

## Bericht über die internationale Tagung „Plant abiotic stress – from signalling to development” 2009 in Tartu, Estland

Die Tagung wurde von der „European Cooperation in Science and Technology“ (COST), Action FA0605, International Network of Plant Abiotic Stress (INPAS) initiiert, wobei die örtliche Organisation bei Hannes KOLLIST, Universität Tartu, lag. INPAS versteht sich als ein multidisziplinäres Netzwerk von Experten, die auf den unterschiedlichen Gebieten der pflanzlichen Stressbiologie arbeiten und umfasst gegenwärtig 58 Partner aus 28 Ländern. Es ist das größte internationale Netzwerk auf dem Gebiet des abiotischen Stresses. An der diesjährigen Tagung, die im Dorpat Conference Center in Tartu stattfand, nahmen 186 Wissenschaftler aus 30 Ländern teil. Das wissenschaftliche Programm umfasste 123 Beiträge in Form von Vorträgen und Postern, die den folgenden Schwerpunkten zugeordnet waren.

### 1. Abiotic Stress Signalling

Chair: Simon GILROY, University of Wisconsin, Madison, USA; Dorothea BARTELS, University of Bonn, Bonn, Germany

### 2. Genetics and Natural Variation

Chair: Laszlo SZABADOS, Hungarian Academy of Science, Szeged, Hungary; Ülo NIINEMITS, Estonian University of Life Science, Tartu, Estonia

### 3. Physiology, Biochemistry and Metabolic Profiles

Chair: Hannes KOLLIST, University of Tartu, Tartu, Estonia; Antonio TIBURCIO, University of Barcelona, Barcelona, Spain

### 4. Abiotic Stress and Development

Chair: Pedro CARRASCO, University of Barcelona, Barcelona, Spain

Innerhalb dieser vier Sektionen wurde ein breites Spektrum an Themen abgehandelt. Alle Beiträge waren von einem sehr hohen Niveau und demonstrierten den neuesten Stand auf dem Gebiet der pflanzlichen Stressbiologie. Aus dem Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz wurden durch die Berichterstatterin Ergebnisse auf dem Gebiet des Wundstresses vorgestellt. Einige interessante Beiträge einschließlich der sich daraus ableitenden Fragestellungen für zukünftige Forschungen werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

A.F. TIBURCIO (INPAS) und H. KOLLIST (Estonian University, Tartu) machten in ihrem einleitenden Vortrag deutlich, dass man bei der Erforschung der sehr komplexen Zusammenhänge pflanzlicher Reaktionen auf so unterschiedliche Arten von Umweltstress, wie z. B. Trockenheit, Hitze, Kälte, zu hohe Feuchtigkeit, Nährstoffmangel, mechanische Belastung etc., alles Faktoren, die auch miteinander interagieren können, noch sehr am Anfang steht, und dass der Erkenntniszuwachs auf diesem Gebiet sehr langsam vonstatten geht. Dennoch zeugten die Beiträge insgesamt von einem enormen Fortschritt in den letzten Jahren. Ü. NIINEMITS (Estonian University, Tartu) stellte in seinem Vortrag fest, dass die mit den klimatischen Veränderungen einhergehenden Veränderungen von Umweltfaktoren, wie z. B. CO<sub>2</sub>, Temperatur und Verfügbarkeit von Wasser, inzwischen gut vorhersehbar sind, jedoch über die Mechanismen der Anpassung der Pflanzen an die vielfältigen Stressfaktoren in der Umwelt bisher noch sehr wenig bekannt ist. Seine Gruppe untersucht die Reaktionen der Pflanzen auf Hitze- und Wasserstress, wobei letzterer besonders in den Überschwemmungs-Regionen Estlands eine große Rolle spielt. Im Labor wurden einige Modellpflanzen mit Stressresistenzen gefunden, vor allem Wild- und Mutanten Genotypen von *Arabidopsis*, *Nicotiana* und *Populus*, die inzwischen unter natürlichen Bedingungen auf dem Feld getestet werden. Eine kontinuierliche Analyse der pflanzlichen Reaktionen, wie die Bildung von organischen Verbindungen (Isopren, Sesquiterpene, Lipoxygenase

