

中国结缕草属植物(*Zoysia* spp.) 地上部分形态类型多样性

李亚, 凌萍萍, 刘建秀

(江苏省植物研究所, 江苏南京 210014)
中国科学院

摘要: 通过对结缕草属(*Zoysia* Willd.)植物地上部分 18 个形态性状的聚类分析, 将产于中国的 78 份结缕草种质划分为 6 组, 结缕草(*Z. japonica* Steud.)和中华结缕草(*Z. sinica* Hance)具有较典型的特征而各自成组, 细叶结缕草(*Z. tenuifolia* Willd.)和沟叶结缕草[*Z. matrella* (L.) Merr.]为一组, 大穗结缕草(*Z. macrostachya* Franch.)和长花结缕草(*Z. sinica* var. *nipponica* Ohwi)为一组, 另有两组为比较独特的类型。结缕草属植物叶表面被毛、叶长、叶宽等营养性状和生殖枝高度、小穗密度、小穗数量等生殖性状都有较大的变异, 变异系数 13.75%~58.74%, 其中中华结缕草内部存在更大的变异, 表明在中华结缕草种内选育更加容易获得优良种质或品种。主成分分析表明, 小穗数、小穗长、小穗密度、小穗长宽比以及叶片宽度和叶片被毛发达情况是结缕草属形态分类的重要依据, 其中叶片被毛发达情况可以作为区分结缕草和中华结缕草的简单依据; 而生殖枝高度、穗长、叶长、花序柄长度(1)和叶长宽比可作为研究结缕草属下种内分异的主要依据。

关键词: 结缕草属; 种质资源; 形态多样性

中图分类号: Q947.71⁺4.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2002)04-0033-07

Morphological diversity of above-ground part of *Zoysia* spp. in China LI Ya, LING Ping-ping, LIU Jian-xiu (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2002, 11(4): 33-39

Abstract: Seventy-eight accessions of *Zoysia* Willd. in China were divided into 6 groups based on 18 morphological traits of above-ground part. Except for *Zoysia sinica* Hance and *Z. japonica* Steud., which were clustered in a separate groups respectively, *Z. tenuifolia* Willd. and *Z. matrella* (L.) Merr. were clustered together; *Z. macrostachya* Franch. and *Z. sinica* var. *nipponica* Ohwi clustered together, and the rest were individual. High diversity existed in vegetative characteristics such as leaf hair, leaf length, leaf width and reproductive characteristics such as spikelet density, spikelet number, whose CV (%) were 13.75% - 58.74%. The variety in *Z. sinica* was higher than that in *Z. japonica*, which indicated good germplasm or cultivators easy to be acquired in *Z. sinica*. PC analysis revealed that spikelet number, spikelet length, spikelet density, ratio of spikelet length to spikelet width as well as leaf width and leaf hair were main indexes used to identify species in *Zoysia* Willd., especially leaf hair can be used as a simple index to distinguish *Z. sinica* and *Z. japonica*; Shoot height, spike length, leaf length, flowering culm length (1) and ratio of leaf length to leaf width were main indexes to identify subgroups within the species.

Key words: *Zoysia* Willd.; germplasm resources; morphological diversity

结缕草属(*Zoysia* Willd.)隶属禾本科, 全世界只有 10 种, 我国有其中 5 种, 即结缕草(*Zoysia japonica* Steud.)、中华结缕草(*Z. sinica* Hance)、大穗结缕草(*Z. macrostachya* Franch.)、沟叶结缕草[*Z. matrella* (L.) Merr.]和细叶结缕草(*Z. tenuifolia* Willd.), 大都分布在我国东部北起辽宁南至广西等地沿海的狭长区域(包括岛屿)内。同时这 5 个种也是结缕草属中作为草坪草研究最多的种类。

我国是具有丰富结缕草属种质资源多样性的国家之一。由于结缕草属兼性的繁殖系统、雌蕊先熟和种间互交可育等生物学特性, 导致天然种间杂种的普遍存在和丰富的遗传变异, 在每种分布区内

收稿日期: 2002-07-01

作者简介: 李亚(1968-), 男, 安徽阜阳人, 在职博士生, 助研, 主要从事草坪和地被等园林植物的资源植物学研究。

也均存在不同的生态型分化,形态种的确定非常困难。目前,国内有学者对主要产区辽宁和山东的结缕草进行了较多的研究,如王艳^[1]等指出,分布在我国东北的中华结缕草种内存在十分丰富的变异,其中果穗高度等有性繁殖器官特征和叶片长度、匍匐茎扩展速度等无性繁殖器官特征是研究其种内分异的重要指标;刘建秀曾对华东地区结缕草属形态类型进行了研究^[2];有关结缕草属地下部分形态类型多样性也已有报道^[3]。本文主要就我国结缕草属种质资源地上部分形态类型多样性进行了研究,以期为国产草坪草的选育提供形态依据。

