

Regulationsnetzwerke pflanzlicher Stammzellsysteme

Am Centre for Organismal Studies Heidelberg untersucht das Team um Professor Jan Lohmann die Regulationsprogramme, die das Stammzellzentrum im Sprossmeristem der Ackerschmalwand kontrollieren und die Pflanze befähigen, auf Umwelteinflüsse zu reagieren. Dabei wurden trotz unterschiedlicher Entstehung überraschende Ähnlichkeiten mit der Stammzellkontrolle von Tieren gefunden.



Prof. Dr. Jan Lohmann
© Universität Heidelberg

Im Vergleich zu den aufgeregten Debatten, welche die Stammzellforschung bei Tieren und Menschen begleiten, ist die Erforschung pflanzlicher Stammzellen ein friedliches Arbeitsgebiet. In der Berichterstattung für die breite Öffentlichkeit taucht das Thema selten auf. Dabei sind die Wachstums- und Entwicklungsprozesse von Pflanzen ohne ihre Stammzellen überhaupt nicht zu verstehen. Einsicht in die grundlegenden Mechanismen der Stammzellregulation ist auch notwendig, damit die Pflanzenzüchtung auf die sich ändernden Umweltbedingungen mit daran angepassten Sorten reagieren kann.

Professor Dr. Jan Lohmann und seine Mitarbeiter in der Abteilung Stammzellbiologie am Centre for Organismal Studies (COS) Heidelberg untersuchen die für die Stammzellkontrolle verantwortlichen Steuerungsmechanismen in der Ackerschmalwand *Arabidopsis thaliana*, dem Lieblingsobjekt der molekularen Pflanzenforschung. Das COS war als zentrale Einrichtung der Universität im Herbst 2010 aus der Zusammenlegung des Heidelberger Instituts für Pflanzenwissenschaften mit Botanischem Garten und Herbarium und der Heidelberger Institut für Zoologie mit Zoologischem Museum entstanden, um über die traditionellen Schranken zwischen Botanik und Zoologie hinweg Forschungskoperationen voranzutreiben.

Lohmanns Berufung nach Heidelberg 2008 fügt sich ausgezeichnet in dieses die Einheitlichkeit der Biologie betonende Konzept, da ihm die bei Zoologen wie bei Botanikern besonders beliebten Modellorganismen für die Stammzellforschung bestens vertraut sind: Er hatte über die Morphogenese des Süßwasserpolyphen Hydra promoviert, bevor er sich am Salk Institute in La Jolla, Kalifornien, und anschließend am Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen mit Fragen der Stammzellkontrolle und Blütenmusterbildung bei Arabidopsis befasste.

Pflanzliche Stammzellen sind in den Meristemen lokalisiert





Arabidopsis thaliana, Lieblingsobjekt der Pflanzenforscher
© 5th EU-Framework Programme Quality of Life

Die pflanzlichen Stammzellen sind kleine undifferenzierte, pluripotente Zellen, aus denen sich die verschiedensten Organe und Gewebe entwickeln können. Sie werden früh im Pflanzenembryo angelegt und sind in spezialisierten Geweben, den Meristemen, lokalisiert. Hauptaufgabe des Embryo-Wachstums ist es, die Meristeme in die richtige Position zu bringen: zum einen das

Sprossmeristem nach oben dem Licht entgegen; zum anderen nach unten entsprechend der Schwerkraft das Wurzelmeristem. Die Stammzellen selbst teilen sich sehr langsam. Sie sind umgeben von sogenannten Vorläuferzellen, die ebenfalls noch undifferenziert sind und keine Vakuole enthalten. Morphologisch sind sie von den Stammzellen nicht zu unterscheiden, teilen sich aber viel schneller und stellen das Zellmaterial für die weiter an der Peripherie liegende Differenzierungszone, aus der neue Organe entstehen. Unterhalb der Stammzellen gibt es in den tieferen Schichten des Meristems noch eine weitere Zellgruppe, die als Steuerzentrale dient. Diese Zellen teilen sich kaum, sezernieren aber Signalstoffe, die das Verhalten der Stammzellen entscheidend beeinflussen.

