

Responses of *Carex lasiocarpa* Underground Part to Water Regimes at Different Growth Stages

Li Wang^{1,2}

¹Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun Jilin

²School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an Shaanxi

Email: wangli0539@126.com

Received: Mar. 26th, 2016; accepted: Apr. 9th, 2016; published: Apr. 14th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The characters of *C. lasiocarpa* underground part were studied to find its responses to different water regimes and growth strategies through different water experiences. The main conclusions were as follows: rhizome was longest at -5 cm water level and stretched fastest under constant flooding. Sufficient water at the later growing period was favorable for rhizome stretching, but could not compensate the inhibition of seeding stage water regimes. Changes of stable water regimes inhibited rhizome growth, and changes from fluctuating regime to stable ones promoted its growth. Adventitious roots length increased as the water decreased in the thriving growth period, and increased fast later under constant flooding, but was still longest at -5 cm water level.

Keywords

Water Regimes, Rhizome and Adventitious Roots, Marsh Wetland

不同生长阶段毛苔草地下部分对水文情势的生长响应

王 丽^{1,2}

¹中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春

文章引用: 王丽. 不同生长阶段毛苔草地下部分对水文情势的生长响应[J]. 林业世界, 2016, 5(2): 7-13.

<http://dx.doi.org/10.12677/wjf.2016.52002>

²西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安

Email: wangli0539@126.com

收稿日期: 2016年3月26日; 录用日期: 2016年4月9日; 发布日期: 2016年4月14日

摘要

通过幼苗移植水位控制试验, 研究了毛茛草地下部分对不同水文情势的生长响应, 同时比较研究了水文情势在其不同生活史阶段的影响。结果表明, -5 cm水位条件下, 毛茛草根茎最长, 持续淹水条件下, 毛茛草根茎伸展最快; 后期水分充足有利于根茎伸展, 但无法超越苗期水文影响; 稳定水文条件的改变抑制根茎生长, 而从波动水文情势到稳定水文环境的转变, 则促进根茎生长。毛茛草不定根长度, 旺盛期, 随水分条件的增加而变小; 后期, 在持续淹水条件下伸展较快, 但-5 cm水位条件下的仍然最长。

关键词

水文情势, 根茎及不定根, 沼泽湿地

1. 引言

湿地水文与植被的作用关系研究开始较早[1]。从揭示湿地发生、发展的机理[2] [3], 到近年来, 由于气候变化和人类活动的干扰, 湿地生态系统退化严重[4], 湿地研究者试图通过湿地植被对水文条件的响应研究, 寻找能够指示湿地生态健康状况的理想指示器[5]; 研究内容从集中对大尺度上景观、群落物种组成、分布及多样性的响应研究[6], 扩展到近期物种个体生态学尺度的植物功能特征对水文条件的响应研究[7]。对不同水文情势的理解, 从水位波动幅度、频度和水位的持续性[8], 扩展到其相对于植物生活史的时间特征[9]; 而相应的对植物特征的研究从专注于成株阶段的生长、分布和竞争[10], 扩展到生活史不同阶段的响应[11]。

湿地研究开展较早的国家, 关于植物对不同水文情势的响应研究开展较多, 内容逐渐丰富、完善。目前, 研究多注重寻找理想的生态尺度来反映水文情势变化, 指示生态系统健康状态[12] [13], 而国内相应领域的研究尚为少见。三江平原是我国面积最大的淡水沼泽分布区, 发育有淡水沼泽、沼泽化草甸、河流、湖泊等湿地类型, 具有重要的生态、水文及地理学意义。但伴随近几十年来大规模的农业开发, 该区典型沼泽湿地面积急剧下降, 沼泽和沼泽化草甸等湿地类型面积减少了 60%~70%以上[14]。目前, 我国学者在该区水文、土壤、植被等方面已开展了大量研究[15]-[17], 但水文与植被相关的水文生态学研究相对较少。所以, 针对该区退化态势, 亟需开展相关研究。

