

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第6期 Vol.34 No.6 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 6 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 全球气候变暖对凋落物分解的影响..... 宋 飘,张乃莉,马克平,等 (1327)
- 从系统到景观:区域物质流分析的景观取向 张晓刚,曾 辉 (1340)
- 论湿地生态系统服务的多维度价值评估方法..... 宋豫秦,张晓蕾 (1352)
- 保幼激素在昆虫中的分子作用机理..... 金敏娜,林欣大 (1361)
- 岩画和壁画类文物微生物病害研究进展..... 李 强,葛琴雅,潘晓轩,等 (1371)
- 基于 3S 技术的图们江流域湿地生态安全评价与预警研究 朱卫红,苗承玉,郑小军,等 (1379)
- 跨界保护区网络构建研究进展..... 王 伟,田 瑜,常 明,等 (1391)

个体与基础生态

- 速生树种尾巨桉和竹柳幼苗耗水特性和水分利用效率..... 邱 权,潘 昕,李吉跃,等 (1401)
- 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响..... 褚延梅,杨 健,李景吉,等 (1411)
- 气象要素及土壤理化性质对不同土地利用方式下冬夏岩溶作用的影响 刘 文,张 强,贾亚男 (1418)
- 施用纳米碳对烤烟氮素吸收和利用的影响..... 梁太波,尹启生,张艳玲,等 (1429)
- 基于 Voronoi 图的林分空间模型及分布格局研究 刘 帅,吴舒辞,王 红,等 (1436)
- 近自然毛竹林空间结构动态变化..... 仇建习,汤孟平,沈利芬,等 (1444)
- 基于种实性状的无患子天然群体表型多样性研究..... 刁松峰,邵文豪,姜景民,等 (1451)
- 不同林分起源的相容性生物量模型构建..... 符利勇,雷渊才,孙 伟,等 (1461)

种群、群落和生态系统

- 毛竹材用林林下植被群落结构对多花黄精生长的影响..... 樊艳荣,陈双林,杨清平,等 (1471)
- 温度和 CO₂ 浓度升高下转 *Bt* 水稻种植对土壤活性碳氮和线虫群落的短期影响
..... 陈 婧,陈法军,刘满强,等 (1481)
- 中国东北地区近 50 年净生态系统生产力的时空动态 李 洁,张远东,顾峰雪,等 (1490)
- 遥感与 GIS 支持下的盘锦湿地水禽栖息地适宜性评价..... 董张玉,刘殿伟,王宗明,等 (1503)
- 秦岭火地塘林区土壤大孔隙分布特征及对导水性能的影响..... 陆 斌,张胜利,李 侃,等 (1512)
- 磷浓度对铜绿微囊藻、大型溞和金鱼藻三者相互作用的影响..... 马剑敏靳 萍,郭 萌,等 (1520)
- 普生轮藻浸提液对两种淡水藻类的化感抑制作用及其数学模型..... 何宗祥,刘 璐,李 诚,等 (1527)
- 北京永定河-海河干流河岸带植物的区系分析 修 晨,欧阳志云,郑 华 (1535)
- 基于河流生境调查的东河河流生境评价..... 王 强,袁兴中,刘 红,等 (1548)

景观、区域和全球生态

应用 SWAT 模型研究潮河流域土地利用和气候变化对径流的影响 郭军庭,张志强,王盛萍,等 (1559)

长白山不同海拔树木生长对气候变化的响应差异..... 陈 力,尹云鹤,赵东升,等 (1568)

石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系..... 李 英,李月丛,吕素青,等 (1575)

不同放牧梯度下呼伦贝尔草甸草原土壤碳氮变化及固碳效应..... 闫瑞瑞,辛晓平,王 旭,等 (1587)

南四湖区农田土壤有机质和微量元素空间分布特征及影响因素..... 武 婕,李玉环,李增兵,等 (1596)

资源与产业生态

跨国土地利用及其生态影响 陆小璇 (1606)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 288 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说: 图们江河流中段——图们江位于吉林省东南边境,发源于长白山东南部的石乙水,河流的绝大部分是中国与朝鲜的界河,下游很小一段为俄罗斯与朝鲜的界河,并由这里流入日本海,我国珲春距离日本海最近的地方仅有 15km。图们江是我国重要的国际性河流之一,随着我国经济的迅速崛起,图们江地区进入到多国合作联合开发阶段,湿地生态系统处于中度预警状态,并有向重度预警发展的趋势,生态安全面临的威胁越来越严重。对该区域进行湿地生态安全评价与预警研究,可为图们江流域生态环境的可持续发展提供依据。图中河道的远方为朝鲜、河道近方为中国。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@ 163.com

DOI: 10.5846/stxb201306101575

褚延梅, 杨健, 李景吉, 彭培好. 三种增温情景对入侵植物空心莲子草形态可塑性的影响. 生态学报, 2014, 34(6): 1411-1417.

Chu Y M, Yang J, Li J J, Peng P H. Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(6): 1411-1417.

