss durch Gibberelline

Keimling (Embryo) und Aleuronschicht sind lebende Bestandteile im Samen, aus denen die neue Pflanze entsteht. Im Embryo befinden sich Gibberelline, die bei der Quellung aktiviert werden. Sie aktivieren wiederum in der Aleuronschicht Cytokinine und Auxine. Diese sind für die Zellteilung und -streckung der Keimwurzeln und der ersten beiden Laubblätter des Getreides zuständig (siehe auch Übersicht 2).

Je größer das Korn ist, umso besser ist es mit Phytohormonen und Kornreserven ausgestattet. Größere Samen bilden größere Blätter sowie dickere und längere Wurzeln. Sie haben eine bessere Triebkraft. Die daraus erwachsenden Pflanzen können sich zudem länger aus den Samenreserven ernähren, bevor sie auf Wurzelernährung und Photosynthese umschalten.

Phytohormone, die Keimung und Wurzelbildung fördern, finden sich auch in Regenwurmlosung und werden ebenso von einigen Bodenbakterien gebildet. Diese Phytohormone wirken dann über die Rhizosphäre. Die entsprechende Forschung steckt in diesem Fall allerdings noch in den Kinderschuhen.

WURZELN UND BESTOCKUNG

Auxine und Cytokinine steuern das Wachstum

Nach der Keimung hat die Wurzelbildung Priorität, um die Pflanze sicher zu verankern und zu versorgen. Noch bevor der Spross aufläuft, kann die Keimwurzel von Getreide 8 bis 10 cm lang werden. Die Wurzelspitzen bilden verschiedene Hormone, die sowohl das Wurzelwachstum selbst (Auxine, Brassinosteroide) als auch die oberirdische Entwicklung (Cytokinine) steuern. Wird die Hauptwurzel beschädigt, oder stößt sie auf ein Hindernis (Stein, Verdichtung), bilden sich umgehend Seitenwurzeln. Die in den wachsenden Wurzelspitzen gebildeten Cytokinine bleiben aber nicht in den Wurzeln, sondern gelangen über das Xylem (Leitbahnen für Wasser und Nährstoffe) in den Spross, um dort die Zellteilung und -streckung voranzutreiben. Stoßen die Wurzeln früh auf Verdichtungen, bilden sie mehr Wurzelspitzen und damit auch mehr Cytokinine. Oberirdisch entwickeln sich diese Pflanzen anfangs oft besser als Pflanzen, deren Wurzeltiefgang im Vordergrund steht. Langfristig gesehen sind sie durch den geringeren Tiefgang aber anfälliger gegenüber Trockenheit.

In der Wurzel gebildete Cytokinine begünstigen im Kurztag den Austrieb von Seitenknospen, also die Bestockung. Sie verzögern damit die apikale Dominanz des Haupttriebes. Je länger der abnehmende Kurztag dauert (frühe Aussaat, spätes Vegetationsende), desto mehr Triebe werden gebildet. Die Bestockung im Frühjahr bei immer länger werdenden Tagen (späte Wintersaaten, Sommergetreide) lässt sich durch die Apikaldominanz hemmende Wachstumsregler, z.B. CCC, verlängern und intensivieren. Nitratstickstoff (NO_3-N) im Wurzelraum unterstützt die Synthese und den Transport von Cytokininen. NO_3 fördert die Bestockung stärker als Ammonium-N (z.B. NH_4-Düngung auf leichten Böden). Harnstoff hat keinen Effekt auf die Cytokinine.

Einen gegenteiligen Effekt haben Cytokinine, die in wachsenden Blättern gebildet werden. Diese werden über das Phloem (Leitbahnen für Assimilate) in die Wurzeln transportiert und signalisieren diesen, dass es dem oberirdischen