植物个体特征的研究有助于解释植物个体竞争能力及扩散能力[18]。在湿地退化过程中, 植被群落的演替实质上是优势种群的演替[19]。群落优势种个体形态及功能特征研究有助于解释群落组成特征, 及格局成因[7]。毛茛草(*Carex lasiocarpa*)沼泽是三江平原沼泽湿地中面积最大的类型, 约占三江平原沼泽湿地总面积的 57% [20]。因此, 本研究以毛茛草沼泽群落优势种——毛茛草为对象, 研究了毛茛草对不同水文情势的个体形态响应, 同时比较研究了水文情势在其不同生活史阶段的影响, 为评估三江平原沼泽湿地的健康状况, 以及退化湿地的恢复工作提供基础资料。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料及试验设计

取三江平原沼泽湿地典型湿地土壤, 充分混匀, 装入内径 30 cm, 高 28 cm 的试验桶内, 土层厚度约

为 20 cm；采集地上形态较为一致的毛苔草幼苗，去掉不定根，仅保留 2.5 cm 的根茎，移植到试验土壤中，每桶 12 株(野外调查 400~600 nb/m²，每桶应平均 35 株，考虑移植后根茎繁殖，所以定为每桶 12 株)，维持与野外相似的水分条件，使其成活。

毛苔草最适生境为地表常年积水，水深一般 10~30 cm，最深可达 50~80 cm。试验针对毛苔草自然分布特征，设 4 个水分处理：1) 干旱处理(Drought, D)，水位面位于土壤表面以下 5 cm 处；2) 干湿交替处理(Interactive, I)，水位在土壤表面以下 5 cm 和以上 5 cm 之间以 10 天为周期进行波动；3) 持续淹水处理(Control, C)，水位面位于土壤表面以上 15 cm；4) 淹没处理(Submergence, S)；各处理皆设 12 个重复，共 48 桶。试验桶打孔维持设计水位，深淹水处理通过将试验桶置于水池一定深度来实现。

试验第 62 天，植物生长旺盛期，停止淹没处理，其它三个处理各保留 3 个重复继续维持干旱(DD, Drought-Drought)、干湿交替(II)、持续淹水(CC)。为比较苗期及生长季后期水文情势的影响，对其余样品进行水文情势的转换。方法为：各处理任意选 3 个重复改为干旱处理，分别标记为 ID (Interactive-Drought)、CD、SD；另各选 3 个重复，改为干湿交替，标记为 DI (Drought-Interactive)、CI、SI；剩余 3 个重复改为持续淹水，标记为 DC (Drought-Control)、IC、SC，试验继续维持 53 天，共 114 天。

2.2. 试验方法

于试验第 62 天(7 月 25 日，代表旺盛期，之前为苗期，之后为成株阶段)和 114 天(9 月 15 日，代表末期)进行破坏性取样，调查毛苔草根茎及不定根长度特征，每次各处理均取 3 桶，每桶测量 5 根，即每次 15 个重复；数据分析及作图通过 spss11.5 和 origin7.5 完成。

3. 结果与分析

3.1. 不同水文情势下毛苔草根茎及不定根长度比较

两次调查结果均显示，毛苔草根茎(7/25: $F = 30.879, p < 0.001$; 9/15: $F = 30.879, p < 0.001$)及不定根长度(7/25: $F = 45.455, p < 0.001$; 9/15: $F = 6.616, p < 0.01$)对水文情势有极显著响应。旺盛期，均随水分条件的增加而变小，后期持续淹水条件下伸展较快，超过交替处理的，但仍小于干旱条件下的(图 1)。

从试验开始至 7 月 25 日，淹没处理根茎长度平均仅增加 0.08 cm，基本无变化。此外，除持续淹水处理的不定根末期较旺盛期有较大伸展外，干旱处理和交替处理末期的不定根均进入死亡缩短阶段(图 1)。

3.2. 不同水文经历毛苔草根茎及不定根长度的比较

对于苗期淹没处理的毛苔草，水文情势改变后，经过 53 天的生长，水分依然较多的 SC 处理中，其根茎长度平均仅增加 0.17 cm，而转为干旱和交替的毛苔草根茎长度分别平均增加 13.27 cm、9.57 cm。水文条件对三个处理(SD、SI、SC)后期的根茎长度有极显著影响($p < 0.001$) (图 2)。三个处理对水文波动的响应差别，也说明水文条件波动的幅度对植物生长有重要影响。

