

结缕草属 (*Zoysia* Willd.) 植物物候期的差异分析

宣继萍, 周志芳, 刘建秀^①, 郭爱桂

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

摘要: 于2005年至2006年在南京市对结缕草属 (*Zoysia* Willd.) 5种1变种共109份种源的物候期进行了系统观测分析。结果表明, 不同种源间各植物物候期的时间存在不同程度的差异, 其中进入盛花期、枯黄期、返青期、结实期、初花期和孕穗初期的时间分别相差58、56、38、35、33和29 d; 不同种源的青绿期为215~277 d。孕穗初期的早晚与初花期、盛花期、结实期和枯黄期的早晚及青绿期的长短呈显著正相关, 返青期早晚与青绿期的长短呈极显著负相关, 而枯黄期的早晚与青绿期的长短则呈极显著正相关, 说明返青期越早青绿期越长, 枯黄期越早青绿期越短。另外, 结缕草属植物的返青期、孕穗初期、初花期、盛花期及枯黄期均随原分布地纬度的增加显著提前。

关键词: 结缕草属; 物候期; 纬度; 差异

中图分类号: Q142.2; S688.4 文献标志码: A 文章编号: 1004-0978(2008)03-0053-05

Difference analysis of phenological phases of *Zoysia* Willd. XUAN Ji-ping, ZHOU Zhi-fang, LIU Jian-xiu^①, GUO Ai-gui (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2008, 17(3): 53-57

Abstract: The phenological phases of 109 accessions of *Zoysia* Willd. including five species and one variety were observed systematically during 2005 to 2006 in Nanjing. The results show that there is difference in the date of phenological phases among different accessions. The different days of the date of full flowering stage, withering stage, turning green stage, seed setting stage, initial flowering stage and initial booting stage are 58, 56, 38, 35, 33 and 29 d, respectively. The green period of different accessions is 215-277 d. The date of initial booting stage has a significantly positive correlation with the date of initial flowering stage, full flowering stage, seed setting stage, withering stage and the length of green period. The date of the turning green stage has a highly significant negative correlation with the length of green period and that of withering stage has a highly significant positive correlation with the length of green period, which indicates that the earlier the turning green stage begin, the longer the green period is; the earlier withering stage begin, the shorter the green period is. Furthermore, the turning green stage, initial booting stage, initial flowering stage, full flowering stage and withering stage of *Zoysia* Willd. advance obviously with latitude increasing of origins.

Key words: *Zoysia* Willd.; phenological phase; latitude; variation

草坪草物候期观测是开展草坪草种质资源研究和改良的基础, 同时也是对草坪草进行日常管理的重要依据。目前, 有关草坪草物候期的研究已有一些报道, Matumura等^[1]观测了自然分布于日本的结缕草 (*Zoysia japonica* Steud.) 的孕穗初期及枯黄期, 发现不同居群种源的孕穗初期存在显著差异, 并依据孕穗期早晚将这些种源分为早、中、晚三大类群; Rapson^[2]也对新西兰不同生境下的 *Agrostis capillaries* L. 15个居群的花序数量、50%花序出现时间、50%花序开花时间、最长叶片长度、茎最大长

度等开花物候期进行了观察分析; 郭孝等^[3]对中原地区多年生禾草的物候期特点以及物候期与禾草分蘖的关系进行了研究。还有一些研究者根据物候期观察结果, 对草坪草进行适应性筛选。如, 谢彩云等^[4]在3年内通过对18个冷季型草坪草品种的物

收稿日期: 2007-07-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30371011); 江苏省自然科学基金资助项目(BK2005073)

作者简介: 宣继萍(1976—), 女, 浙江东阳人, 博士研究生, 助理研究员, 主要从事草坪草种质资源遗传多样性的研究。

^① 通讯作者 E-mail: turfunit@yahoo.com.cn

候期、抗逆性以及草坪品质的详细观察测定,筛选出适宜贵州南部地区种植的13个优良的冷季型草坪草品种;李辰琼等^[5]对引种的15种黑麦草(*Lolium perenne* L.)的物候期进行了研究,从而筛选出适合当地气候条件的品种。还有一些学者对假俭草[*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.]的物候期规律进行了观察分析。刘学诗等^[6]分析了华东地区的假俭草在1年内的物候期规律,认为假俭草的孕穗初期、盛花期和结实期等物候期变异范围较大,高纬度地区种源返青较早,青绿期较长;宗俊勤等^[7]连续3年对37份中国假俭草种源物候期资料的分析结果表明,假俭草某些物候期的早晚具有相关关系,并将种源分为早熟型和晚熟型两大类。结缕草也是重要的观赏草坪草之一,对其物候期的系统观测有利于结缕草属植物的深度开发利用,但目前还未见对中国结缕草属植物物候期的系统观察研究报道。

