

ZHONGGUO
SICAO SILIAO
YANJIU JINZHAN

中国饲草饲料 研究进展

■ 孙守钧 李向林 主 编
张文淑 吴锡冬 副主编



中国饲草饲料研究进展

孙守钧 李向林 主 编
张文淑 吴锡冬 副主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国饲草饲料研究进展/孙守钧, 李向林主编. —北京: 中国农业出版社, 2006. 10

ISBN 7-109-11224-1

I. 中... II. ①孙...②李... III. 饲料—研究—中国 IV. S816

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 119930 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑: 张德君

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 20.5

字数: 450 千字

定价: 80.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

目 录

不同混播比例对鸭茅和紫花苜蓿草地生物量 及生长特征的影响	白静仁等	1
高粱 11A 与 3 种苏丹草杂种 F_2 代的生育、 细胞遗传学及同工酶分析	于卓等	5
饲用高粱品质与形态性状的相关性研究	孙守钧等	10
野生牧草莠麦和硬雀麦分蘖性和再生性 的初步研究	田宏等	17
鲜割苜蓿添加绿汁发酵液拉伸膜裹包 青贮的研究	许庆方等	23
不同干燥方法对苜蓿相同区段营养价值 影响的研究	张桂国等	27
大籽蒿调制青贮饲料的初步尝试	白春生等	32
动物饲料中植物源性外源转基因成分的 检测技术研究	金红等	37
高油玉米秸秆饲喂奶牛试验研究	隋华等	46
不同水平紫花苜蓿草粉对生长肥育猪和 母猪生产性能的影响	王成章等	50
新型细胞质雄性不育系 A_3SX-1A 的创制与 饲草高粱晋草 1 号的选育	张福耀等	65

“饲用玉米—黑麦草”草地农业系统的研究Ⅲ:

不同密度对青贮饲用玉米生产效果的影响·····	张新跃等	70
由组培引起的高粱 401-1 体细胞突变体的		
遗传研究·····	裴忠有等	74
美国、加拿大 7 种优质冰草兰州引种		
栽培试验·····	常根柱等	79
不同玉米品种气孔导度的变化及其与		
光合、蒸腾作用的关系·····	吴锡冬等	83
刈割—施氮对小黑麦草产量和品质性状		
的影响·····	董召荣等	89
亦农大叶酸模的选育报告·····	张磊等	97
饲喂吉生羊草产品对泌乳奶牛产奶		
性能影响的研究·····	王克平等	101
乌梁素海水生植物繁衍特性的研究·····	曲善民等	105
河北平原农区饲草高效种植模式研究·····	刘贵波等	111
皖西大别山缓坡地建植人工草地引种		
比较试验·····	谢俊龙等	116
青饲鲜食两用玉米单交种津鲜糯 106		
选育研究·····	王鹏文等	122
专用青贮玉米品种筛选及推广·····	李仁昆等	125
紫花苜蓿苗期除草药剂筛选试验研究·····	刘杰淋等	130
低温冻害对桂牧 1 号杂交象草成活率的		
影响分析·····	陈志才等	133
紫花苜蓿与无芒雀麦混播研究初报·····	王建光	135
几个青饲玉米自交系的配合力分析·····	向春阳等	140

苜蓿切叶蜂对苜蓿种子增产技术的研究	向金城等	144
多年生黑麦草收获时间对种子发芽特性 及其活力的影响	兰剑等	150
不同紫花苜蓿品种引种试验研究	姜义宝等	154
优质青贮玉米品种比较试验	邵凤武等	159
不同种群羊草光合、蒸腾及叶绿素荧光 特性的比较	刘惠芬等	164
象草种植与加工利用	于徐根等	177
玉米自交系根系形态和生长对磷反应 差异的研究	王艳等	180
内蒙古典型草原不同种群羊草生物学 特征的比较	刘惠芬等	185
土壤中各形态氮与玉米吸氮量关系的研究	田秀平等	196
不同品种玉米生育后期光合特性的研究	吴锡冬等	199
亦农大叶酸模饲喂试验及其效果	孙宁等	206
粮饲兼用型玉米引种及高产优质栽培 技术研究	卢树昌	211
野生牧草种质资源的利用与保护	苏加楷等	217
苏丹草与高粱遗传背景差异及其杂种优势 利用的研究进展	詹秋文	223
饲用小黑麦育种进展与体会	王增远等	232
甜高粱的利用价值何在	刘晓辉等	236
高粱—苏丹草杂交种在我国农作区的 应用与发展	杨海涛等	239
对内蒙古饲草料加工业发展的浅思	吉尔格拉	244