Lohmann weist darauf hin (1), dass eine vergleichbare Aufgabenteilung in räumlich-funktionell unterschiedlichen Zellgruppen auch in Stammzellsystemen von Tieren gefunden wird, obwohl tierische und pflanzliche Stammzellen unabhängig voneinander entstanden sind. Ein Hauptunterschied liegt natürlich darin, dass die tierischen Zellen im wachsenden Organismus wandern können, während Pflanzenzellen mit ihren starren Zellwänden ortsgebunden sind und die Organentwicklung nur durch Zellvermehrung und -differenzierung von festgelegten Zonen aus erfolgt.

Transkriptionsfaktor „Wuschel“ reguliert Anzahl der Stammzellen in Pflanzen

Die pflanzliche Stammzellkontrolle wird durch einen komplexen Regelmechanismus aus genetischen Schaltern und frei beweglichen Signalmolekülen gewährleistet, durch die Steuerungszellen und Stammzellen miteinander verbunden werden. So wird dafür gesorgt, dass die Zahl der Stammzellen weitgehend konstant bleibt. Schon vor 14 Jahren hatten die Forscher in der Pflanze ein Gen entdeckt, das für die Induktion von Stammzellen und die Aufrechterhaltung ihres Zustandes erforderlich ist. Das Produkt dieses Gens ist ein als „Wuschel“ bezeichneter Transkriptionsfaktor mit einer Homöodomäne. Darunter versteht man eine Region von 60 Aminosäuren, die an spezifische DNA-Sequenzen im Promotor von Genen bindet und Gene an- oder abschaltet; man hatte diese Domäne zunächst bei sogenannten homöotischen Genen der Fruchtfliege *Drosophila* entdeckt.

Nach Lohmanns Worten ist Wuschel der zentrale Schalter, über den die Anzahl der Stammzellen in Pflanzen reguliert wird. In Zusammenarbeit mit Forschern vom Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie in Tübingen und von der Universität Santa Fe in Argentinien haben die Heidelberger Wissenschaftler fast 700 Gene identifiziert, die in ihrer Aktivität von Wuschel abhängen, davon 130, die anscheinend direkt von dem Transkriptionsfaktor an- und abgeschaltet werden (2). Diese Gene sind vor allem für den Stoffwechsel, die Entwicklung und den Hormonhaushalt der Pflanze zuständig. Neben den genetischen Faktoren sind auch die altbekannten Pflanzenhormone Auxin und Cytokinin an der Regulation der Zahl der Stammzellen bei *Arabidopsis* beteiligt. Lohmann und sein Team haben jetzt nachgewiesen, dass nicht nur die Cytokinin-Aktivität, sondern auch die von Aktin unter der Kontrolle des Wuschel-Gens steht.

Hintergrund: Auxin und Cytokinin

Auxin (nach dem griechischen „auxanomai“ - wachsen) war das erste pflanzliche Hormon, das vor fast hundert Jahren von dem dänischen Botaniker Peter Boysen-Jensen mit klassischen Experimenten in den Spitzen von Hafercoleoptilen (Keimscheiden) nachgewiesen worden war. Allerdings hatten schon 1880 Charles Darwin und sein Sohn Francis das lichtinduzierte Wachstum in der Coleoptilspitze untersucht und daraus den Schluss gezogen, dass „die Einwirkung weiter nach unten befördert wird“. Die molekulare Identität von Auxin als Indolelessigsäure wurde zweifelsfrei erst 1953 bewiesen. Die Cytokinine wurden anhand ihrer Eigenschaft, die Zellteilung oder Cytokinese anzuregen, ebenfalls schon 1913 von dem

Pflanzenphysiologen Gottlieb Haberlandt postuliert und erst 50 Jahre später chemisch als Adeninderivate identifiziert.