作者以种植时间相同且性状稳定的中国结缕草属(*Zoysia* Willd.)5种1变种的109份种质资源为研究对象,对其返青期、孕穗初期、初花期、盛花期、结实期及枯黄期的物候期规律进行了连续2年的系统观测,并对其物候期的变异规律进行分析,以期对结缕草属植物种质资源的改良和种植管理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

以2001年种植在江苏省·中国科学院植物研究所苗圃内的结缕草属5种1变种的109份种源为材料。苗圃地位于北纬32°02′、东经118°28′,海拔30~40 m,年均气温15.4℃,1月和7月平均气温分别为2.3℃和27.7℃,1月绝对低温-13.0℃,7月绝对高温43.0℃,年均降雨量1013 mm。实验地除进行必要的水肥管理、杂草清除及病虫害防治外,不做任何修剪。

供试的109份种源包括结缕草(*Zoysia japonica* Steud.)69份、中华结缕草(*Z. sinica* Hance)20份、沟叶结缕草[*Z. matrella* (L.) Merr.]10份、大穗结缕草(*Z. macrostachya* Franch.)1份、细叶结缕草(*Z. tenuifolia* Willd. ex Trin.)8份和长花结缕草(*Z. sinica* var. *longiflora* Ohwi)1份。其中,中华结缕草原产地位于北纬20°02′~42°02′、东经106°33′~

121°30′;结缕草原产地位于北纬26°05′~41°10′、东经113°08′~123°00′;沟叶结缕草原产地位于北纬29°02′~32°06′、东经106°33′~120°12′;大穗结缕草原产地位于北纬30°03′、东经122°09′;细叶结缕草原产地位于北纬22°15′~23°06′、东经113°12′~114°06′;长花结缕草原产地位于北纬32°48′、东经120°17′。

1.2 观测方法

于2005年和2006年连续2年观察上述各种源的返青期、孕穗初期、初花期、盛花期、结实期和枯黄期,并根据返青期和枯黄期推算青绿期。其中,返青期是指早春草坪绿度达50%的日期;孕穗初期指植株出现旗叶的日期;初花期指开始开花的日期;盛花期指80%花序开花的日期;结实期指50%以上籽粒坚硬的日期;枯黄期指50%植株叶片枯黄的日期;青绿期指返青期到枯黄期的天数。

1.3 数据处理

以4月1号的物候期观察数据为基准(0)对其他物候期数据进行换算,并求得换算后相应数据的平均值。利用RCPSYS软件对各物候期指标进行相关分析,并用各物候期指标与原产地相应经度值和纬度值进行回归分析。

2 结果和分析

2.1 结缕草属植物物候期的变异分析

2.1.1 不同物候期的变异范围分析 结缕草属植物各物候期的变异状况见表1。由表1可以看出,结缕草属植物不同种源间的物候期存在明显差异。其中,盛花期和枯黄期的变异范围分别是4月2日至5月30日和11月2日至12月28日,最早和最晚的种源分别相差58和56 d,变异幅度最大;返青期的变异范围是3月21日至4月28日,最早和最晚的种源相差38 d;结实期的变异范围是5月2日至6月6日,最早和最晚的种源相差35 d;初花期的变异范围是3月30日至5月2日,最早和最晚的种源相差33 d;孕穗初期的变异范围是3月20日至4月18日,最早和最晚的种源相差29 d。另外,供试的结缕草属植物各种源的青绿期变异范围为215~277 d,青绿期最长和最晚的种源相差62 d。以上结果说明,中国结缕草属植物的物候期存在丰富的变异,尤其是盛花期及枯黄期的早晚差异较大,青绿期

表1 结缕草属植物物候期 (MM-DD) 的比较
Table 1 Comparison of phenological phases (MM-DD) of *Zoysia* Willd.

