



科研进展

叶片表型可塑性与整合性协调促进植物适应氮沉降增加

西双版纳热带植物园 石贤萌, 宋亮 2023-04-19 小中大

表型可塑性指基因型或个体改变其表型以响应环境的能力，是植物适应环境变异的关键机制之一。表型整合性，指由性状之间的遗传、发育和/或功能联系形成的性状之间的相互关联，有研究表明表型整合性可作为表型可塑性的一个内部约束因子存在。然而，相关的实证研究大多仅关注表型可塑性或表型整合性的单一格局，对表型整合性和可塑性间协调变化关系的研究仍十分匮乏，且相关结论存在较大争议。

由于化石燃料和人工化肥的大量使用，中国氮沉降在过去的三十年中增加了约60%，氮沉降的增加可能会对森林生态系统的结构和功能造成不良影响，导致生物多样性丧失、土壤酸化等严重后果。幼苗处在植物发育的早期脆弱阶段，对环境氮的可利用性有着较高的依赖性和敏感性，因而也更容易受到氮沉降增加的影响。因此，在氮沉降增加背景下，研究森林幼苗叶片功能性状的响应及其表型可塑性与整合性之间的权衡关系，对于揭示植物的资源利用策略及其环境适应性至关重要，可为准确预测人类世背景下森林生态系统的结构、功能和动态提供科学依据。

为此，中国科学院西双版纳热带植物园（以下简称“版纳植物园”）恢复生态研究组联合相关科研人员，以云南哀牢山亚热带常绿阔叶林为对象，通过为期2年的模拟氮沉降实验，研究了林下两种优势幼苗（黄心树 (*Machilus gambelii*) 和多果新木姜子 (*Neolitsea polycarpa*)）叶片功能性状与资源利用策略在不同浓度氮沉降处理下（0、3、6和12 kg N ha⁻¹ yr⁻¹）的变化，以及叶片表型可塑性和整合性之间的关联。结果发现：氮沉降升高促使幼苗叶片功能性状由资源保守向资源获取的方向发展，具体表现在叶片氮含量、比叶面积和光合性能的提高（图1）。在一定范围内（≤6 kg N ha⁻¹ yr⁻¹），氮输入增加会优化叶片功能性状，提升幼苗养分利用和光合作用的能力和效率。然而，过量的氮输入（12 kg N ha⁻¹ yr⁻¹）会对叶片形态和生理性状产生明显不利影响，进而抑制其资源获取效率。进一步的分析发现，两种幼苗叶片性状的表型可塑性和整合性之间均存在显著的正相关关系，表明幼苗叶片的表型可塑性并未受其整合性的约束，相反，可塑性较高的叶片性状可与其它性状更好地整合以应对高氮胁迫（图2）。该研究证明叶片功能性状可以快速响应环境氮资源的变化，而表型可塑性与整合性之间的协调可以促进植物幼苗适应未来大气氮沉降的增加。

相关研究成果以“[Leaf phenotypic plasticity coupled with integration facilitates the adaptation of plants to enhanced N deposition](#)”为题发表在环境科学领域经典期刊 *Environmental Pollution* 上，版纳植物园石贤萌博士和纪金华为该论文共同第一作者，恢复生态研究组组长宋亮研究员为论文通讯作者。该研究得到了国家自然科学基金、云南省自然科学基金、河南省自然科学基金等项目支持，在此一并致谢。诚挚感谢云南哀牢山森林生态系统国家野外科学观测研究站和版纳植物园公共技术中心在野外实验与样品分析等方面提供的帮助和支持。

