

7个紫花苜蓿品种开花习性与结荚关系的动态研究

呼天明¹, 胡晓宁¹, 宋江湖², 王隼珍¹,
牛小平¹, 杨培志¹

(1 西北农林科技大学 动物科技学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西农业分子生物中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**探讨紫花苜蓿品种开花习性与结荚性的关系, 为进行科学杂交和提高种子品质及产量提供依据。**【方法】**采用田间调查的方法, 分别对7个紫花苜蓿品种的单个花序小花数、开花与结荚动态、单个花序结荚数、单个荚内种子数及其相关性进行了观察研究。**【结果】**晴天时, 7个紫花苜蓿品种开花均始于7:00左右, 终于19:00左右; 龙骨瓣一般9:00以后开放, 10:00~15:00是龙骨瓣开放高峰期, 也是昆虫活动的高峰时期; 7个紫花苜蓿品种结荚过程呈现类似规律, 即开始时结荚数不断增加, 达到一定水平后保持稳定, 而后基本不再变化。关中苜蓿、固原紫花的单个花序小花数、单个花序结荚数和单个荚内种子数较国外引进的5个紫花苜蓿品种低, 单个花序小花数与单个花序结荚数呈显著正相关, 与单个荚内种子数呈极显著正相关; 单个花序结荚数与单个荚内种子数相关不显著。**【结论】**10:00~15:00是苜蓿授粉的高峰时期, 也是进行苜蓿杂交的最佳时期。

【关键词】 紫花苜蓿; 开花动态; 结荚动态

【中图分类号】 S551⁺.703.7

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2008)04-0069-06

Dynamic study on the relationship between flowering and podding of 7 varieties *Medicago sativa* L.

HU Tian-ming¹, HU Xiao-ning¹, SONG Jiang-hu², WANG Quan-zhen¹,
NIU Xiao-ping¹, YANG Pei-zhi¹

(1 College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Agricultural Molecular Biology Center in Shaanxi, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The study was to provide a basis for scientific hybrid and improve seed quality and yield of *Medicago sativa* L. **【Method】** A field survey method is used in this paper to conduct a study on the relationship between the flowering and pod ding in 7 *Medicago sativa* L. varieties. **【Result】** The flowers of *Medicago sativa* L. bloomed from 7:00 to 19:00 in daytime only. The time of keel's blooming is generally after 9:00, while the flowering peak of *Medicago sativa* L. which is insect activity peak falls on 10:00—15:00. There is a similar law in the podding process of 7 *Medicago sativa* L. varieties, namely the number of pods of 7 *Medicago sativa* L. keeps in creasing until reaching maximum, and then keep stable. 7 varieties of *Medicago sativa* L. have obvious flowering peaks. 7 *Medicago sativa* L. varieties'single inflorescence florets is remarkably correlated with a single inflorescence pods number, and was significantly positive correlation with the number of single pod seeds. But the correlated is not significant between the num-

* [收稿日期] 2007-03-15

[基金项目] 科技部国际科技合作项目(2006DFA33630); 陕西省科技攻关项目(2006K03-G4)

[作者简介] 呼天明(1958—), 男, 内蒙古鄂尔多斯人, 教授, 博士生导师, 主要从事牧草繁育及草畜一体化研究。

ber of single inflorescence pods with a single pod seed.【Conclusion】 The peak period of *Medicago sativa* L. pollination is 10:00—15:00, which is the best time for cross-breeding.

Key words: *Medicago sativa* L.; flowering dynamics; podding dynamic

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)作为一种优质蛋白质饲料,广泛种植于世界各地,并在我国畜牧业发展及西部生态系统恢复与重建中扮演着重要角色。牧草种子是牧草生产的基础,因此牧草种子生产在整个大农业生产中的作用十分重要。苜蓿开花习性的研究不仅与其种子产量密切相关,而且能为种子田的科学管理及杂交育种工作提供依据。目前,国内有关苜蓿开花习性与种子产量关系的研究较多,结果表明,紫花苜蓿品种植株群体花序小花数和荚内种子数的变动范围都很大^[1];植株小花数与结荚数呈正相关,与荚内种子数无明显的相关性^[2];苜蓿小花一般在 8:00 左右开始开放,10:00~14:00 达到开花高峰,立秋前后分别于 20:00,18:00 停止开放^[3]。但在不同地区、不同品种间苜蓿的开花习性与结荚动态差异较大^[4],有关关中地区苜蓿开花习性与结荚动态的关系尚未见报道。本研究在陕西关中地区,对 Sanditi、Affinity、Haygrazer、Total、Victoria、关中苜蓿和固原紫花 7 个紫花苜蓿品种的开花习性进行了观测,并对其开花动态、传粉及最佳收种期进行了分析,以期苜蓿开花习性、结实动态、人工杂交、种子田间管理等研究提供理论依据和科学参考。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况

