

额济纳绿洲不同林隙胡杨根蘖的发生特征

曹德昌, 李景文*, 陈维强, 彭程, 李俊清

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室 北京, 100083)

摘要:额济纳绿洲在维持我国西北广大地区脆弱的生态平衡方面起着至关重要的作用。但目前由于水资源匮乏和水污染,以及人为干扰,该绿洲中胡杨林退化严重,更新主要依赖林隙中的根蘖形式的无性繁殖实现。从胡杨根蘖幼苗的发生和生长与林隙的特征关系着手,揭示胡杨根蘖更新的规律。在研究中,调查了胡杨林内不同林隙条件下,胡杨根蘖幼苗的密度、苗高和基径等生长状况,以及林隙内主要的环境影响因子,包括地被物、土壤条件、胡杨母株和人为干扰等。研究结果表明:在胡杨的根蘖幼苗生长过程中,苦豆子与土壤条件是主要的影响因子,苦豆子密度、人为干扰和周边大树数量对根蘖的基径和高生长具有显著的影响,但根蘖的发生的密度与苦豆子和土壤条件等环境因子的相关性却不显著。在分析原因中提出了根蘖发生机制的随机性与环境资源异质性的假说。

关键词:额济纳;胡杨;根蘖;林隙;影响因子

文章编号:1000-0933(2009)04-1954-08 中图分类号:Q948 文献标识码:A

Development and growth of root suckers of *Populus euphratica* in different forest gaps in Ejina Oasis

CAO De-Chang, LI Jing-Wen*, CHEN Wei-Qiang, PENG Cheng, LI Jun-Qing

The Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1954 ~ 1961.

Abstract: *Populus euphratica* forests are the dominant ecosystems in Ejina Oasis, which play an important role in keeping the fragile ecological balance in the vast northwest areas of China. However, *P. euphratica* forests are undergoing severe degradation in recent years as a result of water shortage and pollution and human disturbance. Due to the failure of seed-originated seedlings, the regeneration of the forest mainly depends on the clonal growth of root suckers. In this study, we examined the relationship between the development and growth of root suckers and the environment factors in different forest gaps to gain a better understanding of the regeneration dynamics of this forest. The results of principal component analysis (PCA) indicate that environmental factors in the forest gaps can be classified into five components: the density of *Sophora alopecuroides*, soil moisture and compactness, size of forest gaps, human disturbance, and amount of *P. euphratica* adult individuals ($DBH > 15\text{cm}$) at the edge of the forest gaps. However, the result of Spearman Correlation Analysis shows that these environmental factors have no significant influence on the density of *P. euphratica* root suckers. Therefore it seems that the root suckers of *P. euphratica* sprout randomly. Meanwhile, results of another Spearman Correlation Analysis suggest that the density of *Sophora alopecuroides* and human disturbance and the amount of adult individuals of *P. euphratica* have significant influence on height and basal diameter of root suckers. Based on our observation, we put forward a hypothesis of randomness and resource heterogeneity to explain the mechanism in developing of *P. euphratica* root suckers. At the same time, we think that enormous tending to root suckers is indispensable to improve regeneration of *P. euphratica* forests.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30570332);国家教育部科学技术重点资助项目(105028);国家“十一五”科技支撑资助项目(2008BADB0B05)

收稿日期:2008-10-20; 修订日期:2009-01-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijingwen@bjfu.edu.cn

Key Words: Ejina Oasis; *Populus euphratica*; root sucker; forest gaps; influencing factors

胡杨(*Populus euphratica*)是我国西北干旱地区唯一能够独自成林的乔木树种^[1]。由于水资源匮乏和水污染以及当地的人为破坏,我国胡杨林面积大量减少,林地急速退化^[2,3]。目前的研究表明水分条件是胡杨更新、生长的重要决定因素^[3~7]。给水是恢复退化胡杨林的必要条件。但绿洲植被的恢复决不是简单的给了水就能解决的问题^[8]。而要解决胡杨的更新问题,繁殖是基础^[8,9]。Weller 等提出绿洲的关键生态因子——水分满足后,植物群落演替或恢复还与自身的繁殖特性有关^[10]。David^[11,12]对荒漠区河岸林 Cottonwood^[13](*Populus deltoides*)的研究表明:该物种对水文过程、泛滥节律(Natural flow regime)等的繁殖适应对策是其实实现更新的必要条件。胡杨与 Cottonwood 在生理特性及生存环境等方面有很大的相似性,所以关于水文过程、水资源格局改变以及由此衍生的制约胡杨林更新的因素和胡杨的繁殖适应对策关系的研究是解决胡杨林保护与恢复问题以及制定有效给水措施的突破口。而胡杨的种子繁殖更新由于缺水导致的种子安全萌发生境的缺失而失败,目前胡杨林更新主要依赖根蘖更新来维持^[10,14]。但目前关于胡杨无性繁殖方面研究的报道很少,研究也局限于胡杨根蘖幼苗数量与水分条件的关系^[15],缺少对于根蘖发生机制与动态规律的探讨。