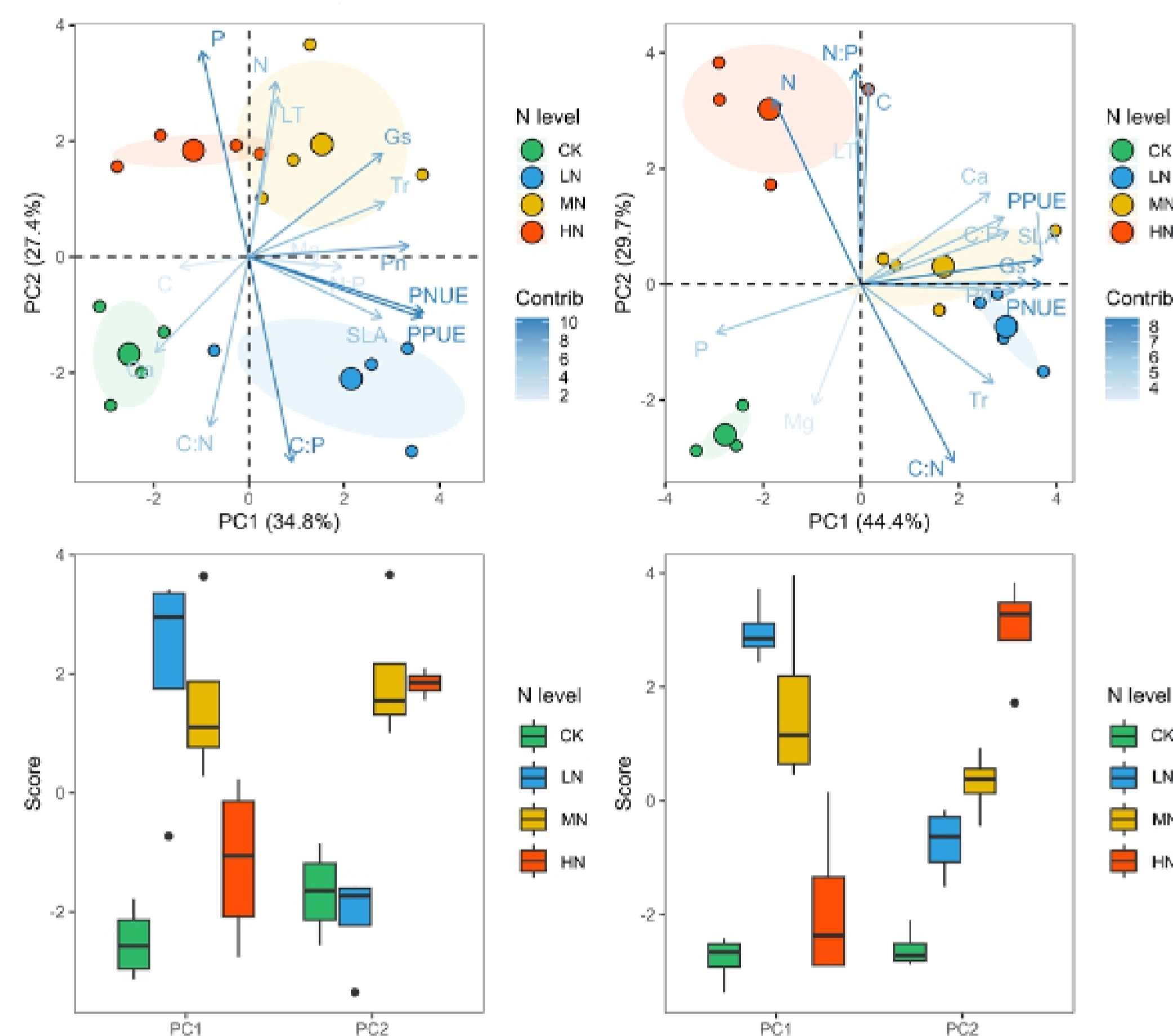


图1. 不同浓度氮沉降处理下哀牢山亚热带常绿阔叶林优势树种幼苗叶片功能性状的主成分分析

