

游憩活动对琅琊山风景区两种 草地植物种子发芽率的影响

晋秀龙^{1,2}, 陆 林^{1,*}, 覃逸明¹

(1. 安徽师范大学生命科学学院重要生物资源保护与利用研究安徽省重点实验室, 安徽芜湖 241000;

2. 滁州学院国土信息工程系, 安徽滁州 239012)

摘要:在琅琊山风景区通过实地实验, 分析了游憩活动对琅琊山风景区两种草地植物紫花苜蓿 (*Medicago sativa* L.) 和白三叶 (*Trifolium repens* L.) 种子发芽率的影响。结果表明: (1) 游憩活动强度与两种植物种子发芽率呈负线性相关。近游道、中距离游道和远距离游道的 3 个实验组, 紫花苜蓿种子平均发芽率依次为 31.29%、39.41%、55.21%; 白三叶依次为 8.42%、14.62%、23.89%。距游道越远的实验组种子的发芽率越高, 距游道最远的实验组和最近的实验组的种子发芽率差异显著。(2) 柏油、水泥、台阶和泥质 4 种游道实验区的种子平均发芽率, 紫花苜蓿依次为 37.20%、40.27%、41.28%、48.13%; 白三叶依次为 10.37%、10.92%、14.23%、27.05%。旅游和游憩活动量较少的游道实验区种子的发芽率高于游憩活动量较大的游道实验区。此外, 相同游道、相同实验位置的两种植物种子发芽率亦存在显著差异, 表明不同植物种子萌发受到旅游活动的干扰存在差异。

关键词:游憩活动; 紫花苜蓿; 白三叶; 种子发芽率; 琅琊山风景区

文章编号: 1000-0933(2009)12-6834-09 中图分类号: Q149, S351.1 文献标识码: A

Effects of tourism and recreation on seeds germination rate two herbaceous plants in Langya Mountain scenic area

JIN Xiu-Long^{1,2}, LU Lin¹, QIN Yi-Ming¹

1 The Provincial Key Laboratory of Conservation and Exploitation of Biological Resources in Anhui, College of Life Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China

2 Department of Territory Information and Engineering, Chuzhou University, Chuzhou 239012, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(12): 6834 ~ 6842.

Abstract: By experiment and observation on the spot, the impact of tourist and recreational activities on meadow seeds germination rate of *Medicago sativa* and *Trifolium repens* in the Langya mountain scenic area was analyzed. The results showed: (1) the seed germination rates of two kinds of plants were negatively linearized a correlated with the strength of tourist and recreational activity. In three tour route experimental groups: the long range, the medium range and the short range, the seed germination rates of *Medicago sativa* were in sequence of 31.29%, 39.41% and 55.21%, and the rates of *Trifolium repens* were of 8.42%, 14.62% and 23.89%. The more distant the experimental group is from the tour route, the higher the seed germination rates are. There were significant differences of the rates between the farthest group from the tour route and the nearest one. (2) In four other patterns of the tour route experimental groups: asphalt, cement, step and soil, the seed average germination rates of *Medicago sativa* were in sequence of 37.20%, 40.27%, 41.28% and 48.13%, and the rates of *Trifolium repens* were of 10.37%, 10.92%, 14.23% and 27.05%. The seed germination rates of tour route experimental region with less tourism and recreational activities were higher than those of the region with more

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40971083); 安徽省哲学社会科学规划资助项目(AHSK07-08D119); 安徽高校省级自然科学基金资助项目(KJ2009B005)

收稿日期: 2008-08-25; 修订日期: 2009-04-10

致谢: 感谢琅琊山风景区管理处对实验的大力支持。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: llin@263.net

tourism and recreational activities. Moreover, the seeds germination rates of the two observed plants were significantly different in the same experimental route and place.

Key Words: Tourist and Recreational activity; *Medicago sativa*; *Trifolium repens*; Seed germination Rate; Langya Mountain scenic area

旅游和游憩活动作为人们的一种休闲、娱乐生活方式而蓬勃发展,其对生态环境的影响日益受到关注,相应的研究应运而生,并不断深化。游憩活动对生态影响研究主要集中在植物、动物、土壤(包括土壤动物、微生物等)、水、大气等方面^[1~7]。其中对植物的影响研究最为集中,因此成为旅游生态研究的热点,包括游憩活动对植被的高度、频度、密度和多度,植被的优势种、建群种、入侵种,物种多样性的影响等^[8~12]以及对植物的生理特征和分子形态的影响等^[13]。研究方法主要采用野外观察法、样方法、践踏实验方法以及一些宏观的遥感和景观生态学等方法^[14~17]。目前使用较多的野外观察法和样方法研究大多针对景区内植被受旅游活动影响的现状,在不同位置设定样方进行观察测定,即“既成事实研究方法”。由于不同位置样方的微观环境存在差异,这些差异往往对样方内的植被种类组成、土壤特性等产生影响,而研究中这些影响很难从旅游活动干扰中分离出来,使得研究结果的真实性和可靠性受到质疑。本研究尽可能地减少微环境差异对旅游活动影响的干扰,在旅游风景区内设置相同条件的被试对象,以探究游憩活动对植物种子发芽率影响的机理。