三种增温情景对入侵植物空心莲子草 形态可塑性的影响

褚延梅, 杨 健, 李景吉, 彭培好*

(成都理工大学, 生态资源与景观研究所, 成都 610059)

摘要:虽然国内外已对克隆植物的表型可塑性开展了大量研究,但是气候变暖对克隆植物,尤其是入侵性克隆植物形态可塑性的影响及其可能的生态学意义研究仍然有限。通过设置白天增温、夜间增温和全天增温 3 种方式,通过切断或不切断匍匐茎处理,探讨入侵植物空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)形态特征对不同气候变暖情景的响应。研究发现:夜间增温 2 ℃条件下,切断匍匐茎连接显著降低空心莲子草匍匐茎总长度和平均分株长度;白天增温和全天增温 2 ℃对匍匐茎切断和连接组的空心莲子草的匍匐茎总长和平均分株长影响不显著;3 种增温方式对空心莲子草的分蘖数均无显著影响。这些结果表明:空心莲子草对增温具有较高的耐受性,并对不同增温方式采取不同的响应策略;夜间增温可能通过光合补偿效应增加其匍匐茎的长度和平均分株长从而促进其水平方向的扩展以占据更加有利的生境,增强其入侵能力;白天和全天增温对整个克隆片段匍匐茎形态几乎无影响。

关键词:空心莲子草;克隆整合;生物入侵;形态可塑性;增温

Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*

CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, PENG Peihao*

Chengdu University of Technology, Ecological Resources and Landscape Research Institute, Chengdu 610059, China

Abstract: Phenotypic plasticity may be one of the crucial factors determining the success of plant invasions in diverse habitats, particularly for those very noxious species with low genetic diversity such as *Alternanthera philoxeroides* in China. Although phenotypic responses of clonal plants to different light intensities, soil water or soil nutrient availabilities have been extensively studied in the past decades, little is known about how climate warming affects morphological plasticity of plants, particularly invasive plant species. Climate warming is among the serious threats to biodiversity and ecosystem functions, thereby raising concerns over its ecological consequences. Increasing evidence suggests that climate warming is asymmetric and the magnitude of nighttime minimum air temperature may increase greater than that of daytime maximum air temperature. Recent studies have shown that climate warming is likely to have significant effects on plant photosynthesis and respiration. Consequently, it is necessary to understand how terrestrial plants respond to differential warming scenarios, which can help us better predict their response under these conditions. We conducted a simulated warming experiment at Chengdu in which the invasive clonal herb *Alternanthera philoxeroides* was subjected to each of the eight combinations consisting of severing stolons (i.e. severing and intact stolons) and simulated warming (i.e. day-warming, night-warming, daily warming, and control treatment). This experiment lasted three months. At the end of the experiment the morphological traits of all experimental materials were determined. Overall warming treatment increased air temperature by about 2 ℃, and

收稿日期:2013-06-10; 修订日期:2013-10-21

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: peihaop@163.com

the warming magnitude was variable depending on specific weather conditions. Our central object was to test how *A. philoxeroides* plants responded to different warming treatments morphologically. Across all three warming treatments, physically severed connection significantly suppressed the growth of *A. philoxeroides* fragments primarily through reducing the total stolon length and average stolon length per ramet. In contrast, simulated warming per se did not exhibit significant effects on these indices mentioned above. When the three warming treatments were considered separately, they had contrasting consequences for the morphological traits of *A. philoxeroides*. Specifically, day-warming and daily-warming did not confer significant impacts on both severed and connected fragments in terms of total stolon length and average stolon length; night warming significantly elongated the total stolon length and average ramet length of *A. philoxeroides* with connected stolons, but did not affect those of *A. philoxeroides* with connected stolons; all the three warming scenarios did not affect ramet numbers of both fragments. These findings are relatively preliminary, but they have some potential implications. First, our results suggest that *A. philoxeroides* fragments may have strong tolerance to the 2 °C warming and differentially respond to these projected warming scenarios. Second, for *A. philoxeroides* fragments commonly growing in disturbed habitats, night-warming may facilitate their growth and clonal integration through photosynthetic overcompensation, thereby enhancing their invasion by rapidly spatial expanding along the horizontal direction and occupying favorable habitats. Third, day-warming and daily warming may have no obvious impacts on the morphological characteristics of those fragments of *A. philoxeroides*. Finally, modeling plant responses to climate warming should consider warming timing. Additionally, these findings also provide an initial indication that more efforts should be paid to uncover response patterns of plants to different warming scenarios and how these responses influence community composition and structure, and ecosystem functions.

