

# **The role of two tandemly duplicated *HD-ZIP I* genes in crucifer leaf development and evolution**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades  
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität zu Köln

vorgelegt von

**Francesco Vuolo**

aus Neapel, Italien

Köln März 2017

Berichterstatter: Prof. Dr. Miltos Tsiantis

Prof. Dr. Ute Hoecker

Prüfungsvorsitz: Prof. Dr. Siegfried Roth

Tag der letzten mündlichen Prüfung:

Die vorliegende Arbeit wurde am Max-Planck-Institut für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln in der  
Abteilung für

Vergleichende Entwicklungsgenetik (Direktor Prof. Dr. Miltos Tsiantis) angefertigt.

## Abstract

Organ morphology is regulated by genetic developmental programs that modulate growth. Ecological Evolutionary Developmental Biology (Eco-Evo-Devo) aims to elucidate the genetic bases of morphological novelties, correlating their interspecific diversity with the environmental variables. Plant leaves are suitable for these investigations, as (a) their phenotypic variability is vast, (b) their development is traceable, and (c) the genetic bases of their morphological diversity are easy to study. Comparative development approach expanded the knowledge about the genetic networks underlying leaf form variation. Interestingly, a single gene, *REDUCED COMPLEXITY (RCO)* drives leaf shape change in the Brassicaceae family. *RCO* arose from gene duplication of its paralog *LATE MERISTEM IDENTITY (LMII)*. *RCO* drives leaf morphological novelties due to regulatory diversification from the *LMII* promoter. Here I report that *RCO* evolved a short enhancer element that causes the gene expression to switch from distal to proximal, affecting leaf shape. These cis-regulatory modifications were coupled with *RCO* protein mutations and improved plant physiological performance due the new leaf morphology. I also investigated genetic interactions between *RCO* and other key leaf developmental genes and discussed how resulting information helps understand mechanisms underlying interspecific variation in leaf shape. Moreover, I describe the role of *LMII* in regulating leaf morphology. Altogether, these results define *LMII* and *RCO HD-ZIP class I* genes as two potent leaf shape regulators. Following the evolution of their activity, it is possible to trace an example of how genetic tinkering produces morphological innovation fit to a specific environment.

## Zusammenfassung

Organmorphologie wird durch genetische Entwicklungsprogramme geregelt, die das Wachstum modulieren. Die ökologisch evolutionäre Entwicklungsbiologie (Eco-Evo-Devo) zielt darauf ab die genetische Basis morphologischer Neuheiten ans Licht zu bringen und verbindet phänotypische Vielfalt verschiedener Organismen mit den Umweltbedingungen am jeweiligen Umgebungen. Pflanzliche Blätter sind für derartige Untersuchungen bestens geeignet, da (a) deren phänotypische Variabilität enorm ist, (b) deren Entwicklung nachvollziehbar ist und (c) die genetische Basis von deren morphologischer Vielfalt einfach zu untersuchen ist. Vergleichende Entwicklungsbiologie erweiterte das Wissen um die genetischen Netzwerke, die den verschiedenen Blattformen unterliegen. Interessanterweise, ein einziges Gen, *REDUCED COMPLEXITY (RCO)*, bringt Veränderungen in Blattformen innerhalb der Familie der Brassicaceae hervor. *RCO* entstand aus der Genervielfältigung des Paralogs *LATE MERISTEM IDENTITY (LMI1)*. *RCO* führt zu morphologischen Neuheiten bei Blättern durch die Veränderung von dessen regulatorischer Region, die von der des *LMI1* Gens abweicht. Hiermit berichte ich, dass *RCO* ein kurzes Enhancer-Element erwarb, das die Genexpression von distal nach proximal umleitete und somit die Blattform beeinflusste. Diese cis-regulatorischen Modifikationen, mit Mutationen im *RCO*-Protein gekoppelt, um die physiologische Leistungsfähigkeit zu verbessern, die mit der neuen Morphologie korrelierte. Ich untersuchte auch genetische Interaktionen zwischen *RCO* und anderen Schlüsselblattentwicklungsgenen und diskutierte, wie die resultierenden Informationen helfen, Mechanismen zu verstehen, die der interspezifischen Variation der Blattform zugrunde liegen. Außerdem beschreibe ich die Rolle von *LMI1* bei der Regulierung der Blattmorphologie. Zusammengenommen definieren diese Ergebnisse *LMI1* und *RCO HD-ZIP class I* Gene als zwei wirksame Blattformregulatoren. Anhand der Evolution von *RCO* und *LMI1* erkennt man Möglichkeiten, wie genetisches Tüfteln morphologische Innovation hervorbringt, zu einer bestimmten Umgebung fit sein.