

芦旭然,李华成,陈中义.水分与基质组合生境对空心莲子草不定根诱导形成贮藏根的影响[J].江苏农业科学,2018,46(19):103-106.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.027

水分与基质组合生境对空心莲子草不定根诱导形成贮藏根的影响

芦旭然,李华成,陈中义

(长江大学园艺园林学院/长江大学植物生态与环境修复研究所,湖北荆州 434025)

摘要:空心莲子草是全球性入侵杂草,其贮藏根是陆生型和扎根挺水型空心莲子草的重要越冬和繁殖器官,在种群生长和维持中具有重要作用。通过盆栽试验,设置 2 种土壤基质(沙土和壤土)及 4 种水分条件(旱生、湿生、挺水、漂浮)的组合生境,研究水分、基质、水分与基质组合生境对空心莲子草不定根诱导形成贮藏根的影响。结果表明,不论是沙土还是壤土,旱生和湿生生境均有利于诱导空心莲子草不定根形成贮藏根;挺水生境在一定程度上能抑制空心莲子草的不定根膨大形成贮藏根;漂浮生境下,空心莲子草不能形成贮藏根,其根系接触到土壤基质是形成贮藏根的必要条件。研究结果对在不同生境下的空心莲子草防控管理具有指导意义。

关键词:空心莲子草;贮藏根;水分条件;土壤基质;不定根;诱导;膨大机制;入侵防控

中图分类号:S451 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)19-0103-03

生物入侵会严重影响和威胁生物的多样性、种间关系和生态平衡^[1-2]。空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)是我国首批公布的恶性外来入侵植物^[3],对空心莲子草的入侵控制和管理已经受到人们的广泛关注^[4-6]。根据空心莲子草生境的水分状况,通常把其生长型分为漂浮型、扎根挺水型和陆生型 3 种^[7]。漂浮型空心莲子草的根系由不定根组成,不具备繁殖能力,而陆生型和扎根挺水型空心莲子草根系的特征是不定根能膨大形成长柱形的贮藏根,它能为植株提供营养物质、水分和能量^[8-9]。因此,贮藏根是陆生型和扎根挺水型空心莲子草的重要越冬和繁殖器官,在种群生长和维持中具有重要的作用。由于空心莲子草在水陆转换环境中均能建立种群^[10],研究空心莲子草贮藏根诱导形成的调控机制,对于空心莲子草入侵防控具有指导意义。

植物的不定根转化为贮藏根会受到分子机制的影响^[11],其内在生理调控受到外界环境条件的影响^[12]。在不同的生长环境中,空心莲子草资源分配格局存在显著差异^[13]。谢磊认为,空心莲子草可以改变根系的分形模式从而实现多气候带的生存与分布^[14]。陶勇等通过控制水分条件来研究空心莲子草对水因子变化的形态适应机制指出,环境的水分条件决定着空心莲子草结构朝旱生性还是水生性发展^[15]。陈燕丽发现沟渠和沙壤生境更有利于空心莲子草贮藏根膨大生长^[16]。可见,在诸多生态因子中,水分和土壤可能是影响空心莲子草不定根形成贮藏根的重要因子。

因此,研究不同水分条件和基质对空心莲子草不定根诱导形成贮藏根的影响,从一个侧面探讨空心莲子草不定根的

膨大机制,为进一步揭示空心莲子草的入侵机制和开展入侵防控提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

于 2014 年 6 月 2 日,在湖北省荆州市西郊田间沟渠采集生长健壮的空心莲子草地上茎,在其中部剪取直径约 0.3 ~ 0.4 cm、长度 4.0 cm 的地上茎片段(带有 1 节,以节为中心,2 边长度各 2.0 cm)若干,作为本试验扦插育苗材料。