类群 ¹⁾ Taxon ¹⁾	项目 ²⁾ Item ²⁾	返青期 Turning green stage	孕穗初期 Initial booting stage	初花期 Initial flowering stage	盛花期 Full flowering stage	结实期 Seed setting stage	枯黄期 Withering stage	青绿期/d Green period
1	V	03-21/04-28	03-20/04-18	03-30/05-02	04-02/05-30	05-02/06-06	11-02/12-28	215-277
	M	03-30	04-06	04-08	04-17	05-15	12-05	251
2	V	03-21/04-09	03-20/04-16	03-30/04-23	04-03/05-30	05-10/05-30	11-02/12-21	215-273
	M	03-28	04-01	04-04	04-14	05-15	11-29	249
3	M	04-03	04-03	04-26	05-02	05-30	12-04	222
4	V	03-27/04-11	04-02/04-18	04-02/05-02	04-18/05-30	05-10/05-14	12-18/12-28	251-277
	M	04-03	04-07	04-11	04-27	05-11	12-23	265
5	V	03-21/04-03	03-30/04-14	03-30/04-21	04-02/04-28	05-02/06-06	11-02/12-21	218-276
	M	03-28	04-04	04-06	04-14	05-17	12-04	252
6	V	04-08/04-28	04-02/04-11	04-02/04-18	04-18/05-26	05-10/05-30	12-14/12-25	236-259
	M	14-13	04-06	04-08	05-01	05-16	12-21	250
7	M	04-02	03-24	04-02	04-25	05-14	11-09	222

¹⁾ 1: 结缕草属 *Zoysia* Willd.; 2: 结缕草 *Z. japonica* Steud.; 3: 大穗结缕草 *Z. macrostachya* Franch.; 4: 沟叶结缕草 *Z. matrella* (L.) Merr.; 5: 中华结缕草 *Z. sinica* Hance; 6: 细叶结缕草 *Z. tenuifolia* Willd. ex Trin.; 7: 长花结缕草 *Z. sinica* var. *longiflora* Ohwi. ²⁾ V: 变异范围 Range of variation; M: 平均值 Mean value.

的变异也较大。

2.1.2 不同类群间物候期的变异分析 由表1可知,不同类群的物候期差异明显。植株返青最早的是结缕草和中华结缕草,返青期均为3月28日;长花结缕草、大穗结缕草和沟叶结缕草的返青期略晚,为4月2日左右;返青期最晚的是细叶结缕草(4月13日)。最早进入孕穗初期的是长花结缕草(3月24日),其他类群的孕穗初期相差不大,均在4月初。大穗结缕草的初花期和结实期均最迟,分别是4月26日和5月30日;其他类群的初花期和结实期相近,初花期均在4月5日左右,结实期均在5月15日左右。最早进入盛花期的是结缕草和中华结缕草(4月14日);随后长花结缕草、沟叶结缕草、细叶结缕草和大穗结缕草依次进入盛花期,分别为4月25日、4月27日、5月1日和5月2日。植株枯黄最早的是长花结缕草,在11月9日就进入枯黄期;结缕草于11月29日进入枯黄期;大穗结缕草和中华结缕草均在12月4日进入枯黄期;细叶结缕草和沟叶结缕草最晚进入枯黄期,进入枯黄期的时间分别是12月21日和12月23日。

由表1还可以看出,平均青绿期最长的是沟叶结缕草(265 d),其次是中华结缕草(252 d)、细叶结缕草(250 d)和结缕草(249 d),青绿期最短的是大穗结缕草和长花结缕草,均为222 d。以上结果说明,结缕草属不同类群间的物候期存在一定的差异,这是它们对其原始分布地气候适应的结果。

2.1.3 同一类群不同种源间物候期的变异分析 在供观测的结缕草属植物中,由于长花结缕草和大穗结缕草均只有1份种源,因此无法观测二者的物候期和青绿期的变异范围。细叶结缕草不同种源间的返青期差异最大,达21 d;结缕草不同种源返青期的差异为20 d;中华结缕草各种源返青期的差异最小,仅14 d。结缕草各种源进入孕穗初期的时间差异最大,达28 d;沟叶结缕草和中华结缕草各种源进入孕穗初期的时间差异分别为17和16 d;细叶结缕草各种源孕穗初期的时间差异最小,仅为10 d。沟叶结缕草各种源初花期的差异最大(31 d);结缕草和中华结缕草各种源初花期分别相差25和23 d;细叶结缕草各种源初花期的差异最小,为17 d。结缕草各种源间盛花期的差异最大,达58 d;沟叶结缕草和细叶结缕草各种源间盛花期分别相差43和39 d;中华结缕草各种源间初花期的差异最小(27 d)。中华结缕草各种源间结实期的差异最大(36 d);结缕草和细叶结缕草各种源间结实期的差异均为21 d;沟叶结缕草各种源间结实期的差异最小,仅为5 d。结缕草和中华结缕草各种源间枯黄期的差异均较大,达到50 d;沟叶结缕草和细叶结缕草各种源间枯黄期的差异相近,分别为11和12 d。另外,各种源间青绿期差异最大的是结缕草和中华结缕草,分别为215~273 d和218~276 d,而沟叶结缕草和细叶结缕草各种源间青绿期的差异则较小,分别为251~277 d和236~259 d。