1 材料与方法

1.1 材料

根据我国各大标本馆馆藏标本产地和见诸文献的报道,确定我国辽宁、山东、河南、安徽、江西、江苏、上海、浙江、福建、海南、广东和广西等12个省区市的50余个采样点,共采集113份实验材料,选择其中正常开花结实的78份实验材料,基本包括了所有产地和生境类型。实验材料采集地参见表1。

1.2 方法

不同种质于1995年在野外采集后统一种植在南京中山植物园苗圃(E118°28', N32°02'),土壤肥力中等且分布均匀,酸碱度近中性($\text{pH} = 7.08 \pm 0.11$),年平均气温15.4℃,年均降雨量1013 mm。小区面积0.7 m²。测量指标包括15个基本性状和3个导出性状共18个性状:1)生殖枝长度;2)穗长;3)穗宽;4)小穗数;5)小穗长;6)小穗宽;7)小穗柄长;8)花序柄长度(1)(着生花序的第一节间的长度);9)花序柄长度(2)(第一节叶鞘口至花序长度,即包括了花序长度);10)叶长(第二个展开叶的长度);11)叶宽(第二个展开叶中部宽度);12)叶色^[2];13)叶表面被毛^[2];14)叶背面被毛^[2];15)叶舌长度;16)小穗密度;17)叶长宽比;18)小穗长宽比。最后采用SPSS/PC软件进行聚类 and 主成分分析。

2 结果与分析

2.1 结缕草属种类地上部分形态性状的聚类分析

根据18个性状的聚类结果,在欧氏平方距离22

处可以将78份结缕草种质材料分成6组(见图1)。

I组主要特点表现在叶长(8.32~21.03 cm)而窄(0.35~0.63 cm),因而叶长宽比最大(30.93),叶表面无毛或被毛稀疏,背面多无毛,极少数被毛较密;生殖枝最高(11.82~38.46 cm),穗最长(3.30~6.28 cm)但较窄(1.50~2.46 mm),小穗披针形,较长(3.52~5.29 cm),小穗长宽比最大(3.00~4.60),排列较稀疏(4.85~9.86 grain/cm),小穗数一般25.5~39.6枚。该组基本上包括了中华结缕草以及形态上靠近中华结缕草的过渡类型。

II组主要特点是叶较短(7.05~9.40 cm)但较宽(0.39~0.60 cm),叶长宽比最小(15.67~18.08),叶表面无毛或较稀疏,背面几无毛;生殖枝高度较低(12.39~17.08 cm),穗长度一般,但较宽,较柔弱,小穗较多但多不饱满,易脱落。该组2份种质都非常独特,表现在除上述特点之外,其中Z-068在一个生殖枝上分枝形成2穗;而Z-121叶色灰绿,匍匐茎发达,生长速度很快,形成草坪比较致密,是1个很有希望的运动型草坪草,该组可能代表了1个或2个新的类型。需要指出的是,这2份材料划分在一组主要是由于穗部性状相似,它们的叶型乃至整个植株形态差异较大。

III组主要特点则表现为叶最短(6.84~7.21 cm),两面均无毛或较稀疏;穗也更短(2.92~4.72 cm)但较宽(2.00~2.65 cm),小穗则最长(6.03~7.13 cm)最宽(1.50 mm),花序柄极短(1.22~1.35 cm),小穗排列最稀疏(4.32~7.88 grain/cm),该组包括了大穗结缕草和长花结缕草类型。

IV组的主要特点是叶长度中等(7.39~10.07 cm),但较窄(0.20~0.40 cm);穗和小穗均短(1.51~3.58 cm和2.56~3.52 mm)而窄(1.38~1.76 mm和0.86~1.00 mm),叶表面被毛稀疏到中等,但背部无毛。该组形态上可能包括了细叶中华结缕草、沟叶结缕草、细叶结缕草以及它们之间的过渡类型。

V组的主要特点是穗较长(2.46~5.10 cm)和较宽(1.90~2.92 mm),小穗排列最紧密(10.86~19.51 grain/cm),因而小穗数较多,且小穗短而宽,呈卵圆形,叶片则较长(2.46~5.10 cm)和较宽(0.42~0.63 cm),尤其叶表面和背面被毛均较浓密,本组为典型的结缕草类型。

VI组只有1份材料,即Z-070,其主要特点是穗较短(3.16 cm),小穗也很短(2.18 mm),但小穗密度

很高(23.35 grain/cm),因而小穗数也多(73.8枚),生殖枝高度和花序柄长度都很低(14.2 cm和3.19 cm),叶较宽(0.59 cm),详细数据见表2。