Foto: Kropf

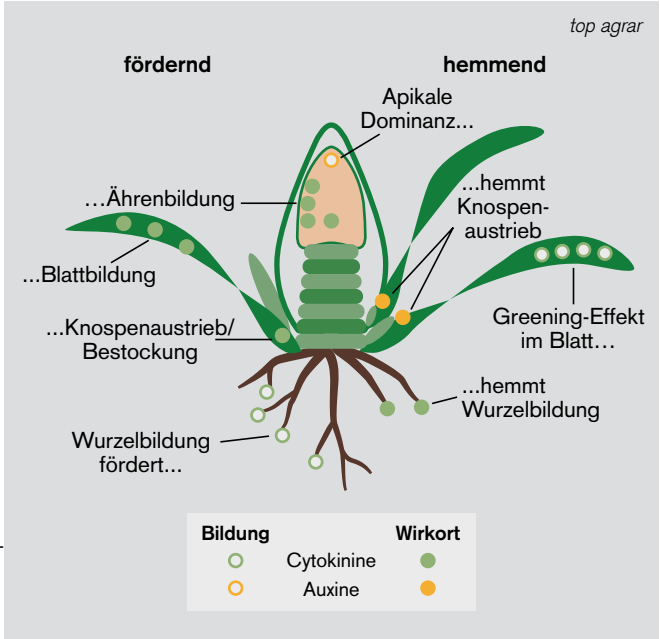
△ Höherer Cytokiningehalt in oberirdischer Masse (rechts) heißt kürzere Wurzeln.

Teil (Spross) der Pflanze gut geht und sie deshalb weniger Energie in die Wurzelentwicklung investieren kann. Ist der Blattapparat hoch mit Cytokininen versorgt („Greening-Effekt"), hemmt dies die Wurzelbildung. Der Greening-Effekt wird u.a. hervorgerufen durch Fungizidwirkstoffe, vor allem Strobilurine und Carboxamide, Blattdüngung mit Stickstoff und/oder Mangan oder ein hohes NO_3-Angebot im Boden. NO_3 wird über den Massenfluss verstärkt in die Blätter transportiert und dort akkumuliert (siehe Übersicht 3).

Ein Mangel an NO_3 im Wurzelraum veranlasst dagegen die Pflanze, Blattreserven an Assimilaten in die Wurzel zu verlagern, damit diese auf der Suche nach neuen NO_3-Quellen weiter in die Tiefe wachsen kann. Gerade die Hauptwurzel des Rapses kann auf der Suche nach Nährstoffen im Herbst auf durchlässigen Böden bis zu 90 cm tief wachsen. Das oberirdische Wachstum ist dann deutlich langsamer als in Beständen, die mit zusätzlichem NO_3-N versorgt sind, das direkt die Blattbildung stimuliert. Eine harmonische Wurzel- und Sprossentwicklung kann man durch den Wechsel von guter und knapper N-Versorgung erreichen. Ist die Pflanze konstant hoch mit N versorgt und weist sie einen hohen Cytokininpegel auf, dominiert das oberirdische Wachstum.

Mit der vegetativen Differenzierung (Bestockung) erfolgt auch die generative Differenzierung der Ährenanlage. Cytokinine fördern die Ährenbildung. Während bei Gerste und Roggen die Anzahl der Blüten pro Ährchen fix ist, kann Weizen je nach Hormonstatus bis zu acht Blüten in den Mittelährchen anlegen und bis zu fünf davon auch einkörnen. Weizensorten, die über Kurzstrohgenetik verfügen, legen dank des hohen Gibberellinpegels besonders viele Blüten pro Ähre an. Diese Korndichte-Typen sind durch das enge Korn/Stroh-Verhältnis auch sehr nährstoff- und wassereffizient. ▶

ÜBERSICHT 3: PHYTOHORMONELLE WECHSELWIRKUNG VON CYTOKININEN UND AUXINEN IN DER BESTOCKUNG



Quelle: Kropf

◁ In der Wurzel gebildete Cytokinine fördern Knospenaustrieb, Bestockung, Ähren- und Blattbildung. Zuviel Cytokinine im Blatt hemmen die Wurzelbildung.

TOP in den LSV 2020

Sorten für Profis:

VIOLA *Wintergerste mz*

- Ertrag pur: Höchstnote 8 in Stufe 2
- Kurz, sehr standfest und strohstabil

ESPRIT *Wintergerste mz*

- Beste Liniensorte im LSV 2020
- Sichere Vermarktung durch gutes hl-Gewicht

Früheifer Winterweizen:

COMPLICE *B* EU-Sorte

- Ertragsstark in den LSV 2020, besonders bei Trockenstress
- Kurz und standfest

Ihre DSV Beratung vor Ort ist gerne für Sie da.