试验地设在陕西杨凌国际会展中心北 200 m,该地区属秦岭北麓渭河平原,地理位置北纬 34°21′,东经 108°10′,海拔 454.8 m,年均日照时数 2 150 h,年均气温 12~14 ℃,极端最高气温 39~40 ℃,极端最低气温-21~-15 ℃,为暖温带半湿润气候,年均降水量 621.6 mm,且主要集中于 7~9 月份,春季降水偏少,气候干旱。试验地土层深厚,含有机质 15.0 g/kg,全氮 15.6 mg/kg,磷≥3.4 mg/kg,速效钾 165 mg/kg,pH 8.26。

1.2 试验材料与试验设计

1.2.1 供试材料 供试的 7 个苜蓿品种是经过本地 3 年综合多因素对比试验后,从 22 个国内外优良紫花苜蓿品种中筛选出来的,包括 5 个国外优良品种和 2 个国内育成品种,详见表 1。

1.2.2 田间设计及管理 试验于 2002-03-31 人工开沟播种,播种深度 2 cm,行距 30 cm,播种量 15 kg/hm²。各品种随机排列,每品种设 3 个重复,每重复小区面积为 2 m×5 m,每小区 7 行,各小区间隔 1 m 宽的土埂。田间管理为旱作,人工除草并控制病虫害。

表 1 供试 7 个紫花苜蓿品种的名称和来源			
Table 1 Name and source of 7 alfalfa varieties			
编号 Code	品种 Variety	原产地 Source	秋眠级 Fall
1	Haygrazer	加拿大 Canada	4
2	固原紫花 Guyuanzihua	中国 China	未知 Unknown
3	Affinity	美国 America	4
4	Victoria	美国 America	6
5	Total	美国 America	3
6	Sanditi	荷兰 Holland	5
7	关中苜蓿 Guanzhongmuxu	中国 China	未知 Unknown

1.3 研究方法

2006-06 分别在各小区中选取同一天现蕾的花序 50 个,于翌日 6:00~20:00 每小时统计并记录 1 次旗瓣、翼瓣和龙骨瓣的开放小花数及开放小花数之和,连续观察 3 d。

2006-06-07 分别在各牧草开花和结荚盛期内,每品种选取 1 000 个植株,大范围调查各紫花苜蓿品种单个花序小花数和单个花序结荚数,并取 500 个荚果,调查单个荚内种子数。

从 2006-05-10 开始,分别在各小区内随机选取同一天现蕾的 5 个苜蓿株丛,以后每隔 5 d 统计开放的花序数和结荚的花序数,直至花期结束。

1.4 数据处理

采用 Excel 进行数据分析与处理。

2 结果与分析

2.1 7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数的比较

由表 2 可知,7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数差异显著,其中 Sanditi 单个花序小花数平均值最大,为 72.58;Haygrazer 次之,平均值为 69.22;固原紫花平均值最小,为 40.23。由图 1 可以看出,7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与其出现频数构成的曲线符合正态分布,这与吴素琴等^[1]的试验结果基本一致。

表 2 7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数的比较

Table 2 Comparison of 7 alfalfa varieties' single inflorescence florets

品种 Variety	平均值 Mean	标准误 Std. error	标准偏差 Std. deviation	最小值 Minimum	最大值 Maximum
Haygrazer	69.22 B	0.48	15.03	30	105
固原紫花 Guyuanzihua	40.23 F	0.29	9.18	16	60
Affinity	64.03 D	0.41	13.09	30	95
Victoria	68.17 BC	0.48	15.13	30	105
Total	67.83 C	0.37	11.71	35	100
Sanditi	72.58 A	0.48	15.04	32	105
关中苜蓿 Guanzhongmuxu	55.92 E	0.33	10.35	30	80

注:同列数据后标不同字母者表示差异显著($P<0.05$)。下表同。

Note:Data signed by different letters in the same column show that the difference is significant between the varieties($P<0.05$). The following tables are the same.

