



植物生物多样性会影响养分循环吗？

Eva Koller-France^{1*}, Wolfgang Wilcke² and Yvonne Oelmann¹

¹ Department of Geography/Geoecology, University of Tübingen, Tübingen, Germany

² Institute for Geography and Geoecology, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

小审稿人



麦肯奇

年龄：14岁



露丝

年龄：14岁

所有生物，如人类、动物、植物、甚至微生物，都需要摄取营养元素来维系生存，其中氮元素和磷元素尤为重要。了解这些元素所经过生态系统的循环是理解为什么以这样的方式运转的关键。其中一个我们正在探讨的问题是：生物的多样性（如植物或昆虫）是否与这些营养元素的循环有关联呢？当植物群落是由许多不同的植物物种组成时，它们似乎比由较少的植物组成的植物群落能更好地利用可获得的土壤营养物质。这可能是由于互补性所致，即不同植物物种以不同方式获得可用的养分，例如从不同的土壤深度中获得。在这篇文章里，我们将会描述植物多样性与土壤养分循环之间的联系，并讨论其对整个生态系统运转的启示意义。

我们为什么要重视生物多样性对养分循环的影响？

地球上的所有生物都需要一定的营养元素维系生存。在自然生态系统中，这些营养元素——尤其它们当中重中之重的氮元素和磷元素——都是被植物从土壤中吸收获取的。植物随后可能会被动物或人类所摄食。这些养分通过动物的排泄物和动植物死亡后的遗体残骸返回土壤后，或再次被新的植物重吸收。由于这一切都在不断地重复着，我们便把这个过程称为养分循环（nutrient cycle）。

根据不同的生态系统和环境状况，营养物质的循环可能会更快或更慢。在这一过程中，系统的各个组成部分对养分的利用程度可能存在差异，或由此产生失衡。例如，由于有时农民会向土壤中过量施肥，造成土壤中的有效养分远超作物的实际需求；或者由于冬季遇到温暖天气，使得土壤中过多的养分被那些微小生物体从死亡残体中回收并释放出来，而此时的植物正处于非活跃阶段，是不需要利用这些养分的。如果土壤里有过剩的养分，那么这些养分就会被冲入地下水层，或湖泊、溪流中。它们从那里会被进一步排进大江大河，最终汇入海洋。倘若这些水体聚积着大量的营养物质，藻类就可能会快速生长，从而破坏淡水生态系统。在这种情况下，养分多了必定会出大问题。这就是为什么研究生态系统在不同条件下的养分循环不仅有助于我们了解生态系统的运行机制，更能帮助我们解决实际问题，例如如何保护我们清洁水源的供应。

我们知道，**生物多样性**（例如物种丰富度）在维系生态系统的诸多功能上扮演着关键角色；我们也知道，生物多样性在全球范围内正在大规模地减少。例如，一些蜜蜂和珍稀物种正濒临灭绝，因此如今许多生态系统的多样性都不如以往。这也是我们对营养循环应对生物多样性变化这一问题产生兴趣的原因之一。

生物多样性对土壤中的氮元素有什么影响？

生物多样性与土壤中的氮元素（特别是以硝酸盐的形式、可被植物吸收的氮）之间的联系在研究生物多样性对生态系统影响的实验中已经得到相当充分的证实[1]。在这些实验中，通过建立小型生态系统模型（通常是草地生态系统，因其最易开展）来研究植物多样性的影响，模型中有已知数量的物种，这些物种都是在相同的环境条件下生长的，例如在同一片田地里。具体做法是将特定的混合种子播撒在一小块方块田中，即

生物多样性

简言之，就是生态系统中的物种数量。

我们的实验田中。人们会对这些实验田进行定期检查，看是否存在没有被列入计划播种的植物，若存在，这些植物便会被移除。由于各个实验田之间的唯一差异就是物种数量的不同，因此，从不同植物生物多样性水平的实验田中获得的实验结果就可以被很好地相互比较。

从这些草地实验中，我们发现植物物种的数目越多，土壤中氮元素的浓度就越低。这其实相当容易解释。倘若植物吸收了更多的氮元素，意味着土壤里被“弃留”的氮元素变少了。在养分充足合理的生态系统中，这也意味着更少的氮元素被冲至地下水层，从而保障了地下水的品质，并保护了淡水生态系统。

为了理解这些实验结果，我们必须考虑植物多样性对未施肥生态系统的其他重要影响之一——植物生长的增加量。当植物生物多样性更高时，通常而言其植物**生物量**也越高，例如草地会生产出更多的干草。要形成如此可观的生物量，就需要更多的氮。当然，从另一角度来看的话，只有当植物能够获得更多的氮元素（和其他所有必要的养分）时，才能形成如此高的生物量。这个时候，正是互补性在发挥其作用。

