

首页 > 科研进展 > 2023年

王佳伟研究组解析拟南芥叶片形状随年龄改变的细胞学基础

植物的生长和发育具有时序性。在开花之前，植物需要经历幼年期向成年期的转变。在模式植物拟南芥中，幼年期与成年期叶片在叶片形状、叶片下表皮毛数量和叶边缘缺刻等三方面具有明显差异，幼年期叶片小且圆，成年期叶片大且呈椭圆形。前期研究表明，miR156是调控植物时序性发育的关键因子。miR156在幼年期高表达，维持植物的幼年期特征。随着植物年龄的增长，miR156含量逐渐降低，其靶标 SQUAMOSA PROMOTER BINDING-LIKE (SPL) 类转录因子表达逐渐上升，诱发植物成年性状的产生。尽管miR156-SPL年龄模块调控拟南芥叶片下表皮毛数量和叶边缘缺刻形成的分子机制已被解析，但是其控制叶片形状时序性变化的机制至今仍不清楚。

2023年2月8日，国际学术期刊 *The Plant Cell* 在线发表了中国科学院分子植物科学卓越创新中心王佳伟研究组题为“Anisotropic cell growth at the leaf base promotes age-related changes in leaf shape in *Arabidopsis thaliana*”的研究论文。该研究发现拟南芥幼年期叶片表皮细胞在叶原基发育后期便停止分裂后，发生各向同性生长 (isotropic growth)，形成铺板状细胞 (pavement cell)，叶片形状为圆形。随着植物年龄的增长，miR156靶标的SPL类转录因子的表达逐渐上升，促使叶片基部表皮细胞出现各向异性生长 (anisotropic growth)，产生沿着基顶轴方向 (the base-to-tip axis) 极性伸长的巨细胞 (giant cell)；同时，在巨细胞的周围，叶片表皮细胞的分裂会更加持续更久，由此驱动叶片的形状由圆形变成椭圆形。该研究揭示了拟南芥叶片形状时序性变化的细胞学机制 (图1A)，发现巨细胞的产生和周围细胞分裂的延长协同调控成年期叶片的形态建成。

该研究首先发现，与幼年期叶片相比，成年期叶片下表皮基部各向异性生长程度显著升高，并伴随极性伸长巨细胞的出现。同时，成年期叶片表皮细胞分裂持续时间较幼年期叶片显著延长，且叶片细胞数目显著增加。利用激光共聚焦延时拍摄技术 (Time-lapse imaging) 进一步发现，过量表达miR156靶标的SPL10能够促进叶片基部表皮细胞各向异性生长及细胞分裂持续时间的延长 (图2)。在幼年期叶片中诱导表达SPL10足以引发叶片基部表皮细胞各向异性生长，促使巨细胞产生并延长细胞分裂持续时间，从而诱成年态叶片的形态建成。

正向遗传学筛选发现，微管切割的肌球蛋白基因 *KATANIN1 (KTN1)* 的突变会导致 *MIM156* (target mimicry of miR156) 及SPL过表达植物叶片基部表皮细胞各向异性生长程度降低及巨细胞数目的减少，从而改变叶片形状。染色质免疫共沉淀测序 (ChIP-seq) 技术进一步发现miR156靶标的SPL10可以直接调控 *XYLOGLUCAN ENDOTRANSGLUCOSYLASE/HYDROLASE (XTH)*、*EXPANSIN12 (EXPA12)*、*CYCLIN D3;3 (CYCD3;3)* 及 *CYCLINA2;3 (CYCA2;3)* 等一些与细胞伸长和分裂相关的基因表达。这些发现进一步证实了拟南芥成年期叶片形状的改变与叶片表皮细胞各向异性生长程度升高、巨细胞产生以及细胞分裂旺盛密切相关。

最后，利用数据拟合和计算机模拟，建立了一个以叶片miR156含量为变量计算叶片的形状 (叶片的长宽比) 及大小 (叶片面积) 的数学模型公式，并利用 *mir156* 功能缺失突变体对该模型进行了验证 (图1B)。该模型可以精确的根据植物体内miR156含量预测叶片的形状。