1.2 试验设计

分别采用河沙(沙土)和菜园土壤(壤土)作为 2 种土壤基质,在塑料杯(规格:上内径为 9.0 cm,下内径为 5.5 cm,高度为 14.5 cm)中装入一定的土壤基质,每个塑料杯扦插一段空心莲子草茎段,保证节间接触到土壤,待插条生长 1 周后,进行不同水分处理。设置旱生、湿生、挺水、漂浮 4 种水分生境状况。旱生:观察植株生长情况,待植株出现轻微萎焉症状,及时浇灌一定量水分,维持相对旱生的生境,土壤含水量范围为 10% ~ 30%;湿生:每 24 h 浇灌 1 次,保持湿生生境,土壤含水量为 75% ~ 85%;挺水:植株定植在土壤基质中,基质上方保持 1 cm 的水层;漂浮:塑料杯底部放置厚约 3 cm 的土壤基质,注入清水,将插条用棉绳系于塑料棒上,斜插进塑料杯水中,并使水位刚好没过茎节,及时保持水位。试验共有 2 × 4 = 8 个处理,5 个重复。

将盆栽材料置于温室大棚棚架上,控制棚内其他条件尽量与野外条件一致,每隔 3 d 随机移动 1 次塑料杯的位置。

1.3 测量指标与数据分析

空心莲子草茎段扦插生长 100 d 后收获,为了便于描述,根据前期的研究,本试验将空心莲子草中直径 < 0.15 cm 的根称为不定根或须根;直径 ≥ 0.15 cm 的根,称为贮藏根。将每株空心莲子草从塑料杯中取出,洗净土。统计空心莲子草一级根数量、不定根数量、贮藏根数量,使用游标卡尺(精度

收稿日期:2017-07-26

基金项目:湖北省自然科学基金(编号:2013CFB391)。

作者简介:芦旭然(1993—),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,主要从事植物生态学研究。E-mail:1012894556@qq.com。

通信作者:陈中义,博士,教授,主要从事植物入侵生态学研究。

E-mail:czy@yangtzeu.edu.cn。

0.01 mm)测量贮藏根的中部直径及贮藏根长度。采用 Epson Perfection V700 Photo 根系扫描仪(日本 Seiko Epson Corp 公司生产)对根系进行扫描,测量的指标包括根系总体积、根系总表面积、贮藏根体积、贮藏根表面积。最后,将每株植株分成茎叶、地下根分别放入烘箱中,于 80 ℃下烘至恒质量(24 h),用电子天平(精度 0.000 1 g)分别称量地上茎叶干质量、根干质量、贮藏根干质量。计算以下参数:贮藏根干质量比=贮藏根干质量/总根干质量×100%;贮藏根体积比=贮藏根体积/根系体积×100%;贮藏根表面积比=贮藏根表面积/根系表面积×100%;根冠比=地下部分干质量/地上部分干质量。

试验数据运用 SPSS 19.0 统计软件处理,通过双因素方差分析检验差异的显著性;如果差异显著,再利用 LSD 法确定平均值之间的差异性。

2 结果与分析

2.1 水分和基质对空心莲子草根数量的影响

由表 1 可知,水分和基质及两者的交互作用对空心莲子草的一级根数量和不定根数量具有极显著的影响。水分对空心莲子草的贮藏根数量具有极显著的影响。基质、水分与基质的交互作用对空心莲子草的贮藏根数量没有显著性影响。

表 1 水分和基质对空心莲子草根数量影响的 F 值和显著性分析			
处理	一级根数量	不定根数量	贮藏根数量
水分	43.039 **	38.884 **	16.893 **
基质	8.179 **	8.333 **	0.321
水分与基质	6.896 **	6.951 **	0.893

注:*表示在 0.05 水平上差异显著;**表示在 0.01 水平上差异显著。表 3、表 5 同。

结合表 2 可知,无论是沙土还是壤土,挺水生境的一级根数量和不定根数量在同类土壤中最,漂浮生境的一级根数

量和不定根数量最少。在挺水生境中,壤土中的一级根数量和不定根数量显著高于沙土。漂浮生境的空心莲子草根系由不定根组成,不形成贮藏根,植株成活后处于滞育状态,故不参与贮藏根相关指标比较。贮藏根数量在旱生沙土生境下最高,达到 2.8 条/株,显著高于挺水沙土和挺水壤土生境。