微孔草开发利用的研究	李元华	246
多年生黑麦草种子生产研究进展	兰剑等	253
夯实中国奶牛业发展的物质基础	张玉发	262
公农1号苜蓿抗寒与高产性能及其 机理探讨	徐安凯等	265
建立果园饲草饲料基地 发展广东 节粮型畜牧业	胡民强	272
拓进饲料领域 促进高粱发展	高士杰等	277
农业部科技入户奶牛项目: 包头市九原区 奶牛生产及青粗饲料利用情况调查	张玉发等	280
动物微生物生态制剂及其应用	卢显芝	283
甘肃省实施退耕还林还草工程的必然性	李新媛	289
耐盐紫花苜蓿选育研究进展	桂枝	292
寒区苜蓿品种选育及推广在奶业发展中 的作用	李红等	297
浅谈微生物在饲料工业的应用	王玉等	302
紫花苜蓿地中应用的主要除草剂介绍	吕会刚	309
西北地区旱生牧草的利用和保存	杨霞	315

不同混播比例对鸭茅和紫花苜蓿 草地生物量及生长特征的影响

白静仁 李向林 何 峰
(中国农业科学院畜牧研究所)

【摘要】 在亚热带低海拔地区,建植鸭茅和紫花苜蓿混播草地,研究其两种牧草不同混播比例对草地生物量及生长特征的影响。实验结果表明:混播草地生长第一年(2003年)生物量各处理间差异显著($P < 0.05$)。其中以处理C 鸭茅25%+苜蓿25%生物量最高 $289.02\text{g}/\text{m}^2$ 。生长第二年(2004年)处理间差异不显著,以处理A 鸭茅75%+苜蓿25%生物量最高 $276.73\text{g}/\text{m}^2$ 。年度间生物量差异不显著。在草地草丛高度40cm时测定其LAI值为 $2.1416 \sim 2.1493$ 时,即可达到生物量的最高值,高于或低于2.14时生物量均呈下降趋势,此时分蘖(枝)数为 $876 \sim 888$ 个/ m^2 。

【关键词】 混播比例;鸭茅;紫花苜蓿;草地生物量;生长特征

鸭茅(*Dactylis glomerata* L.)和紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)建植混播草地在亚热带低海拔地区国内报道甚少,原因有两点:其一是紫花苜蓿和鸭茅在这些地区栽培都不同程度存在越夏问题,特别是紫花苜蓿。其二是缺乏适应于亚热带低海拔自然环境的紫花苜蓿优良品种。近年来随着科学和生产工作者开发研究引入部分适于南方自然环境条件非休眠级紫花苜蓿品种资源,使紫花苜蓿栽培区域由高纬度向低纬度渐进^[1~9]。据国外报道,鸭茅和苜蓿混播亲和性较好,并有大面积栽培和干草生产^[1]。基于上述情况,经试验选择越夏率高、生产性能好的鸭茅和紫花苜蓿各一个品种为混播草种,建植不同混播比例的人工草地,探索鸭茅和紫花苜蓿在不同混播比例条件下草地生长发育特征及生物量的变化。植物冠层生长,主要依赖于截获光能所需要的叶面积和叶片排列及光合作用的潜力。它还依赖于植物枝(蘖)数量动态的维持^[1]。所以,测定叶面积指数(Leaf area index, LAI)是极其重要的植被特征^[3~6]。它与植物产量的形成等均有密切关系,故了解混播草地在不同混播比例的情况下叶面积指数、生物量、分枝(蘖)动态的趋势,为筛选鸭茅和紫花苜蓿最佳混播比例提供理论依据。有助于建立一个合理的放牧或刈割制度,使牧草在生长季节内尽可能保持高产优质。

1 试验材料与方法

1.1 自然概况

本试验区地处四川盆地西南部洪雅县城郊,地理位置北纬 $29^{\circ}53'$,东经 $103^{\circ}22'$,海拔514m,属于典型的亚热带湿润气候区,年平均气温 16.8°C ,7月份平均气温

25.7℃, 极端最高气温 36.2℃; 无霜期 289 ~ 335d, 平均 303d; 年平均降水量 1494mm。土壤酸性黄壤, pH 值 5.46, 有机质 2.709, 水解氮 171.3mg/kg, 有效磷 12.5mg/kg, 速效钾 43.8mg/kg。2002 年太阳辐射总量为 $954.68 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, 月平均 $79.56 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, 全年最高太阳辐射值在 7 月份 $102.13 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, 最低值在 1 月份 $49.37 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, 2003 年太阳辐射最大值出现在 6 月底 $132.76 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$, 最小值在 2 月 $60.11 \text{ W} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

1.2 试验材料

供试牧草种子紫花苜蓿 (Eureka) 休眠级为 7 级, 来自美国; 鸭茅 (Pennlate) 原种来自美国。以上两个草种都经过引种试验, 表现优良的品种, 在该地区越冬率均在 85% ~ 90%。

根据紫花苜蓿和鸭茅生物学特性, 紫花苜蓿和鸭茅混播比例共设 5 个处理: A、鸭茅 50% + 紫花苜蓿 75%; B、鸭茅 50% + 紫花苜蓿 50%; C、鸭茅 75% + 紫花苜蓿 25%; D、鸭茅 100% (单播); E、紫花苜蓿 100% (单播)。试验设在地势比较平坦地块内, 耕翻时捡拾原茬根系, 试验小区面积 10 m^2 , 每个处理均重复三次, 处理间随机排列, 栽培管理措施均相同。鸭茅和紫花苜蓿的混播比例是按种子占单播重量的实际用价计算而来。于 2002 年 9 月 18 日完成播种。

