



研究报告

Research Report

氮磷添加对菊叶委陵菜生殖特征的影响

李阳^{1,2}, 李倩¹, 李凌浩²

1. 陕西省西安植物园, 陕西省植物研究所, 西安, 710061

2. 中国科学院植物研究所, 北京, 100093

✉ 通讯作者, llinghao@ibcas.ac.cn; ✉ 作者

分子植物育种, 2016年, 第14卷, 第6篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2016.14.0006

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式(中文):

李阳等, 2016, 氮磷添加对菊叶委陵菜生殖特征的影响, 分子植物育种(online), 14(6): 1035-1039 (doi: 10.5376/mpb.cn.2016.14.0006)

引用格式(英文):

Li et al., 2016, Effects of Nitrogen and Phosphorous Additions on Reproductive Traits of *Potentilla tanacetifolia*, Fenzi Zhiwu Yuzhong (online) (Molecular Plant Breeding), 14(6): 1035-1039 (doi: 10.5376/mpb.cn.2016.14.0006)

摘要 氮和磷是植物生长所必需的营养元素之一, 影响到植物的生长、发育和繁殖等过程。本研究通过野外实验和室内试验, 分析氮磷添加对菊叶委陵菜生殖特征的影响。其结果显示: 氮磷添加显著影响菊叶委陵菜的生殖生物量、种子产量、千粒重和发芽率。种子千粒重与种子发芽率呈现正相关关系。氮和磷添加通过改变生殖构件生物量来影响其种子特征的。在草原生态系统中, 氮磷是影响菊叶委陵菜繁殖的限制性因子之一。

关键词 分析菊叶委陵菜; 施肥; 种子

Effects of Nitrogen and Phosphorous Additions on Reproductive Traits of *Potentilla tanacetifolia*

Li Yang^{1,2}, Li qiang¹, Li Linghao²

1. Xi'an Botanical Garden of Shaanxi Province, Xi'an, 710061

2 Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100093

✉ Corresponding author, llinghao@ibcas.ac.cn; ✉ Authors

Abstract Nitrogen (N) and phosphorus (P) is the necessary nutrition of plants. They affect growth, development and reproduction of plant. Our experiment was conducted to examine the effects of N and P addition on reproductive traits of *P. tanacetifolia* through field and laboratory experiments. The results showed that N and P addition affected reproductive biomass, seed production, seeds weight and germination rate. There was significantly correlation between seed weight and germination rate. N and P. addition have significantly effects on seed traits through alter reproductive biomss of *P. tanacetifolia*. In concluded, N and P were the limited factors in reproduction of *P. tanacetifolia*.

Keywords *Potentilla tanacetifolia*; Fertilization; Seed

研究背景

氮素(N)和磷素(P)在陆地生态系统中是限制植物生长的限制性因子之一(Zhang and Zak, 1998; Gusewell and Koerselman, 2002)。氮素是一种生命物质, 根据国内外的研究表明, N 的添加通常会引起种间关系的改变、群落中生物多样性的降低, 从而

改变群落结构和生态系统功能(Kieft et al., 1998; Krupa, 2002; Sala et al., 2002; Zavaleta et al., 2003; Schwinning and Sala, 2004; Stevens et al., 2004; Ba'ez et al., 2007)。P 因为参与到细胞的分裂, 物质和能量的合成与转运, 因此是生命活动的必须营养元素之一。在地质时代尺度上磷素是生物生产力的限制性养分元素(Compton et al., 2000)。磷素可以显著提高草地生产力(王兆荣, 2001), 并通过改变种间关系来改变群落物种组成(Leishman and Thomson, 2005)。磷素在生态系统中的迁移和转化是生态系统结构和功能的决定因素之一。由于化肥的使用, 导

