西北林学院学报 2009，24(4)：67～72
Journal of Northwest Forestry University

云南松优良家系及优良个体苗期选择研究

刘代亿[1]，李根前[1*]，李莲芳[2]，郑　畹[2]，赵敏冲[1]，张跃敏[1]

(1.西南林学院 资源学院，昆明 650224；2.云南省林业科学院，昆明 650204)

摘　要：本文以云南弥渡种子园27个家系的实生苗为材料，探讨了云南松优良家系和优良个体苗期选择的一些关键问题。结果表明：(1)不同家系间和同一家系不同个体间的高、径生长量存在极显著差异，不同家系间的抗病能力也存在明显差异。(2)通过综合选择，选出苗期生长较快且抗病能力较强的优良家系7个，入选率为25.93%。(3)采用标准差选择法，选出153株超级苗，入选率为19.29%。(4)不同家系间和同一家系不同个体间的苗高生长量差异明显大于地径，且两者呈极显著的正相关关系，因此生长性状的选择以苗高生长量为主、地径生长量为辅。

关键词：云南松；优良家系；优良个体；苗期选择；生长性状；抗病能力；

中图分类号：S722.3　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-7461(2009)04-0067-05

Seedling Selection of Superior Families and Excellent-individuals Selection of *Pinus yunnanensis*

LIU Dai-yi[1], LI Gen-qian[1*], LI Lian-fang[2], ZHENG Wan[2], ZHAO Min-chong[1], ZHANG Yue-min[1]

(1. *Resource Faculty, Southwest Forestry College, Kunming, Yunan* 650224, *China*;
2. *Yunnan Academy of Forestry Sciences, Kunming, Yunan* 650204, *China*)

Abstract: Some key problems existed in seedling selection of superior families and excellent-individuals of *Pinus yunnanensis* were studied with the seedlings of 27 families in the seed orchard in Midu, Yunnan Province. The results showed that: (1) heights and basal diameter increments among different families and different individuals in the same family were significantly different, and disease resistance abilities of different families were also in great difference; (2) 7 superior families were selected with the characteristics of fast growing, and strong disease resistance ability from comprehensive selection with a selection ratio of 25.93%. (3) 153 superior seedlings were selected by standard variance selection way with a selection ratio of 19.29%. (4) difference in height growth was more than that in basal diameter among different families or different individuals within the same family. Moreover, height and basal diameter increment were in very significant positive correlation. Therefore height increment was taken as the maior growth trait, and then was basal diameter increment.

Key words: *Pinus yunnanensis*; superior family; excellent individual; seedling selection; growth trait; disease resistance ability

云南松(*Pinus yunnanensis*)是云南的主要造林树种，分布广、面积大、适应性强，在区域经济发展和生态环境建设中起着极其重要的作用[1-3]。然而，由于长期的“拔大毛”式采伐，造成遗传品质下降、后代分化强烈。同时，有性繁殖还存在苗期“蹲苗”和猝倒病严重等问题。因此，通过优良群体和个体选择，不仅可以改善人工林的遗传结构、促进幼林生长，而且能够减少苗期病害。另一方面，苗期选择可以缩

收稿日期：2008-10-13　修回日期：2008-11-19
基金项目：云南省“十一五”科技攻关项目(2006NG29)、西南林学院重点基金项目及西南山地森林资源保育与利用教育部重点实验室资助项目。
作者简介：刘代亿，男，硕士研究生，主要研究方向：森林培育研究。E-mail:liudaiyi_250@126.com
*通讯作者：李根前，教授，博士，博士生导师。E-mail:lgq@swfc.edu.cn

万方数据

短育种周期，并通过无性繁殖保持亲本的优良遗传特性。朱之悌、马常耕等指出，苗期进行优良家系和优良个体的早期选择，在缩短育种周期的同时可降低测定林的试验规模[4-8]。目前，我国已在林木早期选择方面做了大量工作，尤其是对杉木(*Cunninghamia lanceolata*)、马尾松(*Pinus. massoniana*)、油松(*P. tabulaeformis*)、樟子松(*P. sylvestris* var. *mongolica*)、日本落叶松(*Larix kaempferi*)等树种研究较为深入，其结果表明苗期选择对提高林木的遗传增益具有一定的可靠性[9-16]。为此，本文以云南松种子园自由授粉的家系实生苗为对象，通过家系间和家系内苗木生长性状、抗病能力差异分析，试图探讨优良家系和优良个体苗期选择的理论依据，并以生长性状、抗病能力为指标进行优良家系和优良个体的苗期选择，为加速云南松的良种化进程提供部分优良遗传材料。