2.2 结缕草属内和结缕草及中华结缕草种内的性状变异

结缕草和中华结缕草是结缕草属在我国分布最

广的2个种,为了研究属内和种内的变异情况,表3列出了结缕草属、中华结缕草和结缕草各性状变异的参数,除叶表面被毛的疏密变化较大之外,叶长、叶宽和生殖枝高度、小穗密度及小穗数量等几个性状也都有比较大的变异,变异系数为13.75%~58.74%。值得一提的是这些性状的变异是不均匀

表1 结缕草属植物采样地点

Table 1 Original location of *Zoysia* spp. in China

登记号 No.	采样地点 Location	经度 Longitude	纬度 Latitude
Z-121	湖南省长沙市 Changsha, Hu'nan Province	113.13	28.01
Z-130	浙江省舟山市 Zhoushan, Zhejiang Province	122.40	30.00
Z-122	江苏省射阳县 Sheyang, Jiangsu Province	120.50	33.70
Z-077	甘肃省兰州市(栽培)Lanzhou, Gansu Province (cultivated)	103.80	36.00
Z-091	海南省海口市(栽培)Haikou, Hainan Province (cultivated)	110.47	20.03
Z-004	江西省庐山(栽培)Lushan, Jiangxi Province (cultivated)	116.00	28.60
Z-067	安徽省太平市 Taiping, Anhui Province	118.15	29.07
Z-005	浙江省金华市 Jinhua, Zhejiang Province	119.53	29.12
Z-011	浙江省兰溪市 Lanxi, Zhejiang Province	119.05	29.22
Z-041, Z-042, Z-044, Z-063	安徽省屯溪市 Tunxi, Anhui Province	118.03	29.72
Z-006, Z-007, Z-008, Z-009, Z-012, Z-013, Z-062	浙江省杭州市 Hangzhou, Zhejiang Province	120.20	30.03
Z-039, Z-040	安徽省宁国县 Ningguo, Anhui Province	119.00	30.13
Z-060	安徽省岳西县 Yuexi, Anhui Province	116.37	30.88
Z-068	安徽省南陵县 Nanling, Anhui Province	118.02	30.90
Z-037	安徽省芜湖市 Wuhu, Anhui Province	118.40	31.03
Z-070	江苏省苏州市吴县 Suzhou, Jiangsu Province	120.63	31.25
Z-053	江苏省苏州市 Suzhou, Jiangsu Province	120.63	31.30
Z-016	江苏省无锡市 Wuxi, Jiangsu Province	120.03	31.50
Z-036	安徽省合肥市 Hefei, Anhui Province	117.22	31.85
Z-103	河南省信阳市 Xinyang, He'nan Province	114.13	31.87
Z-050, Z-051, Z-052	江苏省句容市 Jurong, Jiangsu Province	119.15	32.05
Z-054	江苏省南京市 Nanjing, Jiangsu Province	118.00	32.05
Z-058, Z-061, Z-064	江苏省南京市(栽培)Nanjing, Jiangsu Province (cultivated)	118.87	32.05
Z-101	河南信阳(栽培)Xinyang, He'nan Province (cultivated)	114.12	32.10
Z-045, Z-046, Z-047, Z-048, Z-049, Z-117	安徽省滁州市 Chuzhou, Anhui Province	118.03	32.30
Z-034, Z-035	江苏省盐城市 Yancheng, Jiangsu Province	120.12	33.38
Z-056	江苏省东海县 Donghai, Jiangsu Province	118.75	34.03
Z-119	江苏省响水县 Xiangshui, Jiangsu Province	119.57	34.20
Z-028, Z-029	江苏省徐州市 Xuzhou, Jiangsu Province	117.02	34.28
Z-031, Z-032, Z-033, Z-057	江苏省连云港市 Lianyungang, Jiangsu Province	119.20	34.60
Z-116	山东省枣庄市 Zhaozhuang, Shandong Province	117.57	34.87
Z-115	河南省新乡市 Xinxiang, He'nan Province	113.85	35.05
Z-081	山东省青岛市 Qingdao, Shandong Province	120.03	36.08
Z-017, Z-018, Z-019, Z-020, Z-021, Z-022, Z-023, Z-024	山东省胶州市 Jiaozhou, Shandong Province	120.00	36.43
Z-055	山东省潍坊市 Weifang, Shandong Province	119.13	36.62
Z-026, Z-027	山东省章丘县 Zhangqiu, Shandong Province	117.05	36.68
Z-105, Z-107	山东省烟台市 Yantai, Shandong Province	121.40	37.05
Z-108, Z-109, Z-110	辽宁省大连市 Dalian, Liaoning Province	121.58	38.97
Z-111	辽宁省瓦房店市 Wafangdian, Liaoning Province	120.00	39.63
Z-112	辽宁省鞍山市 Anshan, Liaoning Province	123.00	41.02
Z-113	辽宁省沈阳市(栽培)Shenyang, Liaoning Province (cultivated)	123.47	41.80
Z-114	北京(栽培)Beijing (cultivated)	116.30	42.03