通过对额济纳绿洲胡杨不同生境内,如林下、河滩等根蘖更新调查发现:不同生境条件下胡杨根系产生的根蘖规律也不相同;特别是在胡杨林内不同林隙中,胡杨的根蘖更新也存在很大的差别。表现在不同的林隙中,如林隙周边的胡杨的林龄,林隙内植物种类和盖度、土壤类型及状况和人为干扰情况等,这些林隙特征可能是影响林隙内的胡杨根蘖幼苗的发生和生长的主要因素。本文探讨在额济纳荒漠绿洲胡杨群落的林隙中,不同林隙的根蘖幼苗发生和生长的关键影响因素是什么,这些因子是怎样影响胡杨根蘖更新的。通过本调查研究可以从林隙的角度初步揭示胡杨无性繁殖的内在规律,为绿洲胡杨林的恢复和封育等实践技术提供了理论支撑。

1 研究地概况与研究方法

1.1 研究地概况

研究样地位于内蒙古额济纳旗达来呼布镇以东的胡杨林国家自然保护区内。地理坐标为北纬 41°30′~42°07′,东经 101°03′~101°17′,海拔 900~1600 m。林区内土壤以林灌草甸土为主,年平均降水量为 38mm,年蒸发量高达 3700mm 以上。林区内水的补给主要靠额济纳河每年泄洪期的河水。年平均气温 8.2℃,干燥度为 13.7,属典型的荒漠地带。乔木层以胡杨为优势种,多为中龄林,林下灌木多为怪柳(*Tamarix ramosissima*),草本层主要由苦豆子(*Sophora alopecuroides*)、碱蓬(*Suaeda glauca* bge.)和赖草(*Leymus secalinus*)组成优势种。

1.2 研究方法

2007 年 7 月到 8 月在额济纳胡杨林国家级自然保护区内封育比较好的二道桥、四道桥和七道桥胡杨林地内随机选取 60 个胡杨林隙(forest gap)。其中 30 个为有苦豆子的,即有苦豆子林隙;30 个为无苦豆子的,即无苦豆子林隙。调查林隙内的胡杨根蘖幼苗的发生和生长状况,并记录如下指标:

1.2.1 林隙环境因子指标

林隙面积、GPS 位置、无性系幼苗丛数、其它地被物的种类和盖度以及林隙周边的成年胡杨(胸径 $\geq 15\text{cm}$)个体数。其中林隙面积和 GPS 位置均用 GPS 测出,地被植被的盖度以目测法计量。

1.2.2 根蘖苗指标

每丛根蘖幼苗的死亡幼苗株数、活体株数、高度、基径、萌芽点深度即根上根蘖发生点到地面的距离。幼苗高度和萌芽点深度用卷尺测量,基径用游标卡尺测量。

1.2.3 土壤指标

根蘖幼苗发生点的地表土和萌芽点土壤湿度以及林隙内的土壤紧实度。地表土取样为根蘖发生点地表 0~5cm 深度的土壤。萌芽点土壤取样为萌芽点深度距萌芽点 5cm 范围内的土壤。土壤湿度用烘干法测量。

即先测量土壤鲜重,然后在 105℃ 条件下烘干,直到恒重,以鲜重减去恒重得到土壤含水量。则:

$$\text{土壤湿重} = \frac{\text{鲜重} - \text{恒重}}{\text{恒重}} \times 100\%$$

土壤紧实度的鉴定标准如下:(1)极紧实:用土钻或土铲等工具很难楔入土体,加较大的力也难将其压缩,用力更大即行破碎。干结时结成坚硬的块状,很难用手弄碎;(2)紧实:土钻或土铲不易压入土体,加较大的力才能楔入,但不能楔入很深;(3)稍紧实:用土钻、土铲或削土刀较易楔入土体,但楔入深度仍不大;(4)疏松:土钻、削土刀很容易楔入深度大,易散碎。

