鄱阳湖沙区香根草生长差异及环境效应

张 英[1], 郑 林[1,2], 黄佳超[1], 李 生[1]

(1. 江西师范大学 地理与环境学院, 江西 南昌 330022; 2. 鄱阳湖湿地与流域研究教育部重点实验室, 江西 南昌 330022)

摘 要: [目的] 香根草(*Vetiveria zizanioides*)是保持水土的理想植物,研究香根草在鄱阳湖沙区的生长情况及对沙区环境的影响,为南方治沙提供参考。[方法] 采用野外测量与室内试验相结合的方法,分析距湖距离和不同处理方式对香根草生长的影响以及香根草对土壤温度、湿度的影响。[结果] ①距湖距离对香根草生长高度的影响不显著,对香根草的分蘖数影响显著;刈割和分蘖处理对香根草生长高度的影响不显著但有促进作用,刈割处理可以促进香根草的分蘖,分蘖处理不利于香根草的分蘖;生长期末,香根草各指标存在差异; ②香根草可以降低土壤温度,增加土壤含水量; ③距湖距离、香根草生长高度均与香根草分蘖数呈显著正相关($p<0.05$);土壤温度与土壤含水量呈极显著负相关($p<0.01$)。[结论] 香根草在重度沙化区存活率高,距湖距离和不同处理方式影响香根草生长,香根草种植对沙区土壤具有改善作用。

关键词: 鄱阳湖; 沙化土地; 香根草; 生长情况; 环境效应; 相关分析; 方差分析

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2018)03-0339-06 **中图分类号**: Q945.32, Q142.3

文献参数: 张英, 郑林, 黄佳超, 等. 鄱阳湖沙区香根草生长差异及环境效应[J]. 水土保持通报, 2018, 38(3): 339-344. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.055. Zhang Ying, Zheng Lin, Huang Jiachao, et al. Growth differences of *Vitiveria zizanioides* and its impact on environment in sandy land of Poyang Lake [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 339-344.

Growth Differences of *Vitiveria Zizanioides* and Its Impact on Environment in Sandy Land of Poyang Lake

ZHANG Ying[1], ZHENG Lin[1,2], HUANG Jiachao[1], LI Sheng[1]

(1. *School of Geography and Environment, Jiangxi Normal University, Nanchang, Jiangxi* 330022, *China*; 2. *Key Laboratory of Poyang Lake Wetland and Watershed Research of the Ministry of Education, Nanchang, Jiangxi* 330022, *China*)

Abstract: [Objective] *Vitiveria zizanioides* is an ideal herb to maintain soil and water, study on the growth of *V. zizanioides* in sandy land of the Poyang Lake and its impact on sandy environment can provide a reference for the sand-control in Southern China. [Methods] Field investigation and laboratory experiments were conducted to study the influences of distance to the lake and different treatments on the growth of *V. zizanioides*, and the impacts of *V. zizanioides* on soil temperature and humidity. [Results] ① The effect of distance to the lake on the height of *V. zizanioides* was not significant, while its effect on the tiller number of *V. zizanioides* was significant. Mowing and tillering treatments showed a positive effect on the height of *V. zizanioides*. The mowing treatment could promote the tillering of *V. zizanioides* while the tillering treatment was not conducive to the tillering of *V. zizanioides*. At the end of growth period, the indexes of *V. zizanioides* were different. ② *V. zizanioides* could reduce soil temperature, but increase the soil water content. ③ Both the distance to the lake and the growth height of *V. zizanioides* had a significantly positive correlation ($p<0.05$) with the tiller number of *V. zizanioides*. In addition, soil temperature and water content were significantly negatively correlated($p<0.01$). [Conclusion] *V. zizanioides* has a high survival

收稿日期: 2017-12-24 **修回日期**: 2018-01-08

资助项目: 江西省教育厅科技落地计划项目"鄱阳湖沙化土地与水土流失治理技术推广与示范"; 国家自然科学基金项目(41661114); 江西省重大生态安全问题监控协同创新中心资助项目(JXS-EW-00)

第一作者: 张英(1993—),女(汉族),内蒙古自治区乌兰察布市人,硕士研究生,主要从事流域生态学研究。E-mail: nmg1993zy@163.com。

通讯作者: 郑林(1960—),男(汉族),江西省南昌市人,教授,主要从事人文地理、鄱阳湖生态环境等相关研究。E-mail: zl5366@126.com。

rate in the heavily sandy land. The distance to the lake and different treatment methods can affect the growth of *V. zizanioides*, and *V. zizanioides* planting can improve the soil in sandy land.

