

药用植物淫羊藿克隆构型对异质性生境的响应

冯图^{1,2}, 黎云祥¹, 杨子松¹, 钱宝英¹ (1. 毕节学院环境与生命科学系, 贵州毕节 551700; 2. 四川大学生命科学学院, 四川成都 610064; 3. 西华师范大学生命科学学院, 四川南充 637002)

摘要 通过研究异质性生境中淫羊藿克隆构型, 初步分析环境因子对淫羊藿克隆生长的影响及克隆构型可塑性对异质性生境的响应。结果表明: 生境中相对光强、土壤含水量和土壤有机质含量对淫羊藿的克隆生长影响较大, 土壤pH值对其影响较小。建立了淫羊藿克隆构型可塑性特征与环境因子的关系方程。淫羊藿以地下根茎为克隆器官进行克隆生长, 在异质性生境中有着较强的克隆构型可塑性。保护淫羊藿地下根茎, 以及生境中适当的光照、水分和养分有利于淫羊藿的克隆生长。

关键词 淫羊藿; 克隆构型; 异质性; 环境因子

中图分类号 Q946 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)30-09557-03

The Responses of Clonal Architectures of *Epidendrum brevicornu Maxi* to Heterogeneous Habitats

FENG Tu et al (Department of Life and Environment, Bijie University, Bijie, Guizhou 551700)

Abstract The responses of clonal architectures of *Epidendrum brevicornu Maxi* to heterogeneous habitats were studied, and the correlations between heterogeneous habitats and plasticity of clonal architectures were explored. The preliminary results showed that the moisture, organic content in soil, and the relative intensity influenced the clonal growth of *E. brevicornu* greatly in habitat; whereas the value of pH in soil influenced it hardly. Established equation about the correlations between characteristics of clonal architectures and habitat factors. The clonal growth of *E. brevicornu* depended on the rhizome under ground, and the high morphological plasticity of clonal architectures affected by the heterogeneous habitat factors. The rhizome and the appropriate environmental conditions were the essential factors of clonal growth in the heterogeneous habitats.

Key words *Epidendrum brevicornu Maxi*; Clonal architecture; Heterogeneity; Habitat factors

淫羊藿(*Epidendrum brevicornu Maxi*)为多年生宿根性草本植物。淫羊藿植株高20~60 cm, 根状茎粗短, 木质化, 暗棕褐色。二回三出复叶基生和茎生, 具9枚小叶; 基生叶1~3枚丛生, 具长柄, 茎生叶2枚, 对生; 小叶纸质或厚纸质, 卵形或阔卵形。广泛分布于四川、陕西、甘肃、湖北、青海等地, 生于林下、沟边灌丛中或山坡阴湿处, 海拔650~3500 m^[1]。淫羊藿的主要药效成分为淫羊藿苷(*Epidendoside*)、淫羊藿甙(*ICA, Icaritin*)和淫羊藿多糖(*EPS, Epidendium Polysaccharide*)等化合物。淫羊藿有广泛的激素样作用, 因此具有促进性腺功能, 抗衰老, 促进新陈代谢, 调节免疫功能, 强心降压和增加冠脉流量, 抗动脉硬化, 抗肿瘤等药效^[2]。《中华人民共和国药典》第1部收录了同属植物淫羊藿、箭叶淫羊藿(*E. sagittatum* (Seb. & Zucc.))、柔毛淫羊藿(*E. pubescens Maxi*)、巫山淫羊藿(*E. wushanense T.S. Ying*)和朝鲜淫羊藿(*E. koreanum Nakai*)共5个种的干燥地上部分为正品入药^[3]。