Phytohormone und Stammzelladaptation

Im Rahmen des Exzellenzclusters „CellNetworks“ der Universität Heidelberg untersuchen Lohmann und seine Mitarbeiter, wie die Interaktion der auf die ganze Pflanze einwirkenden Signalwege von Cytokinin und Auxin mit der vom Wuschel-Gen abhängigen Regulationsmaschinerie zur Aufrechterhaltung und Regeneration des Meristems im Einzelnen funktioniert. Dabei steht die Rolle der sogenannten A-Typ „Arabidopsis response regulator“ (ARR)-Gene im Zentrum des Interesses. Die Forscher haben bereits gezeigt, dass zwei durch Cytokinin aktivierte ARR-Gene in einer negativen Rückkopplung die Cytokinin-Wirkung einschränken, während Auxin diese beiden Gene hemmt und dadurch die Cytokinin-Effekte verstärkt (3).

Das Wuschel-Gen sorgt dafür, dass die Wirkung frei zirkulierender Hormone in den Meristemen der Pflanze so auf die lokalen Bedürfnisse abgestimmt wird, dass die Stammzellen erhalten bleiben und auf Umwelteinflüsse, die über Signale aus anderen Pflanzenorganen vermittelt werden, reagieren können. Die Analysen haben gezeigt, wie Lohmann betont, dass Wuschel ähnlich arbeitet wie tierische Transkriptionsfaktoren, die an der Entstehung und Erneuerung von Stammzellen beteiligt sind (4). Dabei nutzt das Steuerungsgen teilweise sogar identische DNA-Bereiche als Ankerpunkt.

Im September 2011 wurde Prof. Dr. Jan Lohmann vom European Research Council (ERC) mit einem ERC Starting Grant für exzellente junge Wissenschaftler ausgezeichnet (5). Er erhielt die Förderung in Höhe von ca. 1,5 Millionen Euro für das Forschungsprojekt „StemCellAdapt“, in dem untersucht wird, wie pflanzliche Stammzellensysteme sich an die extrem unterschiedlichen Umweltbedingungen, mit denen Pflanzen aufgrund ihrer Standortgebundenheit fertig werden müssen, anpassen können und ihre Entwicklung an Parametern wie Licht und Temperatur ausrichten. Das jetzt begonnene Projekt „StemCellAdapt“ wird auch der Frage nachgehen, wie diese Anpassungsprozesse zur Evolution von Pflanzenarten beigetragen haben.

Fachbeitrag

05.03.2012

EJ (27.02.2012)

BioRN

© BIOPRO Baden-Württemberg GmbH

Weitere Informationen

Zum Weiterlesen:(1) Artikel im Forschungsmagazin "Ruperto Carlo" 2/2011

(2) Busch W, Miotk A, Ariel FD, Zhao Z, Forner J, Daum G, Suzaki T, Schuster C, Schultheiss SJ, Leibfried A, Haubeiß S, Ha N, Chan RL, Lohmann JU: Transcriptional Control of a Plant Stem Cell Niche, *Developmental Cell* 18, 849-861, 2010(3) Pressemitteilung auf www.bio-pro.de: „Wachstumshormone der Pflanzen: Wenn Gegenspieler kooperieren“ (4) Pressemitteilung der Universität Heidelberg vom 18.05.2010 (5) Pressemitteilung auf www.bio-pro.de: Europäischer Forschungsrat fördert exzellente junge Forscher der Universität Heidelberg

Prof. Dr. Jan Lohmann

Centre for Organismal Studies

Abteilung Stammzellbiologie

Tel.: 06221/ 54 5656

E-Mail: [jlohmann\(at\)meristemaniamania.org](mailto:jlohmann@meristemaniamania.org)

► [Centre for Organismal Studies \(COS\) Heidelberg](#)

Der Fachbeitrag ist Teil folgender Dossiers



Blick ins Grüne - Pflanzengenomforschung