DSV

Innovation für Ihr Wachstum

www.dsv-saaten.de

APIKALE DOMINANZ

Auxine bestimmen die apikale Dominanz

Wie die Pflanzen aufgebaut sind (ihre Architektur), ist kultur- und sortenspezifisch. Die Architektur kann einstängelig (Mais) oder durch Bestockung (Getreide) bzw. Seitentriebe am Haupttrieb (Raps) auch verzweigt sein. Wie stark der Haupttrieb die Bildung von Seitentrieben unterdrückt, wird durch die genetisch vorgegebene apikale Dominanz bestimmt. Diese steuern die in der Sprossspitze gebildeten Auxine. In der Pflanze gelangen sie nach unten in die Wurzel, über längere Strecken in den Leitbahnen (Phloem), aber auch von Zelle zu Zelle. Im Haupttrieb hemmen die Auxine mehr oder weniger stark den Knospenaustrieb in den Blattachseln (siehe auch Übersicht 3 auf Seite 97). In der Wurzel geht dann auch die Bildung von Cytokininen zurück.

Zerstören z.B. Frost oder Fraß den Haupttrieb, ist die Knospenhemmung aufgehoben und die Verzweigungen treiben verstärkt aus. Auch mechanische Maßnahmen wie Walzen und Striegeln beeinflussen während der Bestockung die apikale Dominanz und fördern die gleichmäßige Entwicklung der Triebe (walzen) oder sogar die Nachbestockung (striegeln).

Eine weitere Aufgabe dieser Hormongruppe ist es Gefäße auszubilden und Ertragsorgane an dieses Leitbahnsystem anzubinden (siehe auch Übersicht 4). In den Zellen fördern Auxine die Zellstreckung. Auxinbetonte Sorten sind langstrohig und bestocken bzw. verzweigen schlechter. Lichteinfall in den Bestand (UV-Licht) zerlegt Auxine schneller, die Pflanzen bleiben dann kürzer und die Halme sind stabiler – wie z.B. am Rand der Fahrgassen, an Feldrändern oder in Dünnsaaten. Die höhere Strahlungsintensität in Höhenlagen und steiler einfallendes Licht, z.B. in Süddeutschland, begünstigen ebenfalls die Standfestigkeit. Ein Lichtmangel in dichten Beständen fördert dagegen die Auxinbildung: Die Pflanzen vergeilen, werden schnell länger und somit lageranfälliger.

Die stärkere UV-Strahlung in höheren Lagen schränkt auch die Wirkung synthetischer Auxine (Wuchsstoffe, z.B Fluroypyr, Halauxifen) ein, die als Herbizide eingesetzt werden. Dagegen wirken Wachstumsregler in höheren Lagen stärker.