总体来说，苗期干旱处理的毛苔草绝对根茎长度依然最大，苗期持续淹水处理的根茎伸展最快。水分条件的改变，使苗期干旱的毛苔草根茎长度变小， $DD > DI > DC$ ；交替处理的根茎长度增加， $II < ID < IC$ ；持续淹水的根茎长度变小， $CC > CI > CD$ ，而且，水量变化越大，根茎差异越大。

毛苔草不定根的生长，苗期淹没处理(SD、SI、SC)的毛苔草，后期不定根伸展最快，特别是转为干旱与交替处理的，长度均增长一倍；苗期持续淹水处理(CC、CD、CI)的毛苔草不定根也有明显伸展；同时水文条件的改变促进了 SD、SI、SC、CD、CI 几个处理不定根的生长，且水分减少越多，促进作用越明显(图 2)。

苗期干旱的毛苔草不定根长度， $DD > DI > DC$ ，水文条件的改变其不定根死亡加快，且水分增加越

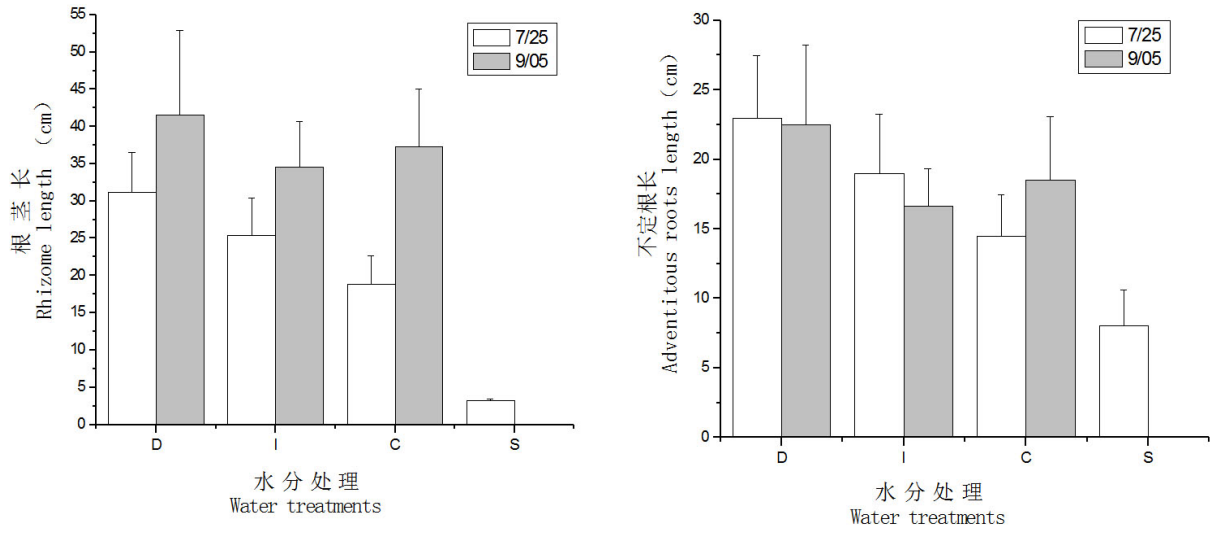
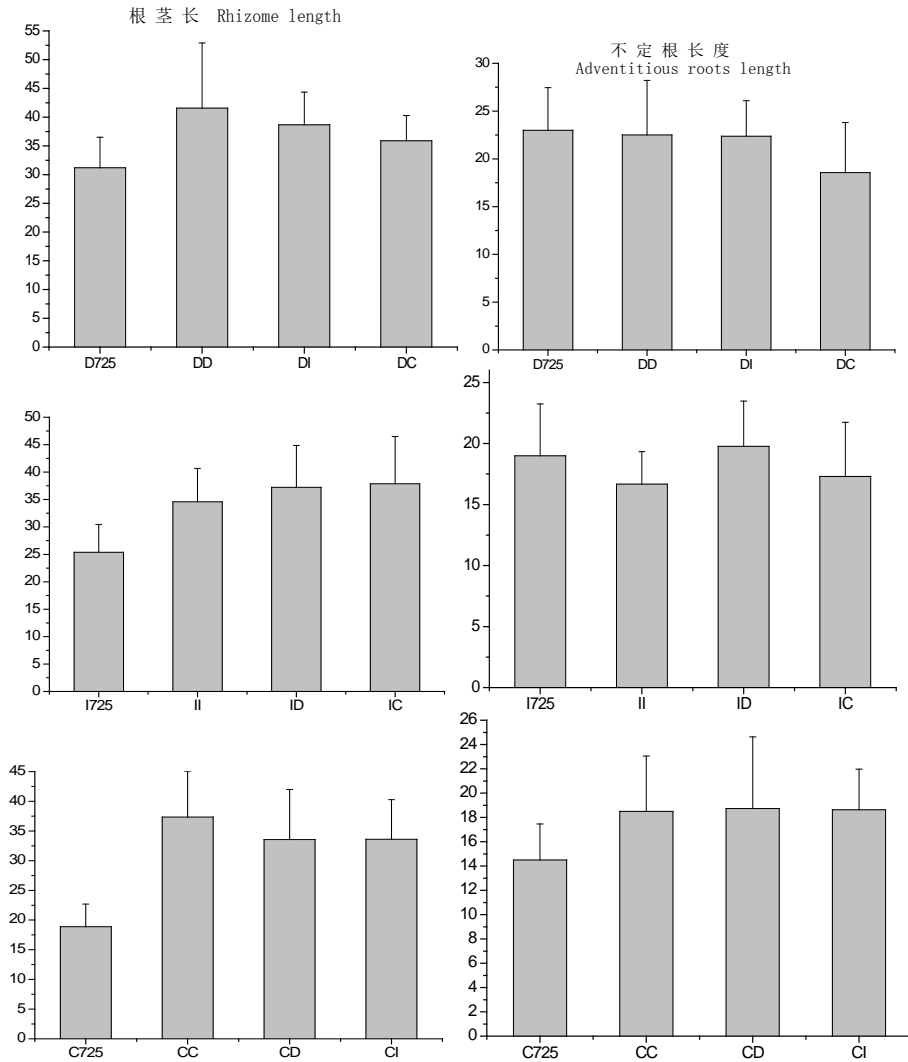