采用敏感植物法研究游憩活动对特定的敏感植物生长发育的影响是旅游生态研究的一种重要方法。它是用敏感植物作为指示植物,分析游憩活动过程中产生的气体、固体废弃物,机械噪声对植物以及微环境的影响。目前采用敏感植物法和种子发育法研究旅游对生态环境的影响还未见相关报道。紫花苜蓿(*Medicago sativa*)系豆科苜蓿属多年生草本植物,是世界上栽培最早、种植最广的饲草,作为敏感植物,可用来探测旅游区大气中 SO₂ 等的质量变化^[18];白三叶(*Trifolium repens*)是适应性较广的草本植物,对游憩践踏敏感,以观赏为主,多用于道路、广场等地的绿化。两种植物均是本地区适宜种植植物。本文以紫花苜蓿和白三叶为研究对象,研究了游憩活动对两种植物种子发芽率的影响,为旅游生态研究提供一种新的研究途径,也为旅游景区的生态规划、生态管理、保护和合理利用提供科学依据。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究地概况

研究地是位于安徽省东部滁州市的琅琊山风景区(32°14'~32°20'N, 118°11'~118°20'E),距离南京市 50 km。滁州市是一座历史悠久的古城,紧邻沪、宁、杭长江三角洲城市圈,区位优势明显,境内为著名的江淮丘陵地区,具有典型的丘陵自然景观和众多的人文景观。琅琊山风景区地处北亚热带季风气候,四季分明,年均气温 15.2℃,年均降水量 1 027 mm,自然条件优越。琅琊山植物资源丰富,植被覆盖率达 96%,现已经发现各类植物 132 科 925 种,包括名贵中草药 200 余种^[19]。琅琊山于 1985 年成为国家级森林公园,1988 年成为国家级风景名胜区,2001 年被国家旅游局授予 4A 级旅游区称号。

实验期间总游憩量是由游憩者数量和自动车数量来确定。2007 年 1~6 月琅琊山风景区接待游客量为 27.96 万人次^[20]。由于紧邻城市市区,也是市民休闲、娱乐、游憩活动的重要场所,实验期间的旅游和游憩人次总量约为 35 万人次,其中包括旅游接待量、按每天持有年票市民的 5% 计算的市民游憩量(2007 年共办理无限次进山年票 2.19 万张)和春节期间庙会的进山游客数量。进入琅琊山风景区的机动车数量(包括各种小型汽车、摩托车和大型的旅游汽车),通过随机抽样统计,平均每天的机动车数量约为 150 辆,实验期间进入的机动车总量约为 2 万辆(景区内的非自动车辆主要是自行车,因为是山岳型景区所以数量较少,影响较弱,本研究把其记为游客量)。

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计

在琅琊山风景区内选取不同等级和不同路面特征组成的旅游路径共 4 级:柏油游道、水泥游道(包括可

行驶机动车辆的水泥和石板游道)、台阶游道(包括台阶和小石板游道的步行道路)和泥质游道(泥质步行道路),涵盖了琅琊山风景区主要游道类型。共设置 22 个实验区,其中 18 个实验区得到有效数据,其余 4 个因人为损坏记录不全,每种类型游道有 4~5 个重复的实验区(表 1),从而保证了实验的科学性;游憩量及道路等级按游道类型分为 4 级:柏油游道是进、出琅琊山风景区的游客和车辆都要经过的路段,通过的车辆和游人最多,游憩活动量最大,游憩量及道路等级为 1 级;水泥游道与柏油游道相接,是进入各个景区的游道,大型车辆不能通行、只能通行小型车辆和步行游憩者,游憩量要稍少于柏油游道,游憩量及道路等级为 2 级;台阶游道与水泥游道相接,是进入各景点的步行游道,游憩量及道路等级为 3 级,泥质游道是指在琅琊山风景区内远离景点,供游人步行游憩的林间道路,游客量相对最少,游憩量及道路等级为 4 级。游憩量是指旅游和游憩活动总量,包括旅游、游憩总人次和各类自动车辆进出的总量,是在对所有游道抽样统计(抽样统计了工作日、节假日和双休日的每条实验游道上的旅游活动量、自动车数量及总游憩量)的基础上得出的近似值,其比例是用某条游道的游憩量和琅琊山景区总游憩总量之比,然后对设置实验区的每种类型游道的游憩量比例进行平均处理得出每种类型游道的游憩量比例(表 1)。

表 1 琅琊山景区不同游道类型、实验区数量和游憩量比例

Table 1 Tour route type and quantity of experimental area and rate of tourist and recreational quantity in Langya Mountain