1.3 数据采集方法

1.3.1 叶面积指数测定

叶面积指数数据使用由美国 CID 公司引进, CI-110 叶面积指数分析仪采集, 在晴天无风、下午 6 时后进行。每小区内重复 3 次, 每个处理重复 $3 \times 3 = 9$ 次。

1.3.2 生物量、分蘖 (枝)、株高测定

生物量: 当混播草地中的鸭茅和苜蓿植株高度 (自然高度) 达到 38 ~ 40cm 时即进行生物测定, 使用 $1 \times 1 = 1 \text{ m}^2$ 样方框, 随机在小区内取样, 切割时留茬高度 5 ~ 6cm, 测产样田间称重并每样取 500g, 回室内禾豆分检后置于 75°C 烘箱内 12h, 求其干鲜比例、鸭茅和苜蓿所占比例及分析化学成分。

植株高度: 分别测出鸭茅和紫花苜蓿自然高度, 每小区重复 10 次, $10 \times 3 = 30$ 次。

分蘖 (枝): 刈割后查其分蘖 (枝) 数, 使用 $0.5 \times 0.5 = 0.25 \text{ m}^2$ 样方框, 每小区重复 2 次, $2 \times 3 = 6$ 次。

1.3.3 数据采集时间

试验数据分两个年度获得, 第一次田间取样于 2003 年 3 月 26 日进行, 第二次于 2004 年 3 月 29 日进行, 两次测定牧草均处于冬季低温过后植物进入迅速生长阶段, 并同时、同法、同点, 所以数据具有较强的可比性和代表性。

2 试验结果与分析

2.1 不同年份不同处理生物量、分蘖 (枝)、叶面积指数的变化与显著性分析

2.1.1 生物量的测定

2003 年 3 月 26 日所测数据可以看出 (见表), 3 个混播比例和 2 个单播处理其生物量变化幅度在 $187.56 \sim 289.02 \text{ g}/\text{m}^2$ 之间, 其中以处理 C 干草产量最高, 平均达 $289.02 \text{ g}/\text{m}^2$, 其次是 D、B、A, E 为最低观察值 $187.56 \text{ g}/\text{m}^2$, 处理 C 与 A、B 相比差

异显著 ($P < 0.05$), 处理 C 与 E 相比差异极显著。从 2004 年 3 月 29 日 (草地牧草生长第二年) 看, 产量变化在 $101.80 \sim 276.73 \text{ g/m}^2$ 之间, 最高观测值为 A 处理 276.73 g/m^2 , 最低值为 E 处理 101.80 g/m^2 , A 与 E 处理相比差异极显著 ($P < 0.01$), A 处理与其他处理相比差异不显著。

鸭茅和苜蓿混播草地不同生长时期生物量、分蘖数及叶面积指数的显著性分析

处 理	2003 年 3 月 26 日			2004 年 3 月 29 日		
	生物量 (g/m^2)	分蘖 (枝) 数 (个/m^2)	叶面积指数 (LAI)	生物量 (g/m^2)	分蘖 (枝) 数 (个/m^2)	叶面积指数 (LAI)
A、鸭茅 25% + 苜蓿 75%	206.15 bcAB	697.00 abA	1.614 0 bcAB	276.73 aA	876.00 bAB	2.149 3 aAB
B、鸭茅 50% + 苜蓿 50%	210.13 bcAB	579.00 abA	1.526 1 cB	216.47 aAB	789.73 bAB	2.176 5 aAB
C、鸭茅 75% + 苜蓿 25%	289.02 aA	888.00 abA	2.141 6 aA	226.53 aA	1 008.08 abA	2.322 3 aA
D、鸭茅 100%	267.07 abAB	1 067.00 aA	1.995 3 abAB	268.00 aA	1 266.63 aA	2.330 1 aA
E、苜蓿 100%	187.56 cB	514.00 bA	1.688 2 bcAB	101.80 bB	386.23 cB	1.583 2 bB

鸭茅和紫花苜蓿混播草地地上生物量年度间变化分析看, 以 2003 年的干草生物量为基数, A 处理 2004 年生物量增长了 34.24%, B 处理生物量增长 3.02%, C 处理生物量下降 21.62%, D 处理生物量增长 0.35%, E 处理生物量下降 45.72%。从整个试验看, 生物量年度间差异不显著, 但处理内比, 年度间 E、A 处理差异显著。