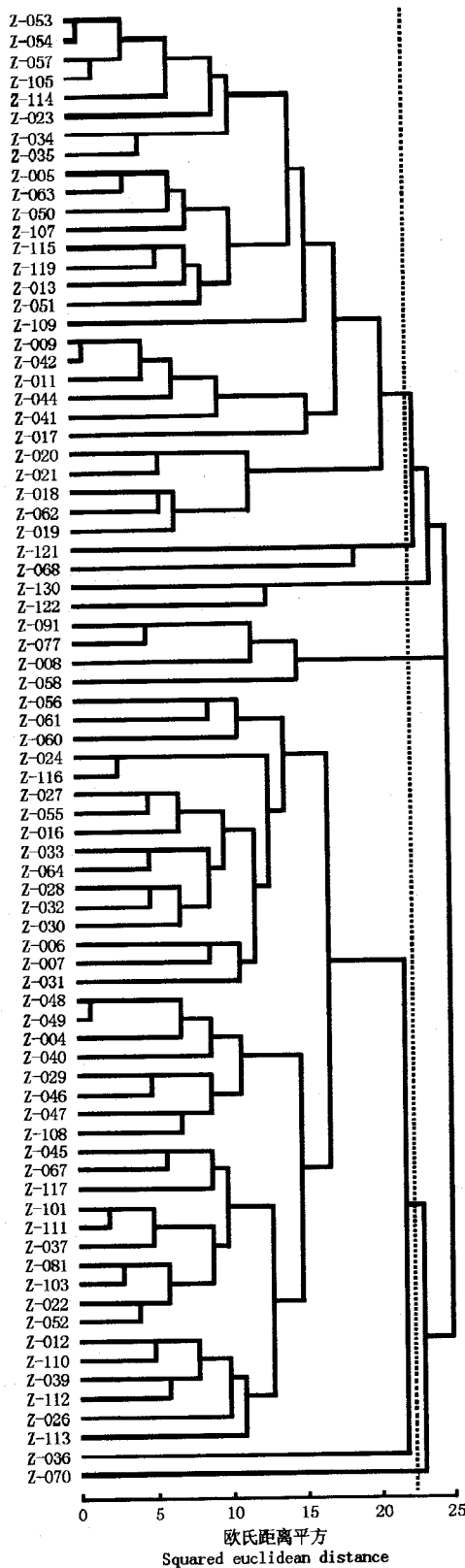


图 1 中国结缕草属种类地上部形态特征聚类图

Fig. 1 Dendrogram of *Zoysia* spp. in China based on morphological characters of above-ground part

的,中华结缕草的种内变异较结缕草大,尤其在生殖枝高度、小穗密度、花序柄长度和叶面被毛多寡等性状上更加明显,这表明与结缕草比较,在中华结缕草种内存在更大的种内变异。实际上,对结缕草和中华结缕草的分析表明,除小穗柄长度、叶色和叶长宽比之外,中华结缕草其他性状的变异系数均较结缕草大(见表 3)。

2.3 结缕草属内和中华结缕草种内性状的主成分分析

对结缕草属以及中华结缕草 15 个基本性状和 3 个导出性状的主成分分析结果(见表 4 和表 5)表明,前 3 个成分分别累计包含了 66.55% 和 66.29% 的信息,前 4 个成分则分别包含了 73.29% 和 74.01% 的变异,表明对前 3 个主成分进行分析具有一定意义。

从主成分分析结果(表 4)可以看出,对于结缕草属而言,在第一主成分中,穗部性状的小穗数、小穗长、小穗密度、小穗长宽比以及叶宽、叶面的被毛情况等是比较稳定的性状,这些性状解释了结缕草属的大部分变异,也成为结缕草属分组的主要依据。在第二主成分中,生殖枝高度、穗长、叶长、花序柄长度(1)和叶长宽比等是比较重要的指标。对中华结缕草的主成分分析表明,在第一主成分中起主要作用的性状与结缕草属的第二主成分的主要性状是高度一致的,也包括穗长、生殖枝高度、花序柄长度、叶长和叶长宽比以及小穗密度等,也即这些性状是结缕草属下种内分异的主要依据。

3 结论与讨论

1) 基于聚类分析的结果,可以将结缕草属划分为 6 组,其中除结缕草和中华结缕草具有较典型的特征而各自独立成组外,细叶结缕草和沟叶结缕草为一组、大穗结缕草和长花结缕草分在一组,另有 2 组为比较独特的类型。但是由于结缕草属可以利用的这些外部性状的变异基本上都是连续的,因此在类型的确定上尚缺乏比较确切的依据,如 Yaneshita 等^[4]通过对 17 份收集自日本自然种群的结缕草类群材料的叶绿体和核 DNA 的 RFLP 分析,将根据形态特点确定的 5 个种的不同材料分别归并到不同的组,其中有别于形态种的材料明显具有过渡性的形态特点和限制性酶切片段,可能多为大穗结缕草和结缕草、中华结缕草和沟叶结缕草以及它们之间的