Keywords: Poyang Lake; desertification land; *Vitiveria zizanioides*; growth situation; environmental effect; correlation analysis; variance analysis

中国学者朱震达等[1]根据荒漠化防治国际公约并结合中国区域的特点和实际,提出荒漠化还应包括“湿润及半湿润地区由于人为活动所造成环境向着类似荒漠景观的变化过程”,即在南方湖滨及河流下游冲积平原的沙质阶地基础上形成的土地沙化也应归属于荒漠化范畴[2]。江西省的江、河、湖滨地区分布有282.47 km^2风沙化土地,主要分布在江西省北半部的赣江、抚河中下游,鄱阳湖周边、长江沿岸及修水、信江沿岸的河漫滩、河流阶地及古河床上[3]。鄱阳湖沙区土地沙化属于南方荒漠化的一种典型类型,是在湖滨沙质阶地的基础上形成的,它既有别于北方的土地沙漠化,又区别于南方其他类型的荒漠化[2]。新中国成立以来,鄱阳沙化土地问题日益得到了政府和学者的高度关注,围绕沙化土地的灾害及对区域生态环境、可持续发展的影响展开了一系列理论与实践探索,包括沙化土地的特征和成因、沙化土地的遥感调查、沙地的生态修复等[4-8]。其中,对沙地进行生态恢复的植被先后采用了单叶蔓荆和湿地松,取得了一定的效果,但也存在相应的问题,单叶蔓荆与湿地松均表现出随沙化程度增加存活率降低的趋势[9-10],本研究试图在重度沙化区引种香根草解决这一问题。

香根草(*Vitiveria zizanioides*)又叫岩兰草,为禾本科香根草属的一种多年生草本植物,具有较强的再生和分蘖能力,生产上通常靠分株或根分蘖进行繁殖[11]。香根草具有耐旱、耐涝、耐高温的特性,任何类型的土壤上皆可生长。香根草具有较强的抗逆性,能在不同环境条件下生长[11],常被用作防止水土流失、保持水土的理想作物。当前,国内外对香根草的研究多集中在北方牧草繁殖[12]、重金属及高温胁迫[13-18]和公路护坡[19-22]等方面,在鄱阳湖沙化土地区,香根草的研究基本空白。因此,本研究拟通过引种香根草,分析其在鄱阳湖沙化严重区域下生长状况及对生态环境的效应,为南方治沙工作提供参考。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

试验地设置在江西省都昌县多宝乡沙山,位于江西省北部(29°21′22″—29°27′18″N,116°3′—116°7′42″E),属亚热带湿润性季风气候[2]。多宝沙山气温较高,雨量充沛,日照充足,无霜期长,总的气候特征可概括为“春季寒潮大风,夏季闷热多雨,秋季高温干旱,冬季寒冷加剧”[23]。全年无霜期260 d,年平均气温17.5 ℃,平均地表温度21.3 ℃,年降雨量1 310 mm,年蒸发量1 883.1 mm,最高气温42 ℃,最高地表温度69.5 ℃,全年5级以上大风21 d[23]。多宝沙山土壤结构松散,养分含量低,保水保肥能力差[23]。多宝乡共有沙地1 304.54 hm^2[24],给当地居民的生产和生活带来不便,为改善当地的生态环境,近年来,该地区一直在开展植树造林工程,树种以湿地松为主,由于自然环境恶劣,湿地松存活率较低,生长缓慢,特别是在重度沙化区。本研究在鄱阳湖沙山重度沙化区栽植香根草,旨在探究香根草的生长差异及对当地环境的影响。

1.2 研究方法

1.2.1 *试验设计* 调查采用样方法,2015年在研究区沙山平行于湖岸线方向沿沙化梯度,每隔50 m距离在重度沙化区设置N,M,F,Z,C样方(N位于重度沙化区,<50 m; M位于重度沙化区,50～100 m; F位于重度沙化区,100～150 m; Z位于重度沙化区,100～150 m; C位于重度沙化区,>150 m; N,M,F均进行刈割处理,C进行分蘖处理,Z为对照组),试验设计8个采样点,每个采样点设置3个重复。各采样点挖80 cm深剖面,以10 cm的间隔从0—80 cm按层次测量土壤温度和土壤含水量,并取样测量香根草样品的生长高度和分蘖数。各指标测定均为2～3次重复。