Figure 1. Rhizome and adventitious roots length of *C. lasiocarp* under different water regimes
图 1. 不同水文情势下毛苔草的根茎及不定根长度



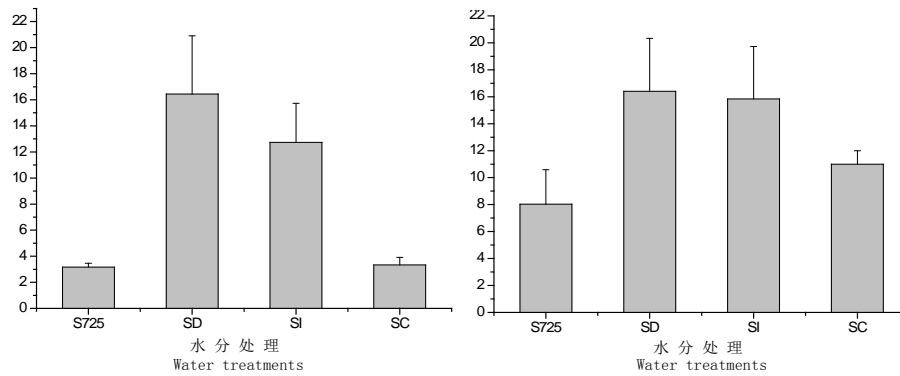


Figure 2. Rhizome and adventitious roots length of *C. lasiocarp* undergoing different water regimes; D725、I725、C725、S725 represent for values on July 25th individually under drought, alternate, flooding and submergence conditions

图 2. 不同水文经历的毛苔草根茎及不定根长度；D725、I725、C725、S725 分别表示 7 月 25 日时干旱、交替、持续淹水以及淹没条件下的指标值

多影响越显著。水分条件从干湿交替转为稳定的干旱(ID)或持续淹水(IC)，毛苔草的不定根都比干湿交替下(II)的长，总体趋势， $ID > IC > II$ (图 2)。