生物量

生态系统中植物、动物等组分的总质量。例如，文章中所谈及的植物生物量，能够被定义为植物的根、芽、叶、花和果实中包含的所有生物物质的重量。在温带气候中，生物量并不恒定，但通常从春天到夏末是增加的，在秋天减少。

不同物种通力合作，以获得养分

互补性描述的是一种机制，这种机制关系到生态系统中的不同组分（如不同物种）如何在不同时间和不同空间利用不同必需（或有限）的资源。在这种机制中，一个物种对该资源的利用能“补”上其他物种对该资源未能利用的部分。通过这样的方式，植物群落能更全面地利用有效资源。在我们的例子中，所利用的资源是土壤中的有效氮。你可能知道，植物通过根系从土壤中吸取养分。但不是所有的根都是一样的。一些植物的根很粗、很长，能够抵达更深层的土壤，且在扎根过程中不会产生太多分支。另一些植物的根系则只能到达土壤的浅层地带。即使仅仅只是将这两种类型的根结合起来看，我们也可以发现：一种植物从浅层土壤中获取水分和养分，而另一种则从深层土壤中获取同样的资源（图1）。这两种根系是互补的，这就意味着：在原本单一物种系统中无法被充分利用的资源，现在就可以被利用了，从而产生更多的生物量，并进一步为微生物和动物提供食物来源。这两种植物在空间上在空间利用上的分工错位，我们称之为空间生态位。同样地，并不是所有的植物都是在同一时间段生长发育的。如果一个植物物种只是在春天生长，而另一个物种只是在夏天才开始生长，那么这两个物种便不会在同一时间段内吸收它

们生长发育所需的大部分的养分。就这样，它们在时间上利用了两个不同的生态位，即时间生态位，这样一来，它们一起生长时获得的养分和其他资源要比它们单独生长时获得的多得多。因此，当不仅仅是两种，而是多种植物一起利用不同的时间、空间生态位一起生长时，土壤里的氮元素便能更充分地利用，这就难怪土壤里土壤中可检测到的氮元素变少了。

图1-

在生物多样性较高的土壤系统中，根系之间的互补性促进了更有效的养分循环。

宽箭头表示在多样性更高的生态系统中，硝酸盐吸收量更高，或磷酸酶的活性更高。窄箭头表示在多样性更低的生态系统中，硝酸盐吸收量更低，或磷酸酶活性更低。当硝酸盐被根系吸收并被输送到植物的地上部分时，磷酸酶则向下释放到土壤中，使得磷酸盐量变得充足，从而被根系吸收。