1.2.2 *测定项目与方法* 香根草高度(cm)测量采取卷尺测量,分蘖数(蘖)为累加记数,数据采集周期大致每月1次。香根草生长周期末,对香根草进行取样并观测各项生长指标,统计样本株高、叶宽、新根长、最长根、新根数/每蘖、分蘖数等直接计量指标,并测量地上部分干重、地下部分干重,计算根冠比。

1.2.3 *数据处理* 采用Excel 2007和Origin 8软件处理数据并绘制图表;采用SPSS 18.0统计分析软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)和Pearson相关性分析。

2 结果和分析

2.1 香根草生高度长差异分析

2.1.1 *不同距湖距离对香根草生长的影响* 不同距湖距离对香根草生长高度的影响见表1。对N,M,F样方中获得的数据做单因素方差分析,结果表明距湖

距离对香根草生长高度影响不显著($p>0.05$)。不同距湖距离的香根草的生长趋势基本一致:N,M,F 样方中,3.19～4.20,5.16～6.27,7.26～9.4 等 3 个时间段生长高度的增幅最大,其中,N 样方中香根草在这 3 个时间段中生长高度的增量分别占其生长高度总增量的 31.92%,25.91%,20.92%,M 样方中香根草在这 3 个时间段中生长高度的增量分别占其生长高度总增量的 26.46%,25.09%,26.94%,F 样方中香根草在这 3 个时间段中生长高度的增量分别占其生长高度总增量的 23.94%,25.66%,23.67%。N,M,F 样方香根草年内平均高度分别为 62.28,61.59,63.55 cm,差异不显著。

N,M,F 样方香根草逐月生长高度的变异系数分别为 0.39,0.42,0.46,皆位于 0.1～1,属中等变异。

2.1.2　不同处理方式对香根草生长的影响　不同处理方式对香根草的生长高度的影响见表 1。刈割组中的 F 样方和分蘖组 C 及对照组 Z 距湖的距离基本一致,通过分析 F,C,Z 样方中香根草逐月生长高度探索不同处理方式对香根草生长高度的影响。对 F,C,Z 样方中获得的数据做单因素方差分析,结果表明不同处理方式对香根草生长高度影响不显著($p>0.05$)。F,C 与 Z 各月份香根草平均生长高度分别为 63.55,65.98 和 51.86 cm,与对照组相比,刈割和分蘖处理的香根草高度分别增加了 11.69,14.12 cm,增长了 22.54%,27.23%。

F,C,Z 样方香根草逐月生长高度的变异系数分别为 0.46,0.44,0.46,均位于 0.1～1 之间,属中等变异。

横向分析香根草生长高度的变异系数,N,M,F,C,Z 不同月份生长高度的变异系数分别为 0.03,0.19,0.13,0.06,0.08,0.09,其中 4.20,5.16 时间测得数据的变异系数在 0.1～1 之间,属中等变异,其他时间测得的数据的变异系数<0.1,属弱变异。

表 1　鄱阳湖沙区不同距湖距离香根草逐月生长高度

时间	香根草逐月生长高度/cm						
	刈割组			分蘖组	对照组	平均	变异系数
	N	M	F	C	Z		
20150319	25.99	25.94	24.2	25.27	24.32	25.14	0.03
20150420	47.68	45.16	43.22	46.67	27.95	42.13	0.19
20150516	54.37	51.35	52.5	62.36	42.8	52.68	0.13
20150627	71.98	69.57	72.89	67.4	62.82	68.93	0.06
20150726	79.73	78.99	84.85	87.46	70.03	80.21	0.08
20150904	93.95	98.55	103.66	106.7	83.23	97.22	0.09
平均	62.28	61.59	63.55	65.98	51.86		
变异系数	0.39	0.42	0.46	0.44	0.46		

注:N 位于重度沙化区,<50 m; M 位于重度沙化区,50～100 m; F 位于重度沙化区,100～150 m; Z 位于重度沙化区,100～150 m; C 位于重度沙化区,>150 m; N,M,F 均进行刈割处理,C 进行分蘖处理,Z 为对照组。下同。