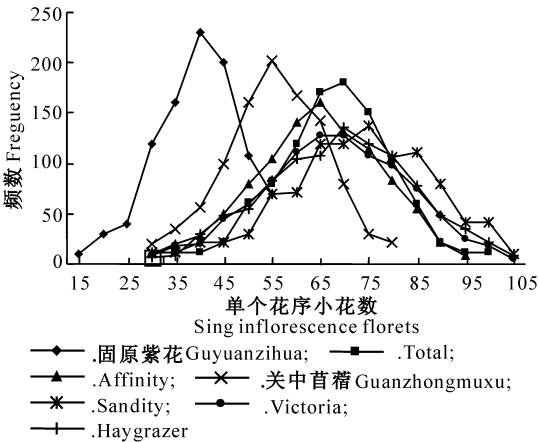


图 1 7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数出现频数的分布曲线

Fig. 1 Distribution curve of 7 different alfalfa varieties, sing inflorescence florets frequency

2.2 7 个紫花苜蓿品种的开花与结荚动态

2.2.1 日开花动态 苜蓿的开花与气候有密切关系,晴天开花较阴雨天多。开花时,小花旗瓣、翼瓣、龙骨瓣依次陆续打开,龙骨瓣一般 9:00 以后开放。由图 2 可见,晴天一般 7:00 左右开始开花,19:00 左右停止开花,这与耿华珠等^[5]研究北京地区苜蓿 7:00~18:00 开花的试验结果基本一致。10:00~15:00 为龙骨瓣开放高峰期,也是昆虫活动的高峰

表 3 7 个紫花苜蓿品种单个花序结荚数的比较

Table 3 Comparison of 7 alfalfa varieties' single inflorescence pods

品种 Variety	平均值 Mean	标准误 Std. error	组中值 Median	众数 Mode	标准偏差 Std. deviation	最大值 Maximum	最小值 Minimum
Haygrazer	23.50 D	0.48	24	26	3.79	32	15
固原紫花 Guyuanzihua	20.74 E	0.29	20	20	4.65	32	10
Affinity	28.22 B	0.41	28	28	3.66	35	20
Victoria	28.36 B	0.48	28	28	3.11	36	22
Total	28.21 B	0.37	28	30	3.43	35	20
Sanditi	31.10 A	0.48	31	30	3.97	40	22
关中苜蓿 Guanzhongmuxu	24.22 C	0.33	24	30	3.53	32	16

2.4 7 个紫花苜蓿品种单个荚内种子数的比较

由表 4 可知,7 个紫花苜蓿品种单个荚内种子

期。因此,苜蓿杂交的授粉时期应为 10:00~15:00。

2.2.2 年开花与结荚动态 紫花苜蓿具有无限开花习性,花期较长,从 5 月初开始可以一直持续到 8 月上旬。通过对 7 个紫花苜蓿品种花期的连续观察可知,除固原紫花和关中苜蓿外,其他 5 种紫花苜蓿品种在整个过程中都有明显的开花高峰,且主要集中在 6 月底。其中,Haygrazer 和 Victoria 在始花后 15 d 左右有一明显的开花高峰,Affinity 在始花 20 d 左右有一明显的开花高峰;Sanditi 和 Total 在 5 月中旬和 6 月中旬左右有 2 次开花高峰。

紫花苜蓿自初花期开始就有荚果形成,且荚果数开始时不断增加,在达到一定水平后结荚数保持稳定。Haygrazer 和 Victoria 结荚数在 7 月上旬就基本不再变化,固原紫花和关中苜蓿均在 7 月中旬达到稳定,Affinity 在 07-10 左右达到最大值后逐渐稳定。7 个紫花苜蓿品种荚果成熟后基本无落荚现象。