1 材料与方法

试验地设在云南省林业科学院昆明树木园，位于北纬25°09′、东经102°05′，海拔1 950 m。属北亚热带半湿润高原季风气候，年平均气温14.7℃、绝对最低温－9℃、绝对最高温31.5℃。年降水量700～1 100 mm，年平均相对湿度68.2%。霜期10月至翌年3月，霜日约85 d左右。土壤为山地红壤，pH值6.0，质地稍粘、养分比较贫瘠。

1.1 试验材料

试验以云南弥渡云南松种子园中选择出的27个优良家系为材料，分家系对其进行采种、低温保存，并按顺序1,2,3,…,27编号。2007年4月分家系播种于营养袋内进行育苗，并留床培育。

1.2 田间试验

参试家系田间排列采用顺序错位法，育苗在小弓形塑料棚内进行；每个家系为1个小区，每个小区育苗30袋，每袋播种2粒种子，共设3次重复。为了消除边缘效应，分别在边缘设置保护行。其中，种子催芽、营养土配置、消毒和苗期管理等均按照常规方法进行。

1.3 数据调查与分析

苗木出土整齐后，调查各家系出苗率；苗木病害得到有效控制且成活稳定后，调查各家系保存率。于2007年11月进行苗木生长量调查，分别小区测定所有苗木高度(H)、随机抽取10株测量地径(D)。数据统计以小区为单位，利用SPSS软件对苗高、地径进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 家系间生长、抗病能力差异及优良家系选择

2.1.1 家系间的生长差异 以各家系的苗木为分析对象，对高度、地径生长量进行分析检验(表1)。结果表明，不同家系间苗高、地径生长量差异极显著，表明不同家系间苗高、地径的差异是由亲本的遗传差异所导致，这是进行云南松优良家系苗期选择的理论依据。

为进一步了解不同家系间的生长差异，利用SPSS软件S-N-K作多重比较(如表2)。根据各家系苗高、地径生长量差异，将苗高划分为6个组、地径划分为3个组，不同组之间各家系生长量差异显著，同一组内各家系之间的生长量差异不显著。从苗高来看，组1家系的高生长最差，可作为早期淘汰的对象；组5和组6的家系高生长具有明显优势，可作为早期入选群体(优良家系)；组2、组3、组4家系的高生长量处于中等水平，应保留对其后期生长进一步实施观测，视后期生长优劣再作选择或淘汰。以地径来看，组3家系地径生长较好，可作为入选入选优良家系；组1家系地径生长较差，可作为早期淘汰对象；组2家系部分被入选、部分实施后期生长观测再作选择。

由表2还可看出，不同家系间苗高生长量较地径生长量差异大。相关性分析结果进一步表明，高度、地径生长量之间呈极显著正相关($r=0.776, p<0.01$)。因此，云南松优良家系选择以苗高为主、地径为辅。

表1 不同家系间苗高、地径差异显著性检验结果

Table 1 ANOV of height and basal diameter among different families and replications

变异来源	苗高					地径				
	离差平方和	自由度	均方	F值	p	离差平方和	自由度	均方	F值	p
家系间	3 193.943	26	122.844	43.531**	0.000	0.088	26	0.003	7.090**	0.000
误差	4 140.855	1 467	2.823			0.357	750	0.000		
总和	7 334.798	1 493				0.445	776			
重复间	1.917	2	0.958	0.195	0.823	0.001	2	0.000	0.633	0.515
误差	7 332.881	1 491	4.918			0.445	774	0.001		
总和	7 334.798	1 493				0.445	776			

注：$F_{0.05(26,1467)}=1.51$；$F_{0.01(26,1467)}=1.81$；$F_{0.05(26,774)}=1.52$；$F_{0.01(26,774)}=1.83$

