

# 玉米茎秆高糖种质资源筛选与评价

卞云龙, 杜 凯, 王益军, 邓德祥, 程金荣, 孔佑兵

(扬州大学农学院/江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009)

**摘要:**以 151 个玉米自交系为材料,对玉米茎秆高糖种质资源进行了筛选与评价。结果表明,自交系茎秆含糖量(Brix)变化范围为 3.5%~16.9%,能为茎秆高糖玉米新品种选育所利用的自交系(Brix $\geq$ 10%)种质资源比较丰富,约占测定自交系总数 43.1%。通过聚类分析,151 个玉米自交系按茎秆含糖量差异可分为 3 大类,第 3 类属于茎秆高糖类型(12.3%~16.9%),共有 22 个自交系,这一类群种质可能是培育茎秆高糖玉米新品种的重要亲本材料,其中 78599-1-550、78599-2、YXD053-646、Y53-245、预 CY509 等 5 个自交系尤其适合作为茎秆高糖玉米育种亲本。

**关键词:**玉米;茎秆糖分;种质资源

## Screening and Evaluation for High Sugar Content of Stem in Maize Germplasm

BIAN Yun-long, DU Kai, WANG Yi-jun, DENG De-xiang, CHENG Jin-rong, KONG You-bing

(Jiangsu Provincial Key Laboratory of Crop Genetic and Physiology/Department of Agronomy,  
Yangzhou University, Yangzhou 225009)

**Abstract:** Germplasms with high sugar content in stem are of importance for silage maize breeding. One hundred and fifty one maize inbred lines were screened for evaluation of sugar content in stem in this study. The results were summarized as follows, the Brix in stem ranged from 3.5 to 16.9, 65 out of 151 inbred lines (43.1%) had sugar content up to 10%, and these inbred lines might be useful for improvement of sugar content of hybrid stem. All the tested inbred lines were divided into three types using cluster analysis method according to their sugar content in stem. Type III included 22 inbred lines and these lines had high sugar content of stem (Brix = 12.3% ~ 16.9%), which might be pivotal to increase sugar content of maize hybrid stem. Five out of these 22 lines including 78599-1-550, 78599-2, YXD053-646, Y53-245 and YU-CY509 could be desirable genotypes considering their high sugar content in stem and superior agronomic characters.

**Key words:** Maize; Sugar content in stem; Germplasm resources

青贮玉米是发展养牛业和奶业不可或缺的基础饲料之一,也是最经济的饲料,预计今后 10 年内,我国每年对青贮玉米的需求将达到 400 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>,进一步提高青贮玉米饲料品质非常重要。体外干物质消化率是青贮玉米自身品质的主要评价指标,对优质青贮玉米育种具有十分重要的意义。据白琪林等<sup>[2]</sup>研究报道:体外干物质消化率与水溶性糖(water-soluble carbohydrate, WSC)

含量呈极显著正相关(相关系数接近 0.9),玉米秸秆中的水溶性糖含量对体外干物质消化率的影响很大,可通过对高 WSC 材料的选择来达到提高体外干物质消化率的目的。优质青贮玉米还必需要经过一个适宜的青贮发酵过程,才能使其成为优质青贮饲料。青贮是指在密封条件下,利用乳酸菌进行厌氧发酵并产生大量的乳酸,使青贮料的 pH 值下降到 4.0 以下,从而抑制了其

收稿日期:2009-05-18

修回日期:2009-10-23

基金项目:国家自然科学基金项目(30771353);江苏省自然科学基金项目(BK2007078)

作者简介:卞云龙,高级农艺师,主要从事玉米遗传育种研究。E-mail:byllfz@yahoo.com.cn

通讯作者:邓德祥,教授

他有害杂菌如腐败菌、霉菌等的活动,使青绿饲料在相当长的时间内保持其品质的一种保鲜技术。糖是乳酸菌形成乳酸的原料,只有足够数量的糖,才有可能使乳酸菌形成足够数量的乳酸<sup>[3]</sup>,乳酸数量的不足不仅会导致青贮饲料质量下降而且可能使青贮料霉变<sup>[4-5]</sup>,青贮料中含糖量的多少直接影响到青贮效果和青贮饲料调制品质<sup>[6-8]</sup>。因此,提高青贮玉米茎秆含糖量将有助于进一步提高青贮玉米饲料质量。

