野牛草有性繁殖的生物学特性及其影响种子生产的因素*

胡晓艳[1], 呼天明[1], 李 敏[2], 杨青川[2]
(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 中国农业科学院 北京畜牧兽医研究所, 北京 100094)

[摘 要] 研究了野牛草的花器官形态、开花习性、雌株的柱头可授性及不同栽培措施对其种子生产的影响。结果表明, 野牛草雌、雄株的花器官在外部形态上差异较大, 开花习性不同, 但花期基本相遇; 雌株柱头可授性在开花后 10 h 内最强, 24 h 后逐渐减弱; 在雄株盛花初期的上午进行人工套袋授粉, 能够获得产量和质量较高的种子; 野牛草施肥和灌水应在雌株抽穗前期及抽穗期进行, 不宜在盛花期进行。

[关键词] 野牛草; 有性繁殖; 种子生产
[中图分类号] S543+. 901 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2007)01-0081-06

On the sexual reproductive biological characteristics and factors affect seed production of Buchloe dactyloides

HU Xiao-yan[1], HU Tian-ming[1], LIM in[2], YANG Qing-chuan[2]
(1 College of Resource and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 Institute of Beijing Animal Science and animal Husbandry, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094, China)

Abstract: The flower organ shape, blossomed habit, acception of stigma of *Buchloe dactyloides* and the influence on the seed production with different management measures were studied. The result indicates the flower organ of male and female of buffalo grass differs greatly on the external shape and characteristics of blooming, but meet basically in florescence. The acception of female stigma is strongest in the latter 10 hours to blossom, after 24 hours, weakens gradually. The artificial wrap bag pollination should choose in the morning at the beginning of blooming period, thus can obtain the high yield and good quality of seed. Fertilization and irrigation should be conducted in the female earing earlier period and the earing period, but not in blooming period.

Key words: *Buchloe dactyloides*; sexual reproduction; seed production

野牛草[*Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.]又名水牛草、牛毛草, 是禾本科(Graminese)画眉草亚科(Eragrostoideae)野牛草属(*Buchloe* Engelm)植物。该草最初主要被用来作牧草种植, 但由于其具有许多优良的坪用特性, 如植株低矮、适应性及抗逆性强、需肥量少、容易养护管理等, 逐渐被用作园林绿化植物[1]。

与其他草坪植物相比, 野牛草有性繁殖比较特殊, 其花单性、同株或异株。而多数草坪植物均为雌雄同株且只有两性花。野牛草进入花期后, 由于雄株的花轴高于株丛, 花粉成熟后草坪呈现明显的黄色, 但雌株开花部位低, 无这种现象。因此, 宜选雌株作

* [收稿日期] 2005-12-28
[基金项目] 草地植被恢复重建关键技术研究与示范(2004BA528B01); 国家"863"项目"优质、抗逆草坪草新种质培育技术研究"(2001AA244051)
[作者简介] 胡晓艳(1977-), 女, 北京平谷人, 在读博士, 主要从事草坪草、牧草品种选育及生物技术研究。
[通讯作者] 呼天明(1958-), 男, 内蒙古伊金霍洛旗人, 教授, 博士生导师, 主要从事牧草繁育及草畜一体化研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

为草坪草。此外,作为草坪植物,野牛草的绿期较短,花期较早较长,尽管通过刈割及水肥管理等栽培措施可以适当延长绿期,但对于大面积粗放管理的草坪而言,通过品种改良和性别控制是解决这一问题更为经济有效的方法,而野牛草的品种改良依赖于对其生殖生物学、遗传学以及生理生态学等方面的研究[2]。目前野牛草前期的育种工作大部分是在无性繁殖基础上进行的,对其有性繁殖及遗传基础方面的研究报道较少[3-4]。本试验拟对草坪型野牛草有性繁殖的生物学特性进行研究,以期探明其开花结实规律,繁殖器官显微形态及影响种子生产的因素,为该草的进一步利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

本试验在中国农业科学院畜牧研究所草坪草Ⅲ号试验田进行,试验从 2005 年 4 月下旬开始至 2005 年 7 月上旬结束。供试材料从近 50 份野牛草种质材料中选择的一号雌株和一号雄株,由中国农业科学院畜牧研究所提供。