Key Words: *Alternanthera philoxeroides*; invasion; morphological plasticity; warming

自然环境的异质性是普遍存在的,这种异质生境可能是由单一环境因子影响,如光照强度、土壤养分、土壤水分、土壤有机质等,也可能由多因素相互作用产生^[1-3]。而克隆植物因其具有克隆整合、克隆可塑和无性繁殖等克隆生活史性状而被认为对异质性生境独特的适应能力^[4-6]。表型可塑性是广布性物种适应变化、异质性生境的主要策略之一,对于那些遗传多样性较低同时又占据多样化生境的入侵种,表型可塑性可能在其成功入侵的过程中起关键作用^[7]。

空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)属苋科、莲子属两栖多年生克隆型草本杂草又称喜旱莲子草、水花生、革命草,原产于南美洲,具有非常强的入侵能力,目前已在世界 32 个国家分布是中国亚热带及温带地区一种严重的外来多年生杂草^[8]。由于其广泛的适生性(水陆两栖均可生长)及繁殖迅速,蔓延速度快,已传播到华东、华中、华南和西南等地区,北至吉林,南至广东的 20 多个省、市、自治区都能找到空心莲子草的足迹,成为我国难以防除的恶性杂草之一^[9-10]。空心莲子草具有很强的可塑性,如空心莲子草随着光照强度的降低,分枝强度、基株株

长、茎节长度随之下降^[11];随氮含量升高,分枝强度、茎节长度均有不同程度的增加^[12];随土壤含水量减少,空心莲子草根冠比显著升高,分枝强度显著降低^[13]。形态可塑性是同一基因型由于环境条件的改变在形态上做出相应变化的能力,是生物适应环境的一种方式,即形态可塑性是环境对基因型表达的一种修饰^[14-15]。上述研究表明形态可塑性调节对空心莲子草的生存和生长具有重要的生态学意义^[16],而这种高的形态可塑性被认为植物在新生境中成功入侵和拓殖的一个重要特征^[17]。

温度是植物生长、发育的重要条件,任何生物的生活过程都离不开有效积温,其生长都受到温度变化的影响^[18-19]。根据气候模型预测,到 21 世纪末全球地表平均温度还将上升 1.6—6.4 °C,且在高纬度或高海拔地区的增幅更明显^[20]。全球变暖会通过影响植物的生理生态特性,进而对植物的种群、群落、生态系统乃至整个生物圈产生巨大影响^[21]。同时研究结果表明全球变暖存在明显的昼夜不同步性,即夜间增温幅度大于白天,这种昼夜增温幅度的不均匀性可能影响植物光合作用和呼吸作用,并进一步影响植物的生长与碳积累^[22-23]。全球变暖和生

物入侵是影响 21 世纪生态系统结构和功能的两大因素,然而全球变暖将如何影响生物入侵尚无定论,对于增温如何影响空心莲子草的可塑性从而影响其适合度及入侵性的报道亦知之甚少。

本文以空心莲子草为材料,通过设置不同增温情景和连接/切断处理,比较空心莲子草匍匐茎总长、分株数、平均分株长等参数的变化,探讨两个基本科学问题:1)增温对不同处理方式的空心莲子草形态可塑性有何影响?2)空心莲子草的形态可塑性对昼夜不同增温的响应是否存在差异?

1 材料和方法

1.1 试验地点

试验地点位于成都理工大学(30°40′41″N,104°08′15″E),海拔 512 m,属亚热带湿润季风气候区,气候温和、湿润、无霜期长、雨量充沛、日照较少,年平均气温 16.2℃,平均降水量 918.2 mm。

1.2 试验材料

试验所用空心莲子草均采自成都理工大学校园东风渠附近。考虑到空心莲子草在中国的遗传多样性非常低,而且取自同一种群,故可认为所采空心莲子草属于同一基因型^[24-25]。

1.3 试验设计

从田地水沟边(成都理工大学,东风渠附近)野生状态的空心莲子草中,剪下大小近似且具有四节完整节间匍匐茎片段移栽到培养皿中恢复生长 1 周。培养皿为大小相等的塑料盆(口径 18 cm),试验培养土为该空心莲子草种群入侵地的自然土壤。试验时间为 2011 年 3—5 月。空心莲子草恢复生长 1 周后,选择每个节上有不定根且生长一致的个体作为实验材料。将选取的克隆片段做切断(将枝条从中间位置切断,每边留等长或近等长的两个节)与连接两种处理,然后分组进行增温试验。

本实验共设置了 4 组不同温度处理,其中 3 组增温处理分别为白天增温、夜间增温、全天增温,另一组为对照组。在增温组中,采用红外辐射加热器(Kalglo Electronics, Bethlehem, PA, USA)进行模拟增温,加热器悬挂于增温样方的上方,距地面 1.5 m(保证增温达到 2℃)。本实验共设置 8 种组合,每种组合重复 3 次,随机分配。8 种组合分别为:茎切断白天增温,茎连接白天增温,茎切断夜间增温,茎

连接夜间增温,茎切断全天增温,茎连接全天增温,茎切断不增温,茎连接不增温。3 月底同时进行白天(7:00—19:00)12 h 的连续增温、夜间(19:00—7:00)12 h 的连续增温、全天 24 h 连续增温。在对照组上方距地面 1.5 m 处悬挂与红外线辐射加热器同等大小的虚拟加热器,以模拟加热器的遮阴影响。为避免相互影响,每个处理组间隔 2 m。

1.4 观测指标及方法

增温和切断处理开始于 3 月底。增温 1 周后,每周分别调查匍匐茎总长、分株数、平均分株长。这里的匍匐茎指的是所有匍匐在地的茎,包括一级、二级和三级匍匐茎;分株,指的是从最初的 4 个节间生发出来的分株;平均分株长等于匍匐茎总长除以分株数的平均值。