表2 结缕草属植物6个组地上部分各形态性状的特点
Table 2 Characteristics of above-ground part in six groups of *Zoysia* spp. in China

性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	I				II				III			
	范围 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	范围 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	范围 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)
1	11.82~38.48	25.52	6.50	25.46	12.39~17.08	14.74	3.32	22.51	16.99~20.40	18.70	2.41	12.90
2	3.30~6.28	4.51	0.90	19.98	3.50~3.57	3.54	0.05	1.40	2.92~4.72	3.82	1.27	33.32
3	1.50~2.46	1.96	0.20	10.32	1.97~2.98	2.48	0.71	28.86	2.00~2.65	2.33	0.46	19.77
4	25.50~39.60	32.10	3.81	11.88	36.20~50.28	43.24	9.96	23.03	20.40~23.00	21.70	1.84	8.47
5	3.52~5.29	4.48	0.45	10.03	3.07~3.64	3.36	0.40	12.01	6.03~7.13	6.58	0.78	11.82
6	1.00~1.50	1.19	0.16	13.39	0.96~1.00	0.98	0.03	2.89	1.50~1.50	1.50	0.00	0.00
7	1.30~3.23	2.02	0.54	26.86	1.77~2.24	2.01	0.33	16.58	1.10~1.46	1.28	0.25	19.89
8	6.05~15.65	10.65	2.56	24.04	6.20~6.88	6.54	0.48	7.35	4.33~6.68	5.51	1.66	30.19
9	0.75~9.23	4.65	2.25	48.36	2.08~2.20	2.14	0.08	3.97	1.22~1.35	1.29	0.09	7.15
10	8.32~21.03	13.46	3.36	24.93	7.05~9.40	8.23	1.66	20.20	6.84~7.21	7.03	0.26	3.72
11	0.35~0.63	0.43	0.06	14.20	0.39~0.60	0.50	0.15	30.00	0.32~0.32	0.32	0.00	0.00
12	3.00~5.00	4.86	0.45	9.23	4.00~5.00	4.50	0.71	15.71	4.00~5.00	4.50	0.71	15.71
13	0.00~3.80	2.06	1.08	52.32	0.00~2.10	1.05	1.48	141.42	0.00~1.14	0.57	0.81	141.42
14	0.00~4.00	0.74	1.37	186.74	0.00~1.20	0.60	0.85	141.42	0.00~0.29	0.15	0.21	141.42
15	0.20~0.47	0.32	0.06	18.04	0.30~0.47	0.39	0.12	31.22	0.15~0.30	0.23	0.11	47.14
16	4.85~9.86	7.34	1.40	19.04	10.34~14.08	12.21	2.65	21.66	4.32~7.88	6.10	2.51	41.21
17	3.00~4.6	3.79	0.48	12.66	3.07~3.79	3.43	0.51	14.87	4.02~4.75	4.39	0.52	11.82
18	22.49~41.24	30.93	5.31	17.16	15.67~18.08	16.87	1.70	10.10	21.38~22.53	21.95	0.82	3.72

性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	IV				V				VI
	范围 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	范围 Range	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	
1	8.86~21.50	16.70	5.49	32.87	12.37~30.79	21.84	4.23	19.36	14.02
2	1.51~3.58	2.75	0.89	32.47	2.46~5.10	3.62	0.62	17.07	3.16
3	1.38~1.76	1.63	0.17	10.59	1.90~2.92	2.43	0.26	10.71	2.46
4	18.60~38.30	29.88	9.44	31.59	34.20~69.40	51.25	6.85	13.37	73.8
5	2.56~3.62	2.93	0.49	16.59	2.44~3.50	2.87	0.27	9.42	2.18
6	0.86~1.00	0.97	0.07	7.12	1.00~1.46	1.07	0.09	8.15	1.00
7	1.00~1.51	1.32	0.24	18.40	1.05~3.43	2.08	0.59	28.47	0.92
8	6.56~10.40	8.57	1.66	19.38	8.81~16.83	12.71	2.18	17.19	7.98
9	3.26~5.79	4.83	1.10	22.77	3.12~9.60	6.36	1.86	29.23	3.19
10	7.39~10.07	8.70	1.11	12.78	11.36~22.70	16.53	3.15	19.05	11.49
11	0.20~0.40	0.31	0.10	30.94	0.42~0.63	0.54	0.04	8.33	0.59
12	2.00~3.00	2.50	0.58	23.09	3.00~5.00	4.40	0.74	16.91	3.00
13	1.70~3.50	2.68	0.87	32.36	0.00~4.00	3.72	0.77	20.80	4.00
14	0.00~0.00	0.00	0.00	0.00	0.00~4.00	2.30	1.45	63.10	4.00
15	0.19~0.31	0.27	0.05	20.29	0.11~0.34	0.25	0.05	20.89	0.30
16	9.34~12.30	11.02	1.43	12.96	10.86~19.51	14.36	2.03	14.12	23.35
17	2.56~3.62	3.03	0.44	14.58	2.09~3.22	2.68	0.24	8.88	2.18
18	22.25~42.15	29.83	8.61	28.86	21.26~43.53	30.78	6.15	19.99	19.47