淫羊藿植株能经过开花、传粉、受精、结实产生种子, 并萌发成实生苗完成有性生殖过程, 同时又能以地下根茎为克隆繁殖器官进行克隆繁殖, 兼有有性生殖和克隆繁殖两种繁殖方式^[4]。在植物生长环境中, 植株生长和繁殖必需资源(如光照、土壤水分、有机质养分等)及生境条件(如温度、湿度、人为与动物采食干扰、病毒侵染等)在时间和空间尺度上的表现并非均质, 而呈现出时空变化的异质性分布格局。资源和生境条件的分布常具有一定的相关性, 如, 林缘高光环境可能伴随土壤养分与水分的缺乏, 而林下低光环境常聚集着丰富的土壤养分与水分, 因此资源和生境条件的异质性分布格局还常常表现为斑块性, 形成资源交互斑块性生境^[5]。生境中资源的异质性分布, 大大增加了植物获取和利用生长

所必需资源的难度^[6], 并可能因此影响植物的生长发育, 增加植株死亡风险。

植物形态可塑性(Morphological plasticity)是植物生长发育过程中克服和利用生境资源异质性的有效方式和重要途径之一^[7]。克隆植物的形态可塑性在分株个体和种群水平上分别表现为克隆构型(Clonal architecture)和分株种群特征的变化^[8]。克隆构型一般由间隔子长度(Spacer length)、分枝强度(Branching intensity)和分枝角度(Branching angle)3个形态学指标决定^[6]。分株个体在异质性生境资源与环境因子影响下产生叶形态、株高、根冠比、间隔子、分枝强度、分枝角度及根状茎长的可塑性变化, 这种形态可塑性还能通过个体遗传及种内竞争等途径影响其他相连分株的可塑性, 进而引起克隆植物分株种群特征的变化^[9]。

笔者通过野外样地调查、室内测定和统计分析等方法, 对异质性生境中淫羊藿克隆构型进行了研究, 并初步分析环境因子对其克隆生长和克隆构型的影响, 探讨淫羊藿克隆构型对异质性生境的响应, 以期揭示淫羊藿克隆生长适应机制, 探求淫羊藿引种栽培及资源保护策略。

1 研究样地概况

研究样地设在南充市近郊的金城山森林公园(106°27'58"E~106°28'35"E; 30°45'78"N~30°46'18"N), 该山现存植被可分为次生性针阔叶混交林、亚热带阔叶林、灌丛3种, 属于亚热带常绿阔叶林系列。金城山森林公园位于南充市东面约40 km处, 其东西宽15 km, 南北长10 km, 总面积约56 km², 海拔在800~900 m, 最高海拔约1000 m。从山脚到山顶可以明显地分成山前丘陵地、山腰地带、陡岩区、山顶地带4级地形, 年平均气温17.6℃, 全年降雨量1063 mm, 无霜期300 d以上, 该区气候属典型的季风湿润气候类型, 适宜植物生长^[10]。

2 研究方法

2.1 野外样地调查及环境因子的测定 样方调查在针阔叶混交林、亚热带阔叶林、灌丛3种群落中受人为干扰相对较少的区域进行, 每种群落中设3块调查样地, 每块样地面积

基金项目 毕节学院自然科学研究基金2007(2021); 四川省科技厅应用基础项目(03JY029-021-22)。

作者简介 冯图(1982-), 男, 四川广安人, 博士研究生, 研究方向: 植物系统进化与生态学。

收稿日期 2007-06-04

为 20 m×20 m。根据样地中淫羊藿的分布情况设 3 个 2 m×2 m 样方进行取样调查^[12], 调查共设样地 9 块, 测定样方 27 个。测定样方中土壤含水量、土壤 pH 值、群落相对光照、土壤有机质含量等主要环境因子。采用就地测重后带回烘干称重法测定土壤含水量; SMP-10 数字式 pH 仪测定土壤 pH 值; ST-80 数字式照度计同时测定群落内和裸地光照强度以计算群落相对光照强度; 土壤有机质含量采用硫酸重铬酸钾滴定法测定。淫羊藿生长群落中主要环境因子参见表 1。

2.2 克隆构型特征参数的测定与统计 挖取调查样方中淫羊藿植株全株(包括地下根茎)若干, 带回实验室洗净泥土, 统计分株叶片数、分枝强度; 测量每一植株的分枝角度、间隔