Produkte etc.), auf den applizierten Stress mittels GC – MS und PTR – MS (Proton Transfer Reaction – Mass Spectrometry) ist eine wichtige Komponente dieser Studien. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse aus Labor- und Feldexperimenten, kombiniert mit entsprechenden mathematischen Modellen, ermöglicht später eine reale Einschätzung der Leistung der Pflanzen hinsichtlich ihrer Resistenz bzw. Toleranz gegenüber den jeweiligen Stressbedingungen. Die Tatsache, dass eine erfolgreiche Anpassung der Pflanzen an hohe Temperaturen mit einer erhöhten Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Temperaturen einherging, mag jedoch die Schwierigkeit der gesamten Problematik verdeutlichen, vor allem im Hinblick auf die Witterungsextreme, mit denen Pflanzen zunehmend in der Umwelt konfrontiert sind. Ü. NIINEMITS kam zu dem Schluss, dass sich *Arabidopsis thaliana* (Ackerschmalwand) hervorragend als Modellpflanze für die Untersuchung von Stressreaktionen der Pflanzen eignet. *A. thaliana*, dessen Genom vor einigen Jahren sequenziert wurde, ist ohnehin ein beliebtes Objekt für die Grundlagenforschung an Pflanzen und war so auch Gegenstand der meisten Studien, deren Ergebnisse auf dem INPAS Meeting diskutiert wurden. Allerdings hat *A. thaliana* keine nennenswerte wirtschaftliche Bedeutung. Die Zukunft wird zeigen, inwieweit die in Verbindung mit *Arabidopsis* gefundenen Ergebnisse auch für andere Pflanzenarten, die oftmals sehr unterschiedlich auf Stress reagieren können, wirtschaftlich nutzbar sind.

T. DALMAY, C. KAWASHIMA (University of East Anglia, Norwich, UK) berichtete über den Zusammenhang von pflanzlichen microRNAs (miRNA) und Stress. miRNAs, die nur 20 bis 60 Nukleotide lang sind, wurden in Verbindung mit *Caenorhabditis elegans* erstmalig 1993 beschrieben. Sie haben jedoch in den letzten Jahren auch in der Pflanzenforschung an Bedeutung gewonnen, da sie eine wichtige Rolle bei der Regulation von Genen spielen. So steuert die *Arabidopsis* MicroRNA-395 (miR395) einige, an der Sulfatassimilation der Pflanzen beteiligte Gene und wird selbst durch Schwefelmangel induziert. Die Autoren fanden, dass die Induktion von miR395 durch das SLIM1 (Sulfur Limitation) Gen kontrolliert wird, und dass die miRNA in Blättern, Wurzeln und Wurzelspitzen von *Arabidopsis* Pflanzen exprimiert wird. Dies legte die Vermutung nahe, dass ein Transport der miRNA von den Blättern in die Wurzeln, über welche letztlich das Sulfat aus der Umwelt aufgenommen wird, für die Pflanzen nicht unbedingt notwendig ist. J. PIRITZ, Julia KEHR (Max Planck Institut, Potsdam-Golm, Germany) zeigten in ihrem Beitrag mit dem Titel „Are stress-responsive miRNAs systemically mobile?“, dass Stress-assoziierte miRNAs durchaus von den Sprossen in die Wurzeln der Pflanzen gelangen können. Allerdings wurde kein Transfer in die umgekehrte Richtung beobachtet. Die Autoren vermuten daher, dass die miRNAs dem Photoassimilate-Transport folgen. U. ACHENBACH et al. (University of Bonn, Germany) stellten in dem Zusammenhang ein Projekt vor, dass sich mit der Rolle von miRNAs als Modulatoren von Trockenstresstoleranz in der Pflanze befasst. Interessant ist hierbei, dass die Untersuchungen nicht an *A. thaliana*, sondern an *Craterostigma plantagineum*, einer aus Südafrika stammenden Pflanze, die in der Lage ist, extreme Trockenperioden zu überleben, durchgeführt werden. Vom Auffinden und der Untersuchung von Genen, die infolge einer Dehydrierung der Pflanzen moduliert werden, erhofft man sich neue Erkenntnisse, die langfristig für eine Optimierung der Trockentoleranz der Pflanzen genutzt werden können. Der Schwerpunkt dieser Studien liegt bei der Genregulierung und Signaltransduktion während der Austrocknung der Pflanzen, beides Prozesse, in die miRNAs als Modulatoren von Genen involviert sein können. In weiteren Studien sollen bereits vorhandene *Craterostigma* DNA Sequenzen im Hinblick auf potentielle miRNAs gescreened, und deren Targets mittels qRT-PCR identifiziert werden.