1.2 大田调查

1.2.1 花期调查 于 2005 年 4 月底至 5 月初观察并记录野牛草生殖枝和小穗时间及出现的部位;当野牛草抽穗期结束后,在样地中按对角线选取 3 个 4 m^2 的样区,分别观察记录野牛草雌株和雄株的盛花期起止时间。

1.2.2 每日开花时间及开花动态调查 在野牛草花期,选择晴朗无风的一天从早上 06:00 到晚上 20:00,间隔 1 h 连续观察雌、雄株的开花顺序、开花动态及开花高峰出现时间[5]。

1.2.3 每花开花时间及开花动态调查 在样地中随机标记 20 个即将开放小花的花序,记录其开放至枯萎的日期。

1.3 花药、花粉及柱头形态观察

在野牛草整个花期选取不同发育阶段且刚刚开放尚未散粉的初开花,用镊子取下花药(柱头),置于小瓶内,用 FAA 固定液固定,体积分数 70% 酒精保存[6]。分别取单个花药、柱头及少量花粉置于载玻片上,在型号为 BH-2 C35-AD 的 OLYMPUS 电子显微镜下进行观察。

1.4 柱头可授性检测[6]

将开花后 0.17, 0.5, 1, 3, 10, 24, 48 和 72 h 的柱头置入含有联苯胺-过氧化氢反应液(质量分数 1% 联苯胺、质量分数 3% 过氧化氢、蒸馏水的体积比为 4∶11∶22)的血球计数板上,在电子显微镜下观察柱头可授性并统计可授率。若柱头具有可授性,则柱头及周围的反应液呈淡蓝色并有大量气泡出现;反之,则无。

1.5 不同授粉时间对种子产量与品质的影响

雄株开始散粉前,选择一号雌株中健康无病、具有本品种典型性状的植株进行套袋,共套 150 株。当一号雄株大量花粉成熟后,从 05-19 开始,每隔 2 d 取下 25 个袋子对野牛草雌花进行人工授粉,共授粉 5 次。授粉后继续套袋隔离,授粉时间为每天上午 09:00～10:30。05-19 下午 16:00～17:30 采用与上午相同方法授粉 1 次,以比较同一天上午授粉与下午授粉的差异。从授粉之日起,每 7 d 采集种子 1 次,每次采 5 袋,共采种 4 次,以备实验室分析。测定指标有种子含水量、可溶性糖含量、淀粉含量[7];种子成熟时统计不同授粉时期种子千粒重、单个颖果籽实数;用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定种子活力[8-9]。

1.6 不同管理措施对野牛草结实的影响

本试验设两种管理措施:F,施肥(磷酸二铵 25 g/m^2,施肥后采用喷灌,以刚好湿润整个小区地面为标准);W,充足灌水,采用漫灌,即每小区旁边挖 1 条 15 cm 深,20 cm 宽的蓄水沟,以沟中灌满水为充足灌水的标准。每种管理措施实施时间设 3 个水平:A,在抽穗前进行;B,在抽穗期进行;C,在盛花期进行;以不采取任何管理措施的小区为对照(CK),共设 FA,FB,FC,WA,WB,WC,CK 7 个处理,每处理重复 3 次,共 21 个小区,小区面积为 4 m×8 m,完全随机排列。每处理解剖 20 个颖果统计单个颖果籽实数。

2 结果与分析

2.1 野牛草花器官形态及开花习性

2005-04-29,对野牛草在田间进行观察可知,有少量生殖枝开始长出。雌株、雄株和雌雄同株的野牛草生殖枝均从分蘖结处抽出直立茎,茎上叶片短小,茎先端膨大,略带紫色。雌雄花序被膨大的叶鞘所包。雌花序 1～4 枚,小花 2～5 个簇生成头状,开花前柱头不外伸,开花时紫红色柱头外伸。外稃膜质,具多个芒尖,内稃膜质且无芒(图 1-A)。雄花序多为 2～4 枚,小穗无柄,呈两行复瓦状排列于小穗轴两侧,未成熟小花外稃为淡绿色,无芒,后慢慢转紫,每小花 3 枚花药,幼嫩花药为黄绿色,成熟时多为橙红色,也有少量为明黄色(图 1-B)。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