由以上分析可知,结缕草不同种源间的物候期差异最大,其次是中华结缕草,而沟叶结缕草和细叶结缕草2个窄叶种不同种源间物候期的差异相对较小,这与它们的原始分布范围相一致。

此外还观察到沟叶结缕草和细叶结缕草在9月中下旬还有1次开花过程,但是此次开花后未能结实,这可能是由于种植地(江苏省南京市)在9月中下旬天气已经转凉,气温和光照等因子不能达到结实所需所致。

2.2 结缕草属植物不同物候期间的相关性分析

结缕草属植物各物候期相关性分析结果见表2。由表2可见,在不同物候期中,孕穗初期的早晚与初

花期、盛花期、结实期和枯黄期的早晚及青绿期均呈显著的正相关,相关系数分别为0.709、0.585、0.206、0.347和0.224,说明结缕草属植物孕穗越早,开花和结实就越早,且枯黄也越早,青绿期则越短,符合植物生长发育的一般规律。返青期的早晚与青绿期呈极显著的负相关,枯黄期的早晚与青绿期呈极显著的正相关,相关系数分别为-0.303及0.879,说明植株返青越早青绿期越长,而植株枯黄越早则青绿期越短。另外,返青期与枯黄期之间无显著的相关关系。根据以上研究结果可见,通过系统选育可以选育出一些返青期较早而枯黄期较晚的选系,即可以选育出一些青绿期较长的优良选系。

表2 结缕草属植物不同物候期的相关系数¹⁾

Table 2 Correlation coefficients of different phenological phases of *Zoysia Willd.*¹⁾

物候期 Phenological phase	相关系数 Correlation coefficient						
	返青期 Turning green stage	孕穗初期 Initial booting stage	初花期 Initial flowering stage	盛花期 Full flowering stage	结实期 Seed setting stage	枯黄期 Withering stage	青绿期 Green period
返青期 Turning green stage	1.000						
孕穗初期 Initial booting stage	0.142	1.000					
初花期 Initial flowering stage	0.131	0.709 **	1.000				
盛花期 Full flowering stage	0.199	0.585 **	0.625 **	1.000			
结实期 Seed setting stage	0.027	0.206 *	0.214 *	0.290 **	1.000		
枯黄期 Withering stage	0.100	0.347 **	0.196	0.293 **	0.017	1.000	
青绿期 Green period	-0.303 **	0.224 *	0.121	0.218 *	0.031	0.879 **	1.000

¹⁾ *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

2.3 结缕草属植物物候期与纬度的相关性分析

结缕草属植物的物候期与其原产地的纬度有一定的相关性,以经过换算后的物候期平均值为 Y ,以纬度值为 x ,建立回归方程,结果见表3。回归分析结果表明,除青绿期外,其他6个物候期均与纬度存

在负相关关系,且返青期、孕穗初期、初花期、盛花期和枯黄期都与纬度存在极显著的负相关关系,即随着纬度的增加,结缕草属植物的返青期、孕穗初期、初花期、盛花期和枯黄期都显著提前。另外,结缕草属植物的物候期与经度之间不存在相关关系。

表3 结缕草属植物物候期与纬度的回归分析¹⁾

Table 3 Regression analysis of phenological phase of *Zoysia Willd.* and latitude¹⁾

物候期 Phenological phase	回归方程 Regression equation	F
返青期 Turning green stage	$Y = 10.14158 - 0.41722x$	13.460 **
孕穗初期 Initial booting stage	$Y = 12.07749 - 0.30440x$	12.711 **
初花期 Initial flowering stage	$Y = 17.74335 - 0.84640x$	11.526 **
盛花期 Full flowering stage	$Y = 45.22220 - 0.91679x$	26.083 **
结实期 Seed setting stage	$Y = 49.69748 - 0.18258x$	1.772
枯黄期 Withering stage	$Y = 296.59985 - 1.56714x$	29.170 **
青绿期 Green period	$Y = 254.19200 + 0.45531x$	0.013

¹⁾ Y: 换算后的物候期平均值 The average value of phenological phase after conversion; x: 纬度 Latitude. *: $P < 0.05$; **: $P < 0.01$.