万方数据

表 2　不同家系间苗高、地径多重比较结果

Table 2　Multiple comparison of height and basal diameter between different families

苗高/cm							地径/cm			
编号	1	2	3	4	5	6	编号	1	2	3
3 号	6.27						3 号	0.100		
2 号	6.30						10 号	0.103		
5 号	6.30						5 号	0.103		
10 号	6.60						11 号	0.107		
11 号		6.97					9 号	0.110		
8 号		7.07					8 号	0.113		
27 号		7.20					26 号	0.113		
9 号		7.30					27 号	0.113		
1 号		7.47					2 号	0.117		
12 号		7.53					23 号	0.117		
13 号		7.60					24 号	0.117		
24 号		7.60					4 号		0.120	
7 号		7.67					12 号		0.120	
6 号		7.70					13 号		0.120	
22 号			7.83				19 号		0.120	
23 号			7.87				20 号		0.120	
4 号			8.27				21 号		0.120	
19 号			8.40				25 号		0.120	
21 号			8.53				6 号		0.123	
18 号			8.57				18 号		0.123	
25 号			8.60				22 号		0.123	
26 号				8.80			16 号		0.127	
16 号				9.03			7 号			0.130
17 号					9.17		17 号			0.130
20 号					9.27		1 号			0.133
14 号						11.27	14 号			0.133
15 号						11.77	15 号			0.147

2.1.2　*家系间抗的病能力差异*　观察记录结果表明，试验中苗木的死亡都是由猝倒病所致，因此苗木的抗病能力可通过保存率与出苗率之间的差值大小来反映。本文以死亡率的倒数作为衡量抗病能力的指标，用 K 表示，即抗病能力 $K=1/(1-$保存率$)$，即 K 越大抗病能力越强、K 越小抗病能力越差。

为了解各个家系之间的抗病能力差异，以 3 次重复计算各家系平均出苗率、保存率、K 值(表 3)，并作抗病能力变化图(图 1)。结果表明，云南松不同家系间幼苗的抗病能力存在较大差异，抗病能力较为突出的家系为 14，15 号家系，抗病能力最差的家系为 7，27 号。以 K 大于 5.00 为标准共选出抗病能力较强的家系 13 个，即 15，14，23，24，22，12，2，17，25，4，10，13，11 号，入选率为 48.15%。从表 3 中还可以看出，不同家系的出苗率、保存率也存在较大差异，且出苗率高的家系其保存率也相对较高。

表 3　不同家系出苗率及抗病能力差异分析结果

Table 3　Results of emergence rate and the disease resistance ability in different families

编码	出苗率/%	保存率/%	K	编码	出苗率/%	保存率/%	K	编码	出苗率/%	保存率/%	K
1 号	88.89	59.79	2.49	10 号	80.00	82.94	5.86	19 号	82.22	75.37	4.06
2 号	90.00	87.56	8.04	11 号	91.11	80.49	5.13	20 号	76.67	55.22	2.23
3 号	83.33	69.29	3.26	12 号	88.89	90.36	10.37	21 号	78.89	60.41	2.53
4 号	66.67	85.05	6.69	13 号	86.67	81.61	5.44	22 号	83.33	90.43	10.45
5 号	85.56	52.54	2.11	14 号	98.89	97.70	43.50	23 号	98.89	92.18	12.79
6 号	83.33	56.06	2.28	15 号	100.00	98.89	90.00	24 号	96.67	91.95	12.42
7 号	81.11	23.27	1.30	16 号	88.89	79.89	4.97	25 号	75.56	85.75	7.02
8 号	77.78	49.25	1.97	17 号	92.22	86.77	7.56	26 号	73.33	33.79	1.51
9 号	83.33	46.76	1.88	18 号	92.22	77.08	4.36	27 号	68.89	29.18	1.41
均值				平均出苗率：84.9%，平均保存率：71.1%							