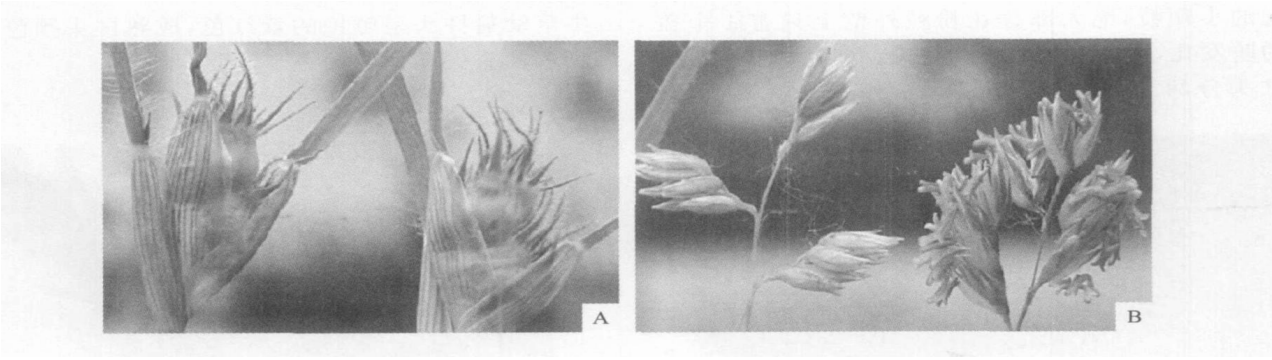

图 1　野牛草花器官形态的观察

A. 雌花; B. 雄花

Fig. 1　Flower of *Buchloe dactyloides*

A. Female flower; B. Male flower

表 1 表明, 野牛草雌、雄株的盛花期均在 5 月中下旬, 雌花的盛花期及单花开放时间较雄花长, 二者花期基本相遇。雄花日开花高峰时间集中在上午 08: 00～ 11: 00, 每个花序开放顺序是自花序中部至花序两端, 而雌花无明显的日开花高峰时间和花序开放顺序。由此可见, 若对野牛草进行人工授粉, 在盛花期上午 08: 00～ 11: 00 进行则更易采集花粉。

表 1　野牛草雌雄株的开花习性

Table 1　Flowering characteristics at male and female plants of *Buchloe dactyloides*

野牛草的花 Flower of *Buchloe dactyloides*	盛花期 Blooming stage	日开花高峰时间 Climax time of blooming in day	单花平均开花期/d Average blooming stage of single flower	花序开放顺序 Blooming order of inflorescence
雄花 Male	05-16～ 05-28	08: 00～ 11: 00	5～ 7	自花序中部至花序两端 Middle to base and top of inflorescence
雌花 Female	05-15～ 06-02	无明显开花高峰时间 No obviously climax time of blooming	7～ 8	无明显顺序 No obviously order

