

Investigating the regulatory network of Passage Cell Development

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln

vorgelegt von

Leonie Kraska
Aus Oberhausen, Deutschland

Köln 2024

Die vorliegende Arbeit wurde am Max-Planck Institut für Pflanzenzüchtungsforschung in Köln in der Abteilung für Pflanze-Mikroben Interaktionen (Direktor: Prof. Dr. Schulze-Lefert) in der Arbeitsgruppe von Dr. Tonni Grube Andersen durchgeführt.

Gutachter*innen: Prof Dr. Schulze-Lefert Prof. Dr. Ute Höcker

Prüfungsvorsitzender: Prof. Dr. Günter Schwarz

Protokollführer: Dr. Tonni Grube Andersen

Tag der Prüfung 18.12.2024

Abstract

The root is essential for taking up nutrients and water from the soil. Within this context, one particular cell layer- the endodermis - surrounds the vascular tissues and serves a crucial role by restricting the movement of molecules in and out of the stele, before transport to the shoot via the water-conducting xylem poles. A major structure supporting this function is the suberin lamellae, which surrounds the endodermal cells and thereby restricts trans-cellular transport. At first, suberization sporadically happens in the differentiation zone. At some point along the longitudinal axis of the root, the patchy zone becomes a fully suberized zone. The decision of endodermal cells to suberize is influenced by signals from the vasculature. Suberization is initiated in endodermal cells neighboring the phloem pole, while individual cells in proximity to the xylem poles remain non-suberized for longer time. These particular cells are termed passage cells (PC). How vasculature-dependent processes establish a radial bias in endodermal suberization remains largely unknown.

The **general introduction** of this thesis provides an overview of how radial symmetry arises in the vasculature during embryonic development. I focus on mechanisms establishing distinct cytokinin and auxin signaling domains, which impacts PC development. In **chapter 0** I introduce a way to describe the suberin pattern, which accounts for the radial distinct suberization, and describe PCs as a consequence of this. In **chapter 1**, I identify and describe MYB68 as a transcription factor controlling suberization mainly in endodermal cells associated to the xylem axis and therefore affecting PC occurrence. Moreover, I describe *MYB68* expression pattern in endodermal meristematic cells to be influenced by symmetry axis of the vasculature. This suggests a role of transcriptional regulation associated with endodermal subpopulations in the meristem. My work proposes that MYB68 additionally controls timing of another radial distinct feature of endodermal cells: the periclinal division leading to middle cortex (MC) formation. Furthermore, I employ *myb68* to investigate the role of PCs. I identify sodium and potassium transporters which expression in endodermal cells seem to be influenced by PC occurrence. In **chapter 2** I further investigate the role of meristematic MYB68 expression in PC and MC regulation. I investigate the connection of MYB68 to a previously established model in which differential cytokinin signaling in the meristematic endodermal cells pre-defines later PC occurrence. In **chapter 3**, I aim to investigate by which pathway MYB68 is controlling PC and MC. In **chapter 4**, I investigate how altered PC and MC occurrence effects the performance of seedlings in response to salt stress. In the **main discussion** I discuss the potential role of PCs as a passage for sodium out of the stele after retrieval from the xylem sap. I propose a concerted role of MC and PC in this context. Finally, I discuss the current knowledge of age sensitive meristematic development, as the here described *MYB68* expression pattern and MC and PC occurrence show dynamic changes with aging roots.

Zusammenfassung

Die Wurzel ist für die Aufnahme von Nährstoffen und Wasser aus dem Boden wichtig. In diesem Zusammenhang spielt die Endodermis, die das Gefäßgewebe umgibt, eine entscheidende Rolle. Diese Zellschicht schränkt die Bewegung von Molekülen in und aus der Vaskulatur ein. Entscheidend für diese Aufgabe sind die Suberinlamellen, die die endodermalen Zellen umgeben. Die Suberisierung startet sporadisch im jüngeren Teil der Wurzel und wird vollständig im Älteren. Die Entscheidung der endodermalen Zellen zu suberisieren, wird durch Signale aus dem Gefäßsystem beeinflusst. Die Suberisierung wird in endodermalen Zellen in der Nähe des Phloempols eingeleitet, während einzelne Zellen in der Nähe des Xylempols für längere Zeit nicht suberisieren. Diese besonderen Zellen werden als Durchlasszellen bezeichnet. Der Mechanismus, durch den vaskuläre Prozesse die radiale Ausrichtung der endodermalen Suberisierung bewirken, ist noch weitgehend unbekannt.

Die allgemeine Einleitung dieser Arbeit gibt einen Überblick darüber, wie die radiale Symmetrie im Gefäßsystem während der Embryonalentwicklung entsteht. Ich konzentriere mich auf Mechanismen, die unterschiedliche Cytokinin- und Auxin-Signaldomänen etablieren. In **Kapitel 0** beschreibe ich detailliert die endodermale Suberisierung an den verschiedenen radialen Positionen. In **Kapitel 1** beschreibe ich MYB68 als Transkriptionsfaktor, der die Suberisierung hauptsächlich in endodermalen Zellen steuert, die mit der Xylemachse assoziiert sind. Außerdem zeige ich eine Verbindung zwischen Durchlasszellen und dem mittleren Kortex auf. Beide Zellen sind mit der Xylemachse assoziiert und scheinen abhängig von MYB68 kontrolliert zu werden. Weiterhin identifiziere ich Natrium- und Kaliumtransporter, deren Expression in endodermalen Zellen durch das Auftreten von Durchlasszellen beeinflusst zu werden scheint. In **Kapitel 2** untersuche ich die Rolle der meristematischen MYB68-Expression. Ich untersuche die Verbindung von MYB68 zu einem bereits etablierten, Cytokinin-Signaldomänen basierten Modell auf. In **Kapitel 3** untersuche ich den Mechanismus, durch den MYB68 die Entwicklung der Durchlasszellen und den mittleren Kortex kontrolliert. In **Kapitel 4** untersuche ich den Einfluss, den Durchlasszellen und der mittlere Kortex auf die Resistenz gegen Salzstress haben. In der Hauptdiskussion erörtere ich die mögliche Rolle der Durchlasszelle und des mittleren Kortex nach der Rückgewinnung von Natrium aus dem Xylemsaft. Abschließend diskutiere ich den aktuellen Wissensstand zur altersabhängigen meristematischen Entwicklung, und spekuliere über den Mechanismus, der MYB68 alters-abhängig regulieren könnte.