表 2 水分和基质对空心莲子草根数量的影响			
处理	一级根数量 (条/株)	不定根数量 (条/株)	贮藏根数量 (条/株)
旱生沙土	28.8±6.9bc	26.0±7.3ab	2.8±1.5b
湿生沙土	29.4±3.6bc	27.4±4.2bc	2.0±0.7ab
挺水沙土	40.8±5.9d	39.2±5.6d	1.6±1.3a
漂浮沙土	23.8±8.8ab	23.8±8.8ab	
旱生壤土	36.0±4.7cd	34.0±4.7cd	2.0±0.0ab
湿生壤土	29.8±4.5bc	27.4±4.8bc	2.4±0.5ab
挺水壤土	58.0±5.6e	56.6±5.6e	1.4±0.9a
漂浮壤土	19.4±2.8a	19.4±2.8a	

注:数据为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。表 4 同。

2.2 水分和基质对空心莲子草贮藏根形态的影响

由表 3 可知,水分条件对空心莲子草贮藏根根长、直径、体积、表面积和干质量均具有极显著影响。基质、水分和基质的交互作用对空心莲子草贮藏根根长、直径、体积、表面积和干质量均没有显著性影响。

结合表 4 可知,挺水沙土、挺水壤土生境下,空心莲子草贮藏根根长、表面积、干质量极显著低于其他生境条件下。这表明,挺水生境下贮藏根的发育形成较弱,植株较倾向于发育不定根。无论是在沙土还是壤土中,旱生和湿生生境下空心莲子草的贮藏根根长、表面积没有显著性差异,但均显著高于挺水生境。湿生沙土生境下,贮藏根的直径最大,达到 0.520 cm。上述结果表明,旱生和湿生生境有利于空心莲子草贮藏根的发育。

表 3 水分和基质对空心莲子草贮藏根形态影响的 F 值和显著性分析					
处理	贮藏根根长	贮藏根直径	贮藏根体积	贮藏根表面积	贮藏根干质量
水分	23.778 **	9.783 **	12.778 **	11.390 **	18.964 **
基质	0.818	0.770	0.122	0.037	0.040
水分与基质	1.146	0.510	0.268	0.645	0.595

表 4 水分和基质对空心莲子草贮藏根形态的影响					
处理	贮藏根根长 (cm)	贮藏根直径 (cm)	贮藏根体积 (cm ³)	贮藏根表面积 (cm ²)	贮藏根干质量 (g)
旱生沙土	10.580±1.590b	0.399±0.048a	0.913±0.208bc	18.252±4.780b	0.536±0.096bc
湿生沙土	11.860±1.330b	0.520±0.122b	1.128±0.409c	17.089±5.154b	0.627±0.283bc
挺水沙土	6.400±2.120a	0.358±0.058a	0.375±0.150a	7.898±3.998a	0.187±0.091a
漂浮沙土					
旱生壤土	10.400±3.440b	0.386±0.038a	0.839±0.176b	15.383±4.786b	0.437±0.065b
湿生壤土	12.340±2.660b	0.483±0.045ab	1.199±0.444c	19.227±6.687b	0.679±0.167c
挺水壤土	3.830±0.460a	0.386±0.060a	0.500±0.259ab	7.552±2.491a	0.197±0.122a
漂浮壤土					

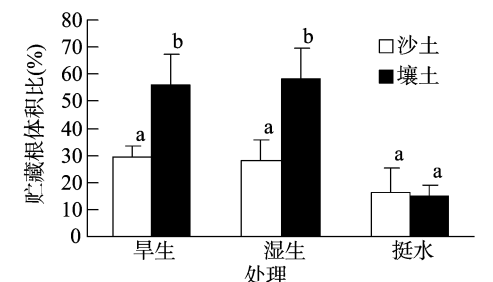
2.3 不同处理对空心莲子草贮藏根生长相对指标的影响

结合表 5 可知,水分条件对空心莲子草贮藏根体积比、表面积比、干质量比和根冠比均具有极显著影响。基质、水分与基质的交互作用对空心莲子草贮藏根体积比和表面积比具有极显著影响,对干质量比无显著性影响。基质对空心莲子草根冠比没有显著性影响,水分与基质的交互作用对空心莲子草根冠比具有显著性影响。