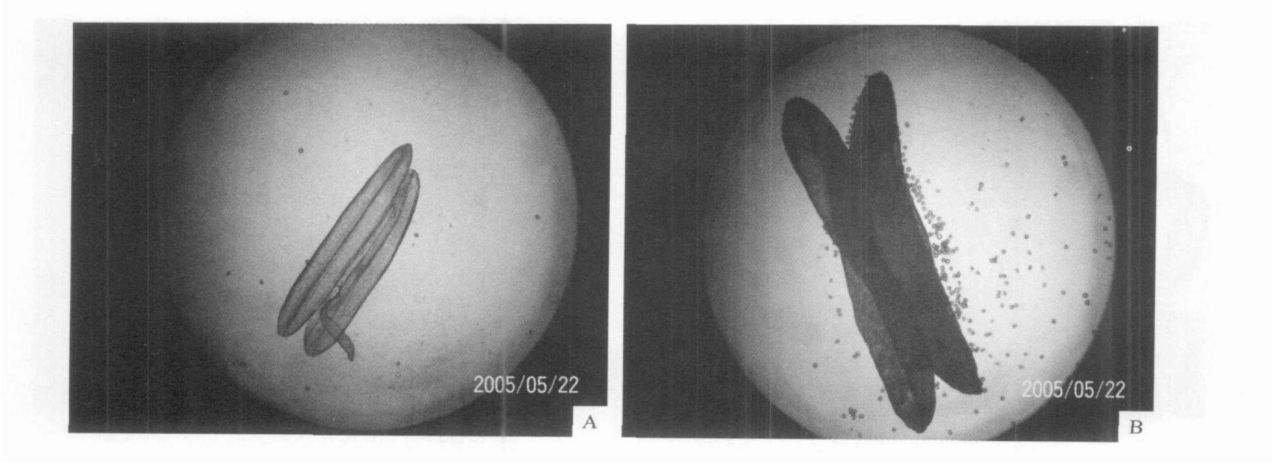

图 2　野牛草花药(×100)

A. 未成熟花药; B. 成熟花药

Fig. 2　Anther of *Buchloe dactyloides*(×100)

A. Non-mature anther; B. Mature anther

2.2　野牛草花药、花粉及柱头形态

观察可知, 野牛草未成熟花药(图 2-A)为黄绿色, 药囊中还未形成花粉; 成熟花药(图 2-B)为橙红色, 药囊中形成大量花粉, 野牛草单个花药花粉数可达 3 万～ 4 万个。野牛草成熟花粉粒外观为淡黄色粉末, 在电镜下呈不规则多裂圆形或椭圆形, 表面有

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

突起的小颗粒,绝大部分花粉粒外壁上只有 1 个盖状的萌发孔,说明花粉粒发育完全(图 3)。野牛草成熟柱头分两叉,呈羽毛状(图 4),相关资料报道,野牛草幼龄柱头呈鲜艳的紫红色,成熟柱头颜色变暗,衰老柱头尖端呈紫褐色[3]。

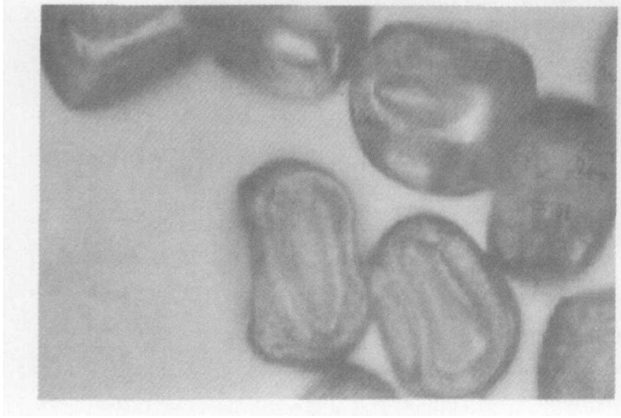

图 3 野牛草花粉粒 (×200)

Fig. 3 Pollen of *Buchloe dactyloides* (×200)

图 4 野牛草成熟柱头(×200)

Fig. 4 Mature stigma of *Buchloe dactyloides* (×200)

2.3 野牛草雌株柱头可授性检测

从表 2 可以看出,野牛草雌株柱头在开花 10 h 内可授性较好(图 5); 24 h 后,部分柱头可授性降低(图 6); 72 h 后,柱头可授性急剧下降,但仍有部分柱头可授。

表 2 野牛草雌株开花后不同时间柱头的可授率

Table 2 The acceptived ratio of stigma of *Buchloe dactyloides* at different times after blooming %

品种 Species	0.17 h	0.5 h	1 h	3 h	10 h	24 h	48 h	72 h
一号雌株 Female plant No. 1	100(+)	100(+)	100(+)	100(+)	100(+)	85 (++/-)	70 (+/-)	40 (+/-)

注: + 表示柱头可授性较强, ++/- 和+/- 均表示柱头可授性较弱。

Note: + means the acceptived of stigma is good, ++/- and +/- means the acceptived of stigma weaken.