2.3 7 个紫花苜蓿品种单个花序结荚数的比较

由表 3 可知,Sanditi 单个花絮结荚数的平均值显著高于其他紫花苜蓿品种,固原紫花单个花絮结荚数的平均值显著低于其他紫花苜蓿品种,Affinity、Victoria 和 Total 单个花絮结荚数的平均值显著高于关中苜蓿和 Haygrazer。

数差异较大,最多的为 12 粒,最少的仅有 2 粒。固原紫花和关中苜蓿单个荚内种子数显著低于其他 5

个紫花苜蓿品种。Haygrazer、固原紫花、Victoria、Sanditi 和关中苜蓿单个荚内种子数的组中值与众数相同,说明其出现频率最高的单个荚内种子数位于种子数分布范围最中间的位置。

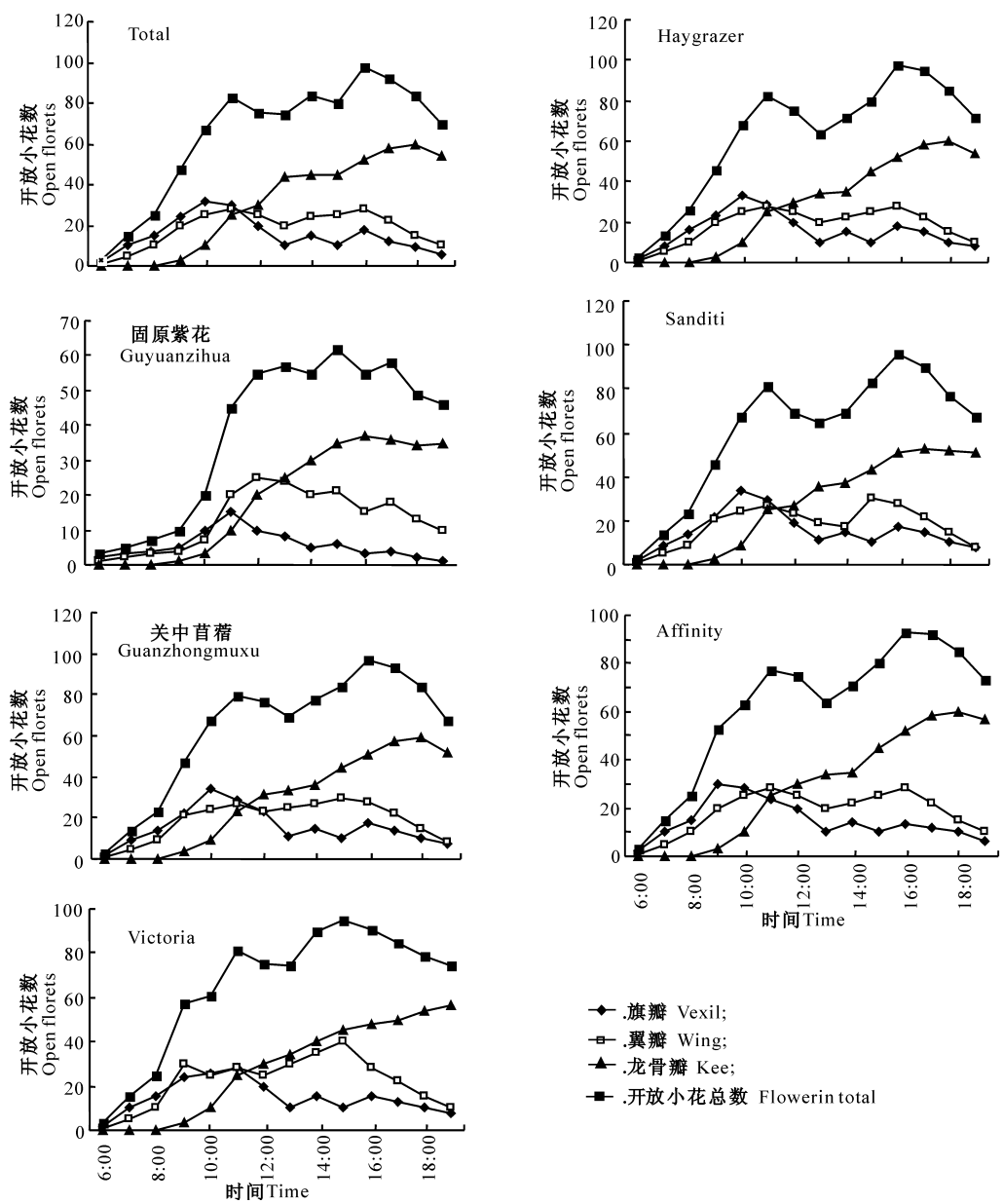


图 2 7 个紫花苜蓿品种的日开花动态

Fig. 2 Daily flowering dynamic of 7 alfalfa varieties

表 4 7 个紫花苜蓿品种单个荚内种子数的比较

Table 4 Comparison of 7 alfalfa varieties' single pod seeds

品种 Variety	平均值 Mean	标准误 Std. error	组中值 Median	众数 Mode	标准偏差 Std. deviation	最大值 Maximum	最小值 Minimum
Haygrazer	8.16 A	0.44	9	9	2.21	12	3
固原紫花 Guyuanzihua	5.76 B	0.31	6	6	1.56	8	2
Affinity	7.72 A	0.36	8	9	1.79	11	4
Victoria	8.40 A	0.40	9	9	2.00	12	4
Total	7.92 A	0.44	8	9	2.21	12	3
Sanditi	7.85 A	0.43	9	9	2.13	12	3
关中苜蓿 Guanzhongmuxu	6.00 B	0.28	6	6	1.35	8	3

2.5 7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与结荚数
和荚内种子数的相关分析

由表 5 可知,7 个紫花苜蓿品种单个花序结荚数与单个荚内种子数相关性不显著;单个花序小花数与单个花序结荚数呈显著正相关,与单个荚内种子数呈极显著正相关,这与李世雄等^[2]的植株小花数与荚内种子数无明显相关性的结果不一致。

表 5 7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与结荚数
和荚内种子数的相关性

Table 5 The correlation of 7 alfalfa varieties' inflorescence
flower, inflorescence pods and pod seeds