游道类型 Tour route type	实验区数量 Quantities of experiment area	游道等级 Different grade tour route	游憩量比例 Rates of tourist and recreational quantity (%)
柏油游道 Asphalt route	4	1	100
水泥游道 Cement route	5	2	79.24
台阶游道 Step route	5	3	40.36
泥质游道 Soil route	4	4	29.88

在不同类型游道的每个实验区内,按照距游道的距离以及地形、地貌、植被等特征相似的位置分别设置 3 个实验组, P_1 :近游道实验组,与游道间的距离在 0~1 m; P_2 :中距离游道实验组,与 P_1 组间的距离为 5 m; P_3 :远离游道实验组,与 P_1 组间的距离在 15m 左右(图 1)。实验组的延伸方向与游道方向相垂直。3 个实验组距离的确定是根据目前研究的游憩践踏等机械影响主要集中在距离游道 5m 以内,主要影响区域为 1~3 m^[21],由此, P_1 实验组受到践踏等机械影响最大, P_2 实验组受到的影响较小,而 P_3 实验组几乎没有践踏的影响。每个实验组由 2 个口径 25 cm、深度 18 cm 花盆组成,两花盆间相距约 0.5 m。花盆整体埋于地下。全部实验共用花盆 132 个,其中记录有效数据花盆 108 个。108 个记录有效数据的花盆中紫花苜蓿和白三叶各占 54 盆,分布于 4 种不同类型游道的 18 个实验区内(表 1)。测算每种游道上的 4~5 个实验区,每个实验区内的 3 个实验组的平均坡度,得出柏油游道所有实验区的平均坡度约为 8.5°;水泥游道约为 10.3°;台阶游道约为 14.9°;泥质游道约为 5.4°。

1.2.2 供试材料

实验植物:每个实验组的 2 个花盆分别种入紫花苜蓿和白三叶种子。实验用种子须选用外观好、子粒饱满的种子,每盆种入 80 粒,用少许土将其均匀覆盖,覆盖的厚度小于 0.001 m,于 2006 年 12 月 20 日埋入相应的实验游道和相应的实验区域。

实验用的土壤为黄棕壤,均采自琅琊山绿化园,采集深度为 0~0.20 m,充分拌匀后装入花盆中,土壤的理化性质(表 2)由安徽师范大学环境科学学院分析测试中心测定。

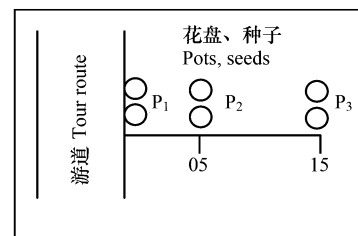


图 1 试验区示意图

Fig. 1 The sketch map of experiment area

表 2 试验用土壤的理化性质							
Table 2 Soil physical and chemical properties for experiment							
土壤性质 Soil character	容重 Bulk density (g/cm ³)	有机质 Organic matter (g/kg)	K (g/kg)	P (g/kg)	N (g/kg)	pH	含水量 Moisture content (%)
数值 Value	0.81	41.26	28.24	0.71	0.63	5.28	20.26

1.3 数据收集与处理

于 2007 年 2 月 27、3 月 6 日、3 月 13 日、3 月 20 日、4 月 2 日和 4 月 18 日分 6 次统计每个花盆的发芽数,计算其实际发芽率,并统计了每种类型游道相同位置实验组发芽率的平均值。

采用 SPSS13 软件的 One-way ANOVA 分析模块对每种类型游道的 3 个不同距离实验组植物发芽率进行差异显著性检验,用 *T*-test 对同一类型游道、相同距离实验组的两种植物种子的发芽率进行显著性检验,运用了 Excel 2003 的数据分析模块对发芽率和游憩量之间的关系进行了相关性和一元线性回归分析。