SCHOSSEN

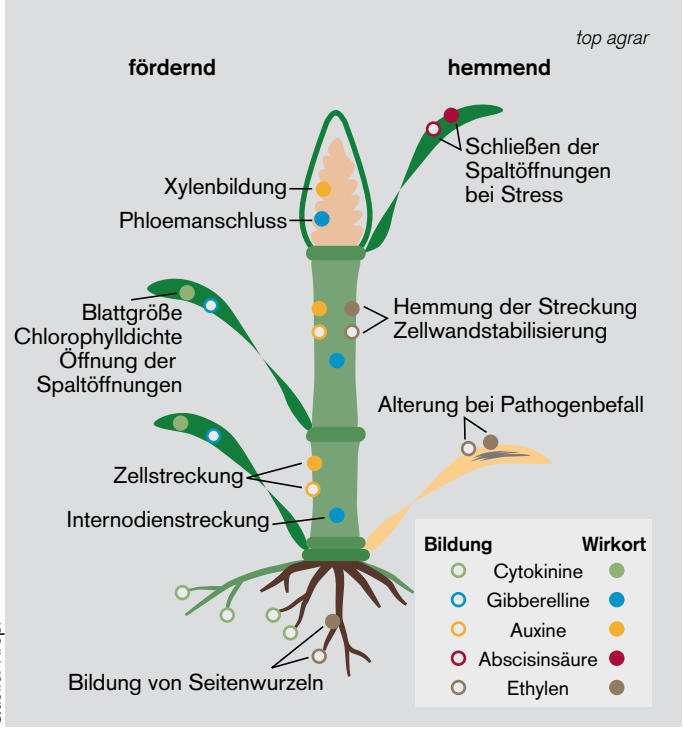
Streckung nur mit Gibberellinen

Mit zunehmender Tageslänge beginnen die Halme mit der Streckung. Der Langtagseinfluss aktiviert die für das Schossen zuständigen Gibberelline (siehe Übersicht 4). Deren Ausgangsbausteine produzierte die Photosynthese bereits während der Bestockung. Im Langtag werden diese in einem nächsten Schritt zu streckungsaktiven Gibberellinen umgebaut. Je länger die Bestockung dauerte, umso mehr Bausteine, d.h. umso mehr Gibberellin-Vorstufen sind vorhanden und desto länger werden die Internodien. Alle Wachstumsregler (außer Ethephon) greifen in die Synthese von Gibberellinen ein. CCC, Mepiquat-Chlorid und Triazole hemmen die Synthese der Vorstufen bereits während der Bestockung bis kurz vor der Streckung. Späte Hemmer der Gibberellinsynthese wie Trinexapac-ethyl oder Prohexadion-Ca greifen erst kurz vor und noch während der Streckung in die letzten Schritte der Synthese ein. Ethylen hemmt dagegen die Aktivität der Gibberelline.

Im Schossen ab dem 2-Knoten-Stadium (BBCH 32) streckt sich die Ährenspindel („Große Periode“). Alle Ertragsanlagen an der Ähre sind dann vorhanden und werden während der Streckung endgültig ausgebildet. Ährchen und Blüten werden in der zweiwöchigen Ährenstreckung an die Leitbahnen angeschlossen, um sie mit Wasser- und Nährstoffen (Xylem) zu versorgen und um nach der Blüte die Körner mit Assimilaten über das Phloem füllen zu können. Auch dieser Prozess wird durch Phytohormone gesteuert. Auxine sind dafür zuständig, das Xylem zu entwickeln, Gibberelline unterstützen das Phloem.

Auxin-betonte Sorten bilden daher lange Ähren aus. Sie können allerdings manchmal nicht alle Blüten an das Phloem anschließen, wenn die Gibberellinsynthese gestört ist (z.B. durch Wachstumsregler) oder das Auxin/Gibberellin-Verhältnis durch Herbizide mit Auxinwirkung (z.B. Wuchsstoffe) zugunsten der Auxine verschoben ist. Setzt man dann während der Ährenstreckung Gibberellinsynthese-hemmende Wachstumsregler ein, fallen diese Effekte noch stärker aus.

ÜBERSICHT 4: WICHTIGSTE FUNKTIONEN DER PHYTOHORMONE IM SCHOSSEN UND BEI STRESS



Quelle: Kropf

◁ Um an ihren Wirkort zu gelangen, sind alle Hormone – außer Ethylen – auf intakte Zellen und intakte Leitgefäße angewiesen.

BLÜTE, KORN UND KEIMRUHE

Wechselspiel der Hormone

Unterschiedliche Saatzeit und mehrwöchige Altersunterschiede der Pflanzen werden bis zur Blüte auf wenige Tage synchronisiert. Mit der Blüte und in den ersten zwei Wochen danach steigt die Cytokininaktivität stark an. Die Cytokinine sind dafür zuständig, bis zu 200 000 Endospermzellen je Korn („sink“ = Assimilatsenke) auszubilden (siehe Übersicht 5). Großkörnige Sorten haben generell eine höhere Cytokininaktivität als kleinkörnige. Ist in dieser Phase die Aktivität der Cytokinine in den Blättern durch einen ausgeprägten Greening-Effekt ebenfalls hoch, bilden die Blätter selbst eine Assimilatsenke und geben diese während der Kornfüllung nur schleppend an die Ähre ab. Bestände mit einem überzogenen, intensiv grünen Blattapparat haben dann schlechtere Hektolitergewichte und reifen im Stroh schlecht ab. Auxine und Gibberelline sind dafür verantwortlich, dass Assimilate aus den Blättern („source“ = Assimilatquelle) in das Korn umverlagert werden.