收稿日期: 2016年02月29日

接受日期: 2016年04月03日

发表日期: 2016年04月10日

基金项目: 本研究由国家自然科学基金(31500393)和陕西省科学院青年人才培养项目(2013K-20; 2014K-24)共同资助



致人为向草原生态系统中输入越来越多的养分元素尤其是 N。这将导致原本 N:P 高的中国草地生态系统(He et al., 2008)越来越受到 P 的限制。

菊叶委陵菜, 菊科委陵菜属 (*Potentilla tanacetifolia* Willd.) 是典型草原上的常见品种。其种群大小随环境变化在内蒙古典型草原地区波动很大, N 和 P 的添加将对植物种群动态产生怎样的影响, 对草地管理是一个极为重要的问题, 还有如何指引管理者采取更有效、更经济的措施来促进该地区生态恢复。因此本文主要通过田间调查和室内控制实验方法, 研究菊叶委陵菜生殖特性对 N 和 P 添加的响应。以期为研究施肥对典型草原生态系统的影响以及为典型草原管理措施的建立提供理论依据。

1 结果与分析

1.1 N、P 添加对菊叶委陵菜生殖生物量的影响

单独施加 N 和 P 肥均显著影响菊叶委陵菜的生殖生物量($P < 0.05$), 但两者没有交互作用($P > 0.10$)。施加 N 导致菊叶委陵菜生殖生物量增加 36.5%, 施加 P 导致菊叶委陵菜生殖生物量增加 50.4% (图 1)。

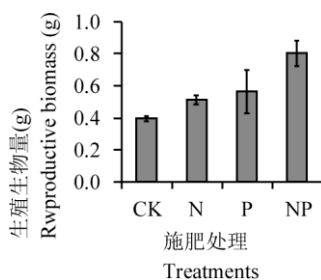


图 1 施肥处理对菊叶委陵菜生殖生物量的影响

注: CK: 对照; N: 添加 N; P: 添加 P; NP: 同时添加 N 和 P, 下同

Figure 1 Fertilized-treatment-induced changes in reproductive biomass of *P. tanacetifolia* (Mean \pm SE).

Note: CK: Control treatment; N: N addition; P: P addition; NP: N addition plus P addition; The same as below

1.2 N、P 添加对菊叶委陵菜种子产量的影响

N、P 交互作用显著改变菊叶委陵菜种子产量($P < 0.05$), 其中 P 极显著影响菊叶委陵菜种子产量($P < 0.001$)。N 肥的添加增加 439.5% 菊叶委陵菜种子产量, 但没有达到显著水平($P = 0.06$), P 肥的添加增加了 202.4% ($P < 0.001$) 的菊叶种子产量(图 2)。菊叶委陵菜种子产量与生殖生物量直接存在显著正相关关系(图 3)。

1.3 N、P 添加对菊叶委陵菜种子千粒重的影响

N 肥显著降低了 8.5% ($P < 0.01$) 的菊叶委陵菜的

种子千粒重。P 肥降低了 5.0% ($P = 0.06$) 的菊叶种子千粒重。两者对种子千粒重没有显著交互作用(图 4)。

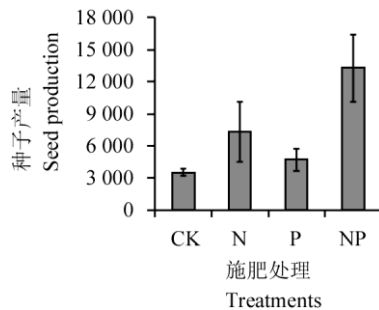


图 2 施肥处理对菊叶委陵菜种子产量的影响(平均值 \pm 标准误)
 Figure 2 Fertilized-treatment-induced changes in seed production of *P. tanacetifolia* (Mean \pm SE)

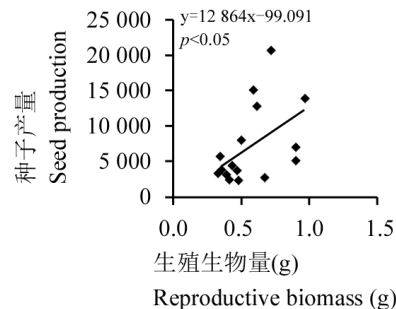


图 3 生殖生物量和种子产量相关关系
 Figure 3 Dependence of seed production upon reproductive biomass of *P. tanacetifolia* across all the treatments

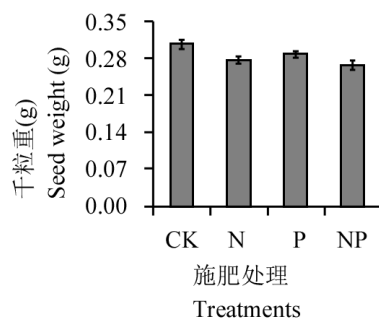


图 4 施肥处理对菊叶委陵菜种子千粒重的影响(平均值 \pm 标准误)

Figure 4 Fertilized-treatment-induced changes in seed weight of *P. tanacetifolia* (Mean \pm SE).