1.5 统计分析方法

所有数据均采用 SPSS 19.0 统计软件进行分析,用双因素方差分析比较匍匐茎连接或切断和不同增温处理对各指标的影响,用单因素方差分析(One-way ANOVA)比较同一指标不同处理之间的差异显著性。所有图形均采用 Sigma Plot 12.0 软件绘制。

2 结果

2.1 不同增温处理下对空心莲子草匍匐茎长度的影响

由表 1 可知,匍匐茎连接方式对整个克隆片段的匍匐茎总长、平均分株长有显著影响,增温对整个克隆片段的匍匐茎总长和平均分株长的影响不显著。连接方式与增温对分株数的影响均不显著。增温和连接方式间无交互作用。

由图 1 可知,匍匐茎切断处理在一定程度上不利于匍匐茎的生长,与连接处理相比,切断处理的匍匐茎总长在 3 种增温处理下均有不同程度的降低,这种差异在夜间增温处理下达到显著水平($F=0.015$, $P=0.022$),夜间处理下切断处理的匍匐茎总长降低了 44.0%。与对照组相比,3 种增温方式对切断处理的匍匐茎总长几乎没有影响,但是夜间增温显著促进了连接处理的匍匐茎的生长($F=0.002$, $P=0.021$),相对与对照(7.6%),夜间增温连接处理的匍匐茎总长增高了 40.5%。由此可见,夜间增温促进了茎连接的空心莲子草匍匐茎的生长。

表 1 匍匐茎连接、增温和二者交互效应对空心莲子草匍匐茎总长、平均分株长度以及分株数的影响

Table 1 Effects of connection, experimental warming and their interactions on the total stolon length per ramet and the number of ramets of *Alternanthera philoxeroides*

方差来源 Source of variation	df	匍匐茎长度 Stolon length/cm		平均分株长度 Averageramet length/cm		分株数 Number of ramets	
		F	P	F	P	F	P
增温 Warming	3	1.906	0.169	2.039	0.149	1.124	0.369
连接方式 Connection	1	5.601	0.031 *	6.370	0.023 *	0.000	1.000
增温×连接方式 Warming×Connection	3	1.515	0.249	2.519	0.095	0.152	0.927

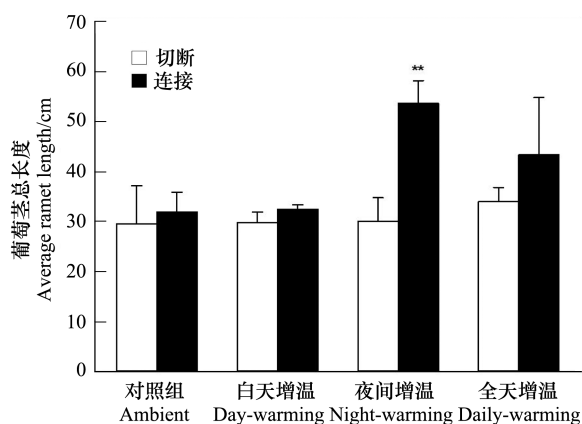
显著性水平 *: $P < 0.05$ 

图 1 匍匐茎切断或连接的空心莲子草在 4 种增温方式下的匍匐茎总长度(均值+标准误)

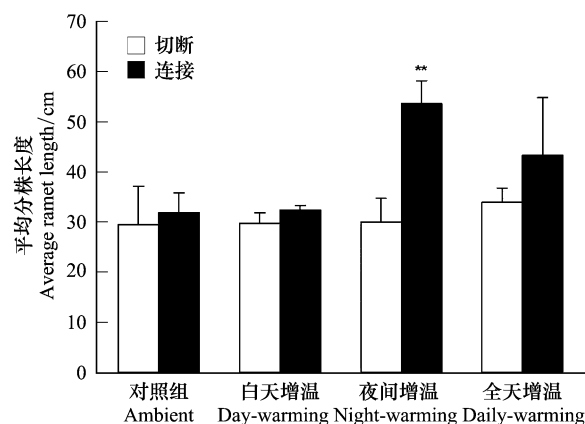
Fig.1 The total stolon length of *Alternanthera philoxeroides* grown under four air temperature regimes with either connected or severed stolons (mean + SE)* 表示各处理间差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 匍匐茎切断或连接的空心莲子草在 4 种增温方式下的平均分株长度(均值+标准误)

Fig.2 The averageramet length of *Alternanthera philoxeroides* grown under four air temperature regimes with either connected or severed stolons (mean + SE)* * 表示各处理间差异极显著 ($P < 0.001$)

2.2 不同增温处理下对空心莲子草分株数及长度的影响

由图 2 可知,与连接处理相比,切断处理的空心莲子草平均分株长在 3 种温处理下均有不同程度的下降,这种差异在夜间增温处理下极为显著 ($F = 5.445, P < 0.001$),切断处理的平均分株长降低了 48.0%。与对照组相比,夜间增温显著促进了匍匐茎连接处理分株的生长 ($F = 7.712, P = 0.020$),相对于对照(9.1%),夜间增温连接处理的平均分株长提高了 28.6%。