1.2.4 人为干扰

当地胡杨林的人为干扰一般有两种——放牧和封育。

以上的调查数据运用 SPSS13.0 统计软件进行统计分析,探讨不同林隙条件下胡杨的根蘖幼苗的发生和生长规律及其与周围各种环境因子的关系。

3 结果与分析

3.1 胡杨根蘖幼苗的发生规律

3.1.1 林隙内根蘖更新影响因素分析

由于调查的变量比较多,而这些变量之间又具有一些相关性。为了实际分析效果的需要,采用了主成分分析法从所调查的众多变量中提取几个综合指标以便于了解影响胡杨幼苗发生的主要因素,并对与幼苗发生和生长有关的因子进行分析。

表 1 旋转后的主成分矩阵及各主成分的方差贡献率和累积贡献率

Table 1 Rotated component matrix, % of variance and cumulative % of five components in principal component analysis

因素 Factors	主成分 Principal components				
	1	2	3	4	5
苦豆子密度 Density of <i>S. alopecuroides</i>	0.894	0.145	0.007	-0.131	-0.077
周边大树数 Individuals of adult <i>P. euphratica</i>	-0.214	-0.113	0.059	0.052	0.962
人为干扰 Human disturbance	-0.033	0.137	-0.095	0.889	0.046
土壤紧实度 Degree of soil compactness	0.269	0.648	-0.190	-0.352	-0.038
表土湿度 Soil moisture of surface	0.043	0.894	-0.114	0.179	-0.142
萌点湿度 Soil moisture of sprouting plot	-0.034	0.919	0.117	0.153	0.009
地被物盖度 Coverage of ground cover plants	0.915	0.228	0.071	-0.101	-0.118
林隙类型 Type of forest gaps	0.854	-0.174	0.017	0.148	-0.114
林隙面积 Area of forest gaps	0.437	0.002	0.776	0.255	0.221
土壤类型 types of soil	-0.144	-0.087	0.899	-0.272	-0.058
方差贡献率(%) % of variance	30.372	21.472	14.316	11.931	7.829
累积方差贡献率(%) cumulative %	30.372	51.843	66.159	78.089	85.918

提取因子方法:主成分法;旋转变换方法:最大方差旋转法;迭代次数 6 次 Extraction Method: Principal Component Analysis; Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization; Rotation converged in 6 iterations

分析结果(表 1)表明对所调查的 10 个指标进行主成分分析,经过 6 次迭代可得到 5 个主成分。这 5 个主成分的累积贡献率达到 85.918%,说明这 5 个主成分基本包含了全部指标具有的信息。其中第 1 个主成分解释了总变异的 30.372%,林隙类型、地被物盖度和苦豆子密度为其主要因子。考虑到林隙内除胡杨根蘖苗外,地被物几乎完全是苦豆子的情况,这个主成分可以称为一个苦豆子综合因素;第 2 个主成分解释了总变异的 21.472%,土壤紧实度、表土湿度、萌点湿度等 3 个因子为其主要因子,因此这个主成分可以看作一个土壤状况的综合因素;第 3 个主成分解释了总变异的 14.316%,其主要包含的因子是林隙面积和土壤类型;第 4 个主成分解释了总变异的 11.931%,其主要包含的因子是人为干扰;第 5 个主成分解释了总变异的 7.829%,该主成分中周边的成年胡杨个体数影响最大,可单独看做是周边的成年胡杨个体数的影响。

3.1.2 1 年生胡杨根蘖幼苗的密度与各因素的相关性分析

对有胡杨根蘖幼苗发生的林隙样地的 1 年生幼苗的密度与林隙类型、根蘖发生点的地表及萌点土壤的湿度、林隙周围的成熟胡杨个体株数(本文中的成熟胡杨指胸径大于 15cm 的胡杨个体)、人为干扰情况、土壤紧实度、苦豆子密度和地被物盖度等因素进行相关分析。其结果如表 3 所示。

表 2 1 年生胡杨根蘖幼苗密度与各因素相关分析

Table 2 Correlation coefficients between density of 1-year old root suckers and factors investigated

影响因子 Influencing factors of density of seedlings investigated		相关系数 Correlation Coefficient	显著水平 Sig.
苦豆子影响 Influence of <i>S. alopecuroides</i>	林隙类型 Types of forest gaps	0.238	0.263
	地被物盖度 Coverage of ground cover plants	-0.183	0.391
	苦豆子密度 Density of <i>S. alopecuroides</i>	-0.16	0.454
土壤状况 Soil condition	紧实度 Degree of soil compactness	-0.19	0.375
	萌点湿度 Soil moisture of sprouting plot	-0.078	0.717
	表土湿度 Moisture of surface soil	0.203	0.341
土壤类型 Type of soil		-0.222	0.194
林隙面积 Area of forest gaps		-0.298	0.077
人为干扰 Human disturbance		0.053	0.806
成年胡杨数 Adult individuals of <i>P. euphratica</i>		-0.244	0.251