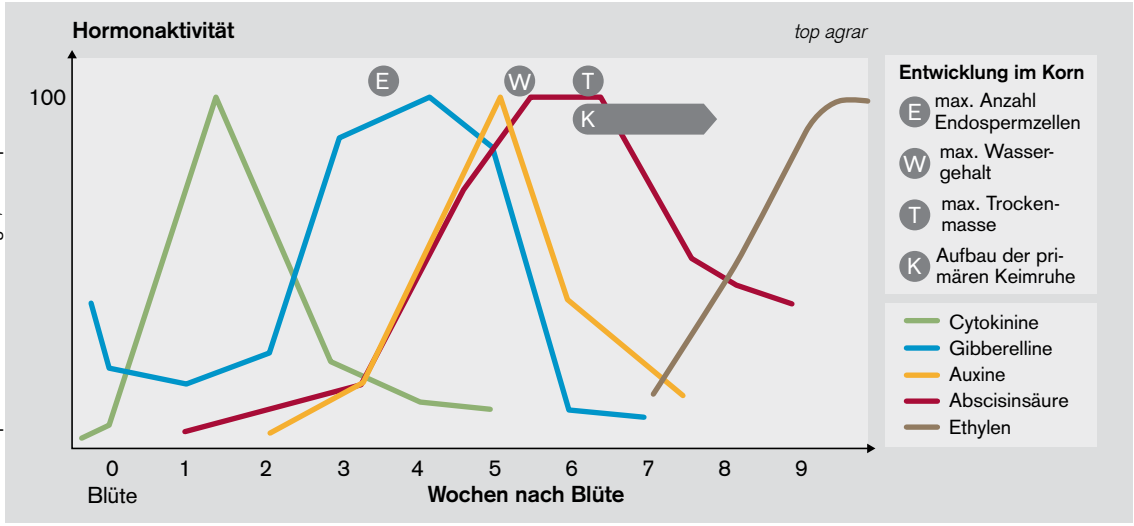
Vier Wochen nach der Blüte beginnt die Aktivität der Reifehormone. Abscisinsäuren (abscisic-acid = ABA) schließen langsam die Einlagerung der Assimilate ab und erhöhen die Durchlässigkeit der Kornmembranen für Wasser. So kann das Korn schneller austrocknen. Die Abscisinsäure ist auch dafür zuständig, die primäre Keimruhe aufzubauen. Diese verhindert das vorzeitige Keimen auf der Mutterpflanze (Auswuchs). Je höher der Cytokininpegel, desto schlechter kann die ABA die Keimruhe aufbauen. Starke Greening-Effekte, N-Schübe durch Regenfälle, aber auch strahlungsarmes Wetter während der Kornfüllung haben schlechte Fallzahlen und Auswuchs zur Folge.

Die ABA spielt schon während der gesamten Entwicklung der Pflanze eine Rolle als (Anti-)Stresshormon. Trockenheit, Frost und Hitze, aber auch Nährstoffdefizite und schlechte Wurzelbildung infolge von Nässe induzieren die ABA-Produktion in den Blättern. Die ABA reduziert die Intensität des Pflanzenwachstums und forciert die Pflanzenalterung. Nach dem Ährenschieben werden Abscisinsäuren aus gestressten Organen in die Ähre transportiert und beschleunigen die Abreife bis hin zur Notreife und Schmachtkornbildung. Trockene und vor allem heiße Abreifebedingungen verstärken die Keimruhe. Wintergerste weist durch die frühe Abreife häufig eine ausgeprägte Keimruhe auf, die zu schlechten Ergebnissen bei Keimfähigkeitstests führt, wenn die Keimruhe nicht durch Kühlung in gequollenem Zustand oder Gibberellinapplikation (im Labor) gebrochen wird. Unter natürlichen Bedingungen baut sich der keimhemmende ABA-Pegel erst nach einigen Wochen ab. Die Bekämpfung von Ausfallsamen ist deshalb in trocken-heißen Sommern wesentlich schwieriger. Bei der Aussaat in einen trocken-warmen Boden verzögert sich die Keimfähigkeit weiter. Erst nach Abkühlung und Wiederbefeuchtung des Bodens initiieren die im quellenden Embryo aktivierten Gibberelline den Keimvorgang. Triazolhaltige Beizen hemmen die Gibberellinaktivität und wirken dadurch keimverzögernd. ►

Foto: Kropf

△ Nach der Blüte beginnen die Cytokinine, die Endospermzellen für das Korn zu bilden.