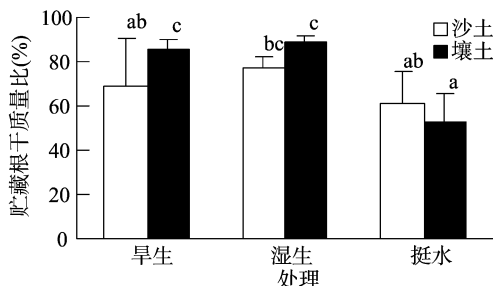
表 5 水分和基质对空心莲子草贮藏根生长相对指标影响的 F 值和显著性分析				
处理	贮藏根体积比	贮藏根表面积比	贮藏根干质量比	根冠比
水分	20.927 **	17.334 **	10.920 **	35.753 **
基质	31.050 **	24.237 **	2.077	3.637
水分与基质	8.631 **	9.111 **	2.535	4.178 *

由图 1-a 可知,空心莲子草贮藏根体积比在旱生壤土和湿生壤土生境下最高,显著高于旱生沙土、湿生沙土、挺水沙土和挺水壤土生境。由图 1-b 可知,空心莲子草贮藏根表面积比在湿生壤土生境下最高,其次为旱生壤土生境。二者均显著高于旱生沙土、湿生沙土、挺水沙土和挺水壤土生境。由

图 1-c 可知,空心莲子草贮藏根干质量比在旱生壤土、湿生壤土、挺水壤土 3 种生境下没有显著性差异,旱生壤土和湿生壤土生境下,贮藏根干质量比显著高于旱生沙土、挺水沙土、挺水壤土生境。由图 1-d 可知,空心莲子草的根冠比在旱生沙土生境下最高,漂浮生境下空心莲子草根冠比最低。

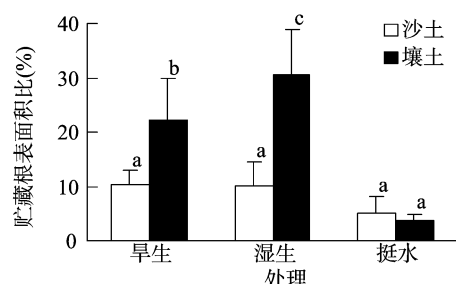


a. 水分和基质对空心莲子草贮藏根体积比的影响

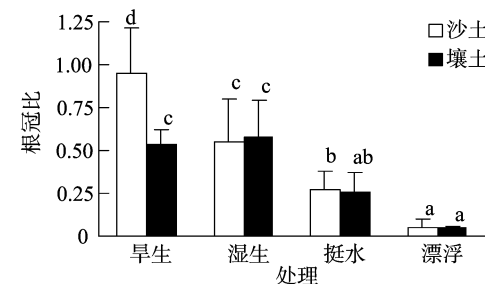


c. 水分和基质对空心莲子草贮藏根干质量比的影响

不同小写字母表示不同处理之间差异显著 ($P < 0.05$)



b. 水分和基质对空心莲子草贮藏根表面积比的影响



d. 水分和基质对空心莲子草贮藏根根冠比的影响

图1 水分和基质对空心莲子草贮藏根生长相对指标的影响(平均值 ± 标准差)

3 结论与讨论

本研究结果显示,沙土和壤土 2 种基质及水分和基质的交互作用对空心莲子草贮藏根数量、贮藏根有关形态指标(根长、直径、体积、表面积、干质量)、贮藏根干质量比均没有显著影响,表明所选的基质种类对空心莲子草贮藏根的形成和生长没有影响。Geng 等研究表明,同一地区空心莲子草的总生物量不受栖息地类型的影响,且对大多数数量性状没有显著性影响^[17],本研究结果与之一致。但本研究发现,沙土和壤土 2 种基质对空心莲子草的根系构型具有影响,总体看,旱生和湿生条件下,壤土条件下贮藏根体积比、表面积比显著高于沙土。一些研究显示,基因型完全相同的植物生长在不同的环境当中,可能会表现出具有显著差异的根系构型,进而影响到植物根系对养分和水分的吸收能力^[18-19],本试验结果与之一致。

空间异质性是影响植物表型可塑性的重要因素^[20-21],例如,在法国西部,一些外来入侵植物在陆生生境与水生生境中,因有较高的有机物质可以产生密集的种群和大量的根系^[22]。漂浮的空心莲子草只产生不定根,而一旦不定根接触到土壤基质便可以诱导形成贮藏根,说明空心莲子草的表型可塑性也可能因环境而异,土壤基质的存在对于空心莲子草不定根形成贮藏根具有重要的作用。