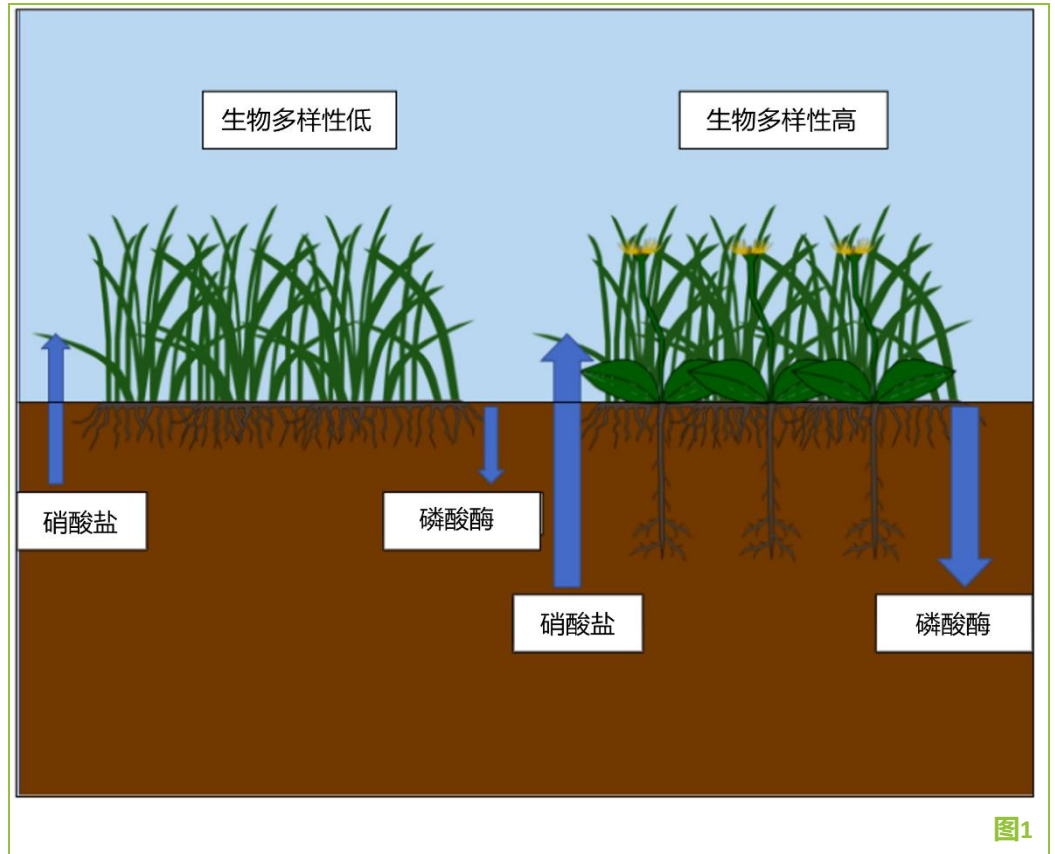


图1

植物多样性与土壤磷元素

前面刚刚描述了的生物多样性对土壤中氮元素的影响，我们可以用相同的逻辑来假定，生物多样性对土壤中磷元素的影响也是一样的。毕竟，氮和磷，两者都是必需的营养元素，都能限制生物量的产生。然而，可能会让人感到惊讶的是，关于磷的这部分规律并不是我们通过生物多样性实验（即通过实验控制单一生态系统中的物种丰富度，进而研究生物多样性对生态系统的影响）发现的。通常而言，在我们这类实验中的土壤系统里，能轻而易举获得的磷酸盐（即供植物吸收的磷的化学形式）的浓度非常低，根本不可能产生任何“剩余”，即在研究氮时偶尔产生的现象。那么，植物多样性对磷的循环到底有没有影响呢？

答案一言以蔽之：有，非常可能。我们知道，在多样性更高的生态系统中，植物生物量中的磷元素也更多，而这种结果——与氮元素相类似——是由于植物吸收更多的磷而产生更高的生物量造成的。问题在于这些多样性更高的生态系统是如何吸收更多的磷的呢？即使我们不能在土壤里直接看到该结果。

为了获取土壤里的磷酸盐，植物和微生物都会利用**酶**（一种能促进某些生化反应的物质）将土壤腐殖质中那些复杂的化学成分进行分解，从而得到磷酸盐，而腐殖质就是类似于我们熟知的堆肥那样的有机物质。我们可以测定磷酸酶——让磷酸盐变得可被吸收的功臣——的催化速率和活性水平，这有助于我们估计到底有多少磷酸盐是从土壤中被释放出来为植物或微生物所利用的。在植物生物多样性更高的生态系统中，我们发现磷酸酶的活性更高（图1）。这表明，尽管我们不能像研究氮元素那样，从植物多样性较高的土壤中观测到更高的磷吸收量，但我们可以发现，植物多样性通过使磷酸酶的活性增强，让土壤中的磷元素可以被更有效地获取。这便是植物生物多样性能够影响生态系统磷循环的一种方式。

生物多样性对生态系统功能的重要性

那这一切都意味着什么呢？一般的假设是，随着全球变化的持续，会有越来越多的物种从生态系统中消失，即生物多样性会持续下降。在这样的趋势下，氮和磷的循环效率可能会降低，也就是说，生态系统维持和循环利用氮和磷的能力将会每况愈下。当一个生态系统发生如此重大的变化时，这可能会是导致**生态系统生产力**减退的一大元凶。生物多样性的下降也可能导致养分从系统中流失，如硝酸盐被冲入地下水层中。倘若过量的硝酸盐进入我们的饮用水中，就会构成污染，也会对被相关水生生态系统产生负面影响，例如导致藻类过度繁殖。而在另一端，原生态系统中的植物、微生物、动物由于再也无法获得这些养分，从而使整个系统的养分更加匮乏，乃至无法维持生物生存。

利益冲突声明

作者声明，研究是在不存在任何可能被视为潜在利益冲突的商业或财务关系的情况下进行的

酶

能加快细胞内外生化反应的小分子。

生态系统生产力

生态系统在一定时间内产生的有机物质总量，如植物生物量。一个很好的例子便是在一年时间内单位面积田地中收成了多少小麦或干草。

参考文献

1. Oelmann Y, Buchmann N, Gleixner G, Habekost M, Roscher C, Rosenkranz S, Schulze E, Steinbeiss S, Temperton VM, Weigelt A, et al. Plant diversity effects on aboveground and belowground N pools in temperate grassland ecosystems: Development in the first 5 years after establishment. *Global Biogeochem Cy* (2011) 25:n/a-n/a. doi:10.1029/2010gb003869
2. Oelmann Y, Richter AK, Roscher C, Rosenkranz S, Temperton VM, Weisser WW, Wilcke W. Does plant diversity influence phosphorus cycling in experimental grasslands? *Geoderma* (2011) 167:178–187. doi:10.1016/j.geoderma.2011.09.012
3. Hacker N, Ebeling A, Gessler A, Gleixner G, Macé OG, Kroon H, Lange M, Mommer L, Eisenhauer N, Ravenek J, et al. Plant diversity shapes microbe-rhizosphere effects on P mobilisation from organic matter in soil. *Ecol Lett* (2015) 18:1356–1365. doi:10.1111/ele.12530