ÜBERSICHT 5: SO ENTWICKELN SICH PHYTOHORMONE IM WEIZENKORN



Quelle: Kropf nach Michael & Beringer, Schoop

◁ Abhängig vom Zeitpunkt nach der Blüte bestimmt der Phytohormonspiegel, wie sich das Korn entwickelt.

ALTERUNG UND ABSTERBEN

Ethylen – freigesetzt zur Abreife

◁ Durch die Abszission (Fruchtfall) lösen sich Körner leichter aus der Ähre.

Während die bisher behandelten Phytohormone in intaktem Gewebe transportiert werden müssen, um auch in entfernten Organen zu wirken, wird Ethylen als Reife- und Stresshormon an Ort und Stelle gebildet und verbreitet sich von dort aus als Gas. Dieses kennen wir aus den Nachbarschaftseffekten reifer Äpfeln, die Bananen schneller reifen und Kohl vorzeitig welk werden lassen.

Im Reifeprozess der Kulturen wird in älterem absterbenden Gewebe gasförmiges Ethylen gebildet, um alle noch vitalen Organe abreifen zu lassen. Auf diese Weise wird die Einlagerung in physiologisch jüngere Triebe und Verzweigungen vorzeitig beendet und die Pflanze reift gleichmäßig ab. Die dort gebildeten Samen bleiben aber kleiner oder werden erst gar nicht ausgebildet. Zusammen mit der Abscisinsäure leitet das Ethylen die Abszission („Fruchtfall“) ein. Der Samen oder die Frucht löst sich leicht von der Mutterpflanze. Getreide und Körnermais lassen sich dann leichter ausdreschen.

Jeglicher Stress (Trockenheit, Hitze, Wasserüberschuss) und kollabierende Zellen infolge von Nährstoffmangel, Pilz- oder Schädlingsbefall setzen Ethylen frei (siehe Übersicht 4). Sowohl oberirdische Organe als auch die Wurzeln sind dazu im Stande. Einzelne Organe oder die ganze Pflanze werden in eine forcierte Notentwicklung oder gar Notreife versetzt. Die verkürzte Entwicklung geht meist zulasten der Biomasse- und Ertragsbildung. Von Vorteil ist das, wenn der Bestand dadurch einem späteren Hitzeschlag während der Kornfüllung entgeht.

Ethylen wird auch durch Ethephon (Wachstumsregler) erzeugt. In der frühen Schossphase verdickt das Ethephon die Zellwände und stabilisiert die unteren Internodien. Im späten Schossen nach dem Fahnenblattschieben verhindert es zusätzlich die volle Zellstreckung des Peduncles (oberer Halmabschnitt zwischen dem letzten Knoten und der Ähre).

WINTERWEIZEN

Wie wirken sortenspezifische Hormonpegel?

Je nach Sorte können sich die Hormonpegel unterscheiden. Somit prägen sich auch die Ertragskomponenten bei Winterweizen unterschiedlich stark aus.

Cytokininbetont: Bestandesdichtetyp mit guter Bestockung und hohem Tausendkorngewicht (TKG) aber nur mittlerer Kornzahl je Ähre, z.B. Asory, Julius

Auxinbetont: Einzelährentyp mit guter Haupttriebleistung bei geringer Beährung infolge starker Seitentriebreduktion; spätsaatgeeignet, z.B. Informer, KWS Emerick, Hymalaya

Gibberellinbetont: Ein Korndichtetyp mit hoher Kornzahl je Ähre, z.B. Tobak, Safari, SU Selke

Ausgeglichen: Hierunter zählen die Kompensationstypen, die eine niedrige Bestandesdichte durch eine höhere Kornzahl je Ähre ausgleichen können und zudem bei hoher Bestandesdichte nicht zu stark im Einzelährenertrag abfallen, wie z.B. die Sorten Meister, Ponticus

FORSCHUNG

Mehr Phytohormone, mehr Chancen

Neben den fünf klassischen Phytohormongruppen werden heute mindestens vier weitere Gruppen in die Klasse der Phytohormone eingestuft. Ihre Erforschung kann helfen, die Stresstoleranz, Krankheitsresistenz, Nährstoffeffizienz und das Pflanzenwachstum gezielt zu verbessern.