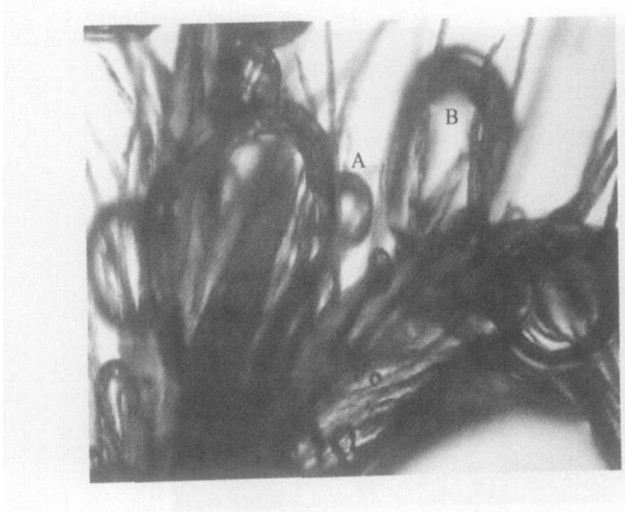

图 5 可授性较强的野牛草柱头(×200)

A. 花粉; B. 气泡

Fig. 5 Strong acceptived stigma of *Buchloe dactyloides* (×200)

A. Pollen; B. Bubble

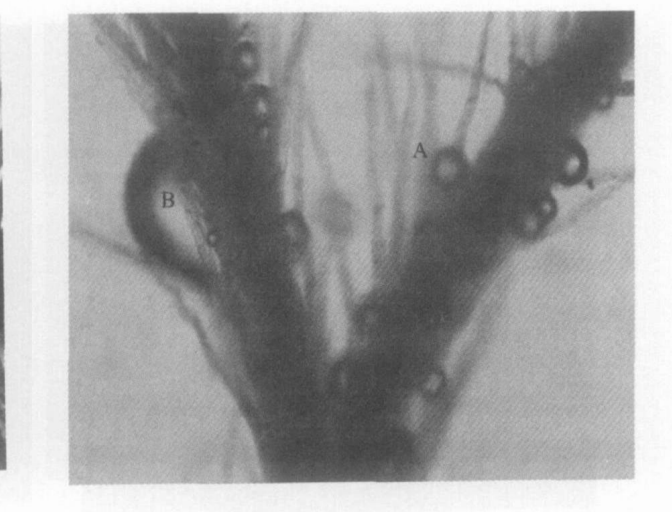

图 6 可授性较弱的野牛草柱头(×200)

A. 花粉; B. 气泡

Fig. 6 Weak acceptived stigma of *Buchloe dactyloides* (×200)

A. Pollen; B. Bubble

2.4 不同授粉时间对野牛草种子产量与质量的影响

种子含水量、可溶性糖含量和淀粉含量的变化均能反映种子成熟度。种子成熟过程中,种子含水量和可溶性糖含量降低,淀粉含量升高[9]。从表 3 可以看出,野牛草花期不同时间进行授粉,其种子含水量差异均不显著($P > 0.05$)。05-19 上午授粉,野牛草

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

种子可溶性糖含量与下午授粉间差异不显著($P > 0.05$), 但授粉不同日期间有差异, 其中 05-19 授粉的种子可溶性糖含量均显著高于 05-25($P < 0.05$), 表明较早授粉有利于可溶性糖含量的积累。除了第 1 次采样外, 其余 3 次采样 05-19 上午与下午授粉对野牛草种子淀粉含量的影响差异显著($P < 0.05$), 上午授粉的种子淀粉含量均显著高于下午($P < 0.05$), 表明上午授粉的种子成熟度优于下午授粉种子。