引用: Koller-France E, Wilcke W and Oelmann Y (2021) Does Plant Biodiversity Influence Nutrient Cycles?. *Front. Young Minds.* 9:557532. doi:10.3389/frym.2021.557532

EDITED BY: Malte Jochum, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

SCIENCE MENTORS: Nicole Ricker

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

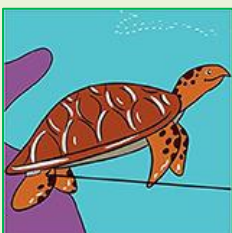
COPYRIGHT © 2021 Koller-France, Wilcke and Oelmann. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

小审稿人

麦肯奇

年龄：14岁

我叫麦肯奇。我喜欢听音乐、演奏音乐，也喜欢阅读（尤其是奇幻类）、玩体育项目（最喜欢网球）、科学、数学和学语言，但最喜欢的是去背包露营。





露丝

年龄：14岁

你好呀，我今年14岁，在加拿大定居。我喜欢编织、钩织和阅读书籍。

作者

埃娃·科勒-弗朗斯

埃娃是一名生态系统生态学研究专家，对所有形式的全球变化对生态系统碳和养分循环的影响很感兴趣。她在博士生涯中曾经“流浪”北极，只为研究环境变化对碳和养分循环之间联系的影响。目前，她是德国耶拿实验室 (<http://www.the-jena-experiment.de/>) 的博士后研究员，研究植物物种丰富度对氮、磷循环的长期影响。



沃夫冈·维尔克

沃夫冈·维尔克曾在德国拜罗伊特大学攻读地质生态学，现任德国卡尔斯鲁厄理工学院地貌学与土壤学教授。此前，他在德国柏林工业大学、美因茨约翰内斯·古腾堡大学和瑞士伯尔尼大学从事科研与教学工作。他的研究兴趣主要集中在环境变化所带来的影响，包括气候变化、土地利用变化、养分沉积、污染以及生物多样性丧失对土壤与植物相互之间元素循环的影响，并采用土壤化学分析、元素通量的长期观测，以及稳定同位素的方法开展相关研究。



伊冯娜·奥尔曼

伊冯娜是一名从事生态系统中的碳和养分循环的土壤学家。她于德国柏林工业大学取得博士学位，博士期间研究植物多样性对草地土壤中营养循环的影响 (<http://www.the-jena-experiment.de/>)。博士后期间，她拓宽了她对这一领域的研究视角，重点关注复杂森林生态系统，并将人类活动的影响纳入其中。2011年，她被聘为德国图宾根大学教授，此后一直致力研究全球草原和森林中的碳和养分循环。



翻译者

梁婧

广东药科大学，中国；马来亚大学，马来西亚

我目前（2025年）是广东药科大学生物技术专业的大四学生。16岁时（2020年），在导师毛准博士的指导下，我开始翻译Frontiers for Young Minds的文章。在本科阶段，我曾赴马来亚大学交换六个月，也参加不列



颠哥伦比亚大学的暑期项目。我喜欢翻译科学文章，助力知识传播，也喜欢旅行、结识世界各地的朋友。未来，我希望在发达国家（如加拿大或美国）攻读硕士和博士学位，拓展学术与职业发展。

联系邮箱：xiaojingowl@gmail.com



毛准

法国农业食品与环境研究院，法国

我在法国国家农业、食品与环境研究院（INRAE）从事生态学方面的科研工作，研究植物与土壤之间的相互作用及其对护坡、固碳等生态服务的影响。音乐、文学、摄影是生活中赋予我无限灵感的啤酒，而科学则是我的信仰，是我与山川草木沟通的语言，是载我驶向星辰大海的小舟。

联系邮箱：zhun.mao@inrae.fr

经费支持说明

“土壤生物多样性翻译”团队感谢德国哈勒-耶拿-莱比锡综合生物多样性研究中心（iDiv）的支持，该中心由德国研究基金会（DFG FZT 118，项目编号202548816）资助。

引用说明

本文是基于知识共享署名许可（CC BY）条款发布的开放式获取文章。依照公认的学术惯例，本文允许在其他论坛被使用、分发或复制，但必须注明原作者和版权所有者，并对本刊的原始出版版本进行引用。任何不遵从以上条款的使用、分发或复制均不被允许。

推荐的引用方式如下: Koller-France E, Wilcke W and Oelmann Y (2025) Does plant biodiversity influence nutrient cycles? (Chinese translation: Jing Liang and Zhun Mao). *Translating Soil Biodiversity & Front. Young Minds*. Originally published in 2021, doi: 10.3389/frym.2021.557532