茎秆高糖玉米种质资源的收集、筛选、评价和创新是选育茎秆高糖的优质青贮玉米杂交种

的前提。Singleton<sup>[9]</sup>和李凤华等<sup>[10]</sup>对玉米茎秆高糖种质资源研究有过概略性的报道。本研究通过对 151 个玉米自交系茎秆含糖量的研究,旨在筛选与评价玉米茎秆高糖种质资源,为玉米茎秆高糖优质杂交种的选育奠定基础,以期进一步提高青贮玉米品质。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以本研究室自选系为主和少量的外引系共 151 份玉米自交系为试验材料(表 1)。

表 1 供试的 151 个自交系

Table1 One hundred and fifty one inbred lines investigated

编号 No.	自交系 Inbred line	编号 No.	自交系 Inbred line	编号 No.	自交系 Inbred line	编号 No.	自交系 Inbred line
1	L625-1	39	LX66-15	77	LX44-6-3	115	中 M500-641
2	YJ42	40	LX44-6	78	Y53-245	116	QA501
3	YXD053	41	LX43-13	79	Y53-259	117	NT-RD
4	RA	42	LX1-69-07	80	Y53-288	118	B452
5	LX-3	43	Y53-289	81	Y53-307	119	预 CY504
6	LX-2	44	LX69-08	82	中 M500-3	120	YXD053-646
7	LX-1	45	LX58-14	83	LDC-570-9	121	Y14
8	LDX	46	Y53-208	84	JY79-5	122	NB35
9	B4	47	HN03-14	85	B5	123	NB36
10	LX59-10	48	中 M500-1	86	LX51-7	124	DQ01
11	LX-33	49	HN04-12	87	Y-03	125	QA512
12	SHA188	50	LDX-8	88	Z598	126	HN02-11
13	扬 10-1	51	Y53-147	89	中 M500-6	127	QT-1-5
14	78599-2	52	Y53-163	90	Y53-262	128	YJK339
15	昌 7-2	53	Y53-157	91	Y08-267	129	JK339
16	PI75	54	Y53-164	92	KC-ZJY-3	130	QT-16
17	LX12-8	55	L625-2	93	Y53-254	131	YJY1179
18	B2	56	掖 M4000-617	94	KCC-1	132	YJQ532
19	Y53-180	57	J42-2	95	KCC-2	133	B2-2
20	LX-51	58	HJ-2	96	KC-ZJY-2	134	BY4-1
21	LX-29	59	Y53-171	97	B7	135	BY4-2
22	LX-52	60	LX-9	98	98A-04	136	B451
23	178	61	YN16	99	NA1	137	3189
24	LX-43	62	Y53-145	100	NA2	138	HN40
25	HN03-13	63	Y53-144	101	478-文黄	139	BY1
26	LX-21	64	Y53-150	102	NA7	140	BY2
27	J42	65	LDC-570-6	103	78599-1-550	141	BY3
28	LX-45	66	HC-599	104	掖 M 选系-607	142	扬 10-3
29	Y6-1	67	Y53-291	105	JQ532	143	中试 309
30	HN04-12	68	Y53-297	106	NB2	144	TP-1-2
31	LDC-570-3	69	Y53-212	107	NB3	145	紫-4
32	Y6-2	70	HN03-13-3	108	NB5	146	478-77
33	Y53-08-1	71	L625-7	109	B11	147	233
34	掖 M1.5-7	72	Y53-298	110	掖 M4000-622	148	HN07-1
35	LX49-2	73	Y53-214	111	NA10	149	HJ-1
36	Y53-08-51	74	Y53-188	112	YDQ01	150	JB
37	LX65-6	75	Y53-301	113	PYC-2-689	151	HD92
38	LX1-69-08	76	掖 M1.5-3	114	预 CY509		