2.1.3　*优良家系选择*　借鉴其它树种苗期优良群体选择的经验[18-19]，云南松优良家系选择采用单一指标和综合指标两种方法。其中，单一指标选择根据生长性状或抗病能力进行，综合选择同时考虑生长状况和抗病能力。如果某一家系苗高的平均值大于所有参试家系苗高的平均值，则该家系可以入选优良家系。据此，15，14，20，17，16，26，25，18，21，19，4，23，22 号共 13 个家系被选为生长优良的家系，入选率 48.15%。抗病能力选择以 K 值大于 5.00为标准，15，14，23，24，22，12，2，17，25，4，10，

万方数据

13,11号共13个家系被选为抗病能力较强的优良家系,入选率为48.15%。综合选择是在生长性状和抗病能力选择基础上,对生长状况、抗病能力分别赋予0.7,0.3的权重,计算综合选择指数I,即:

$$I=0.7\times H+0.3\times(1-K)$$

式中:I为综合选择指数,H为高生长量,K为抗病能力。

按照综合选择标准,最终7个家系入选苗期生长较好且抗病能力较强的优良家系,入选率为25.93%。入选优良家系的优良度与I值大小成正比,优良度由高到低排序为15,14,23,17,22,4,25号。由表4可见,15号家系最好,14号次之。

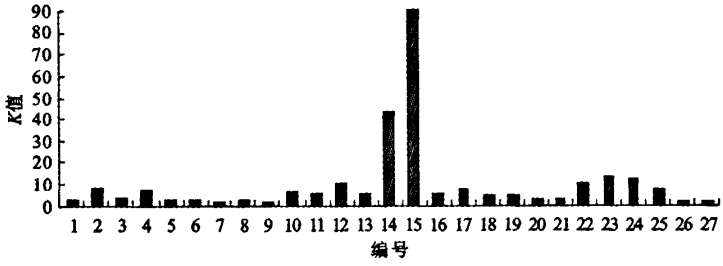


图1 不同家系抗病能力差异图示

Fig. 1 Differences of the disease resistance ability among different families

表4 云南松优良家系选择结果

Table 4 Results of *P. yunnanensis* fine family selection

评选内容	优良度排序	单一指标选择				综合指标选择	
		苗高(H)		抗病性(K)		(H,K)	
		入选家系	平均苗高/cm	入选家系	K值	入选家系	I
选择结果	1	15号	11.77	15号	90.00	15号	35.24
	2	14号	11.27	14号	43.50	14号	20.94
	3	20号	9.27	23号	12.79	23号	9.35
	4	17号	9.17	24号	12.42	17号	8.69
	5	16号	9.03	22号	10.45	22号	8.62
	6	26号	8.80	12号	10.37	4号	8.43
	7	25号	8.60	2号	8.04	25号	8.13
	8	18号	8.57	17号	7.56		
	9	21号	8.53	25号	7.02		
	10	19号	8.40	4号	6.69		
	11	4号	8.27	10号	5.86		
	12	23号	7.87	13号	5.44		
	13	22号	7.83	11号	5.13		
小计	入选数	13		13		7	
	入选率/%	48.15		48.15		25.93	

2.2 家系内生长性状差异及优良个体选择

2.2.1 家系内生长差异 以27个家系为对象,对家系内个体间的高生长量进行方差分析(表5)。结果表明,同一家系内个体间苗高生长量差异均达到极显著水平,且不同重复间苗高生长量差异不显著。由此说明,家系内个体间苗高生长量差异是由亲本的遗传基础不同所导致,这是云南松苗期优良个体的理论依据。

表5 家系内不同个体苗高方差分析结果

Table 5 ANOVA results of height among different individuals with in a family

编号	自由度	F值	p	编号	自由度	F值	p	编号	自由度	F值	p
1	(2,47)	80.726**	0.000	10	(2,59)	107.905**	0.000	19	(2,55)	120.755**	0.000
2	(2,70)	74.762**	0.000	11	(2,65)	127.451**	0.000	20	(2,37)	37.606**	0.000
3	(2,51)	54.510**	0.000	12	(2,71)	107.905**	0.000	21	(2,41)	120.809**	0.000
4	(2,50)	132.036**	0.000	13	(2,63)	110.493**	0.000	22	(2,67)	116.089**	0.000
5	(2,39)	126.296**	0.000	14	(2,86)	125.214**	0.000	23	(2,81)	128.480**	0.000
6	(2,41)	90.810**	0.000	15	(2,88)	133.143**	0.000	24	(2,79)	155.275**	0.000
7	(2,16)	80.002**	0.000	16	(2,62)	152.997**	0.000	25	(2,56)	126.995**	0.000
8	(2,35)	57.199**	0.000	17	(2,71)	115.141**	0.000	26	(2,21)	42.809**	0.000
9	(2,34)	46.195**	0.000	18	(2,63)	122.131**	0.000	27	(2,35)	62.281**	0.000