M. PAGES (Gènetica Molecular, Spain) berichtete über Trockentoleranz beim Mais und machte deutlich, dass die größten wirtschaftlichen Verluste in den kommenden Jahren durch Trocken- und Salzstress verursacht werden. Daher sucht ihre Gruppe nach sinnvollen transgenen Ansätzen zur Erzeugung von Trockentoleranz im Mais. In dem Zusammenhang werden vor allem LEA (Late Embryogenesis Abundant) Proteine, die im Saatgut gebildet und bei Austrocknung verstärkt induziert werden, untersucht und für eine Expression in den Pflanzen in Betracht gezogen. Wegen der großen Komplexität der Reaktionen der Pflanze auf den Stress geht man davon aus, dass mehrere Gene exprimiert werden müssen, um eine hohe Trockentoleranz zu erzielen und sucht daher nach weiteren, vor allem regulatorischen Genen.

T. MUNNIK (University of Amsterdam, The Netherlands) sprach über Phospholipide, Stoffe, die innerhalb von Sekunden bis Minuten nach dem Einsetzen des ersten Stresses in sehr geringen Konzentrationen im Gewebe gebildet werden, sehr schnell wieder verschwinden und daher auch sehr schwer nachweisbar sind, als wichtige Signalmoleküle innerhalb der pflanzlichen Stressantwort. Mit *Arabidopsis* KO (knock-out) und OE (overexpressing) Mutanten will man demnächst abklären, wie und wo genau diese Phospholipide in der Zelle aktiviert werden und welches ihre Funktion innerhalb der Signalkette ist. C. JONAK (Gregor Mendel Institut, Austria) befasste sich mit der Anpassung der Pflanzen an hohe Salzkonzentrationen in der Umwelt. Pflanzen reagieren in der Regel sehr sensibel auf Salzstress, können sich diesem aber auch sehr gut anpassen. Hierbei spielen Proteinkinasen eine wichtige Rolle als Modulatoren. Die Gruppe um C. JONAK hatte kürzlich die MsK4 Proteinkinase aus *Medicago sativa* sowie ein AtK-1 Homolog aus *Arabidopsis thaliana* als positive Regulatoren für eine hohe Salztoleranz gefunden und stellte hier die *Arabidopsis* ASK5 Proteinkinase vor, die in einem neueren Screening entdeckt wurde. Es zeigte sich, dass *ask5* knock-out Mutanten von *Arabidopsis* sehr empfindlich gegenüber Salzstress reagierten, während die ASK5 OE Mutanten eine hohe Salztoleranz entwickelten. Darüber hinaus ergaben die Studien, dass die Glucose-6-phosphat-Dehydrogenase (G6PDH) unter Salzstress durch ASK5 reguliert wird.

T. REMANS et al. (Hasselt University, Belgium) untersuchten das Wurzelwachstum von *A. thaliana* unter Schwermetallstress. Erhöhte Konzentrationen von Cd, Cu und Zn im Medium gingen mit einer Hemmung des Wachstums der Primärwurzeln einher. Allerdings stimulierten Cd und Cu das Wachstum der Lateralwurzeln, während letzteres durch Zn ebenfalls beeinträchtigt wurde. Hier schließt sich die Frage an, wie Schwermetalle durch die Pflanzen erkannt werden und die Signaltransduktion erfolgt. Man vermutet, dass NADPH Oxidase und Lipoxigenase Gene in die Signalkette der Stressreaktionen involviert sind und wird dieser Fragestellung in weiteren Studien an entsprechenden *Arabidopsis* Mutanten nachgehen. K. OPDENAKKER et al. (Hasselt University, Belgium) fanden in ihren Experimenten, dass Pflanzen einer *Arabidopsis* OXI1 Mutante in der Tendenz besser auf Medien mit hohen Cu-Konzentrationen wuchsen als Pflanzen des vergleichbaren Wildtyps und folgern, dass OXI1 (= Serin-Threonin-Protein-Kinase) eine wichtige Rolle in der Reaktion der Pflanzen auf Cu-Stress spielt. Interessant ist, dass geringe Cu-Konzentrationen von Wildtyp und OXI1 Pflanzen in gleicher Weise toleriert wurden. Cu ist für Pflanzen essentiell, da es mit wichtigen Proteinen und physiologischen Prozessen assoziiert ist, und wirkt nur in sehr hohen Konzentrationen toxisch. Dazu gab es auch einen Beitrag von S. PETROVA et al. (Institute of Experimental Botany, Prague, Czech Republic), der sich mit dem Verhalten von *Allium sativum* und *Elsholtzia splendens* unter Cu-Stress befasste, wobei besonders letztere für eine sehr hohe Cu-Toleranz bekannt ist. M. MÜLLER et al. (Leibniz-Institut,

Gatersleben, Germany) berichteten u. a., dass *A. thaliana* Pflanzen unter Phosphatmangel mehr und längere Wurzelhaare bildeten, um die absorptive Oberfläche zu erhöhen. Die Studien ergaben, dass ein UBP14 Deubiquinase Gen in die verstärkte Wurzelbildung unter Phosphatmangel involviert ist.