表 3　不同授粉时间对野牛草种子质量的影响

Table 3　Effect of different pollination dates on seed quality　　g/kg

采种次数 Number of collecting seed	授粉日期 Pollination date	种子含水量 Water contnet of seed	可溶性糖含量 Soluble sugar content	淀粉含量 Starch content	采种次数 Number of collecting seed	授粉日期 Pollination date	种子含水量 Water contnet of seed	可溶性糖含量 Soluble sugar content	淀粉含量 Starch content
第 1 次 First	05-19 上午 Morning	747.4 a	5.0 a	0.6 a	第 3 次 Third	05-19 上午 Morning	693.9 a	3.1 a	2.6 a
	05-19 下午 Afternoon	733.3 a	4.1 a	0.4 a		05-19 下午 Afternoon	702.9 a	2.6 a	2.0 b
	05-21	728.6 a	3.0 b	0.7 a		05-21	700.1 a	2.2 b	2.7 a
	05-23	731.6 a	3.2 b	0.6 a		05-23	669.9 a	2.4 ab	2.5 a
	05-25	708.8 a	3.0 b	0.5 a		05-25	642.5 a	1.9 b	2.8 a
第 2 次 Second	05-19 上午 Morning	717.0 a	3.2 a	1.6 a	第 4 次 Fourth	05-19 上午 Morning	638.7 a	1.8 a	4.5 a
	05-19 下午 Afternoon	709.6 a	3.9 a	1.0 b		05-19 下午 Afternoon	671.0 a	2.0 a	3.5 b
	05-21	707.8 a	2.8 a	1.5 a		05-21	663.8 a	1.6 ab	4.4 a
	05-23	684.2 a	2.5 a	1.6 a		05-23	642.5 a	1.9 a	3.9 ab
	05-25	695.9 a	2.0 b	1.3 ab		05-25	633.8 a	1.2 b	3.6 b

注: 同列数据后标相同字母者表示差异不显著($P > 0.05$); 不同字母者表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

Note: Values followed by the same letters within a column are not significance ($P > 0.05$), have completely different letters indicate significance ($P < 0.05$).

单个颖果籽实数和种子千粒重是种子产量形成的重要因子, 种子生活力则是判断种子质量优劣的一个重要指标。从表 4 可以看出, 05-19 上午授粉的单个颖果平均籽实数最多, 而且种子生活力最强, 与 05-19 下午和 05-25 授粉的种子生活力差异显著($P < 0.05$); 05-21 授粉的种子千粒重最大, 且 05-19 上午授粉的种子千粒重显著高于下午授粉的种子。因此, 对野牛草进行人工授粉, 时间应选择在盛花初期, 且宜在上午进行。

表 4　不同授粉时间对野牛草种子千粒重和生活力的影响

Table 4　Effect of different pollination dates on 1 000 seed weight and activity of seed

授粉日期 Pollination data	单个颖果平均籽实数 Seed amount of single fruit	千粒重/g 1 000 seed weight	种子生活力/($\mu g \cdot mL^{-1}$) Activity of seed
05-19 上午 Morning	3.2 a	28.25 a	68.9 a
05-19 下午 Afternoon	2.7 b	26.87 b	64.5 b
05-21	2.9 a b	29.43 a	66.7 a b
05-23	2.8 b	28.52 a	67.1 a
05-25	2.8 b	27.26 a b	63.3 b

表 5　不同管理措施对野牛草单个颖果籽实数的影响

Table 5　Influence of different management measures on seed amount of single fruit

处理 Treatment	0 粒 Zero grain	1 粒 One grain	2 粒 Two grain	3 粒 Three grain	4 粒 Four grain	5 粒 Five grain	6 粒 Six grain	总籽实数 Total grain	单个颖果籽实数 Average grain/entey
FA	0	0	4	5	9	2	0	69	3.5 a
FB	0	0	3	7	8	1	1	70	3.5 a
FC	0	0	6	6	8	0	0	62	3.1 a b
WA	0	3	6	4	6	1	0	56	2.8 c
WB	0	1	2	7	8	2	0	68	3.4 a
WC	0	0	6	7	7	0	0	61	3.1 b
CK	0	1	5	9	4	1	0	59	3.0 b

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.5 不同管理措施对野牛草种子产量的影响

表 5 表明,野牛草单个颖果籽实数多为 2~4 粒。与对照相比,在抽穗前和抽穗期施肥及抽穗期灌水均能显著增加野牛草单个颖果籽实数($P < 0.05$);与施肥措施相比,在抽穗前多灌水反而会减少单个颖果籽实数,可能是由于充足的水分促进了其营养生长,从而不利于其生殖生长。

由表 6 可知,充足灌水处理较施肥处理能增加野牛草种子的平均千粒重,尤其是在抽穗前和抽穗期充足灌水($P < 0.05$);野牛草平均种子产量以抽穗前施肥处理最高,其除与抽穗期施肥处理和抽穗期灌水处理差异不显著外,与其他处理差异均达显著水平($P < 0.05$);与对照相比,抽穗前和抽穗期施肥及抽穗期灌水均能显著提高平均种子产量,但盛花期施肥和盛花期灌水均会使种子产量降低。