子长度、分枝高度、根状茎长度、叶片长度、叶片宽度; 然后分解植株构件, 置于烘箱中 60 ℃ 恒温烘至恒重, 用精度为 0.1 mg 的电子天平称量, 计算根冠比。不同群落中淫羊藿克隆构型特征参数见表 2。

表 1 淫羊藿生长的不同群落中环境因子

群落	土壤含水量 %	土壤 pH 值	相对光强 %	土壤有机质含量 g/kg
针阔叶混交林	17.62 ±1.07	5.20 ±0.03	35.87 ±5.68	22.4 ±1.5
亚热带阔叶林	21.11 ±1.40	5.92 ±0.14	49.97 ±2.84	19.6 ±4.0
灌草丛	30.47 ±3.44	6.00 ±0.23	63.17 ±8.98	27.3 ±2.3

表 2 不同群落中淫羊藿克隆构型特征参数

群落	叶均长 cm	叶均宽 cm	分枝角度 °	分枝高度 cm	间隔子长 cm	分枝强度	根冠比 %
针阔叶混交林	7.26 ±0.26	3.91 ±0.15	55.33 ±2.27	15.53 ±2.26	7.88 ±1.50	10.67 ±1.33	78.51 ±2.90
亚热带阔叶林	9.73 ±0.62	4.49 ±0.25	58.20 ±2.01	20.51 ±2.37	5.93 ±0.67	16.00 ±1.73	74.82 ±4.69
灌丛	11.29 ±1.94	4.95 ±0.78	65.50 ±2.84	21.33 ±2.59	5.16 ±0.59	17.33 ±1.86	55.31 ±5.42

3 结果与分析

3.1 环境因子对淫羊藿克隆生长的影响 利用 Spss11.5 for windows 的主成分分析功能, 分析不同环境因子对淫羊藿克隆构型特征影响的方差特征值和方差贡献率。分析得知, KMD 检验值为 0.848 > 0.6, 表明这 4 个环境因子适合进行回归分析。不同环境因子的方差贡献率见表 3。

表 3 不同环境因子方差贡献率及其累计方差贡献率 %

环境因子	方差贡献率	累计方差贡献率
相对光强	84.479	84.479
土壤有机质含量	8.503	92.982
土壤含水量	4.110	97.092
土壤 pH 值	2.908	100

分析结果表明, 这 4 个影响淫羊藿克隆生长的环境因子中, 群落中相对光强方差贡献率最大, 达 84.479%, 对克隆生长影响最显著。生境中土壤有机质含量和含水量方差贡献率分别为 8.503% 和 4.110%, 影响次之。土壤有机质含量代表生境中土壤养分的丰富程度, 决定了淫羊藿植株生长的营养状况; 土壤含水量则决定了植株能否吸收足够维持正常生理活动的水分; 而土壤 pH 值方差贡献率最小, 仅为 2.908%, 影响甚微。因此, 生境中相对光强、土壤含水量和土壤有机质含量与淫羊藿的克隆生长密切相关。

3.2 淫羊藿克隆构型对异质性生境的响应 利用 Spss11.5 for windows 的线性回归分析功能, 拟合出淫羊藿克隆构型特征与环境因子的回归方程(表 4)。

从表 4 可知, 淫羊藿克隆构型特征与环境因子的关系均可用回归方程 $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4$ 表示, 通过拟合优势度相关系数检验(R)及显著性检验(F)表明, 拟合相关度均达显著水平, $R > 0.750$, $R^2 > 0.600$, $P < 0.01$ 。

从回归方程可知, 淫羊藿叶片长度、叶片宽度、分枝高度受群落相对光强影响最大, 随着群落相对光强增大而显著增大; 分枝角度和分枝强度随着相对光强和土壤有机质及水分含量增大而增大; 间隔子长度变化主要受土壤有机质含量和