¹⁾ 1: 生殖枝长度 shoot height (cm); 2: 穗长 spike length (cm); 3: 穗宽 spike width (mm); 4: 小穗数 spikelet number (grain); 5: 小穗长 spikelet length (mm); 6: 小穗宽 spikelet width (mm); 7: 小穗柄长 spikelet culm length (mm); 8: 花序柄长度(1)(着生花序的第一节间的长度) flowering culm length (1)(cm); 9: 花序柄长度(2)(第一节叶鞘口至花序长度,即包括了花序长度) flowering culm length (2) (cm); 10: 叶长(第二个展开叶的长度) leaf length (cm); 11: 叶宽(第二个展开叶中部宽度) leaf width (cm); 12: 叶色 leaf color; 13: 叶表面被毛 leaf hair on surface; 14: 叶背面被毛 leaf hair on back; 15: 叶舌长度 ligule length (mm); 16: 小穗密度 spikelet density (grain/cm); 17: 叶长宽比 ratio of leaf length to leaf width; 18: 小穗长宽比 ratio of spikelet length to spikelet width

表3 结缕草属内以及中华结缕草和结缕草地上部各形态性状的变异

Table 3 Diversity of morphological characteristics of above-ground part of *Zoysia* Willd., *Z. sinica* Hance and *Z. japonica* Steud. in China

性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	变化范围 Range	平均值 Mean			标准差 SD			变异系数 CV (%)		
		Z ²⁾	ZS ²⁾	ZJ ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾	ZJ ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾	ZJ ²⁾
1	8.86~38.48	22.72	23.90	21.65	6.04	7.27	4.35	26.57	30.40	20.10
2	1.44~6.28	3.76	4.36	3.61	0.95	0.94	0.62	25.18	21.48	17.03
3	1.18~2.98	2.18	1.97	2.44	0.38	0.26	0.26	17.37	13.40	10.58
4	16.75~73.80	41.22	32.41	51.80	12.49	5.46	7.63	30.30	16.85	14.72
5	2.18~7.13	3.49	4.38	2.85	0.97	0.81	0.29	27.85	18.50	10.09
6	0.79~1.50	1.11	1.18	1.07	0.15	0.17	0.09	13.75	14.57	8.13
7	0.92~3.43	1.91	1.96	2.05	0.61	0.53	0.61	31.79	27.21	29.84
8	4.33~16.83	11.21	10.15	12.59	2.92	2.71	2.28	26.06	26.71	18.11
9	0.75~9.60	5.30	4.39	6.29	2.24	2.24	1.90	42.25	51.09	30.26
10	0.72~22.70	12.20	12.67	16.41	5.43	3.66	3.21	44.51	28.88	19.55
11	0.12~0.63	0.42	0.43	0.54	0.14	0.07	0.05	32.94	17.38	8.33
12	2.00~5.00	4.09	4.70	4.37	1.14	0.73	0.77	27.77	15.50	17.56
13	0.00~4.00	2.48	1.98	3.73	1.45	1.13	0.77	58.74	57.35	20.53
14	0.00~4.00	1.13	0.66	2.34	1.52	1.29	1.45	135.40	195.11	62.25
15	0.11~0.51	0.27	0.32	0.25	0.08	0.07	0.05	28.37	22.33	20.78
16	4.32~23.3	11.52	7.75	14.58	3.96	2.07	2.45	34.40	26.78	16.78
17	1.97~4.75	3.14	3.74	2.67	0.66	0.56	0.25	21.07	14.87	9.28
18	3.60~45.70	28.14	29.61	30.50	7.31	6.12	6.33	25.96	20.66	20.74