2.1.2 分蘖 (枝) 的测定与分析

从表中可以看出, 不同混播组合其分蘖数有很大的变化, 2003 年 (生长第一年) 其变幅为 $514 \sim 1 067 \text{ 个/m}^2$, 其 D 处理分蘖数最高 $1 067 \text{ 个/m}^2$, 观察值最低者为 E 处理 514 个/m^2 , 处理 D 与 E 相比差异显著 ($P < 0.05$), 但与其他组合相比差异不显著。2004 年 (生长第二年) 最高观察值仍为 D 处理 $1 266.63 \text{ 个/m}^2$, 最低观察值为处理 E, 处理 D 与 A、B 相比差异显著 ($P < 0.05$), 与 E 相比差异极显著 ($P < 0.01$), 年度间相比有增加的趋势。

2.1.3 叶面积指数测定

从表中数据看, 2003 年各处理叶面积指数 (LAI) 变幅为 $1.526 1 \sim 2.141 6$, C 处理 LAI 最大 2.141 6, B 处理为最低值 1.526 1, 处理 C 与 B 相比差异极显著 ($P < 0.01$), 处理 C 与 A、E 相比差异显著 ($P < 0.05$), 与 D 相比差异不显著。2004 年各处理 LAI 变幅为 $2.330 1 \sim 1.583 2$, 最大值为处理 D, 处理 D 与 E 相比差异显著 ($P < 0.05$), 与 A、B、C 相比差异均不显著。年度间相比叶面指数有增加的趋势。

2.2 叶面积指数 (LAI) 对混播草地分蘖 (枝) 和生物量的影响

叶面积指数 (LAI) 是与植物产量形成关系最为密切的生理参数, 叶面积指数增长越快, 越能有效地利用太阳辐射^[6]。它还依赖于植物分蘖 (枝) 数量动态^[1]。鸭茅和紫花苜蓿混播草地经过冬季低温后进入春季, 随着气温逐渐升高牧草生长速度加快, 当草丛高度达 40cm 左右时, 进行 LAI、生物量及分蘖 (枝) 测量。2003 年 3 月 26 日测定结果表明, 当叶面积指数增加时, 生物量有随之增加的趋势, 3 个混播组合及 2 个单播组中以 C 处理最高 2.141 6, 其生物量也达到不同处理中的最大值 289.02 g/m^2 , 分蘖数在 3 个混播组合中也为最多者 888 个/m^2 。叶面积指数与生物量的相关关系呈正相关 ($r = 0.523^*$)。鸭茅和苜蓿混播草地生长第二年 2004 年 3 月 26 日测得数据表明, 当叶面积指数达到 2.149 3 时即可达到生物量的最高值 276.73 g/m^2 , 但是 LAI 高于 2.141 9

时生物量均呈下降趋势, B、C、D、E 处理均为此势。

从两年试验结果看, 鸭茅和苜蓿混播草地不同处理在草丛高 40cm 左右时测定其 LAI 值为 2.14 时即可达到生物量的最高点, 高于或低于此值生物量均呈下降趋势, LAI 值 2.14 时分蘖(枝)数为 876~888 个/m²。

3 结论

(1) 在亚热带低海拔地区, 鸭茅和紫花苜蓿不同混播比例间草地生物量, 生长第一年(2003 年)差异显著 ($P < 0.05$), 其中以 C 处理生物量最高 289.02g/m², 生长第二年(2004 年)不同处理间差异不显著, 其中以 A 处理生物量最高 276.73g/m², 但其与 E 处理相比差异显著。从 5 个处理总的情况看, 2004 年比 2003 年生物量有上升的趋势, 年度间差异不显著。

(2) 两年试验结果表明, 鸭茅和苜蓿混播草地不同处理在草地草丛高度 40cm 时测定 LAI 值为 2.14 时即可达到生物量的最高值, 高于或低于 2.14 时生物量均呈下降趋势, LAI 值 2.14 时分蘖(枝)数为 876~888 个/m²。

【参考文献】

- [1] 李向林, 韩雪松, 万里强等译. 南方牧草 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001, 114~124, 189~202
- [2] 朱琳, 黄文惠, 苏加楷. 不同放牧强度对多年生黑麦草—白三叶草地叶片数量特征的影响 [J]. 草地学报, 1995, 3 (4): 297~304
- [3] 樊奋成, 高振生, 韩建国等. 刈割对多年生黑麦草叶组织转化的影响 [J]. 草地学报, 1995, 3 (1): 15~21
- [4] 夏景新, 樊奋成, 王培. 刈牧对禾草草地的再生和生产力影响的研究进展 [J]. 草地学报, 1994, 2 (1): 45~55
- [5] 黄文惠, 苏加楷, 张玉发等译. 牧草—草地农业科学 [M]. 北京: 农业出版社, 1992, 29~31, 288~298
- [6] 刘千枝, 胡自治. 高寒地区饲用芨芨塑覆盖栽培研究. II 覆膜对芨芨生长发育、产量和质量的影响 [J]. 草业学报, 2000, 9 (2): 83~88
- [7] 王永雄, 董君, 胡艳等. 紫花苜蓿在西南地区的应用研究与推广 [C]. 北京: 现代草业科学进展, 中国国际草业发展大会论文集, 2002, 139~144
- [8] 林永生, 柯碧南, 黄秀声等. 8 个苜蓿品种在福州地区适应性试验初报 [C]. 北京: 中国苜蓿发展大会, 2003, 92~94
- [9] 徐春明, 贾志宽, 韩清芳等. 不同秋眠级数苜蓿品种生物量特性的研究 [J]. 草业学报, 2003, 12 (6): 70~73
- [10] 韩建国, 马春晖, 毛培胜. 播种比例和施氮量及刈割期对燕麦与豌豆混播草地产草量和质量的影响 [J]. 草业学报, 1999, 7 (2): 87~94
- [11] 马春晖, 韩建国, 李鸿祥, 毛培胜. 一年生混播草地生物量和品质以及种间竞争的动态研究 [J]. 草地学报, 1999, 7 (1): 62~70