通过对 1 年生的胡杨根蘖幼苗密度与上述各因素的相关分析结果可以看出地被物盖度、成年胡杨个体数、苦豆子密度、萌点湿度和土壤紧实度等因素与 1 年生的胡杨根蘖幼苗密度有负相关关系(r 分别为 -0.183 , -0.244 , -0.160 , -0.078 和 -0.190),表明这些因素对于胡杨根蘖幼苗的发生有阻碍作用,但是,作用都不是很显著($p>0.05$)。这一结果表明胡杨根蘖幼苗的发生受到所调查的林隙内各因子的影响相对较小。这可能是影响根蘖发生的原因在上述因子以外的因素影响,如产生根蘖的根系上不定芽的发生是随机的,受环境因子的诱发作用不显著。

3.1.3 不同林隙条件下胡杨根蘖幼苗的密度与存活率分析

考虑到地被物影响较大,且以苦豆子占绝对优势,研究将所调查的林隙分成两大类,即有苦豆子林隙和无苦豆子林隙。两种林隙条件下,胡杨的根蘖幼苗密度和存活率情况统计情况见表 3(存活率 = 每丛幼苗的活体数/(活体数 + 死亡个体数) $\times 100\%$)。

表 3 不同类型的林隙条件下不同年龄胡杨幼苗的密度和存活率

Table 3 Density and survival ratio of root suckers in different types of forest gaps

统计量 Statistics	无苦豆子林隙 Forest gaps without <i>S. alopecuroides</i>			有苦豆子林隙 Forest gaps with <i>S. alopecuroides</i>		
	1 年生苗 1 year	2 年生苗 2 years	3 年以上苗 ≥ 3 years	1 年生苗 1 year	2 年生苗 2 years	3 年以上苗 ≥ 3 years
平均密度 Density of average(丛/公顷)	514 $\pm$ 896	489 $\pm$ 938	76 $\pm$ 117	357 $\pm$ 663	348 $\pm$ 770	65 $\pm$ 90
最大密度 Density of max(丛/公顷)	3792	4740	454	2275	3125	344
存活率 Survival ratio(%)	93.02	95.42	86.46	91.34	88.37	79.50

从表 3 中数据可以很明显看出,就幼苗密度方面的比较而言,两种类型的林隙下胡杨根蘖幼苗的发生规律很相似,1 年生胡杨幼苗的密度都比较大,尤以胡杨类型的林隙为多,平均达到 514 丛每公顷。2 年生幼苗与 1 年生幼苗的密度差别不大,而 3 年生幼苗密度与 1 年生和 2 年生幼苗的密度相比明显较低。两种林隙条件下的幼苗存活率也都呈现出逐年递减的规律,第 3 年的存活率变化尤为明显,比第 1、2 年的存活率要低得多。这可能是根蘖幼苗在生长过程中,不同根蘖之间,或同一丛内不同根蘖之间竞争迅速加大,在遭遇环境因子,如干旱、盐分等因子胁迫时,出现大量个体死亡的原因。另一方面,也说明根蘖苗最易受到环境胁迫和种内竞争的影响时段为根蘖发生初期 1 ~ 2a 内。

3.2 胡杨的根蘖幼苗生长状况分析

3.2.1 胡杨根蘖幼苗的高和基径的生长状况统计

在两种不同林隙条件下,分别统计了胡杨根蘖幼苗的苗高和基径的生长情况,见表4和图1。

表4 胡杨根蘖幼苗的高和基径生长状况汇总

Table 4 Height and basal diameter of root suckers

幼苗年龄(a) Age of seedlings	无苦豆子林隙 Forest gaps without <i>S. alopecuroides</i>		有苦豆子林隙 Forest gaps with <i>S. alopecuroides</i>	
	平均高度(cm) Average height	平均基径(mm) Average diameter	平均高度(cm) Average height	平均基径(mm) Average diameter
1	32.9 ± 21.4	3.32 ± 1.07	42.0 ± 23.9	4.19 ± 1.16
2	45.2 ± 27.5	4.57 ± 1.75	69.8 ± 24.4	5.28 ± 1.52
≥3	83.2 ± 29.1	6.54 ± 2.03	113.6 ± 18.2	8.55 ± 0.58
总计 Total	46.7 ± 30.4	4.32 ± 1.90	61.33 ± 34.8	5.21 ± 1.97