由图 3 可知,与对照组相比,不论是连接处理还是切断处理的空心莲子草分株数在 3 种温处理下均有不同程度的增加,但都未达到显著水平。在 4 种温度处理下,切断组与连接组分株数的差异均不显著 ($P > 0.05$)。

3 讨论

温度是影响植物生长和发育的最重要生态因子

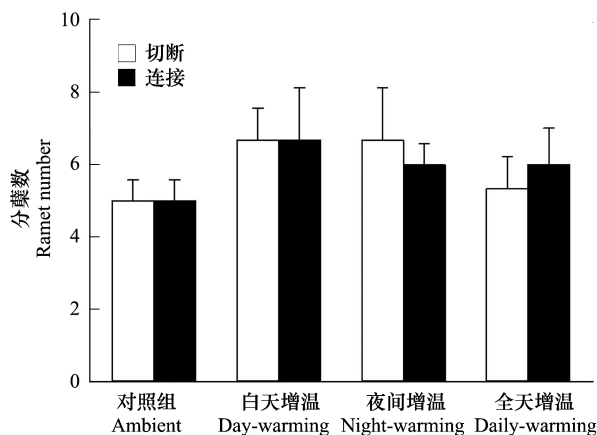


图 3 匍匐茎切断或连接的空心莲子草在 4 种增温方式下的分株数(均值+标准误)

Fig.3 The number of ramets of *Alternanthera philoxeroides* grown under four air temperature regimes with either connected or severed stolons (mean + SE)

之一,分析物种在不同温度条件下的形态、结构方面的可塑性差异,可以更好的了解该物种对不同温度

环境的适应机制。虽然全球增温方式具有不确定性,但是气候变暖对植物影响的经验认识是迫切需要的,因此设置了3种不同的增温情景(即白天、夜间和全天增温)。

匍匐茎的长短、平均分株长短和分株数量是衡量空心莲子草生理及形态特征的重要指标^[11-12]。本实验中,只有夜间增温下,连接组的匍匐茎总长及平均分株长显著增加,白天增温和全天增温对空心莲子草的匍匐茎总长、分株长、分株数均无显著影响。Wang 等研究表明无论是在何种水淹条件下,空心莲子草切断与连接处理对基株的匍匐茎总长度、分株数无显著影响^[26];土壤增温 2℃对其匍匐茎长度等形态指标的影响不显著^[27]。本实验中,除了夜间增温处理外,克隆整合作用亦并未显著影响上述形态指标,这与他们的结果是一致的。Nijs 等对增温对入侵物种影响的研究亦表明全天增温对入侵种的影响不显著^[28],本实验结果同他们是一致的。

白天增温和全天增温对空心莲子草形态特征的影响均不显著,只有在夜间增温处理下这种影响才达到显著水平,表明不同增温方式对植物的生长具有不同的生态学适应意义。白天、夜间和全天增温会产生不同的叶表面温度,并影响光合作用源库关系^[29],使空心莲子克隆片段有截然不同的光合补偿潜力,从而影响空心莲子草的生长。白天增温可能会促进空心莲子草的呼吸作用,抵消增温对其光合作用的正效应,甚至产生抑制作用^[30]。全天增温比白天和夜间增温具有更高的温度,可能会产生更强烈的高温胁迫和干旱,但全天增温对空心莲子草的生长几乎没有影响,表明全天增温下空心莲子草对环境胁迫具有更强的耐受性^[28]。通过增加对根系生物量的分配来缓解温度胁迫是植物常用策略之一^[31];但同时温度升高可能会导致表土层的干旱,阻碍根系的生长,加剧根系间的竞争^[32]。匍匐茎连接可显著降低海滩草莓以及三叶草分株之间的根系竞争,即克隆整合会显著影响根系的产生,提高其适合度^[33-34]。这可能是夜间增温处理下,连接组的匍匐茎总长与平均分株长度要远远大于切断组的原因之一。根据库-源假说,植物在前一天晚上通过呼吸作用消耗碳水化合物可以促进其第2天光合作用^[35-36],从而积累更多的光合产物,即夜间增温可能会激发光合补偿作用。这可能是导致夜间增温条件

下空心莲子草连接组和对照组差异显著的另一个原因。

空心莲子草高度适应陆地和水域这两种异质性的生境,其形态和繁殖特征具有较大差异^[37]。陶勇等对空心莲子草对水分变化的形态适应研究发现,水分条件的变化对旱生型、漂浮型和挺水型空心莲子草的各形态参数都有极显著影响,且在不同水分条件下叶、茎、根的生长优先顺序不同^[38];wang 等揭示了克隆整合作用可能使得空心莲子草具有在水生生境和陆生生境扩展的双重策略^[26];刘健研究指出这种植物具有很强的适应匍匐茎断裂的机制^[39]。这些研究都表明,形态可塑性和克隆整合在空心莲子草的入侵过程中起着重要的作用。增温可能通过改变生境的水分条件从而对其形态产生影响,例如夜间增温有助于空心莲子草匍匐茎和分株的伸长,从而快速扩展并占据有利生境,促进其入侵。