高粱 11A 与 3 种苏丹草杂种 F_2 代的 生育、细胞遗传学及同工酶分析

于 卓 赵晓杰 马艳红 李小雷 张 燕

(内蒙古农业大学农学院)

【摘要】 研究了高粱雄不育系 11A 与苏丹草 3 个杂交组合 F_2 代的生长、育性、细胞遗传学特性及同工酶酶谱表型。结果表明：3 种杂交组合 F_2 代的生长势和平均株高均明显超过其各自父本苏丹草，生育期约 140d，平均单株分蘖数 5.3 个，每组合分离出 4 类穗型，中间类型可作为后代优良单株选择的重要形态学依据； F_2 代花粉可育率在 75.26% ~ 86.05% 之间，花粉不存在严重不育问题； F_2 代 PMCM I 的平均染色体构型均为 $2n = 2x = 20 = 10 II$ ，与亲本相比， F_2 棒状二价体频率较高，约为 50%，原亲本间的遗传组成存在着差异； F_2 代抽穗期 4 类穗型 POD 同工酶的酶带数、位点 (Rf) 及强弱均存在一定差异，体现了基因在蛋白质表达水平上的差异，可作后代优良单株选择的遗传标记。

【关键词】 高粱 11A；苏丹草；种间杂种 F_2 ；生育；染色体构型；同工酶酶谱表型

近年来，随着我国农业产业结构调整，各地区为养而种的农区畜牧业特别是奶牛业的发展迅速，对优质饲草料的需求大幅度增加。高丹草（高粱 × 苏丹草杂交种）以其再生能力强、生物产量高、营养价值高、适应性强、适口性好等特点，成为一种具有广阔开发前景的优质饲用作物，其种植面积不断扩大。目前生产中推广的品种主要有：先锋 (PaceSetter Plus)、标兵 (PaceSetter)、健宝 (Jump)、海牛 (Honey Graze BMR)、超能 (Nutri + Plus)、乐食、皖草 2 号、蒙农青饲 1 号、蒙农青饲 2 号等，这些品种在生产中发挥着重大作用^[1~12]。

近几年来，我们利用高粱雄性不育系黑龙 11A 与内蒙古地区多年种植的黑壳苏丹草、白壳苏丹草、棕壳苏丹草分别进行人工授粉杂交，获得了 3 个杂交组合的 F_1 代。本试验拟对高粱雄性不育系黑龙 11A 与 3 种苏丹草的杂种 F_2 代生长发育特性、花粉育性、细胞遗传学特性、不同穗型 POD 同工酶酶谱进行分析研究，旨在为新品种选育提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

材料为母本高粱雄性不育系黑龙 11A，父本黑壳苏丹草、白壳苏丹草、棕壳苏丹

草, 以及 11A × 黑壳苏丹草 F₂、11A × 白壳苏丹草 F₂、11A × 棕壳苏丹草 F₂。各材料种植在内蒙古农业大学农作物试验场, 位于呼和浩特市东郊, 年降水量 400mm 左右, 无霜期 145d, 土壤为暗栗钙土, pH7.8 ~ 8.2, 肥力适中, 具有灌溉条件。试验于 2004 年 4 ~ 9 月分别在田间和室内进行。

1.2 研究方法

1.2.1 生长发育观察

每种供试植物随机抽取 30 株定株编号, 自分蘖期开始每隔 7d 测量 1 次植株绝对高度, 直至开花期结束, 计算各次测量平均值, 绘出生长速度动态曲线, 用最后一次测量的植株平均高度表示群体植株高度。同时观察记载各供试植株的生育期、单株分蘖数及穗型特征。

1.2.2 花粉育性

在开花盛期随机剪取每种供试植株的穗子 25 ~ 30 个, 带回实验室镜检。剥取穗上花药, 置载玻片上, 滴入少许 1% 的醋酸洋红, 用镊子挤压去掉药壁, 使其充分着色约 2min 左右, 在 100 倍显微镜下观察统计花粉可育率, 每种供试材料观察 100 ~ 150 个视野。花粉是否可育的标准是: 花粉粒大、饱满、着色深者为可育, 花粉瘦小、着色浅或不着色者为不育, 花粉可育率 (%) = (可育花粉粒总数/观察花粉粒总数) × 100%。