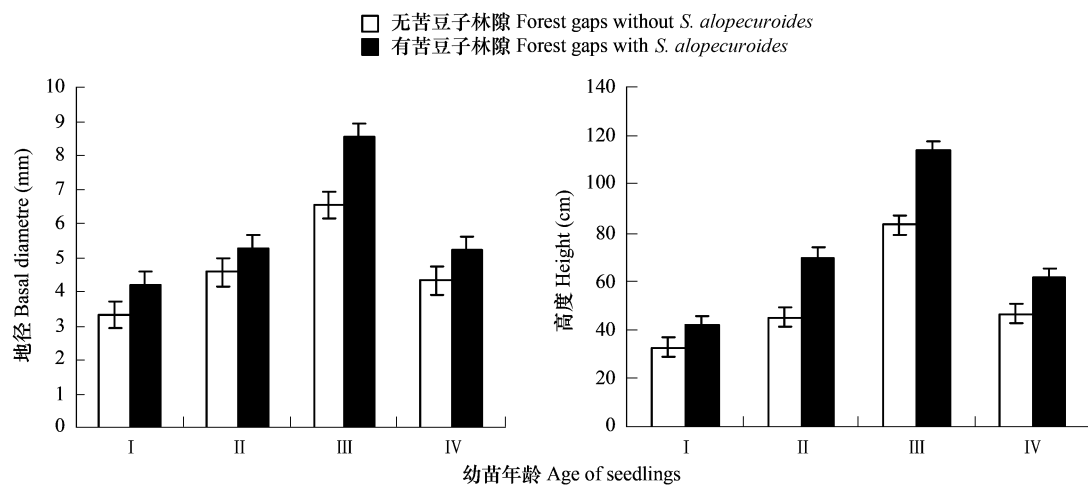


图1 两种类型林隙下胡杨幼苗的高和基径比较图

Fig. 1 Comparison in height and basal diameter of seedlings of two types of forest gaps

I 1年生苗 One year old seedlings; II 2年生苗 Seedlings of two years old; III 3年以上苗 Seedlings of more than 3 years old; IV 总体平均 Total

表4的数据和图1很直观地反映了在胡杨林隙和苦豆子林隙两种不同的环境下胡杨的根蘖幼苗的生长状况的差异。从各项指标来看,苦豆子林隙下的胡杨根蘖幼苗情况都优越于胡杨林隙下的根蘖幼苗。对胡杨幼苗的生长状况与林隙内各种影响因子的相关关系进行相关分析又得到结果如表5和表6。

表5 胡杨幼苗高度与各影响因素的相关分析结果

Table 5 Correlation coefficients between height of seedlings and influencing factors

影响因子 Influencing factors	相关系数 Correlation coefficient	显著性水平 Sig.
苦豆子密度 Density of <i>Sophara alopecuroides</i>	0.250 **	0.000
地被物盖度 Coverage of ground cover plants	0.235 **	0.003
表土湿度 Soil moisture of surface	0.053	0.518
萌点土湿度 Soil moisture of sprouting plot	0.078	0.336
土壤紧实度 Degree of soil compactness	-0.097	0.209
周边成年胡杨数 Adult individuals of <i>P. euphratica</i>	0.094	0.248
幼苗密度 Density of seedlings	-0.430 **	0.000
到大树平均距离 Average distance to trees nearby	0.170 *	0.035
人为干扰 Human disturbance	-0.370 **	0.000

** 表示相关性在 0.01 的水平显著 (双尾) Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * 表示相关性在 0.05 的水平显著 (双尾)

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

表 6 胡杨幼苗的基径生长与各影响因素的相关分析

Table 6 Correlation coefficients between basal diameter of seedlings and influencing factors

影响因子 Influencing factors	相关系数 Correlation coefficient	显著性水平 Sig.
苦豆子密度 Density of <i>Sophara alopecuroides</i>	0.25 **	0.002
地被物盖度 Coverage of ground cover plants	0.221 **	0.006
表土湿度 Soil moisture of surface	0.082	0.313
萌点土湿度 Soil moisture of sprouting plot	0.126	0.119
土壤紧实度 Degree of soil compactness	0.018	0.827
周边成年胡杨数 Adult individuals of <i>P. euphratica</i>	0.163 *	0.043
幼苗密度 Density of seedlings	-0.437 **	0.000
到大树平均距离 Average distance to trees nearby	0.109	0.178
人为干扰 Human disturbance	-0.048	0.555

* * 表示相关性在 0.01 的水平显著(双尾)Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * 表示相关性在 0.05 的水平显著(双尾)Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