4. 讨论

植物形态可塑性是植物在个体生长发育过程中遭受不同环境条件影响时产生不同形态响应的能力，是植物受到环境影响时的形态表达[21]。其中，有些可塑性对环境胁迫具有缓冲作用，并促进植物对有利条件的反应。这些可塑性是植物生活史对策的一种体现，是植物在适应环境过程中积累起来的，它能使处于特定环境中的植物在特定生长阶段达到最大的适合度[18]。

形态适应策略的一个作用是使植物在不同水文情势下维持生存[12]。毛苔草根茎及不定根在干旱条件下最长，体现了毛苔草适应低水位环境的地下形态调节。另一个作用是促进植物对新水文情势的适应。转移到干旱及干湿交替条件下的毛苔草根茎及不定根则迅速伸展，呈现明显的干旱适应。此外，从干旱及干湿交替环境进入持续淹水环境中，作为毛苔草寻找水资源的主要器官，不定根生长受到抑制，说明在水分充足的环境中，毛苔草减少了对不定根的资源分配。这同样是毛苔草对新水文情势的个体响应。

此外，植物通过形态调节扩展分布范围，寻找更有利的生长环境[19]。这是以根茎、匍匐茎等器官进行克隆繁殖的植物所特有的。根茎是毛苔草的主要繁殖器官。毛苔草基株通过根茎伸展，在有利环境中萌蘖新分株，分摊基株所受胁迫，维持种群生存。试验初期，干旱及干湿交替处理的毛苔草根茎长度大于持续淹水条件下的，即是毛苔草通过根茎的形态调节，增强基株适应能力，同时维持种群生长的体现。后期，持续淹水条件下，根茎的迅速伸展，则是根茎作为植物主要繁殖器官，选择有利地形，储存物质、能量，以利于进一步繁殖的体现[22]。

在各培养处理中，持续淹水处理与其它处理有明显差别。有研究认为，持续淹水比波动水位更利于植物生长[11]。稳定水位梯度的改变抑制了毛苔草根茎的生长，而从波动水文情势到稳定水文情势的转变，使毛苔草的根茎生长得到促进。

5. 结论

1) 毛苔草根茎在-5 cm 水位条件下最长，但是后期伸展速度在持续淹水 15 cm 条件最高；生长季后期水分充足有力于根茎伸展，但无法超越苗期水文影响；稳定水文条件的改变抑制根茎生长；从波动水文情势到稳定水文环境的转变，则促进根茎生长。

2) 旺盛期, 毛苔草不定根长度随水分条件的增加而变小, 而生长季后期, 持续淹水条件下不定根伸展较快, 但仍然在-5 cm 水位条件下的最长。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(43001030); 陕西省自然科学基金资助项目(2014JQ5194, 2014JM7260); 陕西省教育厅基金资助项目(12JK0484, 15JK1386)。

参考文献 (References)