1.2 种植方法

2008 年 6 月 15 日将供试材料夏播于扬州大学农学院玉米试验田中,采用随机区组设计,2 次重复,每份材料每个重复种植 1 行,每行 15 株,行距 0.6m,株距 0.25m,试验田前茬为空茬,土质为沙壤土,地力中等,施纯氮 241.5kg/hm<sup>2</sup>,苗期防治地老虎,大喇叭口期防治玉米螟,其他田间管理措施同一般试验田。

1.3 含糖量测定方法

对每个试验材料记载有关生育时期(抽雄期、吐丝期等)。于 3/4 乳线期每份供试材料每个重复取中间 5 株,共 10 株,去掉雌穗、叶片、叶鞘及雄穗等。参照 Widstrom 等<sup>[11]</sup> 及 Bian 等<sup>[12]</sup> 的方法测定含糖量,用榨汁机分别榨出每个植株的茎秆汁液置于之前准备好的干净且干燥的培养皿中,再用微量移液器吸取 50μl,用手持测糖仪(PAL-1)测定含糖量。为了降低测糖仪的测定误差,每次每个植株茎秆汁液重复测定 3 次,取其平均值作为该植株的茎秆汁液含糖量,再计算每个重复 5 株的平均值,以 2 次重复的平均值作为每份材料的茎秆汁液含糖量。

1.4 统计分析方法

以每份材料的茎秆汁液含糖量为基础,采用 Excel 和 MATLAB7.7 软件进行作图和分析

2 结果与分析

2.1 玉米自交系茎秆含糖量分布

151 个玉米自交系茎秆含糖量测定结果表明,自交系茎秆含糖量变化范围很大(图 1),茎秆含糖量最低的自交系(LX-45)其茎秆糖分含量只有 3.5%,茎秆含糖量最高的自交系(LX-2、YXD053-646)其茎秆糖含量已达 16.9%和 16%,而茎秆糖含量 8%~12%的自交系有 87 个(57.6%)。从茎秆含糖量的分布(图 2)来看,茎秆含糖量为 0~5%的自交系有 7 个,约占测定自交系总数 4.6%;茎秆含糖量为 5%~10%的自交系有 79 个,约占测定自交系总数 52.3%;茎秆含糖量为 10%~15%的自交系有 63 个,约占测定自交系总数 41.7%;茎秆含糖量为 15%~20%的自交系仅有 2 个,约占测定自交系总数 1.3%,绝大部分自交系其茎秆含糖量为 5%~15%。茎秆含糖量≥10%的占测定自交系总数 43.0%(表 2)。结合综合农艺性状看,78599-1-550、78599-2、YXD053-646、Y53-245、预 CY509 等 5 个自交系株型紧凑,抗病性、抗倒性强,保绿性好,尤其适合作为茎秆高糖玉米育种亲本。