研究结果表明,空心莲子草的匍匐茎总长、分株长与分株数对不同增温的形态可塑性响应模式在匍匐茎处理间存在一定的差异,即空心莲子草对不同的增温情景的响应取决于匍匐茎连接处理的存在;空心莲子草表现出对增温环境的可塑性变化,这种形态的可塑性变化依赖增温情景;夜间增温可能促进空心莲子草的入侵。

References:

- [1] He W M, Dong M. Growth and physiological features of *Salix matsudana* on the Mu Us Sandland in response to shading. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(2): 175-178.
- [2] Wang M L, Feng Y L. Effects of soil nitrogen levels on morphology, biomass allocation and photosynthesis in *Ageratina adenophora* and *Chromolaena odorata*. *Acta Phytocologica Sinica*, 2005, 29(5): 697-705.
- [3] Xu Z Z, Zhou G S. Combined effects of water stress and high temperature on photosynthesis, nitrogen metabolism and lipid peroxidation of a perennial grass *Leymus chinensis*. *Planta*, 2006, 224(5): 1080-1090.
- [4] Dong M. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior. *Acta Botanica Sinica*, 1996, 38(10): 828-835.
- [5] Li D Z, Takahashi S. Particularities of clonal plant species induced by physiological integration. *Grassland Science*, 2003, 49(4): 395-402.
- [6] Dong M. Plant clonal growth in heterogeneous habitats: risk-spreading. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(6): 543-548.

- [7] Geng Y P, Zhang W J, Li B, Chen J K. Phenotypic plasticity and invasiveness of alien plants. *Biodiversity Science*, 2004, 12(4): 447-455.
- [8] Garhari F, Pedulla M L. *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. (Amaranthaceae), a new species for the exotic flora of Italy. *Webbia: Journal of Plant Taxonomy and Geography*, 2001, 56(1): 139-143.
- [9] Lin J C, Qiang S. Influence of *Alternanthera philoxeroides* on the species composition and diversity of weed community in spring in Nanjing. *Journal of Plant Ecology*, 2006, 30(4): 585-592.
- [10] Lin G L, Yang Y Z, Hu J S. Studies on biology and control of *Alternanthera philoxeroides*. *Jiangsu Agricultural Research*, 1990, 11(2): 57-63.
- [11] Xu K Y, Ye W H, Li G M, Li J. Phenotypic plasticity in response to light intensity in the invasive species *Alternanthera philoxeroides*. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2005, 23(6): 560-563.
- [12] Xu K Y, Ye W H, Li J, Li G M. Phenotypic plasticity in response to soil nutrients in the invasive species *Alternanthera philoxeroides*. *Ecology and Environment*, 2005, 14(5): 723-726.
- [13] Claridge K, Franklin S B. Compensation and Plasticity in an Invasive Plant Species. *Biological Invasions*, 2002, 4(4): 339-347.
- [14] De Kroon H, Huber H, Stuefer J F, Van Groenendael J M. A modular concept of phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist*, 2005, 166(1): 73-82.
- [15] Bergamini A, Peintinger M. Effects of light and nitrogen on morphological plasticity of the moss *Calliergonella cuspidata*. *Oikos*, 2002, 96(2): 355-363.
- [16] Lu X M, Zhou C F, An S Q, Fang C, Zhao H, Yang Q, Yan C. Phenotypic plasticity, allometry and invasiveness of plants. *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(9): 1438-1444.
- [17] Sultan S E. Phenotypic plasticity and plant adaptation. *Acta Botanica Neerlandica*, 1995, 44(4): 363-383.
- [18] Rustad L E, Campbell J L, Marion G M, Norby R J, Mitchell M J, Hartley A E, Cornelissen J H C, Gurevitch J, Gcte-News. A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia*, 2001, 126(4): 543-562.
- [19] Jonasson S, Michelsen A, Schmidt I K, Nielsen E V. Responses in microbes and plants to changed temperature, nutrient, and light regimes in the Arctic. *Ecology*, 1999, 80(6): 1828-1843.
- [20] IPCC. Climate change 2007: the physical science basis//Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K B, Tignor M, Miller H L, eds. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [21] Usami T, Lee J, Oikawa T. Interactive effects of increased temperature and CO₂ on the growth of *Quercus myrsinaefolia* saplings. *Plant, Cell and Environment*, 2001, 24(10): 1007-1019.
- [22] Harvey L D D. Warm days, hot nights. *Nature*, 1995, 377(6544): 15-16.
- [23] Easterling D R, Horton B, Jones P D, Peterson T C, Karl T R, Parker D E, Salinger M J, Razuvayev V, Plummer N, Jamason P, Folland C K. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 1997, 277(5324): 364-367.
- [24] Xu C Y, Zhang W J, Fu C Z, Lu B U. Genetic diversity of alligator weed in China by RAPD analysis. *Biodiversity and Conservation*, 2003, 12(4): 637-645.
- [25] Wang B R, Li W G, Wang J B. Genetic diversity of *Alternanthera philoxeroides* in China. *Aquatic Botany*, 2005, 81(3): 277-283.
- [26] Wang N, Yu F H, Li P X, He W M, Liu J, Yu G L, Song Y B, Dong M. Clonal integration supports the expansion from terrestrial to aquatic environments of the amphibious stoloniferous herb *Alternanthera philoxeroides*. *Plant Biology*, 2009, 11(3): 483-489.
- [27] Jang L Z, Wang D, Liu S N, Pan R, Shen F, Zhou J. Effect of light and nitrogen on morphological traits and biomass allocation of an invasive weed *Alternanthera philoxeroides* (mart.) griseb. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2010, 34(1): 101-107.
- [28] Verlinden M, Nijs I. Alien plant species favoured over congeneric natives under experimental climate warming in temperate Belgian climate. *Biological Invasions*, 2010, 12(8): 2777-2787.
- [29] McCormick A J, Cramer M D, Watt D A. Sink strength regulates photosynthesis in sugarcane. *New Phytologist*, 2006, 171(4): 759-770.
- [30] Will R. Effect of different daytime and night-time temperature regimes on the foliar respiration of *Pinus taeda*: predicting the effect of variable temperature on acclimation. *Journal of Experimental Botany*, 2000, 51(351): 1733-1739.
- [31] Dubrovsky J G, North G B, Nobel P S. Root growth, developmental changes in the apex, and hydraulic conductivity for *Opuntia ficus-indica* during drought. *New Phytologist*, 1998, 138(1): 75-82.
- [32] Edward E J, Benham D G, Marland L A, Fitter A H. Root production is determined by radiation flux in a temperate grassland community. *Global Change Biology*, 2004, 10(2): 209-227.
- [33] Holzapfe C, Alpert P. Root cooperation in a clonal plant: Connected strawberries segregate roots. *Oecologia*, 2003, 134(1): 72-77.
- [34] Falik O, de Kroon H, Novoplansky A. Physiologically-mediated self/non-self root discrimination in *Trifolium repens* has mixed effects on plant performance. *Plant Signaling and Behavior*, 2006, 1(3): 116-121.
- [35] Turnbull M H, Murthy R, Griffin K L. The relative impacts of daytime and night-time warming on photosynthetic capacity in *Populus deltoides*. *Plant, Cell and Environment*, 2002, 25(12): 1007-1019.