中国科学院分子植物科学卓越创新中心唐洪波博士为该论文的第一作者，王佳伟研究员为通讯作者。该项研究得到国家自然科学基金委基础科学中心项目、创新群体项目以及中国科学院先导专项的资助。

论文链接: <https://doi.org/10.1093/plcell/koad031>

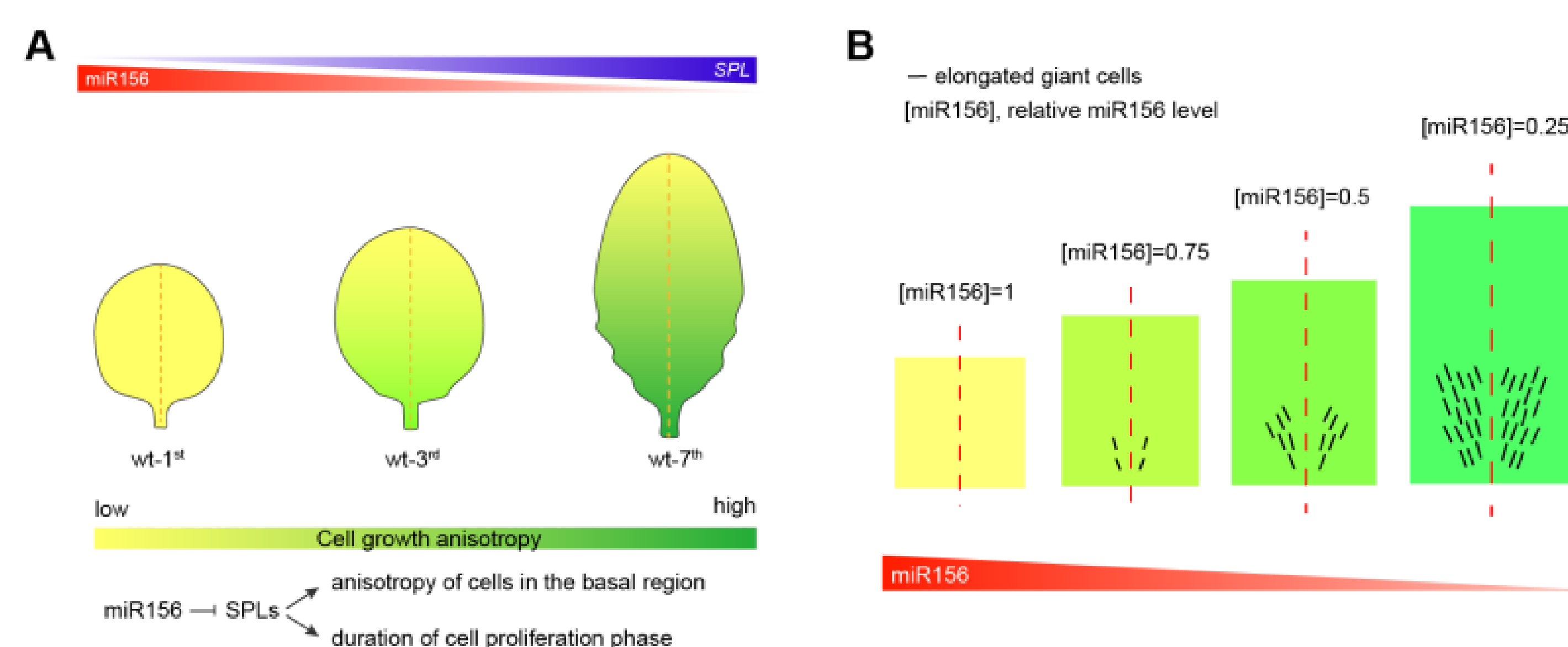


图1A: 拟南芥叶片形状时序性发育的模式图。miR156所靶标SPL类转录因子表达的上升促进叶片基部表皮细胞各向异性生长，同时伴随着叶片表皮细胞分裂阶段的延长。这两个方面共同作用调控叶片形状由幼年期向成年期的转变。

图1B: 拟南芥叶片形状随 miR156 的含量变化而改变的模型。当 miR156 含量设为 1.0 时，叶片形状为近似正方形 (幼年期叶片形状)，随着 miR156 含量的下降，叶片形状逐渐呈成年态化，叶片长宽比、面积和巨细胞数目 (黑色短横线) 逐渐增加。