注:*表示在0.05水平上显著,**表示在0.01水平上显著。

万方数据

2.2.2　优良个体(超级苗)选择　超级苗选择以入选优良家系为选择群体,采用标准差并结合肉眼观察形质指标来进行。选择时,以参选家系平均苗高生长量加上 1 倍标准差为标准(表 6),最终共有 153 株被选为超级苗,入选率为 19.29%。从表 6 还可看出,14 号家系入选率最高,15 号次之,入选率最差的为 22 号家系。

表 6　云南松优良家系超级苗选择结果

Table 6　Results of superior seedling selection from *P. yunnanensis* superior family

家系	参选株数	平均苗高/cm	H_{max}/cm	H_{min}/cm	标准差	变异系数	选择标准	入选株数	入选率/%
4 号	51	8.27	12.0	5.3	1.57	0.190	10.58	4	7.84
14 号	87	11.24	16.0	6.5	2.09	0.186	11.10	42	48.28
15 号	89	11.58	20.3	5.0	2.94	0.254	11.95	35	39.33
16 号	64	9.12	13.5	5.0	1.84	0.201	10.85	13	20.31
17 号	72	9.20	14.5	5.0	1.83	0.199	10.84	12	16.67
18 号	64	8.55	15.5	4.0	2.20	0.257	11.21	8	12.50
19 号	56	8.41	12.0	4.0	1.58	0.188	10.59	6	10.71
20 号	38	9.15	16.5	6.5	2.04	0.223	11.05	5	13.16
21 号	42	8.54	12.0	5.0	1.68	0.197	10.69	8	19.05
22 号	68	7.85	11.5	3.0	1.69	0.215	10.70	3	4.41
23 号	82	7.87	10.6	4.0	1.27	0.162	10.28	5	6.10
25 号	58	8.57	12.8	4.0	1.85	0.216	10.86	9	15.52
26 号	22	8.80	10.5	5.5	1.30	0.148	10.31	3	13.64
总和	793	9.01	20.3	3.0	1.84	0.203	10.85	153	19.29

3　结论与讨论

3.1　结 论

(1)云南松不同家系间以及同一家系不同个体间苗高、地径生长量存在极显著差异,且不同家系间抗病能力也存在较大差异,由此说明云南松苗期的生长状况、抗病能力差异是由亲本的遗传基础所致,这是云南松优良家系及优良个体苗期选择的理论依据。

(2)云南松不同家系间以及同一家系不同个体间苗高生长量差异明显大于地径生长量,且苗高与地径生长量存在极显著正相关关系($r=0.776$, $p<0.01$),因此云南松优良家系及优良个体苗期选择应以高生长量为主、地径生长量为辅。

(3)通过单一指标选择,共选出生长表现较好、抗病能力较强的优良家系各 13 个,入选率均为 48.1%;通过生长性状和抗病能力综合选择,共选出苗期生长较好且抗病性较强的家系 7 个,入选率为 25.9%。其中,14,15 号家系表现出尤为突出。

(4)以优良家系内的个体为选择对象,以优良家系平均苗高生长量加上 1 倍标准差为标准,共选出超级苗 153 株,入选率为 19.29%。

3.2　讨 论

陈益泰等[20]对不同树种、不同指标的评价结果进行了总结,认为在苗期实施早期选择是有效、可行的。茹广欣等[21]对黑杨无性系选择分析证明,根据苗高和胸径生长优势进行苗期选择可能获得可靠的效果。同时,国内通过杉木、马尾松、油松、樟子松、日本落叶松等树种的研究,证明在苗期进行选择具有一定的遗传增益[9-16]。至于云南松早期选择的有效性和可靠性,舒筱武等曾经进行过探讨,试验证明苗期生长优良的个体后期将一直保持较好的生长优势[22]。但是,准确评价本次选择的有效性和可靠性还必须通过无性系测验或田间对比试验。然而,本次研究至少为云南松的早期选择提供了一定的理论依据和创新思路。