1.4 N、P 添加及千粒重对菊叶委陵菜种子发芽率的影响

N 肥将菊叶委陵菜种子的发芽率降低了 9.7 个百分点($P = 0.01$)。P 肥及二者的交互作用未能影响菊叶委陵菜种子的发芽率(图 5)。种子千粒重显著影响种子的发芽率($P < 0.05$), 如图所示(图 6)。

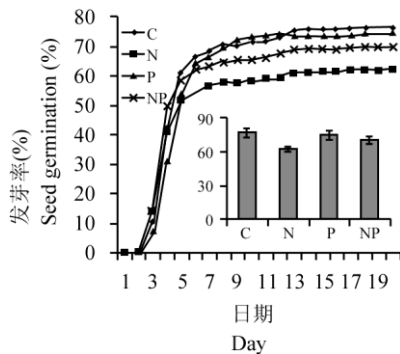


图 5 施肥处理对菊叶委陵菜种子发芽率的影响(平均值±标准误)

Figure 5 Fertilized-treatment-induced changes in seed germination of *P. tanacetifolia* (Mean±1SE).

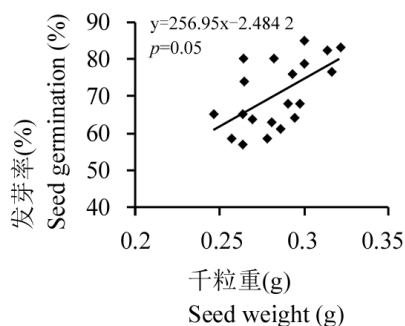


图 6 发芽率和种子千粒重相关关系

Figure 6 Dependence of seed germination upon seed weight of *P. tanacetifolia* across all the treatments.

2 讨论

N 肥和 P 肥的添加显著改变菊叶委陵菜生殖生物量以及种子特性, 说明 N 和 P 在典型草原上是限制菊叶委陵菜繁殖的限制性因子之一。植物通过改变对生殖构件的投资来最终改变其子代(种子)的特性(Allison, 2002; Willis and Hulme, 2004)。N 通常通过提高生物量, 进而提高植物的生殖生物量, 最终影响到植物的生殖特性及种子特性。而 P 则通常被认为直接与植物的生殖过程有关系。因此 P 的添加可能直接增加了植物的生殖生物量。这与在本实验中所观察到的 N 和 P 的添加均提高了菊叶委陵菜的生殖生物量的现象相一致。

植物对生殖的投资分为两种情况, K-对策和 R-对策。根据本实验的数据, 菊叶委陵菜在 N 和 P 添加的情况下都倾向于将增加的生殖生物量投资于种子产量而不是种子质量上面来, 说明其生殖对策是 R-对策。在不稳定、竞争激烈或者贫瘠的环境中, 将更多的资源投资于产生更多的种子对该植物种群具有重要的生态学意义(Yu and Ma, 2005)。当遇见被动物采食、降落到不可能发芽的生境(如岩石表面或者立枯物表面等没有接触到土壤的地方)、腐烂等情况下, 产生更多的种子, 可以保证种群依旧

具有一定的更新。而即使产生更大更重的种子, 在恶劣环境中也不一定能保证能成功萌发, 对种群更新的意义有限。因此, 提高种子产量在某种意义上意味着生殖成功率的提高(Jump and Woodward, 2003)。添加氮肥导致菊叶委陵菜种子千粒重降低, 也证实了 McGinley-Charnov 的理论: 由于氮素添加, 将降低 C/N, 所以会产生小种子。生殖生物量与种子产量呈现显著正相关说明施肥通过改变生殖构建生物量来改变对生殖的投资, 最终影响到子代(种子)的特性, 这与前人的工作结果相类似(Allison, 2002; Willis and Hulme, 2004)。因此, 添加 N、P 通过改变菊叶委陵菜生殖生物量来提高种子产量而不是种子质量的投资对该物种扩展新生境和保证生殖成功率提供了保障。