2 结果与分析

对 6 次统计的每种类型游道相同位置实验组的紫花苜蓿和白三叶发芽率分别进行算术平均,得到了不同游道、不同实验位置的紫花苜蓿和白三叶平均发芽率(图 2)。

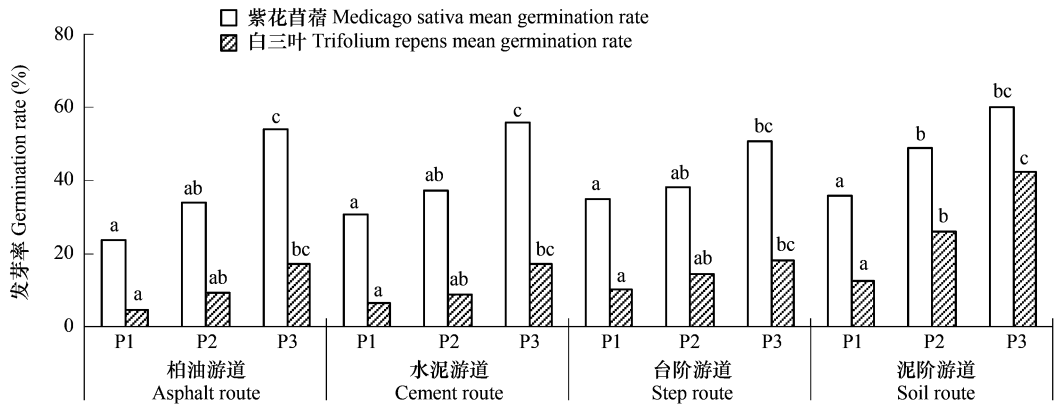


图 2 琅琊山景区不同游道各实验组紫花苜蓿和白三叶的平均发芽率

Fig.2 *Medicago sativa* and *Trifolium repens* mean germination rate in different experiment groups of different routes

* 图中不同小写字母表示试验组间发芽率差异显著 ($P < 0.05$) Different small letter mean germination rate significantly different between groups below at 0.05 levels in figure

2.1 琅琊山风景区相同类型游道植物种子发芽率

对相同游道同一植物的 P₁、P₂、P₃ 组发芽率数据进行 One-way ANOVA 检验,得出 P₁ 组和 P₂ 组之间的差异不显著 ($P > 0.05$); P₂ 组和 P₃ 组之间,紫花苜蓿在柏油和水泥游道上差异显著 ($P < 0.05$) 而白三叶则不显著 ($P > 0.05$); P₁ 组和 P₃ 组之间,两种植物都表现为显著差异 ($P < 0.05$) (图 1)。由此可见,实验组距游道的距离是导致植物平均发芽率显著性差异的主要因素。表现为随着距游道距离的增加,两种植物种子发芽率逐渐增大,均呈现出向内部实验组递增的趋势。其中紫花苜蓿 P₃ 组的发芽率是 P₁ 组的 2 倍左右;而白三叶 P₃ 组平均发芽率则是 P₁ 组的 3~4 倍。原因是实验组距离游道的距离不同,所受到旅游和游憩干扰的程度也不同,导致了 2 种植物种子的统计发芽率产生变化,距游道越近,游憩活动影响强度越大,对发芽率的影响也就越大。

在 6 次发芽率统计中,不同统计时段植物种子发芽率也有差异,第 1、2 次统计中 2 种植物种子萌发的差异要小于后 4 次统计,仅为平均发芽率的 58.3%,表明种子发芽初期,P₁、P₂、P₃ 3 个实验组之间的发芽率差异相对小一些,随着天气变暖,旅游和游憩活动量增大,使近游道 P₁ 组的种子萌发和幼芽受到游憩活动的严重

影响,从而导致在后几次的统计中,发芽率呈明显下降。

相同实验位置的 2 种植物种子的平均发芽率亦存在显著差异 ($P < 0.05$),在 4 种实验游道上,近游道的 P_1 组紫花苜蓿的发芽率要高于白三叶 10% ~ 20%;而 P_2 和 P_3 组在游憩量较大的柏油游道、水泥游道、台阶游道差异在 20% 以上;在泥质游道上差值也在 15% 左右,说明相同旅游和游憩活动量对白三叶种子发芽的影响程度比紫花苜蓿大。

2.2 琅琊山风景区不同类型游道发芽率

通过对各游道的发芽率统计表明,紫花苜蓿在柏油、水泥、台阶和泥质游道实验区的平均发芽率是 37.20%、40.27%、41.28%、48.13%;白三叶是 10.37%、10.92%、14.23%、27.05%。两种植物种子的发芽率均表现为柏油游道 < 水泥游道 < 台阶游道 < 泥质游道,其中柏油游道和水泥游道实验区的发芽率差异相对较小,是因为这两种游道既受步行游客的影响,也受车辆的影响,且游憩量相对较大;泥质游道和其它 3 种游道上的平均发芽率相差较大,是因为土质游道受到的旅游和游憩活动量最少,且距离可通车的柏油 and 水泥游道较远,所以其受到的游憩活动的影响也最小。此外,两种植物在不同游道相同位置实验组的发芽率也存在差异,白三叶在接近游道的 P_1 组差异明显 ($P < 0.05$),在 P_2 、 P_3 组柏油游道、水泥游道、台阶游道差异不明显 ($P > 0.05$),但与泥质游道差异较明显 ($P < 0.05$),发芽率差值在 20% 以上,说明在离游道最远 15 m 的 P_3 组,旅游和游憩活动仍然对白三叶种子发芽有影响;紫花苜蓿在近游道的 P_1 组差异规律与白三叶相同, P_2 组的差异很小,而 P_3 组几乎没有差异,说明在距离游道 15 m 的位置旅游和游憩活动对紫花苜蓿的种子发芽几乎没有影响。