表 6 不同管理措施对野牛草种子千粒重及产量的影响

Table 6 Influence of different management measures on 1 000 seed weight and seed yield

处理 Treatment	平均千粒重/g Average 1 000 seed weight	平均种子产量/(kg·m^{-2}) Average seed yield	处理 Treatment	平均千粒重/g Average 1 000 seed weight	平均种子产量/(kg·m^{-2}) Average seed yield
FA	28.86 a	0.26 a	WB	30.30 b	0.25 a
FB	25.12 c	0.25 a	WC	29.22 a b	0.23 b
FC	27.67 a c	0.20 c	CK	27.16 a c	0.24 b
WA	30.80 b	0.24 b			

3 讨论与结论

(1)不同类型牧草开花具有一定的规律性。一般禾本科草类开花期较短,为 5~15 d,而豆科牧草花期可持续 1~2 个月[10]。本试验对野牛草的开花习性分析结果表明,野牛草花期较长,盛花期能维持半个月,雌花、雄花的花期基本相遇,雌花柱头可授性持续时间较长,结实率及产量均较高。因此,野牛草有性繁殖潜力较大,而且利用其雌雄异株的特点,能方便地进行人工授粉和选择杂交,培育性状优良的野牛草新品种。

(2)授粉情况与种子产量和品质关系极大,生产上常采用人工辅助授粉提高牧草的授粉率,以增加种子产量。由于野牛草多为雌雄异株植物,且种内变异非常丰富,因此通过人工杂交授粉进行新品种选育较其他植物方便。本试验结果表明,人工授粉时间的选择对野牛草种子产量和质量有一定影响,根据其开花习性,盛花期开始后,越早授粉种子质量越好,且在一天当中,授粉时间应选择在上午进行。

(3)野牛草抗逆性强,管理粗放,对土壤和水肥的要求不高,但适当的水肥管理可以提高其种子的产量和质量。施肥和灌水影响野牛草不同的产量形成因子,在本试验中,施肥有利于增加单个颖果籽实数,而灌水更能提高野牛草的千粒重。此外,为了保证较高的种子产量和质量,施肥和灌水时间应根据野牛草不同生育期进行调整。一般牧草种子产量的基础是在建植阶段和花序分化这两个阶段奠定的,在营养生长后期或开花初期适当缺水,对增加种子产量有一定好处[2]。本试验结果表明,野牛草施肥和灌水最好在抽穗前及抽穗期进行,盛花期灌水会使种子产量降低,这可能是由于野牛草结实部位较低,灌水后不利于其有效授粉。在种子生产实践中可采用抽穗前施肥结合少量灌水,抽穗期施肥并充足灌水,盛花期尽量不进行水肥管理的措施来提高种子产量。

[参考文献]

[1] 李德颖. 野牛草的应用与研究进展[M]//李敏. 草坪品种指南. 北京: 北京农业大学出版社, 1993: 78-84.

[2] 周 禾, 王晓荣. 野牛草生物学特性与坪用性状改良[N]. 中国花卉报, 2005-01-04.

[3] 胡叔良. 野牛草开花结实习性初步观察[J]. 园艺学报, 1965(3): 173-176.

[4] Wu Lin, Ali H, Harvindi, et al. Observations on buffalograss sexual characteristic and potential for seed production improvement[J]. Hort Science, 1984, 19(4): 505-508.

[5] 边才苗, 金则新, 李军敏. 七子花的繁殖生物学研究[J]. 云南植物研究, 2002, 24(5): 613-618.

[6] 贺俊英, 王六英, 易 津, 等. 驼绒藜属 3 种植物开花习性及雌花柱头微形态研究[J]. 草地学报, 2003, 11(2): 120-124.

[7] 黄学林, 陈润政. 种子生理实验手册[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 40-43.

[8] 徐 荣, 韩建国. 草坪型高羊茅种子成熟过程中活力变化及适宜收获期研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 834-839.

[9] 赵世绪. 作物生殖生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1986: 79.

[10] 韩建国. 实用牧草种子学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1997: 52.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net