相关分析的结果表明幼苗生长的主要影响因子是幼苗密度、苦豆子密度、地被物盖度、周边的成熟胡杨和人为干扰。其中,苦豆子密度、地被物盖度和幼苗密度是显著影响胡杨根蘖幼苗生长的共同因素($p < 0.05$)。考虑到所调查林隙下地被物都以苦豆子占绝对优势,若将苦豆子密度和地被物盖度综合为苦豆子因素考虑则胡杨幼苗的高和基径生长与苦豆子因素呈正相关行,而与胡杨幼苗密度负相关。这一现象可理解为种内和种间竞争的结果。种内竞争指胡杨根蘖幼苗之间的竞争,当地的胡杨生长条件都比较恶劣,生长所需的各种水肥资源非常有限,当同一林隙内根蘖幼苗发生过多时单个幼苗所能分到的资源就相对减少,导致其高和基径的生长状况相对变差;种间竞争指胡杨的根蘖幼苗与同一生境内的苦豆子的竞争,通过竞争有一部分幼苗在竞争中被苦豆子淘汰,剩下的都是些生长健壮的幼苗,这就导致了苦豆子因素与胡杨根蘖幼苗的高和基径生长呈正相关。此外,幼苗的高度还与人为干扰和其到周边大树的距离有显著关系(r 分别为 -0.370 和 0.170),基径生长还与周边的成年胡杨个体数呈正相关关系($r = 0.163$)。

4 结论与讨论

总体来说,额济纳绿洲的胡杨林保护区内胡杨的根蘖幼苗的更新情况总体上较好,在无苦豆子类型的林隙中的根蘖苗的年产生量在 2007 年可达到平均每公顷 514 丛,而最多的情况达到 3792 丛,有苦豆子林隙中的最大情况也达到了 2275 丛。但在其后的生长过程中,幼苗的继续存活却是一个严峻的问题。在林区内 1 年生苗和 2 年生苗的密度显著大于 3 年以上的幼苗密度,造成这一现象的原因可能是多方面的。这可能是根蘖幼苗在生长过程中,不同根蘖之间,或同一丛内不同根蘖之间竞争迅速加大,在遭遇环境因子,如干旱、盐分等因子胁迫时,出现大量个体死亡,说明根蘖苗最易受到环境胁迫和种内竞争的影响时段为根蘖发生初期 2a 内。所以,在考虑利用胡杨根蘖进行育苗时,初期的抚育管理是提高幼苗成活率的关键。

主成分分析结果表明林隙植被情况(林隙类型、地被物盖度和苦豆子密度)为其主要因子。其次为土壤的因素。而通过对一年生的胡杨根蘖幼苗发生密度与上述各因素的相关分析结果表明这些因素对于胡杨根蘖幼苗的发生作用都不是很显著。这一结果表明胡杨根蘖发生受到所调查的林隙内各因子的影响相对较小。这可能是影响根蘖发生的原因在上述因子以外的因素影响,如胡杨自身的生物学特性,胡杨产生根蘖的根系上不定芽的发生是随机的,受环境因子的诱发作用不显著;同时,也可能是调查时的这些因子与胡杨的根蘖幼苗发生时期的状况已有改变。这些现象为以后研究胡杨的根蘖发展机制方面提供了新的思路。

就苗高和基径生长来看,苦豆子林隙下胡杨的根蘖苗的生长指标要普遍优于相近情况下的胡杨林隙。以往的研究都表明苦豆子对于胡杨的幼体有抑制作用,并认为这是导致胡杨根蘖苗死亡的原因之一^[9]。在苦豆子的抑制作用下,一些弱质幼苗遭到淘汰。在经过一个逐步淘汰的过程后,只有那些很少的一部分生长健壮的幼苗存活下来,这就导致了在有苦豆子的林隙下胡杨的根蘖幼苗的高度和基径都较无苦豆子胡杨林隙下