李磊在研究水陆转换对空心莲子草种群定居的影响时发现,陆生宿根片段在挺水环境中全部腐烂,不能产生萌芽,说明淹水环境可以在一定程度上抑制空心莲子草贮藏根的生长^[10]。从本研究结果看,相对于旱生和湿生生境,挺水生境下空心莲子草的贮藏根数量、根长、直径、体积、表面积、干质

量、根冠比均较低。这可能是由于土壤水分达到饱和状态,会造成一定程度的缺氧环境,而湿生和旱生生境有利于诱导空心莲子草不定根转变成贮藏根。

参考文献:

- [1] Sala O E, Rd C F, Armesto J J, et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100[J]. Science, 2000, 287(5459): 1770.
- [2] Pimentel D, Mcnair S, Janecka J, et al. Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2001, 84(1): 1-20.
- [3] Wang B R, Li W G, Wang J B. Genetic diversity of *Alternanthera philoxeroides* in China[J]. Aquatic Botany, 2005, 81(3): 277-283.
- [4] Julien M H, Bourne A S, Low V H K. Growth of the weed *Alternanthera philoxeroides* (Martius) Grisebach, (alligator weed) in aquatic and terrestrial habitats in Australia[J]. Plant Protection Quarterly, 1992, 7: 102-108.
- [5] Holm L, Doll J, Holm E, et al. World weeds: natural histories and distribution[J]. Taxon, 1997, 47(1): 209.
- [6] 潘晓云, 耿宇鹏, Alejandro S, 等. 入侵植物喜旱莲子草——生物学、生态学及管理[J]. 植物分类学报, 2007, 45(6): 884-900.
- [7] 陈燕丽, 陈中义. 空心莲子草入侵控制的生态学研究进展[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(9): 2260-2263.
- [8] 姜远来, 沈晋良. 水花生的根、茎、叶形态解剖特征及生态适应性[J]. 江苏农业学报, 2005, 21(4): 277-282.
- [9] 王桂芹, 高瑞如, 王玉良, 等. 异质生境空心莲子草的结构基础与生态适应性[J]. 草业学报, 2011, 20(4): 143-152.
- [10] 李磊. 水陆转换对空心莲子草种群定居的影响[J]. 安徽农

朱勇良, 范方军, 谢裕林, 等. 江苏省迟熟中粳新品系稻瘟病抗病基因检测与抗性评价[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(19): 106–109.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.028

江苏省迟熟中粳新品系稻瘟病抗病 基因检测与抗性评价

朱勇良¹, 范方军², 谢裕林¹, 伍应保¹, 乔中英¹, 张建栋¹

(1. 江苏太湖地区农业科学研究所, 江苏苏州 215155; 2. 江苏省农业科学院粮食作物研究所, 江苏南京 210014)

摘要:通过对江苏省育种单位提供的 95 份迟熟中粳新材料进行稻瘟病抗性基因检测与穗颈瘟抗性分析发现, 携带 *Pi-ta* 基因的材料有 59 份, 携带 *Pi-b* 基因的材料有 74 份, 携带 *Pi-kh* 基因的材料有 85 份, 同时携带 *Pi-ta*、*Pi-b*、*Pi-kh* 抗病基因的材料有 37 份; 其中有 1 份材料苗瘟抗性等级为 5 级, 其穗颈瘟抗性等级为 7 级, 另外有 12 份材料的稻瘟病抗性综合指数 > 5.00。结果表明, *Pi-ta* 等抗病基因的抗性正在丧失。

关键词:迟熟中粳; 稻瘟病; 抗性基因; 抗性评价; 抗性丧失

中图分类号: S435.111.4⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0106-04

江苏省太湖稻区以种植单季晚粳稻居多, 近年来为了主动对接农业供给侧改革, 对品种成熟期性状的研究已拓展到迟熟中粳稻的选育和应用方面, 并且取得了较好的成效, 如苏香粳 3 号的审定和在适种地区作为特优早熟品种的产业化配套应用。由稻瘟病菌 (*Magnaporthe oryzae*) 引起的稻瘟病是水稻的三大病害之一, 对水稻持续高产稳产和品质有重要的影响。稻瘟病在苗期和抽穗期均可发生, 在抽穗期发病可导致白穗或半饱和穗, 大大降低水稻产量, 严重时可导致绝收。