2.3 植物种子发芽率与游憩量的相关性

2.3.1 不同游道实验区平均发芽率与游憩量的相关性

对不同旅游和游憩活动量的种子发芽率进行比较,4 种类型游道中,柏油游道是游憩者和车辆进、出风景区的必经之路,其游憩量为 100%;水泥游道的游憩量仅次于柏油游道,占总游憩量的 79.24%;台阶游道和泥质游道游憩量相对较小,分别占总游憩量的 40.36%、29.88% (表 3)。对 4 种游道 2 种植物种子的平均发芽率 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 与对应的旅游和游憩量 X 之间进行相关性分析 (表 3) 和一元线性回归分析,得出平均发芽率 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 与对应的游憩量 X 之间均呈负线性相关关系 (图 3)。从表 3 中可以看出,不同的旅游和游憩活动量对白三叶和紫花苜蓿的平均发芽率影响是不同的;两种植物种子平均发芽率和近游道 P_1 组的平均发芽率受旅游和游憩活动影响的变化趋势相同,都与旅游和游憩活动量呈线性负相关关系,负相关程度都在 0.8 以上;其中近游道 P_1 组的平均发芽率与相对应旅游和游憩量的负相关程度相对较大,分别达到 0.9839 和 0.9542,说明在近游道的 P_1 组种子发芽率受旅游和游憩活动影响更显著;白三叶在旅游和游憩活动量相对较小的情况下平均发芽率变化较为明显,差值达 12.82%,而紫花苜蓿则不明显,差值仅为 0.63%。

表 3 不同实验游道的游憩量与种子平均发芽率相关性分析

Table 3 The correlation analyses table of tourist and recreational quantity and seeds mean germination rate in different experimental routes

游道类型 Tour route type	游憩量 Tourism and recreational quantity (%) X	白三叶平均 发芽率 <i>Trifolium repens</i> mean germination rate (%) Y_1	白三叶 P_1 组 平均发芽率 <i>Trifolium repens</i> mean germination rate nearby trail (%) Y_2	苜蓿平均 发芽率 <i>Medicago sativa</i> mean germination rate (%) Y_3	苜蓿 P_1 组 平均发芽率 <i>Medicago sativa</i> mean germination rate nearby route (%) Y_4
柏油游道 Asphalt route	100	10.37	4.73	37.20	23.54
水泥游道 Cement route	79.24	10.92	6.29	40.27	30.79
台阶游道 Step route	40.36	14.23	10.06	41.28	35.10
泥质游道 Soil route	29.88	27.05	12.60	48.13	35.73
与 X 相关性系数 Correlation coefficients with X		-0.8037	-0.9839	-0.8645	-0.9542

2.3.2 相同游道不同实验组平均发芽率与游憩量相关分析

在琅琊山风景区相同游道上两种实验植物的发芽率都由近游道的 P_1 组向远离游道的 P_2 、 P_3 组方向递减 (图 2), 表现出发芽率与距游道的距离呈负相关关系, 即越接近游道其发芽率越低, 越远离游道则发芽率相对越高。在影响发芽率的自然因素 (气温、降水、土壤等) 大致相同的条件下, 地形高度、坡度等亦大致相似, 相同游道不同位置的实验组植物种子发芽率差异的主要原因, 可以归结为距游道的距离不同而产生的旅游和游憩活动量的差异导致微环境变化而引起的, 距游道距离越近的实验组受到的旅游和游憩活动影响的强度相对越大, 微环境的变化也越大, 从而对种子发芽的影响也越大, 发芽率较低; 反之, 距游道距离越远其受到旅游和游憩活动影响的强度相对越小, 对种子发芽的影响也越小, 发芽率越高。

3 讨论

3.1 种子发芽率与游憩活动量的相关性

当前对游憩活动所产生的生态影响机理、过程的研究尚处在探索的阶段, 没有能很好地反应影响的本质。大多数相关研究亦仅仅是对现象和现状的描述^[1,8,9,12]。本实验结果表明, 旅游和游憩活动量与两种种子发芽率呈负线性相关关系 (表 3、图 3), 即旅游和游憩活动量越大, 种子的发芽率越低。在琅琊山风景区旅游和游憩活动量越大的游道, 旅游和游憩践踏、噪声等机械影响和气体污染物排放等使土壤的结构和理化性质的变化越大, 导致了种子的发芽率相对较低。同一类型游道中, 距离游道不同位置的 P_1 、 P_2 、 P_3 三个实验组的发芽率与距游道距离呈现负相关, 主要因为: (1) 在接近游道的 P_1 组由于旅游活动的影响, 特别是各种践踏的机械影响致使植被覆盖几乎为 0 (琅琊山风景区是国家级森林公园、植物覆盖条件较好), 阳光照射充足, 导致花盆内土壤的含水量降低 (实验过程中没有人工浇水, 发芽率统计结束后, 经检测 P_1 实验组花盆内土壤的含水量平均下降 4.32%, 旅游和游憩活动量越大的游道下降的越多), 而远离游道的 P_2 、 P_3 实验组则相对含水量变化较小, 从而导致发芽率会高一些; (2) 旅游和游憩活动过程对近游道实验花盆的践踏、种子发芽后的幼芽的践踏 (践踏主要出现在近游道的实验点, 统计践踏的实际发生率占近游道实验点花盆总量的 21.5%)、人为破坏等机械影响从而会导致统计的发芽率降低; (3) 游憩活动过程中的各种机动车辆、人声等噪声 (琅琊山环境噪声平均值: 白天为 47.5 dB, 夜间为 42.3 dB^[22], 在游憩活动量大区域的可达 60.9 dB)、各种污染气体以及其它人为活动的影响, 也随着远离游道而衰减, 也会对种子的发芽率产生一定的影响; (4) 在距游道不同距离的实验组其旅游和游憩活动的强度存在差异, 越接近游道活动强度越大, 对植物的干扰越大, 导致发芽率