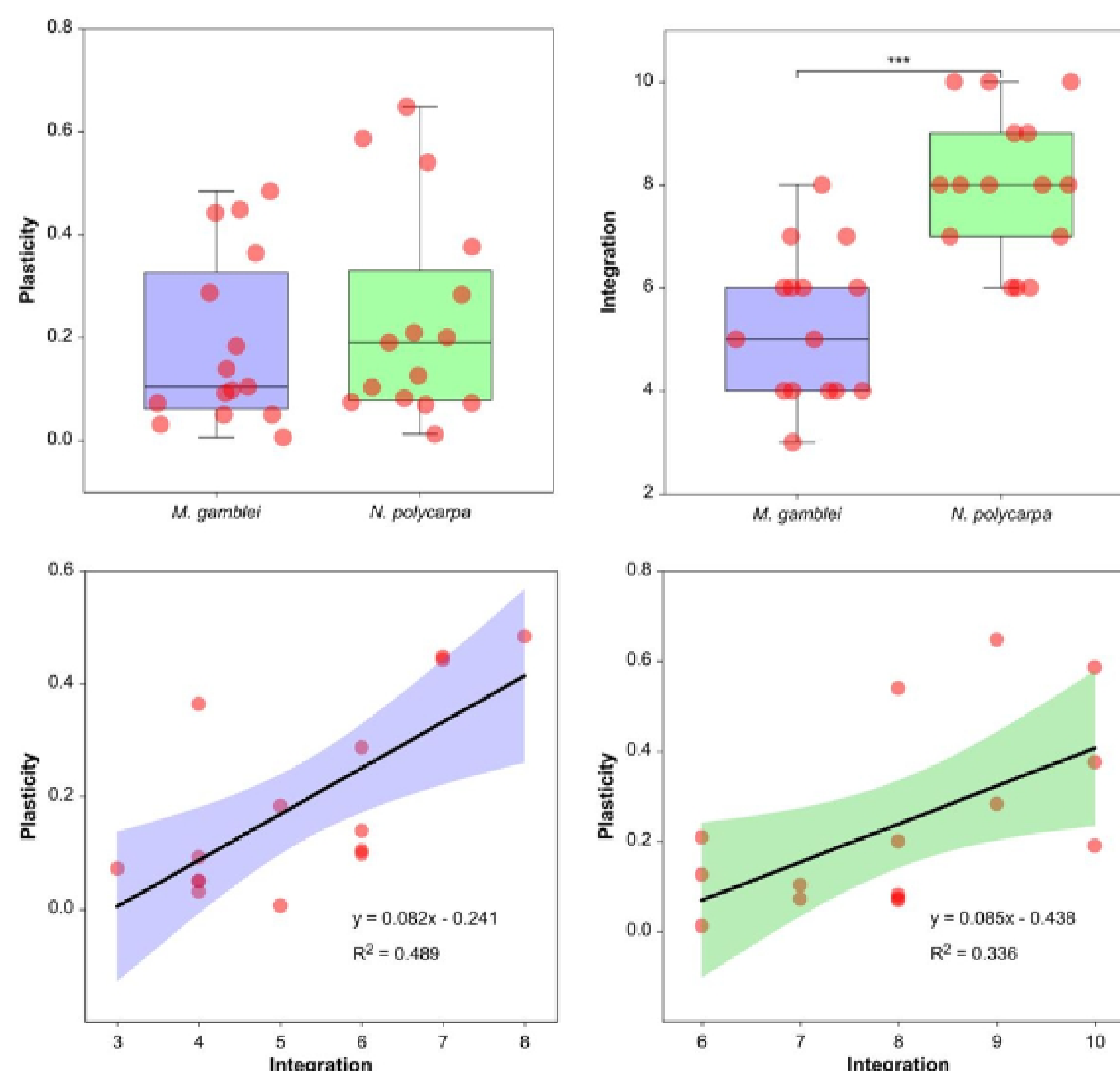


图2. 哀牢山亚热带常绿阔叶林优势树种幼苗叶片的表型可塑性、整合性及其相互作用关系