1729-1737.

- [36] Paul M J, Foyer C H. Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, 2001, 52(360): 1383-1400.
- [37] Weng B Q, Lin S, Wang Y X. Discussion on adaptability and invasion mechanisms of *Alternanthera philoxeroides* in China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2373-2381.
- [38] Tao Y, Chen S F, Jang M X. Morphological adaptation of *Alternanthera philoxeroides* (mart.) griseb to the change of water. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2004, 13(5): 454-459.
- [39] Liu J. The Distribution Pattern and Characteristics of the Invasive Plant Species in China [D]. Ji'nan: Shandong University, 2005: 112-112.
- 参考文献:
- [1] 何维明, 董鸣. 毛乌素沙地旱柳生长和生理特征对遮荫的反应. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 175-178.
- [2] 王满莲, 冯玉龙. 紫茎泽兰和飞机草的形态、生物量分配和光合特性对氮营养的响应. *植物生态学报*, 2005, 29(5): 697-705.
- [4] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为. *植物学报*, 1996, 38(10): 828-835.
- [6] 董鸣. 异质性生境中的植物克隆生长: 风险分摊. *植物生态学*, 1996, 20(6): 543-548.
- [7] 耿宇鹏, 张文驹, 李博, 陈家宽. 表型可塑性与外来植物的入侵能力. *生物多样性*, 2004, 12(4): 447-455.
- [9] 林金成, 强胜. 空心莲子草对南京春季杂草群落组成和物种多样性的影响. *植物生态学报*, 2006, 30(4): 585-592.
- [10] 林冠伦, 杨益众, 胡进生. 空心莲子草生物学及防治研究. *江苏农学院学报*, 1990, 11(2): 57-63.
- [11] 许凯扬, 叶万辉, 李国民, 李静. 入侵种喜旱莲子草对光照强度的表型可塑性反应. *武汉植物学研究*, 2005, 23(6): 560-563.
- [12] 许凯扬, 叶万辉, 李静, 李国民. 入侵种喜旱莲子草对土壤养分的表型可塑性反应. *生态环境*, 2005, 14(5): 723-726.
- [16] 陆霞梅, 周长芳, 安树青, 方超, 赵晖, 杨茜, 颜超. 植物的表型可塑性、异速生长及其入侵能力. *生态学杂志*, 2007, 26(9): 1438-1444.
- [27] 姜立志, 王东, 刘树楠, 潘睿, 沈芬, 周洁. 光照和氮素对喜旱莲子草形态特征和生物量分配的影响. *水生生物学报*, 2010, 34(1): 101-107.
- [37] 翁伯琦, 林嵩, 王义祥. 空心莲子草在我国的适应性及入侵机制. *生态学报*, 2006, 26(7): 2373-2381.
- [38] 陶勇, 陈少风, 江明喜. 空心莲子草对水分变化的形态适应研究. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(5): 454-459.
- [39] 刘建. 中国入侵植物分布格局和特性分析 [D]. 济南: 山东大学, 2005: 112-112.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.6 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Impacts of global warming on litter decomposition SONG Piao, ZHANG Naili, MA Keping, et al (1327)
- From system to landscape: the other orientation of regional material flow analysis ZHANG Xiaogang, ZENG Hui (1340)
- A multi-dimensional approach for wetland ecosystem service valuation SONG Yuqin, ZHANG Xiaolei (1352)
- Molecular mechanisms of the insect juvenile hormone JIN Minna, LIN Xinda (1361)
- Microbial deterioration in ancient cave and wall paintings LI Qiang, GE Qinya, PAN Xiaoxuan, et al (1371)
- Study on ecological safety evaluation and warning of wetlands in Tumen River watershed based on 3S technology
..... ZHU Weihong, MIAO Chengyu, ZHENG Xiaojun, et al (1379)
- A review of transboundary protected areas network establishment WANG Wei, TIAN Yu, CHANG Ming, et al (1391)