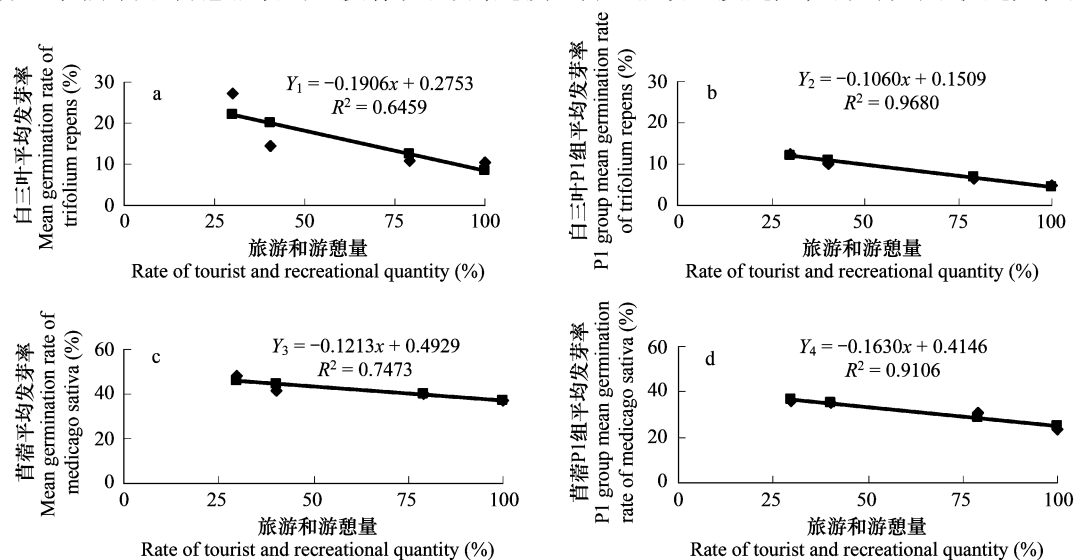


图 3 紫花苜蓿、白三叶平均发芽率与游憩量的线性关系图

Fig. 3 The linear correlation relationship of mean germination rates of *Medicago sativa* and *Trifolium repens* with rates of tourist and recreational quantities

越低。此外,由于选择的各游道上实验区在地形上相似,坡度变化相对较小(都小于 15°),而琅琊山风景区海拔高度又相对较低,所以每个实验区中的3个实验组受到地形高度和坡度影响较微小,影响种子发芽率的主要因素基本上可以归结为受到旅游活动强度大小的影响。不同类型游道由于旅游和游憩活动量大小的差异也导致了同种植物发芽率明显不同,游憩活动量越大的游道,产生的践踏、噪声、等机械影响及旅游活动的其他干扰也越多。

虽然在琅琊山的实验中得出旅游和游憩活动量与种子发芽率之间呈线性负相关,但是这种负相关的对应关系尚难以精确量化,特别是距离与影响强度的对应关系还难以确定,其影响的具体内部机理亦还有待于进一步研究。在旅游风景区的旅游活动影响大致可分为:游憩活动过程的机械影响(包括有意识和无意识的影响);自动车辆的噪音等的影响;旅游和游憩活动导致微环境的变化;旅游服务、接待设施等对原生环境的影响等等。究竟哪种影响是主导影响因素,或者是共同作用的结果,以及游憩量如何统一量化等待于深入研究。