含水量影响; 而根冠比随着群落相对光强和土壤有机质含量的增大而减小。

表 4 淫羊藿克隆构型特征与环境因子的拟合回归方程

克隆构型特征参数	回归方程	拟合相关系数(R)
叶均长 cm	$Y = 5.197 + 15.370 X_1 + 0.297 X_2 + 3.414 X_3 - 1.091 X_4$	0.966
叶均宽 cm	$Y = 2.306 + 6.411 X_1 - 0.137 X_2 - 5.411 X_3 + 0.206 X_4$	0.776
分枝角度 °	$Y = 38.136 + 24.404 X_1 + 1.406 X_2 + 19.794 X_3 - 0.888 X_4$	0.966
分枝高度 cm	$Y = 10.185 + 33.172 X_1 + 2.934 X_2 + 3.375 X_3 - 3.705 X_4$	0.951
间隔子长 cm	$Y = 5.748 + 1.188 X_1 - 1.338 X_2 - 3.721 X_3 + 0.422 X_4$	0.908
分枝强度	$Y = 0.680 + 5.794 X_1 + 3.954 X_2 + 6.018 X_3 - 1.434 X_4$	0.957
根冠比 %	$Y = 67.08 - 5.219 X_1 - 11.194 X_2 + 0.849 X_3 + 9.907 X_4$	0.925

注: 回归方程中 Y 表示克隆构型特征参数, β_0 、 β_1 、 β_2 、 β_3 、 β_4 为常数, X_1 为群落中相对光强, X_2 为土壤有机质含量, X_3 为土壤含水量, X_4 为土壤 pH 值。

4 讨论

生境中克隆植物的形态特征会随资源时空分布格局的异质性变化而变化, 表现出克隆构型的可塑性及其对异质性生境的响应, 同时也在一定程度上反映生境资源的变化信息。表型可塑性指的是一种基因型对不同环境状况反应所产生的表现型的特性, 植物的表型可塑性被认为是适应空间异质性和时间上的环境变异的一个重要特征^[11]。

叶片是植物获取光资源、进行光合作用以维持自身生长发育的关键构件。当克隆植物相连分株生长在生境中资源交互的不同斑块中时, 克隆分株间可能存在多种物质与能量(如光合产物、有机离子、水分子等)的相互传递, 分株间的分工行为可能会发生变化。例如, 在高光照、低土壤养分、水分斑块内, 将相对较多的生物量投向分株的地上部分, 分株特化地吸收和同化地上光资源; 而在低光照、高土壤养分、水分斑块内, 则将相对较多的生物量投向分株的地下部分, 分株特化地吸收土壤养分及水资源。在同样的情况下, 单独克隆

分株或非克隆植物个体的资源投资趋向有利于获取贫瘠的资源^[5]。与单独克隆分株或非克隆植物个体不同,资源交互斑块环境下分株对自身所处斑块内资源水平的反应格局却呈现“趋富特化(Specialization for abundance)”趋势,即分株将相对较多的生物量投向吸收较多丰富资源的器官或部分^[12]。因此,当光照强度增加时,淫羊藿分株中能较多吸收光资源的构件(叶片、分枝)被投入较高的生物量,表现为叶片长度和宽度的增加(即叶面积的增加)和分枝高度的增加,这种投资有利于分株吸收更多的光资源以更好地维持自身生长发育,降低死亡风险。