1.2.3 花粉母细胞减数分裂中期 I (PMCM I) 染色体

在晴天条件下, 上午 7:00 ~ 8:00 时在田间剪取各个供试材料孕穗期的幼穗, 迅速置于装有卡诺液 (无水乙醇: 冰醋酸 = 3:1) 的玻璃瓶内, 带回室内放入冰箱中固定 24h, 压片时将花药剥入载玻片上, 加少许卡宝品红染色, 加盖玻片轻敲, 酒精灯上微热压片, 高倍显微镜下观察, 选出具有良好分散相的 PMCM I 染色体, 统计染色体数目并进行显微照相。

1.2.4 POD 同工酶酶谱

1.2.4.1 酶液提取

在抽穗期从每个杂交组合 F₂ 分离群体中选取 4 个穗型差别较大的穗子, 蒸馏水洗净, 称取 0.5g 置于研钵内, 加 10% 甘油 1.2ml, 冰浴研磨成匀浆, 移至 1.5ml 离心管中, 4 000rpm/min 离心 15min, 取上清液置 4℃ 冰箱中备用。

1.2.4.2 电泳

采用垂直板聚丙烯酰胺凝胶电泳法, 胶板厚度 1.5mm。浓缩胶浓度为 3%, pH 值 6.8; 分离胶浓度 5%, pH8.9; 电极缓冲液为 pH 值 8.3 的 Tris-甘氨酸, 每孔进样量 15μl。电泳时浓缩胶电压为 150V, 分离胶电压为 280V, 电泳时间为 3h 左右。

1.2.4.3 染色

采用醋酸联苯胺法^[13], 染色时间 5 ~ 10min。胶板用清水漂洗后, 测量酶带迁移率 Rf 值 (Rf = 酶带迁移距离/前沿指示剂距离), 照相。

2 结果与分析

2.1 植株生长及形态

母本雄性不育系黑龙 11A 和 3 种父本苏丹草及其杂种 F₂ 代植株生长速度存在一定差异。母本雄性不育系 11A 生长缓慢, 3 种父本苏丹草生长比较快, 其中以黑壳苏丹草

生长最快；与亲本相比，3个杂交组合 F_2 代的生长速度均很快，以 11A × 黑壳苏丹草 F_2 生长最快。这表明父本植株生长迅速的特性在杂种 F_2 代得以保存和表现。

在相同栽培条件下，与亲本相比，3个杂交种 F_2 代植株生长茁壮，生长势强，生育期 140d 左右，比父本长 15d 左右；3个组合 F_2 单株平均分蘖数基本相近，约为 5.3 个/株，比其父本有所减少，但仍保留了父本分蘖多的优良特性（表 1）。

表 1 供试材料花粉育性、平均株高、生育期及分蘖数比较

供试材料	花 粉 育 性				平均株高 (cm)	生育期 (d)	单株平均 分蘖数 (个)
	可育数	不育数	总 数	可育率 (%)			
♀ 黑龙 11A	0	6 024	6 024	0	153	110	3.0
♂ 白壳苏丹草	5 274	379	5 453	96.72	298	122	6.5
♂ 棕壳苏丹草	5 640	121	5 761	97.20	300	125	7.0
♂ 黑壳苏丹草	5 640	121	5 761	97.20	305	126	7.0
11A × 白壳苏丹草 F_2	7 403	2 433	9 836	75.26	340	140	5.3
11A × 棕壳苏丹草 F_2	9 355	1 517	10 872	86.05	339	141	5.2
11A × 黑壳苏丹草 F_2	6 895	1 970	8 865	77.78	340	140	5.4

从植株形态特征看，3种杂交组合 F_2 植株的叶片宽大，平均株高均在 340cm 左右，高出其各自父本苏丹草约 40cm，株高杂种优势明显。

从 F_2 代群体的穗型特征看，每个杂交组合 F_2 穗型分离出 4 种类型，各组合的中间类型较稳定，这为后代优良单株选择提供了重要的形态学依据。

2.2 花粉育性

由表 1 可知，3种父本苏丹草的花粉可育率均高达 96% 以上，3个杂交组合 F_2 代的花粉可育率在 75.26% ~ 86.05% 范围内，虽均低于其各自父本约 10% 左右，但不存在花粉严重不育问题，其原因与 F_2 代 PMCM I 棒状与环状染色体比例有关（表 2）。

表 2 亲本及杂交种 F_2 的 PMCM I 平均染色体构型

供试材料名称	观察细胞数	染色体数目 2n	II（二价体）		
			棒 状	环 状	总 数
♀ 黑龙 11A	153	20	2.325 (0 ~ 10)	7.675 (0 ~ 10)	10
♂ 白壳苏丹草	173	20	2.145 (0 ~ 10)	7.855 (0 ~ 10)	10
♂ 棕壳苏丹草	168	20	2.764 (0 ~ 10)	7.236 (0 ~ 10)	10
♂ 黑壳苏丹草	186	20	1.978 (0 ~ 10)	8.022 (0 ~ 10)	10
11A × 白壳苏丹草 F_2	125	20	4.848 (0 ~ 10)	5.152 (0 ~ 10)	10
11A × 棕壳苏丹草 F_2	125	20	4.728 (0 ~ 10)	5.272 (0 ~ 10)	10
11A × 黑壳苏丹草 F_2	125	20	5.560 (0 ~ 10)	4.440 (0 ~ 10)	10