3.2 相同的游憩活动量对不同植物种子的发芽率影响

实验结果表明,两种植物种子在相同位置实验组的平均发芽率差异显著($P < 0.05$),且差值都在20%以上;在同一类型游道、相同实验位置上的2植物发芽率均呈显著性差异($P < 0.05$),差值在20%左右。说明相同的游憩活动量对紫花苜蓿和白三叶两种植物的种子发芽率影响程度明显不同(图2),白三叶发芽率受影响的程度相对更大。由于不同植物在长期生存进化过程中形成了其对外界环境的不同适应能力,至使不同植物种子在发芽期间对外界环境影响的反应会产生差异。所以相同的旅游和游憩活动量对不同植物种子发芽的影响程度和强度也会有所不同,从而导致种子的发芽率存在差异。可见,对于旅游景区实验的敏感植物的选择也是影响实验结果准确性的又一个关键性因素,目前对敏感植物的确定还仅限于对空气污染^[23,24]、践踏敏感的植物^[25]等,本研究所用的紫花苜蓿和白三叶也是按照其方式选出,用其对旅游和游憩活动影响的监测结果表现出一定的准确性。那么,是否可以找到对旅游和游憩活动影响更为敏感的植物,对旅游活动造成的大气成分、土壤水分变化、践踏影响以及微环境变化等都有响应的植物,且这些影响更容易监测;或者对旅游活动造成的某个方面的生态影响具有显著的指示作用,从而推进旅游生态环境影响研究的深入进行。

此外,在风景名胜区内研究旅游和游憩活动对植物种子发芽率的影响,是旅游和游憩活动对植物影响研究的一部分,可以进一步拓展到植物生长发育的幼苗期、花期、果实期等各阶段研究。目前旅游活动对植物影响研究大多为描述性研究^[26~28],机理性研究还相对缺乏。因此,进一步加强旅游和游憩活动对植物影响的机理研究是旅游生态学研究的重要任务之一,也是解决旅游对生态环境影响问题的关键所在。

References:

- [1] Cole D N. Research on soil and vegetation in wilderness: A state-of-knowledge review. //Lucas R C, ed. Proceedings of the National Wilderness Research Conference. Ogden: Intermountain Research Station, 1987.
- [2] Leung Y F, Marion J L. Recreation Impacts and Management in Wilderness: A State-of-Knowledge Review. //McCool S F, eds. Wilderness Science in A Time of Change Conference. Ogden: Rocky Mountain Research Station, 2000. 23—48.
- [3] Gong J, Lu L. Development of research on environmental impacts of tourism and its implication. Journal of Natural Resources, 2007, 22 (4):545—556.
- [4] Guan D S, Lin W Q, Chen Y J. The effects of tourist disturbance on soil and vegetation in Baiyun mountain. Environmental Science, 1999(6): 6—9.
- [5] Tan Z J, Xiao Q M, Yang H Y, *et al.* Studies on the effect of recreation activities on soil enzyme and microbial activities in Zhangjiajie National Forest Park. Journal of National Resources, 2006, 21(1):133—138.
- [6] Li W F, Xiang C G, Luo Q H, *et al.* Pilot study on soil animal communities in different kinds of soil in state forest park of Zhangjiajie. Yunnan Environmental Science, 2005, 24(1):18—21.
- [7] Silsbee D G, Larson G L. Water quality of streams in the great smoky mountains national park. Hydrobiologia, 1982, 89(2):97—115
- [8] Sanjay K N, Paul W. Comparison of vegetation conditions along two backcountry trails in Mount Robson Provincial Park, British Columbia (Canada). Journal of Environmental Management, 2007, 82:240—249

- [9] Liu R Y. Impacts of outdoor recreation on natural vegetation. *Chinese Forestry Science Quarterly*, 1997, 29: 35—58.
- [10] Liu H Y, Zhang J H. Effects of recreational disturbance on the *Cotinus Coggyria* VAR. *Cinerea* forest in XianShan mountaintain, Beijing. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(2):191—196.
- [11] Shi Q, Li C G, Deng J Y. Assessment of impacts of visitors' activities on vegetation in Zhangjiajie National Forest Park. *Journal of Forestry Research*, 2002, 13(2): 137—140.
- [12] Cheng Z H, Zhang J T. Impacts of tourist development on vegetation in Tianlong mountains. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 22(2):144—147.
- [13] Shi Q, Zhong L S, Wang X F. Effects of recreation on plants in zhangjiajie national forest park. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28(1): 107—113.
- [14] Cheng Z H, Zhang J T, Shanguan T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: Tourism influencing index and some indices analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4):703—711.
- [15] Cole D N, Bayfield N G. Recreational trampling of vegetation: standard experimental procedures. *Biological Conservation*, 1993, 63: 209—215.
- [16] Liu Y P. Application of the principles and the methods of landscape ecology in planning and designing natural conserved districts. *Guizhou Science*, 2005, 23(1):62—66.
- [17] Yu S X, Guo L. Landscape structures and fractal analyses of Taishan Mountain, Shandong Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(1):129—134.
- [18] Feng Z Z. The plants of environment monitoring in Yunnan. *Yunnan Forestry*, 2006, 27(4):23.
- [19] Zi X Z, Zhang D C. *Langyashan Sylva*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999.
- [20] Anhui province tourist agency. 2007-1-6 months Anhui province important monitor scenic areas tourist reception placing form [EB/OL]. (2007-7-26), <http://www.ahta.com.cn/plan/show.asp?id=329>.
- [21] Xi J C, Hu C D, Wu G Z, *et al.* Response of Liupan Mountain Ecological Tourism Trails to Human Trampling Disturbance. *Journal of Natural Resources*, 2008,23(2): 274—284.
- [22] Jin X L. Appraisal of tourism for development in Langya mountain. *Territory & Natural Resources Study*, 2000(4):61—63.
- [23] Wang L, Gao S Y, Liu L Y, *et al.* Atmospheric particle-retaining capability of eleven garden plant species in Beijing. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4): 597—601.
- [24] Lu M, Li Y J, Lu J P. Absorption and purification to main air pollutants by tree species. *Urban Environment & Urban Ecology*, 2002, 15(2):7—9.
- [25] Wang X J, Song G L. Effects of traffic stress on the underground biomass of three turf grasses and soil physical properties. *Chinese Landscape Architecture*, 2007(7): 65—67.
- [26] Andres-Abellan M, Alamo J B, Landete-Castillejos T, *et al.* Impacts of visitors on soil and vegetation of the recreational area “Nacimiento Del Rfo Mundo”. *Environmental Monitoring and Assessmen*, 2005,101(1-3): 55—67.
- [27] Hill W, Pickering C M. Vegetation associated with different walking track types in the Kosciuszko alpine area, Australia. *Journal of Environmental Management*, 2006, 78(1): 24—34
- [28] Li Z, Bao J G, Qin C F. The impact of tourist development on the vegetation cover of Mount. Danxia, Guangdong. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(6): 554—561.