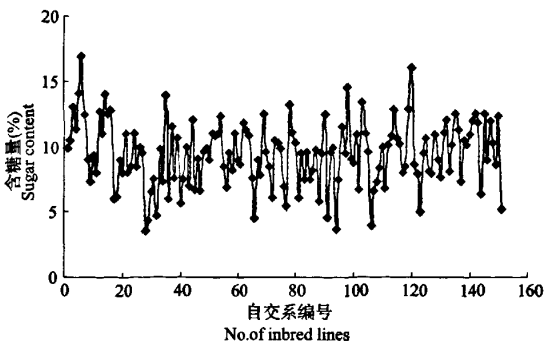


图 1 151 个自交系茎秆含糖量变化

Fig.1 Variance of sugar content in stems of 151 inbred lines

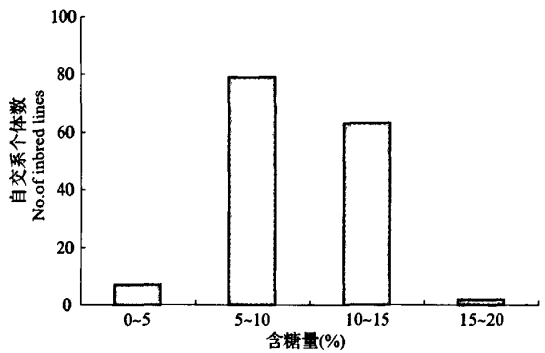


图 2 151 个自交系茎秆含糖量分布

Fig.2 Distribution in sugar content in stems of 151 inbred lines

表 2 茎秆高糖玉米自交系

Table 2 Inbred lines for high sugar content of stalk in corn

自交系	含糖量 (%)	自交系	含糖量 (%)	自交系	含糖量 (%)
Inbred line	Brix	Inbred line	Brix	Inbred line	Brix
YJ42	10.5	LX65-6	11.5	Y53-245	13.2
YXD053	13.0	LX66-15	10.7	Y53-259	11.1
RA	11.4	LX1-69-07	10.0	Y53-288	10.3
LX-3	14.1	LX69-08	12.1	Y53-262	12.5
LX-2	16.9	Y53-147	11.0	Y53-254	10.0
LX-1	12.4	Y53-163	10.8	KC-ZJY-2	11.5
SHA188	12.7	Y53-157	11.0	98A-04	14.5
扬 10-1	11.0	Y53-164	12.3	478-文黄	10.9
78599-2	14.0	Y53-171	11.0	78599-1-550	13.4
昌 7-2	12.5	Y53-145	11.8	掖 M 选系-607	11.0
PI75	12.8	Y53-144	11.3	掖 M4000-622	10.0
LX-29	11.0	Y53-150	10.8	YDQ01	10.1
LX-43	11.0	Y53-212	12.5	PYC-2-689	10.8
LX-21	10.0	Y53-214	10.5	预 CY509	12.9
LX49-2	13.9	Y53-188	10.3	中 M500-641	10.7
中试 309	11.8	紫-4	12.5	233	12.0
JB	12.3	YJY1179	11.1	HN40	10.5
QA501	10.2	YJQ532	12.1	BY1	10.1
预 CY504	12.9	BY4-1	10.1	BY2	10.9
YXD053-646	16.0	BY4-2	12.5	BY3	12.0
QA512	10.7	B451	11.3	扬 10-3	12.5
YJK339	10.9	HN07-1	10.3		

对 151 个玉米自交系茎秆含糖量进行了方差分析,结果表明,151 个玉米自交系茎秆含糖量差异达极显著水平,为筛选茎秆高糖基因型玉米自交系提供了可能。

2.2 玉米自交系茎秆含糖量聚类分析

利用 MATLAB7.7 进行了聚类分析,供试的 151 个玉米自交系按茎秆含糖量差异可分为 3 大类(图 3)。第 1 类包含了 60 个自交系,如 LX-45、178、B2、B4 等,含糖量 3.5%~8.7%,平均含糖量 7.0%,属于茎秆含糖量比较低的。第 2 类共有 69 个自交系,如 YJ42、LDX、HN04-13、RA 等,含糖量 9.0%~12.1%,平均茎秆含糖量 10.3%,占全部供试自交系的 45.7%,属于茎秆含糖量比较高的,这一类群中包含了一部分茎秆高糖自交系( $Brix \geq 10\%$ ),这些自交系可以直接应用于茎秆高糖玉米杂交种的培育。第 3 类共有 22 个自交系,如 YXD053、预 CY509、LX-2、LX-3 等,含糖量 12.3%~16.9%,平均含糖量 13.3%,属于高茎秆含糖量类型(表 2),这一类群种质值得高度关注,可以认为是培育茎秆高糖玉米新品种的重要种质资源。