	单个花序 小花数 Inflorescence flower	单个花序 结荚数 Inflorescence pods	单个荚内 种子数 Pod seeds
单个花序小花数 Inflorescence flower	1.000 00	0.795 41 *	0.901 01 * *
单个花序结荚数 Inflorescence pods		1.000 00	0.684 23
单个荚内种子数 Pod seeds			1.000 00

注: * 表示显著相关 ($P < 0.05$); * * 表示极显著相关 ($P < 0.01$)。
Note: * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed);
* * Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

3 讨 论

3.1 紫花苜蓿品种的开花、结荚动态

紫花苜蓿品种的单个花序小花数、单个花序结荚数和单个荚内种子数出现频率呈现连续分布,都属于数量性状遗传,是由许多因素共同决定的。7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与其出现频数构成的曲线符合正态分布,这与吴素琴等^[1]的试验结果基本一致。紫花苜蓿的种子产量由单位面积植株群体的有效分枝数、每分枝花序数、每花序小花数、每小花胚珠数、每枝结荚数、每荚种子粒数和种子千粒重等因素构成^[6],其中单位面积每分枝花序数和每花序小花数是种子产量构成的重要因素之一^[7]。

对紫花苜蓿开花、结荚年动态的研究表明,固原紫花和关中苜蓿开花平稳,无明显波动,这可能是因为固原紫花的原产地宁夏固原与本地气候有相似之处,已适应本地的生态环境,或该品种已经多年驯化;而关中苜蓿即为本地品种,对关中地区气候及生态环境有很好的适应性。

3.2 紫花苜蓿品种的植株群体

7 个紫花苜蓿品种植株群体的单个花序小花数、单个荚内种子数差异较大,且影响荚内种子数的因素很多,如心皮胚珠数、昆虫授粉作用、植株营养

等,需要通过多种措施来提高紫花苜蓿品种植株群体荚内种子数,但有关栽培和管理措施对花序小花数的影响,还有待于进一步试验研究。

3.3 紫花苜蓿开花习性与结荚动态的关系

本研究中国内 2 个紫花苜蓿品种(关中苜蓿、固原紫花)的单个花序小花数、单个花序结荚数和单个荚内种子数均不及国外引进的 5 个紫花苜蓿品种(Sanditi、Affinity、Haygrazer、Total 和 Victoria)。7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与单个花序结荚数呈显著正相关,与单个荚内种子数呈极显著正相关;单个花序结荚数与单个荚内种子数的相关不显著。