的幼苗状况好的现象。在这一过程中,苦豆子扮演了密度调节的角色。当然,在淘汰弱质幼苗的过程中,幼苗自身的种内竞争也是一个重要的作用力。

与胡杨根蘖幼苗生长过程中苦豆子的强烈影响相比较,其与胡杨根蘖幼苗的发生过程的联系并不算密切。这一现象的深层原因在于胡杨的根蘖繁殖本身的特性。胡杨的根蘖繁殖现象在植物界是一种广泛存在繁殖方式,这种行为也称为克隆生长。自然条件下,胡杨会通过浅层次的地下横走根发生根蘖芽而产生具有潜在独立生长能力的新的个体^[16],这也是当前情况下额济纳绿洲胡杨林保护区内胡杨的主要的更新方式^[3,9,16]。胡杨的根蘖繁殖不仅是其作为克隆植物的一种繁殖手段,也是它的一种觅食行为。“觅食行为”一词被 Bray 于 1954 年首次用于植物,其发展到现在的定义为有机体在其生境内进行的促进对必需资源获取的搜寻或者分枝过程。胡杨的根蘖繁殖作为胡杨的一种觅食行为是其对于林区内资源异质性的一种反应,并通过这一行为实现在各相连的分株及母株之间的资源共享和风险分摊^[17]。长久以来,通过许多学者不断研究,揭示出生物生长所必需的资源在自然界的分布具有一个共同特性的规律,即资源异质性(resource heterogeneity)^[18-21]。资源异质性主要表现在生物生长所需的资源在空间上的分布是斑块状的,如 CO₂、矿物质、水分和光照条件等^[21]。胡杨为了适应其生境的资源异质性,在觅食时会选择摄食位点(根蘖幼苗的发生位置)。在本次调查中,胡杨的根蘖幼苗与林隙周边大树的平均距离均在 12m 以上,而当地胡杨林内成年胡杨个体的树冠基本都达到 10m × 10m 甚至以上的水平。这体现了胡杨对于光照资源的觅食行为。在不影响分株与母株间交流的情况下,尽量避免母株对分株幼苗的遮荫,以实现对光照条件的充分利用。这也与乌日根夫等^[16]对额济纳天然胡杨林的生物学和生态学抗旱机理和繁殖机理的调查中也得出的结论相一致。

就 1 年生胡杨根蘖幼苗密度与苦豆子、土壤条件等因素间相关联系不密切来看,胡杨的根蘖发生点的选择似乎与上述因子没有什么关系。对于这一现象的解释,可以提出以下两个假设:

(1)根蘖发生的随机性 胡杨根蘖产生的过程中,根系上产生不定芽过程以及胡杨根蘖苗的发生受环境影响不显著,表现为由自身生物学特性决定的随机性。

(2)资源异质性的多样性^[18,22] 即胡杨生存的必需资源不仅在空间分布上表现为斑块性,而且土壤养分和水分的斑块性在时间上也是有差异的。也就是说在胡杨的根蘖点在其发生的那一小段时间内会选择在一个好的微环境,包括土壤养分和水分等条件,但这一发生点的微环境又会随着时间而发生变化。以致于到这些幼苗被发现时其所在点的土壤水分等条件就差异不明显。

References:

- [1] Wang G X, Cheng G D. The spatial pattern and influence caused by water resources in arid desert oases. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(3): 363—368.
- [2] Sun X X, Kang X Y, Li Y. Status of researches on *Populus euphratica* and some recommendations for its development, *World Forestry Research*, 1993, 6(4): 48—52.
- [3] Gao R H, Dong Z, Zhang H, Li J Q. Study On regeneration process and biodiversity characteristic of *Populus euphratica* community in the Ejina Natural Reserve, Inner Mongolia of China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (5): 1019—1025.
- [4] Tang Q C. The Development in Oasis and rational Use of Water Resource. *Journal of Arid Land Resource and Environment*, 1995, 9 (3): 107—112.
- [5] Kang X Y. The Restrictive Factors and the Development Strategies of Forest Restoration of *Populus Euphratica* Oliv. in Gansu. *Journal of Desert Research*, 1997, 17 (1): 53—57.
- [6] Li X C. Environmental Change and Ecological Crisis-strategic Thinking for sustainable Development for the Ejina Oasis. *Grassland of China*, 1998, 6(4): 74—77.
- [7] Ji F, Ma Y J, Fan Z L. Soil Water Regime in *Populus Euphratica* Forest on the Tarim River Alluvial Plain. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25 (1): 17—21.
- [8] Luo X Y, Gui C Y. Reason for the Degradation of *Populus Euphratica* in Ejina Area, Inner Mongolia; A Case Study in “Strange Forest”. *Geological Science and Technology Information*, 2004, 23(1): 81—84.
- [9] Zhang Y B, Li J W, Zhang H, Li J Q, Wu P, Zhao J. Analysis on the Factors Cause the Failure of *Populus Euphratica* Sexual Regeneration in