林木早期选择是利用幼年的性状对后期生长做出预测,是一种相关选择方法。本文结合云南松的实际情况,对优良家系和优良个体的早期选择进行了探讨,超级苗选择采用单指标和综合选择两种方法。其中,综合选择是以苗高为基础并结合抗病性来进行,选择出的家系具有生长快、抗病性强的特点。为了尽快了解本次选择的有效性和可靠性,必须通过生长性状的幼一成相关关系分析,确定适宜的选择年限或测定年限以缩短遗传评价时间。

云南松在苗期高生长较地径生长变异大,因此选择时以苗高为主、地径为辅。郑仁华等[17]对福建柏苗期选择的研究也得到相同结论,即福建柏(*Fokienia hodginsii*)苗期选择以苗高为主、地径为辅。本文的分析还证明,云南松苗高和地径生长量存在显著的正相关关系,进一步支持了云南松苗期选择以高生长量为主的可行性。

参考文献:

[1]　中国森林编辑委员会. 中国森林,第 2 卷:针叶林[M]. 北京:中国林业出版社,1999:985-971.

万方数据

[2] 云南森林编写委员会.云南森林[M].昆明:云南科学技术出版社/中国林业出版社,1986:125-153.
[3] 蔡年辉,李根前,束传林,等.云南松天然林区植物群落结构的空间动态研究[J].西北植物学报,2006,26(10):2119-2124.
[4] 马常耕.世界林木遗传改良研究水平与趋势[J].世界林业研究,1991,4(1):85-87.
[5] 马常耕.世界加速林木育种轮回研究的现状[J].世界林业研究,1996,9(6):15-23.
[6] 马常耕.世界松类无性系林业发展策略和现状研究[J].世界林业研究,1994,7(2):12-18.
[7] 朱之悌.树木的无性繁殖与无性系育种[J].林业科学,1986,22(3):280-289.
[8] 黄菊生,王豁然.世界林木遗传、育种和改良的研究进展和动向[J].世界林业研究,1991,4(1):7-11.
[9] 郑畹,舒筱武.云南松优良种源生长量早期选择的研究[J].云南林业科技,1998,84(3):12-17.
[10] 王章荣,陈天华,周志春,等.福建华安马尾松生长早晚期相关及早期选择[J].南京林业大学学报,1987,11(3):41-47.
[11] 卢国美,李国锋,侯振中,等.油松生长力早期选择[J].河南林业科技,1994,(2):12-14.
[12] 丁振芳,王景章,方海峰,等.日本落叶松家系早期选择技术[J].东北林业大学学报,1997,25(3):65-67.
[13] 王军辉,顾万春,李斌,等.杞木优良种源和家系的选择研究-生长的适应性和遗传稳定性分析[J].林业科学,2000,36(3):59～66.
[14] 皮文林,罗方书,万国华,等.云南松生长的早晚期相关初探[J].云南植物研究,1994,16(1):90-92.
[15] Zarger TG. Performance of loblolly short leaf, and eastern white pine super seedlings [J]. Silvae genetica, 1965, (14): 182-186.
[16] Hatchel GE. Performance of loblolly and slash pine nursery selections [J]. Forest Science, 1972, 18: 308-313.
[17] 郑仁华,杨宗武,施季森,等.福建柏优树子代苗期性状遗传变异和生长节律研究[J].林业科学,2003,39(1):179-183.
[18] 王明庶,黄敏仁.黑杨派新无性系研究 I.苗期测定[J].南京林业大学学报,1987,11(2):1-12
[19] 张教论.刺槐优良无性系遗传稳定性和生长适应性分析及综合评定.阔叶树遗传改良[J].北京:科学技术文献出版社,1991.
[20] 陈益泰.林木早期选择研究新进展[J].林业科学研究,1994,7(7):13-22.
[21] 茹广欣,张国栓,冯胜,等.黑杨无性系的苗期选择分析[J].河南农业大学报,2002,36(2):143-146.
[22] 舒筱武,郑畹,李思广,等.云南松壮苗培育与幼林生长相关性的研究[J].云南林业科技,2000(4):1-9.