开花习性也因环境条件的不同而有差异^[7]。韩建国等^[8]调查发现,单个荚内种子数的多少,不仅与品种、植株及花序上的不同位置有关,也与栽培条件密切相关,水分、养分充足,气候适宜,生长健壮的植株单个荚内种子数较多^[9]。张爱勤^[10]在苜蓿传粉特性及其制约种子产量形成因素的研究中认为,传粉强度即沉积到柱头上的花粉粒数,通常与单个荚内种子数呈正相关。较高的花粉败育率导致子房内的部分胚珠因得不到受精而败育,这可能是苜蓿在盛花期结荚率提高,但单个荚内种子数未显著增加的原因之一,但也不能排除其他原因^[11-12]。

4 结 论

(1)在关中地区晴天条件下,紫花苜蓿一般在 7:00~19:00 小花开放,10:00~15:00 为龙骨瓣开放高峰期,是昆虫活动的高峰期,也是进行苜蓿杂交的最佳时期。

(2)7 个紫花苜蓿品种单个花序小花数与单个花序结荚数呈显著正相关,与单个荚内种子数呈极显著正相关;单个花序结荚数与单个荚内种子数相关不显著。国内 2 个紫花苜蓿品种(关中苜蓿、固原紫花)的单个花序小花数、单个花序结荚数和单个荚内种子数均不及国外引进的 5 个紫花苜蓿品种(Sanditi、Affinity、Haygrazer、Total 和 Victoria)。因此,应利用当地种质资源,结合国外优良种质资源,运用传统育种方法或现代分子生物学手段,进行包含预定育种目标的苜蓿新品种选育意义重大。

[参考文献]

[1] 吴素琴,张自和. 紫花苜蓿植株群体花序花朵数及荚内种子数的数量特征分析[J]. 草业学报,2003,12(5):77-79.
Wu S Q,Zhang Z H. Inflorescence flowers and pod seed quanti-

ty characteristics of *Medicago sativa* [J]. Acta Pratacultural Science, 2003, 12(5): 77-79. (in Chinese)

[2] 李世雄, 王彦荣, 孙建华. 中国苜蓿品种种子产量性状的遗传多样性 [J]. 草业学报, 2003, 12(1): 23-29.

Li S X, Wang Y R. Genetic diversity of seed yield characteristics in Chinese alfalfa (*Medicago sativa*) varieties [J]. Acta Pratacultural Science, 2003, 12(1): 23-29. (in Chinese)

[3] 刘淑明. 苜蓿的开花习性及其杂交技术的研究 [J]. 中国草地, 1996(2): 7-10.

Liu S M. Study on flowering behaviour and crossbreeding technique of alfalfa [J]. Grassland of China, 1996(2): 7-10. (in Chinese)

[4] 张爱勤, 朱进忠, 谭敦炎. 新牧 1 号杂花苜蓿开花习性及弹花现象与环境因子的研究 [J]. 中国草地, 2006, 15(4): 43-50.

Zhang A Q, Zhu J Z, Tan D Y. A study on the effect of environment factors on flowering behavior and tripping of Xinmu No. 1 *Medicago lupulina* [J]. Grassland of China, 2006, 15(4): 43-50. (in Chinese)

[5] 耿华珠, 吴永敷, 曹致中. 中国苜蓿 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 29-35.

Geng H Z, Wu Y F, Cao Z Z. China alfalfa [M]. Beijing: Press of China Agriculture, 1995: 29-35. (in Chinese)

[6] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 47-58; 207-222.

Chen B S. Cultivation of grass and forage crops [M]. Beijing: Press of China Agriculture, 2001: 47-58; 207-222. (in Chinese)

[7] 杨惠文, 胡跃高, 王伟廉. 关中、陕北苜蓿开花习性观察 [J]. 畜牧兽医杂志, 1998, 17(4): 4-6.

Yang H W, Hu Y G, Wang W L. Study on flowering habit of alfalfa Guanzhong and Shanbei [J]. Journal of Animal Science and Veterinary Medicine, 1998, 17(4): 4-6. (in Chinese)

[8] 韩建国, 李敏, 李枫. 牧草种子生产中的潜在种子产量与实际种子产量 [J]. 草原与草坪, 1996, 72(1): 7-11.