Von den Strigolactonen sind zurzeit ca. 25 Verbindungen bekannt. Sie werden in den Wurzeln gebildet und sind an folgenden Prozessen beteiligt:

- Hemmung von Knospenaustrieb (Bestockung, Seitenverzweigung),
- Wurzelbildung (Länge, Verzweigung, Wurzelhaarbildung) und
- bessere Nährstofferschließung (insbesondere Phosphor).

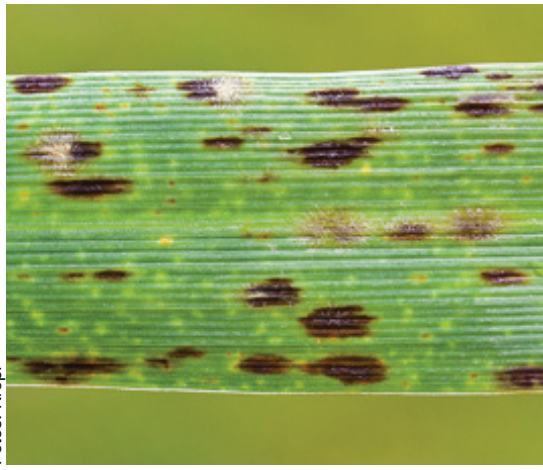
Als Wurzelausscheidungen interagieren sie zwischen Wurzeln und anderen nützlichen Bodenpilzen und -bakterien (z.B. Mykorrhizierung, N-Fixierung durch Rhizobien) und wirken auf pflanzenschädigende Pilzgesellschaften im

Boden, wie z. B. Epicoccum, Penicillium, Mycosphaerella, Fusarium und Alternaria. Zusammen mit ABA sind Strigolactone an der Regulierung von Wasser-, Hitze- und Salzstress beteiligt. Sie lassen sich auch synthetisch herstellen.

Die Brassinosteroide (ca. 70 bekannte Verbindungen) werden in den Plastiden, z. B. Chloroplasten, aller Zellen des Gewebes gebildet. Sie fördern das Sprosswachstum und die Xylembildung, hemmen aber die apikale Dominanz, das Wurzelwachstum und die Anthocyanbildung als Schutz vor UV-Licht. Sie wirken ähnlich wie die Auxine, vermutlich auch synergistisch, und sind an der Samenkeimung, Zellstreckung und Blütenbildung (Wachstum des Pollenschlauches) beteiligt. Kurzstrohige Sorten und Zwergmutanten bilden weniger Brassinosteroide und dadurch auch weniger Gibberelline. Die Brassinosteroide stimulieren die Ethylensynthese und fördern so die Seneszenz (Alterung) von Blättern. Analog zur Hemmung der Gibberellinsynthese durch Triazole, hemmen auch bestimmte (bislang nicht kommerziell genutzte) Triazole die Synthese der Brassinosteroide.

In allen grünen Pflanzenteilen kommen Jasmonate vor (gebildet in den Plastiden und Peroxisomen). Sie spielen eine zentrale Rolle bei der Alterung, Fruchtreife und Abszission. Zudem helfen sie bei der Wundheilung und Abwehr von Fraßfeinden und der Etablierung der arbuskulären Mykorrhiza. Pflanzen, die keine Jasmonsäure bilden, bleiben männlich steril.

Die Salicylsäure wird im Cytosol und in den Chloroplasten gebildet. Sie ist wichtig, um Pathogene (Viren, Bakterien, Pilze, Insekten) abzuwehren und induziert die systemisch aktivierte Resistenz (SAR). Die Säure ist an der hypersensitiven Reaktion (HSR) beteiligt, die Gewebenekrosen um eine pilzliche, virale oder bakterielle Infektionsstelle auslösen, um die Ausbreitung des Pathogens zu verhindern (z. B. Mehltauabwehrnekrosen). Sie hemmt zudem die Alterung und begünstigt die Blütenbildung, vermutlich durch die Hemmung der Ethylensynthese. So hält die Zugabe von Salicylsäure („Aspirin“) zum Wasser Schnittblumen länger frisch und verlängert ihre Blühdauer.



Fotos: Kropf

△ An den Abwehrnekrosen (hier Mehltau) ist Salicylsäure beteiligt.