(上接第66页)

[31] 金自学.河西走廊灌丛植被的生态学研究[J].农村生态环境,2001,17(2):17-21.
[32] 王庆锁,梁艳英.油蒿群落植物多样性动态[J].中国沙漠,1997,17(2):159-163.
[33] 丘明新,刘家琼.试论油蒿植物群落的利用[J].资源科学,1982,(2):17-30.
[34] 王庆锁,李博.鄂尔多斯沙地油蒿群落生物量初步研究[J].植物生态学报,1994,18(4):347-353.
[35] 王庆锁.油蒿、中间锦鸡儿生物量估测模式[J].中国草地,1994(1):49-51.
[36] 刘金祥.油蒿群落种群分布及其初级生产力动态研究[J].草业学报,1996,5(4):23-29.
[37] 李晓兵.沙地油蒿群落生产力动态的能量生态学研究[J].生态学报,1998,18(3):315-319.
[38] 周志宇,付华,陈亚明,等.阿拉善荒漠草地恢复演替过程中物种多样性与生产力的变化[J].草业学报,2003,12(1):34-40.
[39] 刘金祥,仇保铭,张志谦,等.油蒿群落初级生产力动态规律研究[J].西北植物学报,1998,18(1):116-123.
[40] 徐彩琳,李自珍.沙区生态系统恢复演变过程中固沙植物种间生态位关系变化的研究[J].生态学杂志,2004,23(4):7-12.
[41] 李文龙,施维林,王刚,等.沙坡头地区人工林植物的水分生态位适宜度与种间共存机制分析[J].西北植物学报,2004,24(3):384-391.
[42] 陆凡.油蒿和柠条水分限制的种间竞争模型[J].兰州医学院学报,1999,25(2):17-18.
[43] 于凤兰,马茂华,孔令韶.油蒿挥发油的化感作用研究[J].植物生态学报,1999,23(4):345-350.
[44] 马茂华,于凤兰,孔令韶.油蒿的化感作用研究[J].生态学报,1999,19(5):670-676.
[45] 王宏杰.宁夏盐池植物资源其合理利用[J].自然资源,1983,83(2):56-64.
[46] 王承斌.内蒙古的木本饲用植物资源[J].中国草地,1985,(1):1-5.
[47] 张德魁,王继和,马全林,刘虎俊.油蒿研究综述[J].草业科学,2007,24(8):30-35.
[48] 黄兆花,刘媛心.我国沙区重要蒿属植物的特性及应用[J].干旱区资源与环境,1991,5(1):12-21.
[49] 自寿宁,石秀芳.沙篙油开发利用探讨[J].粮食与油脂,2000,(3):31-33.
[50] 自寿宁,雍彤五,云秀芳.沙篙籽提取沙篙油及沙篙胶研究概况与前景[J].包装与食品机械,2000,18(3):17-23.
[51] 于云江,林庆功,石庆辉,等.包兰铁路沙坡头段人工植被区生境与植被变化研究[J].生态学报,2002,22(3):433-439.
[52] 邵玉琴,赵吉.内蒙古库布齐油蒿固定沙丘土壤微生物数量的季节动态分布研究[J].中国草地,2000(2):42-45.
[53] 詹科杰,王继和,马全林,等.沙蒿、油蒿空间构件及固沙机制研究[J].甘肃林业科技,2005,30(4):1-4.
[54] 刘永和,黄仲达,杜庆堂,等.陕西省榆林地区沙蒿资源情况调查[J].中草药,1999,30(8):623-625.
[55] 沈渭寿.毛乌素沙地飞播植被现状与评价[J].中国沙漠,1998,18(2):143-148.
[56] 王继和,马全林,刘虎俊,等.干旱区沙漠化土地逆转植被的防风固沙效益研究[J].中国沙漠,2006,26(6):903-909.
[57] 杨红艳,戴晟懋,乐林,等.不同分布格局低覆盖度油蒿群丛防风效果[J].林业科学,2008,44(5):11-16.

万方数据