2.3 花粉母细胞减数分裂中期 I（PMCM I）染色体构型

3种父本苏丹草及母本的 PMCM I 二价体配对频率为 10，且均以环状二价体为主，

配对行为规则；3个杂种 F_2 的二价体配对频率也为10，但其棒状二价体频率均较其各自亲本有所增加，环状和棒状二价体几乎各占1/2，表明原亲本的遗传组成存在着一定的差异，并在 F_2 代中得以充分表现。3个杂交组合 F_2 代均未观察到多价体和单价体，这是它们具有较高花粉育性的原因所在（表2）。

2.4 POD同工酶酶谱分析

3个杂交组合 F_2 代抽穗期4类穗型POD同工酶酶谱的 R_f 值如表3所示。每个杂交组合及各组合之间POD同工酶谱带表型（酶带的位置、数目及强弱）均存在不同程度的差异。如杂交组合11A×黑壳苏丹草 F_2 和11A×棕壳苏丹草 F_2 的4类穗型酶带数目变幅为4~6条，11A×白壳苏丹草 F_2 酶带数目变幅为6~7条，酶带位点（ R_f 值）和酶带强弱也存在着一定差异。这说明3个杂交组合 F_2 代个体的POD同工酶蛋白质表达水平不同，体现了基因水平上的差异，POD同工酶酶谱表型可作为各组合杂交后代优良单株选择的遗传标记。

表3 3个杂交组合 F_2 代抽穗期4类穗型POD同工酶酶谱的 R_f 值

酶带 序号	11A×黑壳苏丹草 F_2				11A×白壳苏丹草 F_2				11A×棕壳苏丹草 F_2			
	单株 穗型1	单株 穗型2	单株 穗型3	单株 穗型4	单株 穗型1	单株 穗型2	单株 穗型3	单株 穗型4	单株 穗型1	单株 穗型2	单株 穗型3	单株 穗型4
1	-	-	0.13 c	-	-	-	-	0.13 c	-	-	-	0.13 c
2	-	0.20 c	0.20 c	0.20 c	0.20 b	0.20 b	0.20 b	0.20 c	0.20 c	0.20 b	0.20 c	0.20 c
3	-	0.35 c	-	-	0.35 b	0.35 b	0.35 c	0.35 b	-	-	0.35 c	-
4	0.38 b	0.38 a	0.38 a	0.38 a	0.38 a	0.38 a	0.38 a	0.38 a	0.38 b	0.38 a	0.38 a	0.38 a
5	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 b	0.43 c	0.43 b
6	0.48 c	0.48 c	-	-	0.48 c	0.48 c	0.48 c	0.48 c	-	-	0.48 c	0.48 c
7	0.60 b	0.60 b	0.60 c	0.60 c	0.60 b	0.60 c	0.60 c	0.60 c	0.60 c	0.60 c	0.60 c	-
总数	4	6	5	4	6	6	6	7	4	4	6	5

注：a 强带、b 中强带、c 弱带

3 结论与讨论

(1) 试验结果表明，高粱雄不育系黑龙11A与黑壳苏丹草、白壳苏丹草、棕壳苏丹草3个杂交组合 F_2 代的生长速度均很快，群体株高分离不明显，平均株高均在3.4m左右，高出其各自父本苏丹草约40cm，植株叶片宽大，叶色深绿，穗型大体分离出4种类型，中间类型稳定，穗型特征可作为后代优良单株选择的重要形态学依据；3个杂交组合 F_2 生育期均在140d左右，比父本长15d左右，单株平均分蘖数约为5.3个，较父本有所减少，但仍具有父本苏丹草分蘖多的优良特性。

(2) 3个杂交组合 F_2 代花粉育性较父本有所下降，花粉可育率在75.26%~86.05%之间，但不存在花粉严重不育问题。

(3) 与亲本相比，3个杂种 F_2 的PMCM I棒状二价体频率较高，约为50%，表明原亲本间的遗传组成存在着差异，联合松弛的棒状二价体的出现是杂种 F_2 花粉育性较父本有所下降的重要细胞遗传学原因^[14]。