2.2　香根草分蘖差异分析

2.2.1　不同距湖距离对香根草分蘖的影响　不同距湖距离对香根草分蘖的影响见表 2。距湖距离不同,香根草每月的分蘖数差异显著:香根草各月的分蘖数均呈 F>M>N,F 的平均分蘖数分别比 N,M 增加 12.90,10.80 株,分别增长了 90.83%,66.32%。N,M,F 的变异系数分别为 0.29,0.21,0.32,均在 0.1～1 之间,属中等变异。

2.2.2　不同处理方式对香根草分蘖的影响　不同处理方式对香根草分蘖产生的影响见表 2。刈割组中的 F 样方和分蘖组 C 及对照组 Z 距湖的距离基本一致,通过分析 F,C,Z 样方中香根草逐月分蘖数探索不同处理方式对香根草分蘖数的影响。F,C 的香根草平均分蘖数分别为 27.10,14.23 株,与 Z(22.50 株)相比,刈割处理的香根草的平均分蘖数增加了 4.6 株,增长了 20.44%;分蘖处理的香根草平均分蘖数减少了 8.27 株,降低了 36.76%。刈割处理可以促进香根草的分蘖,分蘖处理不利于香根草的分蘖。不同处理方式的香根草分蘖数的变异系数位于 0.29～0.46,属中等变异。横向分析香根草分蘖数的变异系数,N,M,F,C,Z 不同月份分蘖数的变异系数位于0.27～0.35,属中等变异。

2.3　香根草生长末期各指标差异分析

香根草生长末期各指标值见表 3。香根草生长末期,根冠比 N>M>F,随着距湖距离的增大,根冠比不断减小。植物根冠比受水分、氮素等因素的影响:

地上部分依靠根系供给水分，因其枝叶进行蒸腾作用，地上部水分容易亏缺，故而土壤中水分含量少时对地上部分的影响比对根系的影响更大，使根冠比增大。距湖越近，受湖面吹来的风的影响越大，砂质流动越严重，土壤含水量相对较少，根冠比呈 N＞M＞F；土壤中氮素少时，首先满足根的生长，运到冠部的氮素就少，使根冠比增大。土壤中氮素充足时，大部分氮素与光合产物用于枝叶生长，供应根部的数量相对较少，根冠比降低。随着距湖距离增加，土壤中氮素含量增加，香根草的根冠比呈 N＞M＞F。由香根草的根冠比 N＞M＞F 得出距湖越远，氮素越多，此结论与胡启武[8]等对鄱阳湖沙山土壤 N 的观测结果一致。

表 2 鄱阳湖沙区距湖距离上香根草逐月分蘖

时间	香根草逐月分蘖数/株						
	刈割组			分蘖组	对照组	平均	变异系数
	N	M	F	C	Z		
20150319	6.85	10.40	12.55	7.00	7.30	8.82	0.29
20150420	11.84	14.00	20.34	11.67	11.33	13.83	0.27
20150516	15.50	18.34	30.17	16.67	27.33	21.60	00.31
20150627	17.00	18.34	32.17	16.67	29.67	22.77	0.33
20150726	17.00	18.34	33.67	16.67	29.67	23.07	0.35
20150904	17.00	18.34	33.67	16.67	29.67	23.07	0.35
平 均	14.20	16.29	27.10	14.23	22.50		
变异系数	0.29	0.21	0.32	0.29	0.46		

刈割处理(N,M,F)的香根草的株高、叶宽、新根长、最长根等指标均大于分蘖处理(Z)的香根草。其中，N，M，F 株高分别比 Z 增加了 10.72，15.32，20.43 cm，增长了 12.88%，18.41%，24.55%；叶宽分别增加了 1.01，0.73，0.93 cm，增长了 23.33%，16.86%，21.48%；新根长分别增加了 5.56，4.4，1.84 cm，增长了 17.81%，14.09%，5.89%；最长根分别增加了 11.8，10，7.1 cm，增长了 36.31%，30.77%，21.85%。但分蘖处理的香根草每蘖生长的新根数大于刈割处理的香根草，Z 组每蘖生长的新根数分别比 N，M，F 增加了 1.08，3.27，3.92 根，增长了 9.10%，33.78%，43.41%。