¹⁾ 1: 生殖枝长度 shoot height (cm); 2: 穗长 spike length (cm); 3: 穗宽 spike width (mm); 4: 小穗数 spikelet number (grain); 5: 小穗长 spikelet length (mm); 6: 小穗宽 spikelet width (mm); 7: 小穗柄长 spikelet culm length (mm); 8: 花序柄长度(1)(着生花序的第一节间的长度) flowering culm length (1)(cm); 9: 花序柄长度(2)(第一节叶鞘口至花序长度,即包括了花序长度) flowering culm length (2)(cm); 10: 叶长(第二个展开叶的长度) leaf length (cm); 11: 叶宽(第二个展开叶中部宽度) leaf width (cm); 12: 叶色 leaf color; 13: 叶表面被毛 leaf hair on surface; 14: 叶背面被毛 leaf hair on back; 15: 叶舌长度 ligule length (mm); 16: 小穗密度 spikelet density (grain/cm); 17: 叶长宽比 ratio of leaf length to leaf width; 18: 小穗长宽比 ratio of spikelet length to spikelet width ²⁾ Z: *Zoysia* Willd.; ZS: *Zoysia sinica* Hance; ZJ: *Zoysia japonica* Steud.

表4 结缕草属和中华结缕草地上部形态性状的总变异

Table 4 Total variance of morphological characteristics of above-ground part of *Zoysia* Willd. and *Z. sinica* Hance

性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	总变异 Total variance		变化百分率(%) Percentage of variance		性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	总变异 Total variance		变化百分率(%) Percentage of variance	
	Z ²⁾	ZS ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾		Z ²⁾	ZS ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾
1	6.34	6.07	35.25	33.71	10	0.43	0.27	2.39	1.50
2	3.88	3.14	21.57	17.47	11	0.28	0.20	1.53	1.13
3	1.75	2.72	9.73	15.11	12	0.18	0.15	0.98	0.85
4	1.21	1.39	6.74	4.42	13	0.15	0.10	0.81	0.55
5	0.99	1.12	5.49	6.22	14	0.12	0.08	0.64	0.47
6	0.89	0.89	4.95	4.96	15	0.04	0.02	0.21	0.09
7	0.72	0.77	4.03	4.29	16	0.02	0.01	0.09	0.05
8	0.55	0.57	3.07	3.17	17	0.01	0.00	0.04	0.02
9	0.44	0.48	2.45	2.69	18	0.00	0.00	0.02	0.01

¹⁾ 1: 生殖枝长度 shoot height (cm); 2: 穗长 spike length (cm); 3: 穗宽 spike width (mm); 4: 小穗数 spikelet number (grain); 5: 小穗长 spikelet length (mm); 6: 小穗宽 spikelet width (mm); 7: 小穗柄长 spikelet culm length (mm); 8: 花序柄长度(1)(着生花序的第一节间的长度) flowering culm length (1)(cm); 9: 花序柄长度(2)(第一节叶鞘口至花序长度,即包括了花序长度) flowering culm length (2)(cm); 10: 叶长(第二个展开叶的长度) leaf length (cm); 11: 叶宽(第二个展开叶中部宽度) leaf width (cm); 12: 叶色 leaf color; 13: 叶表面被毛 leaf hair on surface; 14: 叶背面被毛 leaf hair on back; 15: 叶舌长度 ligule length (mm); 16: 小穗密度 spikelet density (grain/cm); 17: 叶长宽比 ratio of leaf length to leaf width; 18: 小穗长宽比 ratio of spikelet length to spikelet width ²⁾ Z: *Zoysia* Willd.; ZS: *Zoysia sinica* Hance

表5 结缕草属和中华结缕草地上部形态性状主成分分析的主成分矩阵

Table 5 Component matrix of morphological characteristics of above-ground part of *Zoysia* Willd. and *Zoysia sinica* Hance

性状 ¹⁾ Characteristics ¹⁾	成分 Component					
	1		2		3	
	Z ²⁾	ZS ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾	Z ²⁾	ZS ²⁾
1	-0.07	0.89	0.84	-0.20	-0.33	0.10
2	-0.37	0.81	0.71	0.37	0.42	-0.02
3	0.59	-0.15	-0.02	0.36	0.46	0.02
4	0.85	-0.18	0.00	0.33	0.33	0.80
5	-0.85	0.62	0.34	0.28	0.15	-0.63
6	-0.42	0.40	0.33	-0.32	0.08	-0.50
7	0.12	0.53	0.54	0.61	0.58	0.38
8	0.59	0.73	0.67	-0.48	-0.24	0.17
9	0.58	0.57	0.52	-0.61	-0.34	0.21
10	0.60	0.86	0.68	0.08	-0.05	0.32
11	0.73	0.41	0.20	0.41	0.46	0.53
12	-0.22	0.50	0.38	0.25	0.32	-0.27
13	0.78	0.29	0.07	-0.69	-0.04	0.28
14	0.60	0.24	0.05	-0.50	0.12	0.16
15	-0.40	0.44	0.35	0.23	0.12	0.47
16	0.86	-0.75	-0.37	-0.11	0.00	0.59
17	-0.83	0.44	0.26	0.69	0.16	-0.26
18	0.18	0.79	0.68	-0.25	-0.49	0.09