- [1] Mitsch, W.J. and Gosselink, J.G. (2002) *Wetlands*. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- [2] Ebrahimi, K., Falconer, R.A. and Lin, B. (2007) Flow and Solute Fluxes in Integrated Wetland and Coastal Systems. *Environmental Modelling & Software*, **22**, 1337-1348. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2006.09.003>
- [3] 叶春, 吴桂平, 赵晓松, 王晓龙, 刘元波. 鄱阳湖国家级自然保护区湿地植被的干旱响应及影响因素[J]. 湖泊科学, 2014, 26(2): 253-259.
- [4] Burton, M., Marsh, S. and Patterson, J. (2007) Community Attitudes towards Water Management in the Moore Catchment, Western Australia. *Agricultural Systems*, **92**, 157-178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agry.2006.03.004>
- [5] Brazner, J.C., Danz, N.P., Niemi, G.J., Regal, R.R., Trebitz, A.S., Howe, R.W., Hanowski, J.M., Johnson, L.B., Ciborowski, J.J.H., Johnston, C.A., Reavie, E.D., Brady, V.J. and Sgro, G.V. (2007) Evaluation of Geographic, Geomorphic and Human Influences on Great Lakes Wetland Indicators: A Multi-Assemblage Approach. *Ecological Indicators*, **7**, 610-635. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.07.001>
- [6] Fraser, L.H. and Karnezis, J.P. (2005) A Comparative Assessment of Seedling Survival and Biomass Accumulation for Fourteen Wetland Plant Species Grown under Minor Water-Depth Differences. *Wetland*, **25**, 520-530. [http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212\(2005\)025\[0520:ACAOSS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1672/0277-5212(2005)025[0520:ACAOSS]2.0.CO;2)
- [7] Horsák, M., Hájek, M., Tichý, L. and Juříčková, L. (2007) Plant Indicator Values as a Tool for Land Mollusc Autecology Assessment. *Acta Oecologica*, **32**, 161-171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2007.03.011>
- [8] Ernst, K.A. and Brooks, R.J. (2003) Prolonged Flooding Decreased Stem Density, Tree Size and Shifted Composition towards Clonal Species in a Central Florida Hardwood Swamp. *Forest Ecology and Management*, **173**, 261-279. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00004-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00004-X)
- [9] Ahna, C., Mosera, K.F., Sparks, R.E. and White, D.C. (2007) Developing a Dynamic Model to Predict the Recruitment and Early Survival of Black Willow (*Salix nigra*) in Response to Different Hydrologic Conditions. *Ecological Modelling*, **204**, 315-325. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2007.01.006>
- [10] Middleton, B.A., van der Valk, A.G. and Davis, C.B. (2015) Responses to Water Depth and Clipping of Twenty-Three Plant Species in an Indian Monsoonal Wetland. *Aquatic Botany*, **126**, 38-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2015.06.004>
- [11] Bakker, C., van Bodegom, P.M., Nelissen, H.J.M., Aerts, R. and Ernst, W.H.O. (2007) Preference of Wet Dune Species for Waterlogged Conditions Can Be Explained by Adaptations and Specific Recruitment Requirements. *Aquatic Botany*, **86**, 37-45. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.08.005>
- [12] Pausas, J.G. and Sandra, L. (2003) A Hierarchical Deductive Approach for Functional Types in Disturbed Ecosystems. *Journal of Vegetation Science*, **14**, 409-416. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1654-1103.2003.tb02166.x>
- [13] Ringrose, S., Vanderpost, C., Matheson, W., Wolski, P., Huntsman-Mapila, P. and Jellema, A. (2007) Indicators of Desiccation-Driven Change in the Distal Okavango Delta, Botswana. *Journal of Arid Environments*, **68**, 88-112. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.03.030>
- [14] 刘兴土, 马学慧, 吕宪国. 湿地及其变化[M]//刘兴土, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育. 北京: 科学出版社, 2002.
- [15] 刘兴土. 三江平原沼泽湿地的蓄水与调洪功能[J]. 湿地科学, 2007, 5(1): 64-68.
- [16] 易富科, 李崇浩, 赵魁义, 等. 三江平原植被类型研究[M]//黄锡畴, 主编. 中国沼泽研究. 长春: 科学出版社, 1988: 162-171.
- [17] Zhang, L.H., Song, C.C., Wang, D.X. and Wang, Y.Y. (2007) Effects of Exogenous Nitrogen on Freshwater Marsh Plant Growth and N₂O Fluxes in Sanjiang Plain, Northeast China. *Atmospheric Environment*, **41**, 1080-1090. <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.09.029>
- [18] 武高林, 杜国桢. 植物形态生长对策研究进展[J]. 世界科技研究与发展, 2007, 29(4): 47-51.

-
- [19] 朱志红, 李希来, 乔有明, 等. 克隆植物矮嵩草在放牧选择压力下的风险分散对策研究[J]. 草业科学, 2004, 21(12): 62-68.
- [20] 赵魁义. 中国沼泽志[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 55-56.
- [21] 朱志红, 刘建秀, 王孝安. 克隆植物的表型可塑性与等级选择[J]. 植物生态学报, 2007, 31(4): 588-598.
- [22] 宋明华, 董鸣, 蒋高明, 等. 东北样带上的克隆植物及其重要性与环境的关系[J]. 生态学报, 2001, 21(7): 1095-1103.