Han J G, Li M, Li F. The relation between forage seed potential and actual yield [J]. Grassland and Turf, 1996, 72(1): 7-11. (in Chinese)

[9] 石凤翎, 吴永敷. 不同环境条件下紫花苜蓿种子产量及质量性状的研究 [J]. 中国草地, 2000(3): 34-38.

Shi F L, Wu Y F. Study on seed yield and quality character of lucerne under different environment conditions [J]. Grassland of China, 2000(3): 34-38. (in Chinese)

[10] 张爱勤. 苜蓿传粉特性及其制约种子产量形成的因素分析 [J]. 草业科学, 2005, 22(11): 40-45.

Zhang A Q. Analysis on the pollination character and factors limiting the seed yield of alfalfa in pollination [J]. Pratacultural Science, 2005, 22(11): 40-45. (in Chinese)

[11] Smith N G. Yellow-blossomed alfalfa on rangelands in South Dakota [J]. Rangelands, 1997(19): 24-25.

[12] 毛培胜, 韩建国. 牧草种子生产技术 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2003: 12-15.

Mao P S, Han J G. Forage seed production technology [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2003: 12-15. (in Chinese)

(上接第 68 页)

[8] Eujayl I, Sorrells M E, Baum M, et al. Isolation of EST-derived microsatellite markers for genotyping the A and B genomes of wheat [J]. Theor Appl Genet, 2002, 104: 399-407.

[9] Rossetto M, McNally J, Henry R J. Evaluating the potential of SSR flanking regions for examining relationships in Vitaceae [J]. Theor Appl Genet, 2002, 104: 61-66.

[10] Ma Z Q, Roder M S, Sorrells M E. Frequencies and sequence characteristics of di2, tri2, and tetra2 nucleotide microsatellites in wheat [J]. Genome, 1996, 39: 123-130.

[11] Wang L, Ma J, Zhou R, et al. Molecular tagging of the yellow rust resistance gene Yr10 in common wheat, P. I. 178383 (*Triticum aestivum* L.) [J]. Euphytica, 2002, 124: 71-73.

[12] 张娜, 杨文香, 闫红飞, 等. 小麦抗叶锈基因 *Lr45* 的 AFLP 分子标记 [J]. 中国农业科学, 2005, 38(7): 1364-1368.

Zhang N, Yang W X, Yan H F, et al. Molecular markers of wheat leaf rust resistance gene *Lr45* based on AFLP [J]. Sci Agric Sin, 2005, 38(7): 1364-1368. (in Chinese)

[13] Roder M S, Korzun V, Wendehake K, et al. A microsatellite map of wheat [J]. Genetics, 1998, 149: 2007-2023.

[14] Varshney R K, Thiel T, Stein N, et al. In silico analysis on frequency and distribution of microsatellites in ESTs of some cereal species [J]. Cell Mol Biol Lett, 2002, 7: 537-546.

[15] Sourdille P, Singh S, Cadalen T, et al. Microsatellite-based deletion bin system for the establishment of genetic-physical map relationships in wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Funct Integr Genomics, 2004, 4: 12-25.

[16] Song Q J, Shi J R, Sing H S, et al. Development and mapping of microsatellite (SSR) markers in wheat [J]. Theor Appl Genet, 2005, 110(3): 550-560.

[17] Somers D J, Isaac P, Edwards K. A high-density microsatellite consensus map for bread wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Theor Appl Genet, 2004, 109: 1105-1114.

[18] Mukai K, Tsunewaki K. Photoperiod-sensitive cytoplasmic male-sterility in wheat with *Aegilops crassa* cytoplasm [J]. Euphytica, 1993, 67: 41-48.

[19] 刘保申, 孙其信, 高庆荣, 等. K 型小麦细胞质雄性不育系育性恢复基因的 SSR 分子标记分析 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(4): 354-358.

Liu B S, Sun Q X, Gao Q R, et al. Mapping of fertility restoring gene for *Aegilops kotschy* cytoplasmic male sterility in wheat using SSR markers [J]. Sci Agric Sin, 2002, 35(4): 354-358. (in Chinese)