- Nature. Science Technology and Engineering, 2005, 5(8):467—452.
- [10] Weller S G, Keeler K H, Thomson B A. Clonal growth of *Lithospermum caroliniense* in contrasting sand dune habitats. American Journal of botany, 2000, 87(2):237.
- [11] Lytle D A, Poff N L. Adaptation to natural flow regimes. Trends in Ecology and Evolution, 2004, 19(2):94—100.
- [12] Lytle D A, Merritt D M. Hydrologic regimes riparian forests: A structured population model for cottonwood. Ecology, 2004, 85(9):2493—2503.
- [13] Stewart B R, Louise P M. Big old cottonwoods. Canadian Journal of Botany, 2003, 81(7):764—767.
- [14] Zhang Y B, Li J W, Zhang H, Zhou D L, Wu F P, Cheng C L, Li J Q, Li S Y. Spatiotemporal patterns of seed dispersal in *Populus euphratica*. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(8):1994—2000.
- [15] Zhao W Z, Chang X L, Li Q Y. Artificial water diversion effects of Heihe River on *Populus euphratica* Oliv. Desert riparian forests in Ejina. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(8):1987—1993.
- [16] Wurigenfu, Zhanshi H, Cheng J Q, Zhang X L, Ban Z G. On drought-restraint and propagation mechanism of natural forest of *Populus Euphratica* Oliv. In Ejina Banner, Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2003, 26(4):1—5.
- [17] Dong M. Plant Clonal Growth in heterogeneous Habitats; Risk-spreading. Acta Phytocology Sinica, 1996, 20(6):534—548.
- [18] Dong M. Clonal growth in plants in relation to resource heterogeneity: foraging behavior. Acta Botanica Sinica, 1996, 38(10):828—835.
- [19] Svensson B M, Callaghan T V. Small scale vegetation pattern related to the growth of *Lycopodium annotinum* and vegetation in its micro-environment. Plant Ecology, 1988, 76(3):167—177.
- [20] Galloway L F. Response to natural environmental heterogeneity: Maternal effects and selection on life-history characters and plasticities in *Mimulus guttatus*. Evolution, 1995, 49(6):1095—1107.
- [21] Wijesinghe D K, Hutchings M J. The effects of spatial scale of environmental heterogeneity on the growth of a clonal plant: an experimental study with *Glechoma hederacea*. Journal of Ecology, 1997, 85(1):17—28.
- [22] Hutchings M J, de Kroon H. Foraging in plants: The role of morphological plasticity in resource acquisition. Advances in Ecological Research, 1994, 25:159—238.

参考文献:

- [1] 王根绪,程国栋. 干旱荒漠绿洲景观空间格局及其受水资源条件的影响分析. 生态学报, 2000, 20(3):363~368.
- [2] 孙雪新,康向阳,李毅. 胡杨的研究现状与发展建议. 世界林业研究, 1993, 6(4):48~52.
- [3] 高润宏,董智,张昊,李俊清. 额济纳绿洲胡杨林更新及群落生物多样性动态. 生态学报, 2005, 25(5):1019~1025.
- [4] 汤奇成. 绿洲的发展与水资源的合理利用. 干旱区资源与环境, 1995, 9(3):107~112.
- [5] 康向阳. 甘肃胡杨恢复发展的限制因子及对策. 中国沙漠, 1997, 17(1):53~57.
- [6] 李笑春. 额济纳绿洲环境变迁与生态危机及其可持续发展对策. 中国草地学报, 1998, 6(4):74~77.
- [7] 季方,马英杰,樊自立. 塔里木河冲击平原胡杨林的水分状况研究. 植物生态学报, 2001, 25(1):17~21.
- [8] 罗晓云,崔长勇. 内蒙古额济纳地区胡杨林退化原因的探讨——以“怪树林”为例. 地质科技情报, 2004, 23(1):81~84.
- [9] 张玉波,李景文,张昊,李俊清,乌平,赵健. 额济纳胡杨有性繁殖失败因素分析. 科学技术与工程, 2005, 5(8):467~472.
- [14] 张玉波,李景文,张昊,邹大林,武逢平,程春龙,李俊清,李帅英. 胡杨种子雨散布的时空分布格局. 生态学报, 2005, 25(8):1994~2000.
- [15] 赵文智,常学礼,李秋艳. 人工调水对额济纳胡杨荒漠河岸林繁殖的影响. 生态学报, 2005, 25(8):1987~1993.
- [16] 乌日根夫,战士宏,程继全,张晓丽,班振国. 额济纳旗天然胡杨林生物学、生态学抗旱机理与繁殖机理研究. 内蒙古林业调查设计, 2003, 26(4):1~5.
- [17] 董鸣. 异质性生境中的植物克隆生长: 风险分摊. 植物生态学报, 1996, 20(6):543~548.
- [18] 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.