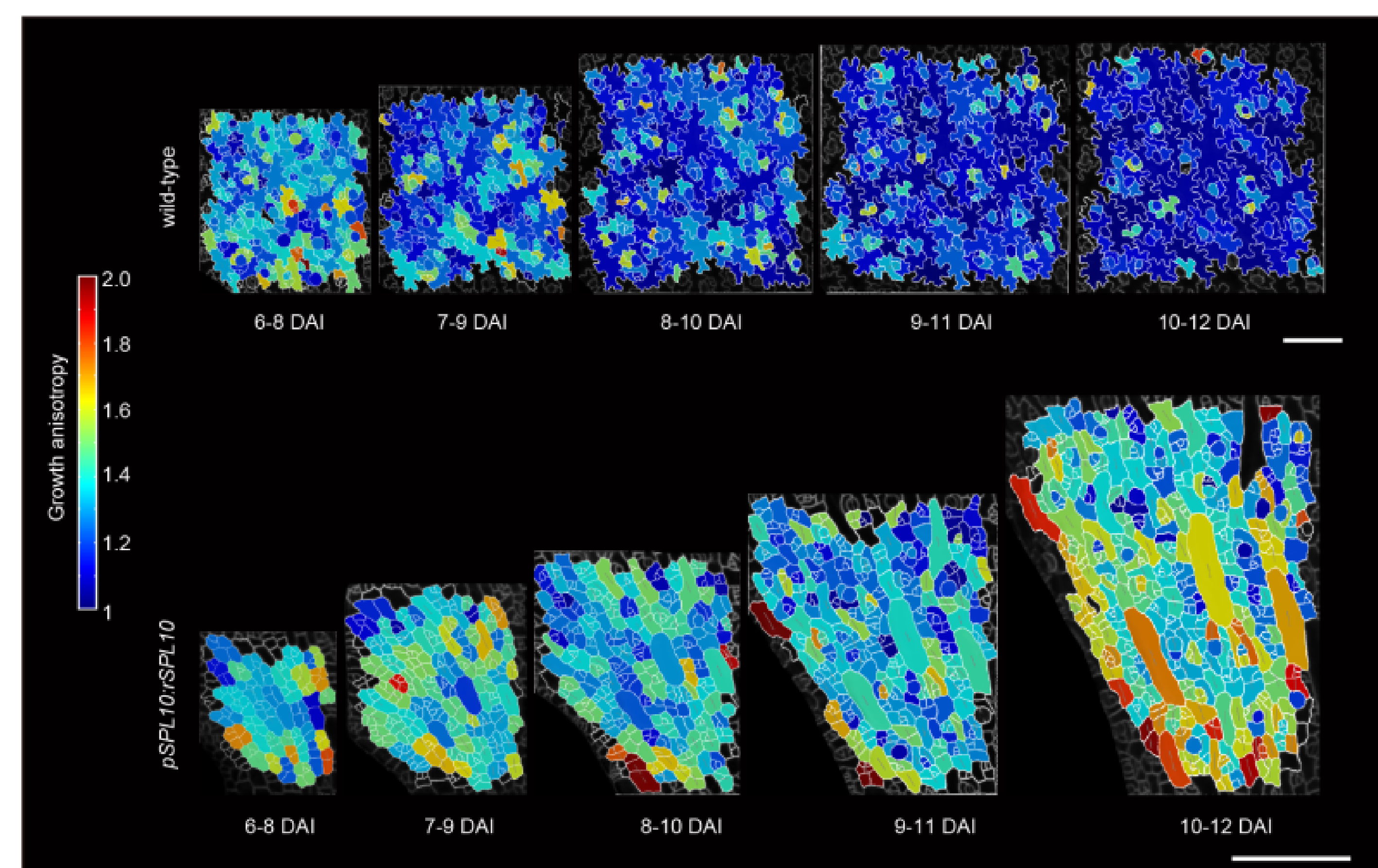


图2: 野生型和 *pSPL10:rSPL10* 叶片基部表皮细胞各向异性生长程度热图。与野生型相比，*pSPL10:rSPL10* 叶片基部表皮细胞各向异性生长程度显著升高。