(4) 每个杂交组合及各组合之间 F_2 代抽穗期的4类穗型POD同工酶谱带表型（酶

带的位置、数目及强弱)均存在一定的差异,它体现了基因在蛋白质表达水平上的差异,可作为杂交后代优良单株选择的遗传标记。

【参考文献】

- [1] 李青丰,徐军,李治国.几种饲料作物在内蒙古呼和浩特地区的生产性能评价[J].草业科学,2003,(12):22~25
- [2] 徐玉鹏,武之新,赵忠祥.苏丹草的适应性及在我国农牧业生产中的发展前景[J].草业科学,2003,(7):23~25
- [3] 詹秋文,汪本福,肖新等.高粱和苏丹草生物学特性的数值分析[J].草业学报,2004,13(2):61~66
- [4] 于卓,赵晓杰,秦永梅.高粱与苏丹草二种杂交组合 F_2 代的生育及细胞遗传学研究[J].草业科学,2004,(7):13~17
- [5] 于卓,赵晓杰,赵娜等.蒙农青饲2号高丹草选育[J].草地学报,2004,12(3):176~182
- [6] 于卓,秦永梅,赵晓杰,赵娜,闫文芝.优良饲用作物新品种——蒙农青饲1号高丹草选育[J].中国草地,2004,26(2):1~9
- [7] 秦永梅,于卓,赵娜等.几种高粱—苏丹草杂交种的光合性能和同工酶酶谱差异[J].华北农学报,2004,23(3):26~29
- [8] 赵晓杰,于卓,逯晓萍等.高粱314A、13A与苏丹草杂种 F_1 代的农艺特性及细胞学分析[J].西北植物学报,2005,25(6):1107~1113
- [9] 支中生,张恩厚,高卫华等.苏丹草与高粱杂交后代特征及其主要经济性状[J].草地学报,10(2):144~150
- [10] 钟小仙,顾洪如,丁成龙等.苏丹草与拟高粱远缘杂交初报[J].草地学报,2002,10(1):24~27
- [11] 陈才夫.苏丹草 $\times$ 拟高粱种间杂种主要特性及细胞学分析[J].南京农业大学学报,1993,(2):58~63
- [12] 钱章强.高粱—苏丹草种间杂交种在渔业生产中的应用[J].安徽农业技术师范学院学报,1995,(4):1~5
- [13] Cook R J. Gel electrophoresis for the identification of plant varieties [J]. Journal of Chromatograph, 1995, 69: 281~299
- [14] Dewey D R. The role of wide hybridization in plant improvement [A]. Genetics Lectures, 1977, 5: 7~18

饲用高粱品质与形态性状的相关性研究

孙守钧 刘秀菊 董成虎
(天津农学院农学系)

【摘要】 本研究对 108 份饲用高粱恢复系和 34 份杂交种的形态及饲用品质性状进行相关分析,并对 108 份饲用高粱恢复系的糖分和粗蛋白含量进行聚类分析。结果表明,利用甜高粱和苏丹草杂交选育饲用高粱过程中,利用株高、分蘖数可对糖度、粗灰分、粗蛋白进行间接选择。部分饲用品质性状的相关性也达到了显著水平,且存在相互制约的关系。由于糖度与粗蛋白之间显著负相关,要获得高糖和高蛋白品系,用甜高粱和苏丹草杂交是可行途径。糖分和粗蛋白含量 2 性状表现出了典型主效基因控制的数量性状特征。

【关键词】 饲用高粱;饲用品质性状;聚类分析;相关分析

在我国人多地少、粮食短缺、天然草场退化和缩减等现实状况下,必然使我国的食粮型畜牧业受到限制,而发展食草型畜牧业(牛的 78.8%、羊的 80.9%的营养都是从草中获得)^[1]。所以我国今后相当长的一段时间内必然发展以饲料作物和人工草场为主要饲草来源的食草型畜牧业,并逐渐走向集约化^[2,3]。

但我国目前缺乏优质高产的饲料作物品种,且对饲料作物的研究成果也较少^[4~8]。原因是多年来一直认为我国的粮食秸秆资源丰富,没有必要发展专门的饲料作物。若从我国畜牧业的发展历史来看,粮食作物秸秆确实起到了非常重要的作用,所以关于粮食作物秸秆的利用研究也很多,但没有注意到粮食在饲料当中的比重有多大。有专家认为我国的粮食问题,归根结底是饲料问题^[2]。所以培育高产优质的饲料作物品种,不但解决了饲料问题,也解决了我国的粮食问题。从我国近几年推广的饲料作物品种来看,饲草高粱专用品种显示了较强的优势^[9,10]。其生物学产量高,茎秆中糖分与蛋白质的比例适中,或者适于作青贮或青饲,或者适于作干草。适口性好,具有耐旱、耐涝、耐盐碱、对土壤要求不高、生长迅速等特点,很快成为北京、天津、河南等省市盐碱比较严重的地区种植。

研究表明,高粱—苏丹草杂交种不仅产量高,而且养分含量充分,氰化物含量低,是最适于调制青贮饲料的饲料作物,但饲用品质还有待提高^[11]。

目前,国内外开展饲用高粱遗传研究的文献报道较多,主要针对高粱籽粒营养品质、形态学性状等^[12~17]。对通过育种手段改良饲用高粱饲草品质性状的研究所见报道不多。

本研究通过对田间农艺性状的调查及室内品质的测定,并作性状品质相关性分析,旨在探讨是否可以通过形态性状选择来间接选择饲用品质性状。