取 N，M，F 各指标的平均值 $\overline{Y}$，对 $\overline{Y}$，Z，C 各指标值进行分析。结果表明香根草的叶宽、新根长、最长根、根冠比等指标均呈 $\overline{Y}$＞Z，C；香根草的新根数/蘖、分蘖数等指标呈 Z＞$\overline{Y}$，C；香根草的株高呈 C＞$\overline{Y}$，Z。

总的来看，刈割、分蘖处理对香根草的生长高度影响不显著，分蘖处理能够促进香根草每蘖新根数的增加，刈割处理对香根草的其他指标有促进作用。

表 3 鄱阳湖沙区香根草生长末期各指标值

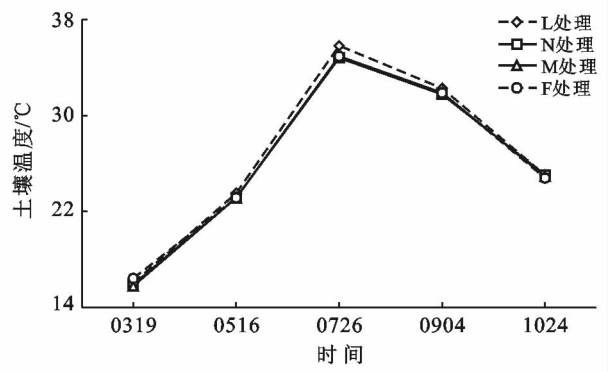
组别	株高/cm	叶宽/cm	新根长/cm	最长根/cm	新根数/蘖	分蘖数/株	地上部干重/g	地下部干重/g	根冠比
N	93.95	5.34	36.78	44.3	11.87	17.00	60.6	30.8	0.51
M	98.55	5.06	35.62	42.5	9.68	18.36	79.9	33.2	0.42
F	103.66	5.26	33.06	39.6	9.03	33.67	165.2	38.1	0.23
Z	83.23	4.33	31.22	32.5	12.95	29.67	124.7	35.9	0.29
C	106.70	4.89	30.86	34.3	6.35	16.67	100.3	25.9	0.26

2.4 香根草对环境的影响分析

2.4.1 香根草对土壤温度的影响 香根草及裸地土壤温度随时间变化的结果见图 1。结果表明，各样方土壤均温年内变化均呈先增加后减少的趋势，在 7 月出现最大值，L(裸地)，N，M，F 分别为 35.83，34.84，34.90，34.89 ℃。各月份的土壤温度均表现为 N，M，F＜L，降幅范围为 0.24～0.99，其中，3 月土壤温度降低值最小，为 0.24 ℃；7 月土壤温度降低值最大，为 0.99 ℃。与裸地相比，香根草的种植在一定程度上降低了土壤温度，对土壤物理性质的改善起到一定的作用。

2.4.2 香根草对土壤含水量的影响 香根草及裸地

土壤含水量随时间变化的结果见图 2。结果表明,各样方土壤含水量年内变化呈先增加后减少再增加的趋势,5 和 10 月土壤含水量出现峰值。香根草的生长期在 3—9 月,10 月香根草生长已经结束,土壤水分得到保存,土壤含水量增加。N,M,F 的土壤含水量均大于裸地 L的土壤含水量,且随着距湖距离的增大,土壤含水量也逐渐增大。各月份的土壤含水量均表现为:F>M>N>L,最大值与最小值差值范围在 0.13～2.50。其中,3 月差值最大,为 2.50;5 月差值最小,为 0.13。



注:N 位于重度沙化区,<50 m; M 位于重度沙化区 50～100 m; F 位于重度沙化区,100～150 m; N,M,F 均进行刈割处理; L 为裸地。下同。