水稻稻瘟病的抗性受多基因或数量性状位点 (quantitative trait locus, 简称 QTL) 控制, 随着分子生物学的发展

和水稻基因组测序的完成, 定位并克隆了一批抗稻瘟病基因。*Pi-b* 基因是第 1 个通过图位克隆得到的稻瘟病抗性基因, 该基因位于水稻第 2 号染色体长臂末端^[1-3]。Bryan 等将水稻稻瘟病基因 *Pi-ta* 定位于水稻第 12 号染色体靠近着丝点附近的区域, 并进行了克隆^[4]。稻瘟病抗病基因 *Pi54*, 最初被命名为 *Pi-kh*, 来源于水稻品种 Tetep, 与简单重复序列 (simple sequence repeats, 简称 SSR) 标记 TRS26 和 TRS33 紧密连锁^[5]。Xu 等将稻瘟病基因 *Pi-kh* 精细定位在水稻第 11 号染色体上单核苷酸多态性 (single nucleotide polymorphism, 简称 SNP) 标记 Kh45F ~ KhA3R 之间的 270 kb 区间内, *PiQ-kh* 仅包含 1 个外显子, 编码 1 个由 330 个氨基酸组成的含核苷酸结合位点-亮氨酸重复序列 (nucleotide binding site-leucine rich repeat, 简称 NBS-LRR) 结构的抗病蛋白^[6]。

本研究选择 *Pi-ta*、*Pi-b*、*Pi-kh*/*Pi54* 等抗病基因的功能标记, 检测 2016 年迟熟中粳稻预备试验 95 份试验材料, 结合苗瘟和穗颈瘟人工接种鉴定, 对抗病基因进行抗病性评价。

收稿日期: 2017-03-28

基金项目: 江苏省苏州市农业科技创新项目 (编号: SNG201641); 苏州市农业科学院基金 (编号: 8111703#)。

作者简介: 朱勇良 (1965—), 男, 江苏苏州人, 副研究员, 主要从事水稻遗传育种和绿色高产栽培研究。E-mail: 13145041388@126.com。

学报, 2008, 14(17): 160–161.

[11] Chen Z Y, Tang W. Molecular mechanisms regulating storage root formation in plants [J]. International Journal of Environmental & Agriculture Research, 2017, 3(1): 2454–1850.

[12] 李华成, 陈中义, 周 璟. 外来入侵植物空心莲子草根系发育调控研究进展 [J]. 长江大学学报 (自科版), 2014(5): 66–70.

[13] 何 玲, 李建军, 王 宁, 等. 不同土壤基质中水花生生长和荧光响应差异 [J]. 江苏农业科学, 2010, 38(4): 110–112.

[14] 谢 磊. 土壤增温对喜旱莲子草根系表型、茎和叶特征的影响 [D]. 武汉: 华中师范大学, 2009.

[15] 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 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13(5): 454–459.

[16] 陈燕丽. 空心莲子草根的生长动态及入侵的物理和化学控制 [D]. 荆州: 长江大学, 2011.

[17] Geng Y P, Pan X Y, Xu C Y, et al. Phenotypic plasticity rather than locally adapted ecotypes allows the invasive alligator weed to colonize

a wide range of habitats [J]. Biological Invasions, 2007, 9(3): 245–256.

[18] 任永哲, 徐艳花, 丁锦平, 等. 非生物因素调控植物根系发育可塑性的研究进展 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(9): 34–38.

[19] 耿宇鹏, 张文驹, 李 博, 等. 表型可塑性对外来植物的入侵能力 [J]. 生物多样性, 2004, 12(4): 447–455.

[20] González - Megías A. Diversity - habitat heterogeneity relationship at different spatial and temporal scales [J]. Ecography, 2007, 30(1): 31–41.

[21] Warren S D, Alt M, Olson K D, et al. The relationship between the spectral diversity of satellite imagery, habitat heterogeneity, and plant species richness [J]. Ecological Informatics, 2014, 24: 160–168.

[22] Haury J, Druel A, Cabral T, et al. Which adaptations of some invasive *Ludwigia* spp. (Rosidae, Onagraceae) populations occur in contrasting hydrological conditions in Western France? [J]. Hydrobiologia, 2014, 737(1): 45–56.