Simon GILROY et al. (University of Wisconsin, USA) untersuchten in ihren Arbeiten die Auswirkungen von mechanischer Belastung (Druck) auf das Wurzelwachstum von *Arabidopsis* Pflanzen. Neben einer erhöhten Konzentration von  $Ca^{2+}$ -Ionen im Cytosol, stellten sie lokal eine Veränderung des pH-Wertes und eine Zunahme an ROS (Reaktive Oxygen Species) im Wurzelgewebe fest. Die Gruppe fand, dass die NADPH Oxidase ATRBOH C in die Veränderungen des pH-Wertes und ROS Levels involviert ist. Letzteres wird von der Pflanze vermutlich genutzt, um das Wachstum der Wurzeln und die Stabilität der Zellwände an den Stress anzupassen. C. WEGENER (JKI, Germany) zeigte, dass Wundstress mit einem Anstieg der wasser- und lipidlöslichen Antioxidantien im Gewebe von *S. tuberosum* Kreuzungsnachkommen einherging. In geringen Konzentrationen fungieren ROS als intrazelluläre Signalmoleküle und sind mit Reaktionen der Pflanze auf Umweltstress assoziiert. Zu hohe Konzentrationen, wie sie vor allem in Verbindung mit biotischem und abiotischem Stress auftreten, führen zu oxidativem Stress, der eine Schädigung der Zellen auslöst. Die Pflanzen verfügen jedoch über sehr gut funktionierende, induzierbare antioxidative Mechanismen, wie am Beispiel der verwundeten Knollen gezeigt, die den aktiven Sauerstoff unter Kontrolle halten und den zellschädigenden, oxidativen Stress limitieren. Inwieweit ein hohes antioxidatives Potential mit Stressresistenz assoziiert ist, sollen weitere Arbeiten zeigen. T. VAHISALU et al. (Estonian University, Tartu) berichteten darüber, dass eine Ozon-Behandlung von *Arabidopsis* Pflanzen zu einem Schließen der Stomata führte, aber auch mit einem drastischen Anstieg der ROS im Gewebe einherging. In weiteren Studien soll geprüft werden, inwieweit ROS auch als Signalmoleküle am Schließen der Stomata beteiligt sind.

S. KONTUNEN-SOPPELA et al. (University of Joensuu, Finland) zeigten in ihrem Beitrag, dass erhöhte Ozon-Konzentrationen Photosynthese und C-Assimilation von *Betula papyrifera* reduzierten, dafür aber Abwehrreaktionen und oxidativen Stress induzierten, was mit einer frühzeitigen Seneszenz der Blätter einherging. cDNA-Microarray Studien (6340 Gene aus *B. papyrifera*) ergaben, dass unter Ozon-Stress vor allem Transport und Proteolyse Gene induziert werden. Interessant ist jedoch, dass die Veränderungen in der Gen-Expression bei erhöhter  $CO_2$ -Applikation vergleichsweise gering waren. Bei einer Kombination von  $O_3$  und  $CO_2$  ähnelten die Effekte einer alleinigen  $O_3$ -Anwendung. S. BOHLER et al. (University of Nancy, France) fanden geringere Chlorophyllgehalte in den Blättern von *Populus*-Klonen nach einer Ozon-Behandlung, während photo-protective Pigmente, wie Beta-Carotin, Zeaxantin und Violaxantin kaum verändert wurden. Auch die Entwicklung der Blätter wurde durch eine  $O_3$ -Applikation nicht massiv beeinträchtigt.

Diese Auswahl an Beiträge mag verdeutlichen, wie sensibel und flexibel Pflanzen auf die verschiedenen Arten von Umweltstress reagieren können, wie hoch aber auch ihre Anpassungsfähigkeit ist und wie komplex letztlich ihre Stressantworten sind. Die Stressbiologie wird zweifellos noch eine Reihe an interessanten Fragestellungen und Ansatzpunkten für weitere Forschungen bieten, die in der Zukunft noch eine Fülle an neuen und vor allem wirtschaftlich nutzbaren Informationen liefern werden. Letzteres sollte außerdem dazu beitragen, die Bedrohung vieler Arten durch die globalen, klimatischen Veränderungen zu reduzieren.

Christina WEGENER  
(JKI Groß Lüsewitz)