1) 1: 生殖枝长度 shoot height (cm); 2: 穗长 spike length (cm); 3: 穗宽 spike width (mm); 4: 小穗数 spikelet number (grain); 5: 小穗长 spikelet length (mm); 6: 小穗宽 spikelet width (mm); 7: 小穗柄长 spikelet culm length (mm); 8: 花序柄长度(1)(着生花序的第一节间的长度) flowering culm length (1)(cm); 9: 花序柄长度(2)(第一节叶鞘口至花序长度,即包括了花序长度) flowering culm length (2)(cm); 10: 叶长(第二个展开叶的长度) leaf length (cm); 11: 叶宽(第二个展开叶中部宽度) leaf width (cm); 12: 叶色 leaf color; 13: 叶表面被毛 leaf hair on surface; 14: 叶背面被毛 leaf hair on back; 15: 叶舌长度 ligule length (mm); 16: 小穗密度 spikelet density (grain/cm); 17: 叶长宽比 ratio of leaf length to leaf width; 18: 小穗长宽比 ratio of spikelet length to spikelet width

2) Z: *Zoysia* Willd.; ZS: *Zoysia sinica* Hance

天然杂种,这一点已为众多实验所证实^[5-7],因此,本研究尚有待于进一步获得分子生物学等其他方面的证据。

2) 结缕草属叶表面被毛发达程度、叶长和叶宽等营养性状和生殖枝高度及小穗密度、小穗数量等生殖性状都有比较大的变异,考虑到结缕草属的坪用价值,叶长和叶宽直接关系到草坪的外观和使用质量,小穗密度和小穗数量则关系到种子产量,生殖枝高度则影响到机械采收种子的难易,因此这些变异的存在为优质结缕草属草坪草的选育提供了可能。与结缕草相比,这些性状在中华结缕草内部存

在更大的种内变异,表明在中华结缕草内选育可能更加有效,更加容易获得优良种质或品种。

3) 结缕草属穗部性状,尤其是小穗数、小穗长、小穗密度、小穗长宽比(很大程度上代表了小穗的形状)以及叶片宽度和叶片被毛发达情况是结缕草属形态分类的重要依据,可以作为确定种的依据。而生殖枝高度、穗长、叶长、花序柄长度(1)和叶长宽比等性状在结缕草属第二主成分和中华结缕草第一主成分中的重要性和一致性,表明这些性状可作为研究结缕草属下种内分异的主要依据。叶片被毛发达情况可以作为区分结缕草和中华结缕草的简易依据,实际上有些学者更是把这一特征作为有结缕草(*Zoysia japonica* Steud.)参与的杂种标记性状。

根据作者的观察,叶片被毛情况可以分为4种类型:(1)两面皆被密毛,这种类型较多,代表了结缕草类型;(2)叶表面被密毛,而背面被稀毛,这种类型也不少,可以作为杂种或过渡类型看待;(3)叶表面被稀毛而背面无毛;(4)叶两面皆无毛。后2种情况则包括了中华结缕草、沟叶结缕草和细叶结缕草以及它们之间的过渡类型。不过,这些被毛特征只有在幼嫩叶片上表现比较完整。

参考文献:

- [1] 王 艳,张 绵,张学勇,等. 大穗和中华结缕草的群落学特征及种内分异研究[J]. 植物研究, 2001, 21(2): 278-284.
- [2] 刘建秀,贺善安,陈守良. 华东地区结缕草属植物形态类型及其坪用价值[J]. 草地学报, 1997, 5(1): 42-47.
- [3] 李 亚,凌萍萍,刘建秀,等. 中国结缕草属植物(*Zoysia* spp.)地下部分分布和形态类型多样性[J]. 植物资源与环境学报, 2002, 11(2): 39-44.
- [4] Yaneshita M, Nagasawa R, Engelke M C, et al. Genetic variation and interspecific hybridization among natural populations of zoysiagrasses detected by RFLP analyses of chloroplast and nuclear DNA [J]. Genes and Genetic Sys, 1997, 72(4): 173-179.
- [5] 李 亚,刘建秀,凌萍萍,等. 结缕草属种质资源研究进展[J]. 草业学报, 2002, 11(2): 7-14.
- [6] Hong Kue Hyon, Yeami Do Yi. Studies on interspecific hybridization in Korean lawngrasses (*Zoysia* spp.) [J]. J Kor Soc Hort Sci, 1985, 26(2): 169-178.
- [7] Choi J S, Ahn B J, Yang G M. Classification of zoysiagrasses (*Zoysia* spp.) native to the southwest coastal regions of Korea using RAPDS [J]. J Kor Soc Hort Sci, 1997, 38(6): 789-795.