随着相对光强和土壤有机质及水分含量增大,淫羊藿分株分枝强度亦会增加,形成更多的分株,通过分株集聚以增强对生境资源的获取^[13],这进一步说明了资源交互斑块环境下克隆分株反应格局的“趋富特化”趋势。而分枝角度的增大,有助于降低分株密度,增加有效获取光资源的叶片数目和面积,避免种群内分株竞争资源和克隆适应性的降低。克隆生长赋予克隆植物强大的侧向生长能力,使克隆植株或由若干相互连接的克隆分株组成的克隆片断占据广泛的水平空间^[5]。这一特性一般通过间隔子长度、增加分株强度和分枝角度的增加来反映。淫羊藿地下根茎产生分蘖芽的相邻距离决定间隔子长度,而分蘖芽生长为分株,因此其数目决定分株强度。该研究发现,淫羊藿分株间隔子长度随着土壤水分和有机质含量的增加而变短,分枝强度变化趋势却与之相反;根冠比随相对光强和土壤有机质含量增加而减小。因为淫羊藿分株在“趋富特化”趋势作用下,为了占领更多有利于生长的生境资源,分株产生较短的间隔子和较多的分株数来获取资源,而生境中相对光强和土壤有机质含量的增加有利于分株的光合作用和营养生长,叶片增长增宽,分枝高度增加,植株冠部生物量也随之增加,导致根冠比降低。

克隆植物的形态可塑性可以通过克隆构型对异质性生境资源的响应来改变克隆分株的空间分布格局,从而可能将较多的分株选择性地放置于资源水平丰富的小生境内,选择

利用有利的生境资源进行克隆生长。淫羊藿克隆构型表现出对异质性生境的响应和以克隆构型可塑性为基础的获取生境资源的“觅食行为”,从而利用植株与分株有效获取异质性分布资源,维持自身生长发育,保证植株存活概率,降低死亡风险。

淫羊藿的克隆生长依赖于地下根茎为克隆器官进行,其克隆构型对异质性生境的响应表现出较强的可塑性。根据研究结果,采集野生淫羊藿时保护淫羊藿地下根茎,淫羊藿野生种群即可利用克隆生长进行自身生存、繁殖与更新。在物种引种栽培及保育驯化工作中,人为适当增加生境中的光照和养分将有利于淫羊藿叶片面积、分枝高度和分枝强度增加,形成茂盛的枝叶,从而能采集更多地上部分以作药用。

参考文献

- [1] 中国科学院《中国植物志》编辑委员会. 中国植物志 M. 北京: 科学出版社, 2001: 262 - 300.
- [2] 郭宝林, 罗崇念, 肖培根. 淫羊藿多糖研究进展 J. 中国中药杂志, 1998, 23(7): 436 - 437.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典 M. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] 冯图, 黎云祥, 杨子松, 等. 不同生境中淫羊藿克隆构型和分株种群特征 J. 生态科学, 2005, 24(4): 298 - 303.
- [5] 于飞海. 克隆植物对异质性生境的生态适应对策 D. 北京: 中国科学院研究生院, 2002.
- [6] 董鸣. 资源异质性环境中的植物克隆生长: 觅食行为 J. 植物学报, 1996, 38(10): 828 - 835.
- [7] 廖明隽, 王其兵, 宋明华, 等. 内蒙古锡林河流域不同生境中羊草的克隆构型和分株种群特征 J. 植物生态学报, 2002, 26(1): 33 - 38.
- [8] 陈劲松, 董鸣, 于丹, 等. 不同光照条件下聚花过路黄的克隆构型和分株种群特征 J. 应用生态学报, 2004, 15(8): 1383 - 1388.
- [9] 张淑敏, 陈玉福, 于飞海, 等. 林下和林窗内绢毛委陵菜的克隆生长和克隆形态 J. 植物生态学报, 2003, 27(4): 567 - 571.
- [10] 陈劲松, 宋会兴, 彭远英, 等. 嘉陵江流域南充金城山森林群落生物多样性研究 J. 四川师范学院学报: 自然科学版, 1999, 20(2): 190 - 197.
- [11] 何正盛. 青藏高原不同构型克隆植物对资源供应的表型反应 D. 北京: 中国科学院研究生院, 2006.
- [12] 宋明华. 克隆植物的分布及其与环境 and 物种多样性的关系 D. 北京: 中国科学院研究生院, 2004: 21 - 22.
- [13] DE KROON H, HUICHINGS M J. Morphological plasticity in clonal plants: The foraging concept reconsidered J. Journal of Ecology, 1995, 83: 143 - 152.