参考文献:

- [3] 巩劼, 陆林. 旅游环境影响研究进展. *自然资源学报*, 2007, 22(4): 545~556.
- [4] 管东生, 林卫强, 陈玉娟. 旅游干扰对白云山土壤和植被的影响. *环境科学*, 1999(6): 6~9.
- [5] 谭周进, 肖启明, 杨海君, 等. 旅游对张家界国家森林公园土壤酶及微生物作用强度的影响. *自然资源学报*, 2006, 21(1):133~138.
- [6] 李文芳, 向昌国, 罗庆华, 等. 张家界国家森林公园不同土壤类型土壤动物群落的初步调查研究. *云南环境科学*. 2005, 24(1):18~21.
- [9] 刘儒渊. 户外游憩对自然植物的影响. *中华林学季刊*, 1997, 29: 35~58.
- [10] 刘鸿雁, 张金海. 旅游干扰对香山黄栌林的影响研究. *植物生态学报*. 1997, 21(2):191~196.
- [12] 程占红, 张金屯. 天龙山旅游开发对植被的影响. *地理科学*, 2000, 22(2):144~147
- [13] 石强, 钟林生, 汪晓菲. 旅游活动对张家界国家森林公园植物的影响. *植物生态学报*, 2004, 28(1): 107~113.
- [14] 程占红, 张金屯, 上官铁梁. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——旅游影响系数及指标分析. *生态学报*, 2003, 23(4):703

~711.

- [16] 刘亚萍. 景观生态学原理和方法在规划设计自然保护区中的应用. 贵州科学, 2005, 23(1): 62~66.
- [17] 余世孝, 郭砾. 山东泰山地区景观结构变化及其分形分析. 生态学报, 2005, 25(1): 129~134.
- [18] 冯志舟. 云南的环境监测植物. 云南林业, 2006, 27(4): 23.
- [19] 訾兴中, 张定成. 琅琊山植物志. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [20] 安徽省旅游局. 2007 年 1~6 月安徽省重点监测景区旅游接待情况排名表. 安徽旅游资讯网-规划统计, <http://www.ahta.com.cn/plan/show.asp?id=329>.
- [21] 席建超, 胡传东, 武国柱, 等. 六盘山生态旅游区旅游步道对人类践踏干扰的响应研究. 自然资源学报, 2008, 23(2): 274~284.
- [22] 晋秀龙. 琅琊山风景区旅游资源开发评价. 国土与自然资源研究, 2000(4): 61~63.
- [23] 王蕾, 高尚玉, 刘连友, 等. 北京市 11 种园林植物滞留大气颗粒物能力研究. 应用生态学报, 2006, 17(4): 597~601.
- [24] 鲁敏, 李英杰, 鲁金鹏. 绿化树种对大气污染物吸收净化能力的研究. 城市环境与城市生态, 2002, 15(2): 7~9.
- [25] 王小君, 宋桂龙. 践踏胁迫对三种草坪草地下生物量及土壤物理性质的影响. 中国园林, 2007(7): 65~67.
- [28] 李贞, 保继刚, 覃朝锋. 旅游开发对丹霞山植被的影响研究. 地理学报, 1998, 53(6): 554~561.