2.3 不同播种季节自交系茎秆含糖量比较

本研究供试自交系茎秆含糖量的测定是在夏播完成的,同年春播因其他研究需要,本研究中的 8 个自交系茎秆含糖量被测定,现将这 8 个自交系茎秆含糖量春、夏播结果进行比较分析(表 3)。从表 3 可以看出,在本研究试验(夏播)中,有 6 个自交系(YJ42、YXD053、RA、HN40、扬 10-1、78599-2)表现为茎秆高糖,2 个自交系茎秆糖含量较低,在春播中也有相同的结果;另外,在春播自交系中,除了 HN04-12 和 RA 2 个自交系茎秆含糖量比夏播稍低,其他 6 个自交系茎秆含糖量都不同程度高于夏播,这一差异是否与春玉米和夏玉米的生长环境条件及生育期不同有关,有待进一步研究。

表 3 不同播种季节自交系茎秆含糖量  
Table 3 Brix in stems of inbred lines of corn at different sowing dates

播期	自交系 Inbred line							
	HN03-13	YJ42	YXD053	RA	HN40	HN04-12	扬 10-1	78599-2
春播	9.6	11	13.7	10.9	10.8	6.3	12.3	14.4
夏播	8.5	10.5	13	11.4	10.5	6.6	11	14

3 讨论

1948 年,Singleton<sup>[9]</sup>就认为 C103 是高糖玉米自交系( $Brix = 11\%$ ),并认为玉米杂交种的茎秆汁液

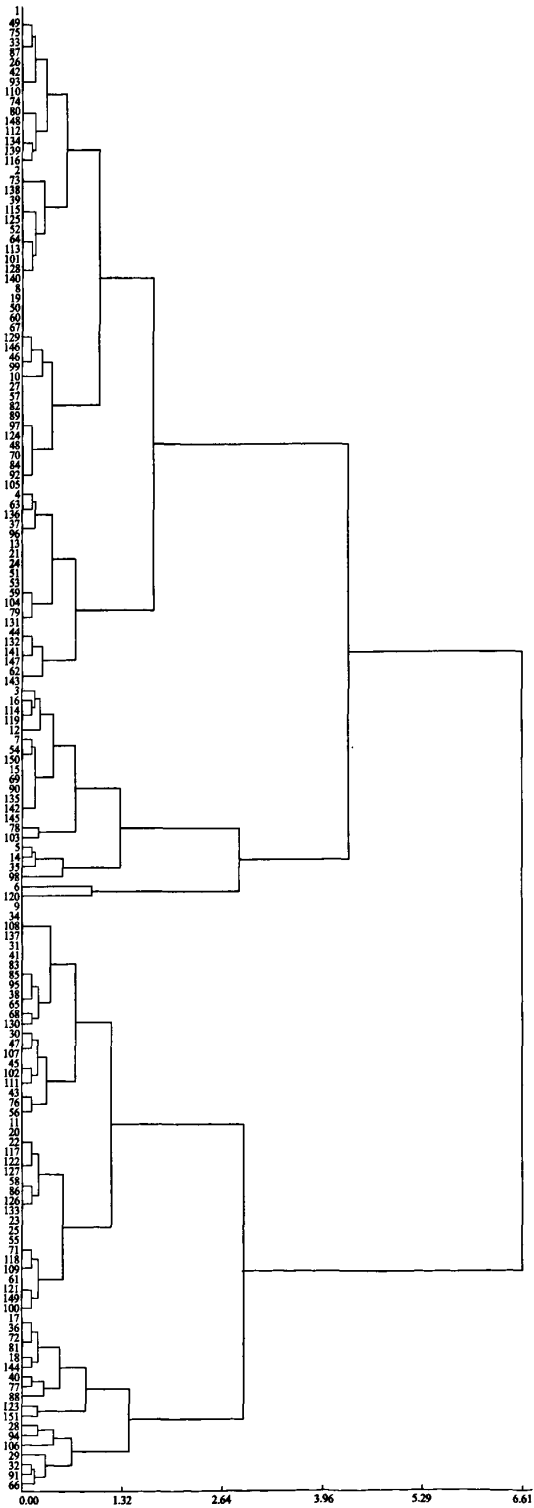


图 3 151 个自交系茎秆含糖量聚类分析  
Fig. 3 Cluster analysis for sugar content of stalk of 151 inbred lines