种子萌发是一个酶代谢过程, 在萌发过程中所需要的营养物质大都来自于种子体内所储藏的营养物质。大种子可以比小种子包含更多的营养物质, 在萌发过程中, 可以为萌发过程提供更多的底物。此外, 大种子体内包含的促进种子萌发的酶的含量也可能比小种子多。酶在种子萌发过程中起到至关重要的作用(陈军等, 2015; 赵叶等, 2015)。本实验中菊叶委陵菜的种子质量和种子发芽率的显著正相关关系证实了这个假设。

综上所述, 在典型草原上 N、P 添加通过提高菊叶委陵菜生殖生物量来提高子代生殖成功率。而子代生殖成功率提高通过提高种子产量而不是种子质量来体现。菊叶委陵菜种子的发芽率和种子质量呈现正相关关系。

3 材料与方法

3.1 试验材料

菊叶委陵菜植株和种子收集于内蒙古多伦。

3.2 试验设计

本实验田间实验开展于内蒙古多伦。该实验样地于 2005 年开始进行施肥, 施肥量为 N 肥(硝酸铵)10 g.N.m⁻², P 肥(磷酸二氢钾)为 5 g.N.m⁻², 四个重复。在实验样地内调查 1 m×1 m 的样方内菊叶委陵菜植株数目。并于果实成熟期内选取 3 株菊叶委陵菜调查果实数目, 再取 10 个果实调查所含种子数目, 用来计算种子产量。收取菊叶委陵菜地上生物量, 并将地上生物量按照构件进行分类、烘干、称重。在种子成熟期, 按照不同处理收集种子。

室内实验选取籽粒饱满、大小均匀一致、无损伤的菊叶委陵菜种子 10 份, 每份 100 粒。用万分之一天平分别称重后, 将种子放置在铺有双层滤纸的培养皿中。放置于 15℃恒温培养箱中, 光照 12 h, 黑暗 12 h。根据实际情况每天在培养皿中添加蒸馏水。连续观察培养皿中种子萌发情况, 每天定时统计种子萌发数。当连续 5 天没有种子萌发则视为萌



发结束。最后统计种子萌发率(Gr)。

3.3 试验指标测定方法

千粒重: 100粒种子重量 \times 10
萌发率: (萌发种子数/供试种子数) \times 100%
种子产量: 种子数/果实 \times 果实数/株 \times 密度
生殖生物量: 生殖构件生物量总和
采用统计软件 SAS 对指标进行差异性比较。

作者贡献

李阳为本研究的主要执行人, 负责实验操作、数据分析及论文撰写; 李倩负责材料管理和数据统计整理; 李凌浩负责实验设计等。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由国家自然科学基金(31500393)和陕西省科学院青年人才培养项目(2013K-20; 2014K-24)共同资助。