3 结论和讨论

中国结缕草属植物的物候期存在丰富的变异,其中盛花期和枯黄期的物候时间差异最大,早晚相差近2个月,其他物候期的早晚也有1个月左右的差异,青绿期的变异范围为215~277 d,青绿期最短和最长的种源相差52 d。与纬度的回归分析结果表明,来自北方的结缕草种源的返青期、孕穗初期、初花期、盛花期和枯黄期等物候期均比来自南方的种源早。Matumura等^[1]的研究结果表明,不同居群结缕草的孕穗初期存在显著差异,结缕草的孕穗初期与经度和纬度之间存在线性关系,纬度越高,孕穗初期越早;种源来源地的纬度越高,其青绿期越短。本研究结果与Matumura等^[1]的研究结果类似,即:孕穗初期与纬度成负相关,青绿期与纬度成正相关;来源地纬度越高,孕穗越早、青绿期越短。

不同结缕草属植物的物候期存在差异,其中结缕草和中华结缕草返青最早,细叶结缕草返青最迟,沟叶结缕草的枯黄期最晚。在供试的5种1变种植物中,结缕草的孕穗初期和盛花期的物候期差异范围均大于其他4种1变种,尤其是盛花期的早晚差异近2个月;沟叶结缕草和细叶结缕草的物候期变异幅度相对较小;中华结缕草各物候期的差异幅度居中,这与各种源原产地的分布范围大小相一致。

相关分析结果表明,结缕草属植物各物候期有一定的相关性。孕穗越早,开花和结实越早,枯黄越早,青绿期越短,这一规律符合植物的一般性生长发育规律,而各种源开花和结实等生殖期的早晚与返青期的早晚没有必然联系,这是因为植物成熟的早晚是由植物本身对光周期及其周围环境因子综合反应所决定的,而返青期的早晚则与抗寒性有关^[8]。

结缕草属植物的返青期与青绿期呈极显著的负相关,而枯黄期与青绿期呈极显著的正相关,也就是说返青越早青绿期越长,而枯黄越早则青绿期越短,

返青期与枯黄期之间不存在显著的相关关系。根据这些物候期规律可以选育出返青早而枯黄迟的选系,也就是说,可以通过系统选育方法,选育出一些青绿期较长的结缕草优良选系。

通过对结缕草属植物物候期的观测分析,明确了结缕草属不同植物的物候规律,尤其是通过对开花物候期(包括初花期和盛花期)的观察,发现供试的结缕草属植物的花期之间有重叠,这一规律为结缕草属植物的种间杂交创造了条件。此外,观赏性是草坪草的重要功能之一,明确了结缕草的开花物候期后,可以在花期通过修剪和施肥等管理措施使结缕草草坪保持其原有的观赏性,也可为制定结缕草草坪的管理技术和措施提供理论依据。

参考文献:

- [1] Matumura M, Nakajima N, Kurumado K. Genecological studies on Japanese lawn grass (*Zoysia japonica* Steud.) with special reference to the seed propagation characteristics [J]. 岐阜大学农学部研究报告, 1990, 55: 249-257.
- [2] Rapson G L, Wilson J B. Genecology of *Agrostis capillaries* L. (Poaceae)—an invader into New Zealand 1. Floral phenology [J]. New Zealand Journal of Botany, 1992, 30(1): 1-11.
- [3] 郭孝, 陈二秋. 中原地区多年生禾草物候期特点与分蘖动态的研究[J]. 草业科学, 2002, 19(6): 35-38.
- [4] 谢彩云, 尚以顺, 陆瑞霞. 贵州南部地区冷季型草坪草引种栽培的适应性研究[J]. 贵州农业科学, 2002, 30(1): 45-47.
- [5] 李辰琼, 罗天琼. 黑麦草引种栽培试验[J]. 当代畜牧, 2002(1): 28-30.
- [6] 刘学诗, 刘建秀. 中国东部假俭草种质资源多样性初步研究——物候期变异及其规律[J]. 中国农学通报, 2004, 20(5): 180-182.
- [7] 宗俊勤, 郭爱桂, 刘建秀. 中国假俭草种质资源物候期的变异分析[J]. 中国草地学报, 2006, 28(6): 61-67.
- [8] Wu L, Haricandi M A. Winter turf color retention and cold resistance among buffalograss collections [C] // Proceedings of the Sixth International Turfgrass Research Conference. Tokyo: Japanese Society of Turfgrass Science and the International Turfgrass Society, 1989: 137-139.