的糖浓度可以被提高。1984 年, Widstrom 等<sup>[13]</sup> 比较了 15 个玉米栽培品种 (cultivars) 或玉米群体 (populations) 以及 19 个玉米杂交种 (hybrids) 茎秆糖产量, 也发现提高玉米茎秆糖产量是可行的。本研究表明, 玉米自交系茎秆含糖量存在很大差异, 变异范围广 (3.5% ~ 16.9%), 其中糖含量超过 10% 的自交系有 65 份 (43.1%)。玉米茎秆含糖量是受遗传控制的<sup>[14]</sup>, 自交系茎秆糖分选择潜力大, 通过育种途径进一步提高玉米茎秆糖分是可能的。

据田间观察, 绝大部分茎秆高糖的玉米自交系在取样 (3/4 乳线期) 时, 茎叶仍保持碧绿, 说明植物光合作用还在进行。玉米茎秆是光合产物向玉米果穗中运输的主要通道, 在 3/4 乳线期时, 光合产物向玉米果穗中运输的比例减少, 相对在茎秆中的积累量增加, 进而相对提高了玉米茎秆中的含糖量。本研究试验中也发现, 自交系 LX-2、LX-3 及 LX49-2 茎秆含糖量 (Brix) 很高, 分别达到 16.9%、14.1%、13.9%, 但在 3/4 乳线期时, 这些自交系茎叶保绿性并不好, 分析其原因是玉米茎秆含糖量主要是受基因的遗传控制, 保绿性的影响是有限的。另外, 在茎秆高糖自交系中, 与 Y53 有血缘关系的选系所占比例比较高 (25%), Y53 中可能存在茎秆高糖基因。根据以上分析, 玉米茎秆含糖量除了受基因的遗传控制外, 后期茎叶保绿程度可能对茎秆含糖量也有一定的影响。

每个性状在育种中的重要性不同, 但每个性状的优劣都会影响资源的利用程度<sup>[15]</sup>。玉米优异种质资源掖 478 自交系能够成为我国玉米育种的骨干自交系, 不仅因为其配合力高, 还由于其具有好的综合性状<sup>[16]</sup>。在本研究中, 尽管自交系 LX-2 茎秆含糖量最高 (表 2), 但根据田间观察, 其株型、抗病性、茎叶保绿性等都比较差, 认为它不是一个优良的茎秆高糖种质资源。78599-1-550、78599-2、YXD053-646、Y53-245、预 CY509 5 个自交系不仅茎秆高糖