参考文献

- Allison V.J., 2002, Nutrients, arbuscular mycorrhizas and competition interact to influence seed production and germination success in *Achillea millefolium*, *Functional Ecology*, 16(6): 742-749
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00675.x>
- Ba'ez S., Fargione J., Moore D.I., Collins S.L., and Gosz J.R., 2007, Atmospheric nitrogen deposition in the northern Chihuahuan desert: Temporal trends and potential consequences, *Journal of Arid Environments*, 68(4): 640-651
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.06.011>
- Chen J., Gao G.Z., Zhao L., Xu L.S., Zhang X.T., and Xue W., 2015, Effects of wheat seeds soaking chitosan on protective enzymatic activities in germination stage under drought stress, *Jiyin Zuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 34(10): 2251-2254 (陈军, 高贵珍, 赵亮, 徐礼生, 张兴桃, 薛文, 2015, 干旱胁迫下壳聚糖浸种对小麦萌发期保护酶活性的影响, *基因组学与应用生物学*, 34(10): 2251-2254)
- Compton J.S., Mallinson D.J., and Glenn C.R., 2000, Variations in the global phosphorus cycle. In: Glenn C.R. ed. *Marine Authigenesis: From Global to Microbial*, Society of Sedimentary Geology, Special Publication Number, 66: 21-33
<http://dx.doi.org/10.2110/pec.00.66.0021>
- Dai J.J., Shi F.Q., Zhang H.J., and Wang Z.R., 2001, The status and control of the grassland in the west Heilongjiang Province, *Zhongguo Caodi (Grassland of China)*, 23(3): 45-54 (戴建军, 石发庆, 张海军, 王兆荣, 2001, 黑龙江省西部草地土壤磷素状况及调控, *中国草地*, 23: 45-54)
- Gusewell S., and Koerselman W., 2002, Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants, *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5(1): 37-61
<http://dx.doi.org/10.1078/1433-8319-0000022>
- He J.S., Wang L., Flynn D.F.B., Wang X.P., Ma W.H., and Fang J.Y., 2008, Leaf nitrogen: phosphorus stoichiometry across Chinese grassland biome, *Oecologia*, 155(2): 301-310
<http://dx.doi.org/10.1007/s00442-007-0912-y>
- Jump A.S., and Woodward F.I., 2003, Seed production and population density decline approaching the range-edge of *Cirsium* species, *New Phytologist*, 160(2): 349-358
<http://dx.doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00873.x>
- Kieft T.L., and Skaar D.A., 1998, Temporal dynamics in soil carbon and nitrogen resources at a grassland shrubland ecotone, *Ecology*, 79(2): 671-683
[http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(1998\)079\[0671:TDI SCA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(1998)079[0671:TDI SCA]2.0.CO;2)
- Krupa S.V., 2002, Effects of atmospheric ammonia (NH₃) on terrestrial vegetation: a review, *Environmental Pollution*, 124(2): 179-221
[http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00434-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00434-7)
- Leishman M.R., and Thomson V.P., 2004, Experimental evidence for the effects of additional water, nutrients and physical disturbance on invasive plants in low fertility Hawkesbury Sandstone soils, Sydney, Australia, *Journal of Ecology*, 93(1): 38-49
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2745.2004.00938.x>
- Sala O.E., Chapin F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., Poff N.L., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., and Walk D.H., 2000, Global biodiversity scenarios for the year 2100, *Science*, 287(5459): 177-1774
<http://dx.doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>
- Schwinning S., and Sala O.E., 2004, Hierarchy of responses to resource pulses in arid and semi-arid ecosystems, *Oecologia*, 141(2): 211-220
<http://dx.doi.org/10.1007/s00442-004-1520-8>
- Stevens C.J., Dise N.B., Owen M.J., and Gowing D.J., 2004, Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands, *Science*, 303(5665): 1876-1879
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1094678>
- Willis S.G., and Hulme P.E., 2004, Environmental severity and



- variation in the reproductive traits of *Impatiens glandulifera*, *Functional Ecology*, 18: 887-898
<http://dx.doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00907.x>
- Yu X.J., and Ma K.P., 2005, Variation in reproductive characteristics of *Eupatorium adenophorum* populations in different habitats, *European Weed Research Society*, 46(3): 319-326
- Zavaleta E.S., Shaw M.R., Chiariello N.R., Thomas B.D., Cleland E.E., Field C.B., and Mooney H.A., 2008, Grassland responses to three years of elevated temperature, CO₂, precipitation, and N deposition, *Ecological Monographs*, 73(4): 585-604
<http://dx.doi.org/10.1890/02-4053>
- Zhao Y., Yang Y.J., Wu S.L., Du C.H., Liu F., Wu L.M., Zhou Y.L., 2015, The Effect of Different Seed Soaking Time on the *Paeonia ostii* 'Feng Dan' Germination Characteristics, *Jiyin Zuxue Yu Yingyong Shengwuxue (Genomics and Applied Biology)*, 34(9): 2024-2029 (赵叶, 杨瑶君, 吴三林, 杜超豪, 刘芳, 伍玲枚, 周亚林, 浸种时间对凤丹种子萌发的影响, *基因组学与应用生物学*, 34(9): 2024-2029)
- Zhang Q.S., and Zak J.C., 1998, Effects of water and nitrogen amendment on soil microbial biomass and fine root production in a semi-arid environment in west Texas, *Soil Biology & Biochemistry*, 30(1): 39-45
[http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00089-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00089-8)