图 1　2015 年鄱阳湖沙区香根草及裸地土壤温度年内变化

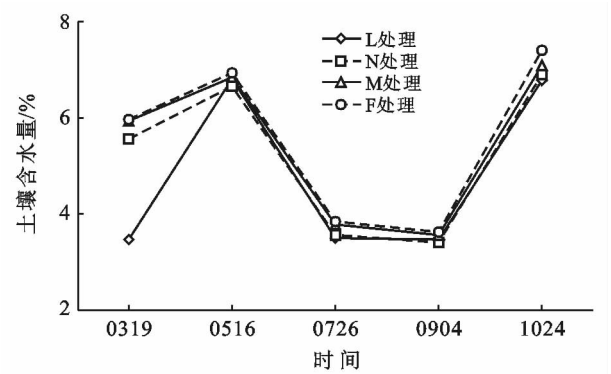


图 2　2015 年鄱阳湖沙区香根草及裸地土壤含水量年内变化

2.5　各指标相关性分析

鄱阳湖沙化地区香根草生长因子与环境因子的 Pearson 相关性分析结果见表 4—5。结果表明:距湖尺度、香根草生长高度均与香根草分蘖数呈显著正相关($p<0.05$);土壤温度与土壤含水量呈极显著负相关($p<0.01$);距湖尺度与土壤温度、土壤含水量、香根草生长高度均没有相关性,土壤温度、土壤含水量均与香根草分蘖数没有相关性。

总体上看,鄱阳湖沙化地区土壤温度、土壤含水量对香根草的分蘖数影响不大,香根草的分蘖数受距湖距离、香根草生长高度的影响,土壤温度与土壤含水量之间亦相互影响。

表 4　距湖距离及香根草生长因子的相关性分析

指 标	距湖距离/m	香根草生长高度/cm	香根草分蘖数/株
距湖尺度/m	1	0.041	0.656*
香根草生长高度/cm		1	0.612*
香根草分蘖数/株			1

注:* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关; ** 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。下同。

表 5　各环境因子及香根草分蘖数的相关性分析

指 标	距湖尺度/m	土壤温度/℃	土壤含水量/%	香根草分蘖数/株
距湖距离/m	1	0.008	0.088	0.656*
土壤温度/℃		1	−0.803**	0.574
土壤含水量/%			1	−0.256
香根草分蘖数/株				1

3　结 论

香根草生长高度受距湖距离和不同处理方式影响不显著,但不同处理方式对香根草生长高度有促进作用。对香根草进行刈割处理,割掉的部分被掩埋或就地堆放,在一定程度影响香根草生存的微环境,割掉的部分通过分解者的分解作用,可以增加土壤有机质、降低地表风速、增加土壤含水量,环境因子的改善有利于香根草的生长。香根草分蘖数受距湖尺度和不同处理方式的影响较大。

生长期末,香根草各指标有差异。受水分及氮素的影响,根冠比呈 N>M>F,该结论与胡启武等的研究结论一致,胡启武等[8]指出鄱阳湖沙化地区,随着沙化程度的降低,土壤全氮呈增加的态势;刈割、分蘖处理对香根草的生长高度影响不显著,分蘖处理促进香根草每蘖新根数的增加,刈割处理对香根草的其他指标有促进作用。

香根草栽植的区域各月土壤温度均小于裸地的土壤温度,香根草对土壤有一定的降温作用;香根草栽植的区域各月土壤含水量均大于裸地的土壤含水量,香根草对土壤有一定的储藏水分的作用。综上,香根草在改善土壤物理性质方面起到一定的作用。夏汉平等[25]通过比较纯果园(纯沙田柚园)和复合园(沙田柚—香根草复合园)小气候观测值,发现复合园土温降低,土壤含水量增加,得出香根草可以有效调

节农田小气候的结论，与本文在鄱阳湖沙化地区观测香根草所得结论一致。

Pearson相关性分析结果表明，鄱阳湖沙化地区土壤温度、土壤含水量对香根草的分蘖数影响不大，香根草的分蘖数受距湖尺度、香根草生长高度的影响。

本文仅观测了香根草一年内的生长变化情况，而香根草连续几年的变化在生长高度和分蘖数等方面也会有所不同，香根草的时间分异将在进一步的研究中讨论。

[参 考 文 献]

[1] 朱震达，崔书红. 中国南方的土地荒漠化问题[J]. 中国沙漠，1996，16(4)：331-337.

[2] 丁明军，郑林，聂勇. 鄱阳湖沙山地区沙化土地特征及成因分析[J]. 水土保持通报，2010，30(2)：159-163.

[3] 杨洁. 鄱阳湖滨湖沙地生态修复技术与经济开发模式[C]//全国水土保持生态修复研讨会论文汇编. 2004.

[4] 胡胜华，常旭. 鄱阳湖砂山地区地表环境结构与其植物多样性的变化[J]. 北京林业大学学报，2007，29(6)：86-92.