Autecology & Fundamentals

- Water consumption characteristics and water use efficiency of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* and bamboo-willow
seedlings QIU Quan, PAN Xin, LI Jiyue, et al (1401)
- Three warming scenarios differentially affect the morphological plasticity of an invasive herb *Alternanthera philoxeroides*
..... CHU Yanmei, YANG Jian, LI Jingji, et al (1411)
- The influence of meteorological factors and soil physicochemical properties on karst processes in six land-use patterns in summer
and winter in a typical karst valley LIU Wen, ZHANG Qiang, JIA Yanan (1418)
- Effects of nanocarbon application on nitrogen absorption and utilization of flue-cured tobacco
..... LIANG Taibo, YIN Qisheng, ZHANG Yanling, et al (1429)
- The stand spatial model and pattern based on voronoi diagram LIU Shuai, WU Shuci, WANG Hong, et al (1436)
- Dynamic analysis of spatial structure in a close-to-nature *Phyllostachys edulis* stands
..... QIU Jianxi, TANG Mengping, SHEN Lifen, et al (1444)
- Phenotypic diversity in natural populations of *Sapindus mukorossi* based on fruit and seed traits
..... DIAO Songfeng, SHAO Wenhao, JIANG Jingmin, et al (1451)
- Development of compatible biomass models for trees from different stand origin ... FU Liyong, LEI Yuancai, SUN Wei, et al (1461)

Population, Community and Ecosystem

- The impact of understory vegetation structure on growth of *Polygonatum cyrtoneura* in extensively managed *Phyllostachys edulis*
plantation FAN Yanrong, CHEN Shuanglin, YANG Qingping, et al (1471)
- Short-term effects of CO₂ concentration elevation, warming and transgenic *Bt* rice cropping on soil labile organic carbon and
nitrogen, and nematode communities CHEN Jing, CHEN Fajun, LIU Manqiang, et al (1481)
- Temporospatial variations in net ecosystem productivity in Northeast China since 1961
..... LI Jie, ZHANG Yuandong, GU Fengxue, et al (1490)
- Assessment of the habitat suitability for waterfowls in the Panjin, Liaoning with GIS and remote sensing
..... DONG Zhangyu, LIU Dianwei, WANG Zongming, et al (1503)
- Distribution of soil macropores and their influence on saturated hydraulic conductivity in the Huoditang forest region of the
Qinling Mountains LU Bin, ZHANG Shengli, LI Kan, et al (1512)

- Influences of phosphorus concentration on interactions among *Microcystis aeruginosa*, *Daphnia magna* and *Ceratophyllum demersum* ...
 MA Jianmin, JIN Ping, GUO Meng, et al (1520)
- Allelopathic inhibition and mathematical models of *Chara vulgaris* extracts on two freshwater algae species
 HE Zongxiang, LIU Lu, LI Cheng, et al (1527)
- Flora analysis of riparian vegetation in Yongding-Haihe river system, China XIU Chen, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua (1535)
- Stream habitat assessment of Dong River, China, using *River Habitat Survey* method
 WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong, et al (1548)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Applying SWAT model to explore the impact of changes in land use and climate on the streamflow in a Watershed of Northern
 China GUO Juntong, ZHANG Zhiqiang, WANG Shengping, et al (1559)
- Climate response of tree growth along an altitudinal gradient in the Changbai Mountains, Northeast China
 CHEN Li, YIN Yunhe, ZHAO Dongsheng, et al (1568)
- The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang
 LI Ying, LI Yuecong, LÜ Suqing, et al (1575)
- The change of soil carbon and nitrogen under different grazing gradients in Hulunber meadow steppe
 YAN Ruirui, XIN Xiaoping, WANG Xu, et al (1587)
- Spatial distribution and influencing factors of farmland soil organic matter and trace elements in the nansihu region
 WU Jie, LI Yuhuan, LI Zengbing, et al (1596)

Resource and Industrial Ecology

- Transnational land use and its potential environmental consequence LU Xiaoxuan (1606)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 薛建辉

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 6 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 6 (March, 2014)

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 王如松
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel: (010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

Editor-in-chief WANG Rusong
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel: (010)64034563
E-mail: journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元