[5] 赵其国，黄国勤，钱海燕. 鄱阳湖生态环境与可持续发展[J]. 土壤学报，2007，44(2)：318-326.

[6] 林玉茹. 鄱阳湖枯水现象的水文分析及湿地生态系统响应研究[D]. 南昌：南昌大学，2010.

[7] 莫明浩，汤崇军，涂安国，等. 鄱阳湖泥沙及沙地研究进展评述[J]. 中国水土保持，2011(8)：45-47.

[8] 胡启武，尧波，郑林，等. 鄱阳湖沙山土壤养分特征与植被恢复方向探讨[J]. 土壤通报，2012，43(3)：651-655.

[9] 张聃. 鄱阳湖区沙化土地湿地松恢复试验及示范研究[D]. 南昌：江西师范大学，2011.

[10] 魏宗贤，周赛霞，彭焱松，等. 鄱阳湖沙地沙漠化过程中单叶蔓荆群落结构和功能特征[J]. 广西植物，2011，31(5)：620-626.

[11] 严力蛟，钱建东. 香根草研究推广概述[J]. 耕作与栽培，1996(3)：60-62.

[12] 赵小敏，傅建春. 鄱阳湖地区沙地遥感调查及治理研究[J]. 水土保持研究，2003，10(4)：94-95，137.

[13] 徐德聪，詹婧，陈政，等. 种植香根草对铜尾矿废弃地基质化学和生物学性质的影响[J]. 生态学报，2012，32(18)：5683-5691.

[14] 努扎艾提·艾比布，刘云国，宋华晓，等. 重金属Zn，Cu对香根草生理生化指标的影响及其积累特性研究[J]. 农业环境科学学报，2010，29(1)：54-59.

[15] 夏汉平，束文圣. 香根草和百喜草对铅锌尾矿重金属的抗性与吸收差异研究[J]. 生态学报，2001，21(7)：1121-1129.

[16] 杨兵，蓝崇钰，束文圣. 香根草在铅锌尾矿上生长及其对重金属的吸收[J]. 生态学报，2005，25(1)：45-50.

[17] 田胜尼，刘登义，彭少麟，等. 香根草和鹅观草对Cu，Pb，Zn及其复合重金属的耐性研究[J]. 生物学杂志，2004，21(3)：15-19.

[18] 努扎艾提·艾比布，刘云国，曾光明，等. 香根草对镉毒害的生理耐性和积累特性[J]. 环境科学学报，2009，29(9)：168-173.

[19] 汉平，敖惠修，刘世忠. 香根草生态工程应用于公路护坡的效益研究[J]. 草业科学，2002，1(1)：52-56.

[20] 卓慕宁，李定强，郑煜基. 高速公路弃土场堆积边坡的生态防护试验[J]. 生态学杂志，2007，26(6)：912-916.

[21] 程洪，蔡儒珍. 公路工程中的香根草等高植物篱护坡技术[J]. 华东公路，2003(1)：45-47.

[22] 李青芳，何宜典. 公路边坡防护与生态恢复[J]. 水土保持研究，2006，13(6)：273-275.

[23] 龚旺初，沈云龙. 江西省都昌县多宝沙山治理及其效益分析[J]. 江西水利科技，2001，27(1)：24-27.

[24] 王盼盼，郑林，曹昀，等. 鄱阳湖沙区农户对土地利用变化的影响：以江西省都昌县多宝乡为例[J]. 中国水土保持，2014(6)：39-42.

[25] 夏汉平，陈龙江. 香根草在土壤改良和水土保持中的作用[J]. 热带地理，1996，16(3)：265-270.

(上接第327页)

[8] 孙然好，潘保田，牛最荣，等. 河西走廊近50年来地表水资源时间序列的小波分析[J]. 干旱区地理，2005，28(4)：39-43.

[9] 鲁春霞，马聪，李亦秋，等. 猫跳河流域气象水文因素的变化趋势分析[J]. 水土保持通报，2012，32(6)：262-267.

[10] 于泽兴，胡国华，陈肖，等. 浏阳河流域降水时空演变规律分析[J]. 人民长江，2017，48(8)：28-31，48.

[11] 佟斯琴，刘桂香，武娜. 1961—2010年锡林郭勒盟气温和降水时空变化特征[J]. 水土保持通报，2016，36(5)：340-345，351.