(表 2), 同时株型清秀、抗逆性强、茎叶保绿性好, 据初步测定, 一般配合力也较高, 因此这 5 个自交系在培育茎秆高糖青贮玉米新品种过程中应加强应用。

#### 参考文献

- [1] 赵久然, 杨国航, 孙世贤, 等. 国家青贮玉米品种区域试验现状及发展趋势[J]. 作物杂志, 2008(1): 85-89
- [2] 白琪林, 陈绍江, 戴景瑞. 我国常用玉米自交系秸秆品质性状及其相关分析[J]. 作物学报, 2007, 33(11): 1777-1781
- [3] Johnson L M, Harrison J H, Davidson D, et al. Corn silage management: Effects of hybrid, maturity, inoculation, and mechanical processing on fermentation characteristics[J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 287-308
- [4] McDonald P, Henderson N, Heron S J E. The Biochemistry of Silage, 2nd edn[M]. Marlow, United Kingdom: Chalcombe Publications, 1991: 70-120
- [5] Kleinschmit D H, Schmidt R J, Kung Jr L. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage[J]. J Dairy Sci, 2005, 88: 2130-2139
- [6] 张德玉, 李忠秋, 刘春龙. 影响青贮饲料品质因素的研究进展[J]. 家畜生态学报, 2007, 28(1): 109-112
- [7] Froetschel M A, Ely L O, Amos H E. Effects of additives and growth environment on preservation and digestibility of wheat silage to holstein heifers[J]. J Dairy Sci, 1991, 74: 546-556
- [8] Wilkinson J M, Chapman M P F, Wilkins R J, et al. Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition[C] // Proceeding of the 14th international Grassland, Lexington, 1983: 631-634
- [9] Singleton W R. Sucrose in the stalks of maize inbreds[J]. Science, 1948, 107: 174
- [10] 李风华, 董海合, 吴俊强, 等. 茎秆高糖的能源玉米新品种选育研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(3): 19-21
- [11] Widstrom N W, Carr M E, Bagby M O, et al. Distribution of sugar and soluble solids in the maize stalk[J]. Crop Sci, 1988, 28: 861-863
- [12] Bian Y L, Yazaki S J, Inoue M K, et al. QTLs for sugar content of stalk in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench)[J]. Agric Sci China, 2006, 5: 736-744
- [13] Widstrom N W, Bagby M O, Palmer D M, et al. Relative stalk sugar yields among maize populations, cultivars, and hybrids[J]. Crop Sci, 1984, 24: 913-915
- [14] Van Reen R, Singleton W R. Sucrose content in the stalks of maize inbreds[J]. Agron J, 1952, 44: 610-614
- [15] 李凤艳, 张兴华, 张仁和. 玉米优异地方种质资源的筛选与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(3): 225-227
- [16] 李登海, 毛丽华, 杨今胜, 等. 玉米优异种质资源—478 自交系的选育与应用[J]. 莱阳农学院学报, 2005, 22(3): 159-164
- [17] 徐雅静, 汪远征. 主成分分析应用方法的改进[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(6): 68-75
- [18] Chen J, Wang P, Xia Y, et al. Genetic diversity and differentiation of *Camellia sinensis* L. (cultivated tea) and its wild relatives in Yunnan province of China, revealed by morphology, biochemistry and allozyme studies[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52(1): 41-52
- [19] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定—I. 鲜叶的主要生化组分与红茶品质的关系[J]. 茶叶科学, 1990(2): 127-131
- [20] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定—II. 鲜叶的主要生化组分与红茶品质的关系[J]. 茶叶科学, 1991(2): 59-64
- [21] 陆锦时, 魏芳华, 李春华. 茶树品种主要化学成分与品质关系的研究[J]. 西南农业学报, 1994, 7(增刊): 1-5

(上接第 314 页)

- [9] 刘玉皎, 宗绪晓. 青海蚕豆种质资源形态多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 79-83
- [10] 王新超, 许玫, 陈亮, 等. 优质红碎茶资源的鉴定与筛选[J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(3): 262-265
- [11] 程启坤. 茶叶品种适制性的生化指标——酚氨比[J]. 中国茶叶, 1983(1): 38
- [12] 吕毅, 郭雯飞, 倪捷儿, 等. 茶氨酸的生理作用及合成[J]. 茶叶科学, 2003, 23(1): 1-5
- [13] 杨贤强, 王岳飞, 陈留记. 茶多酚化学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 71-73
- [14] 严学兵, 周禾, 王翌, 等. 被碱草属植物形态多样性及其主成分分析[J]. 草地学报, 2005, 13(2): 111-116

作者: 卞云龙, 杜凯, 王益军, 邓德祥, 程金荣, 孔佑兵, BIAN Yun-long, DU Kai,  
WANG Yi-jun, DENG De-xiang, CHENG Jin-rong, KONG You-bing  
作者单位: 扬州大学农学院/江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州, 225009  
刊名: 植物遗传资源学报   
英文刊名: JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES  
年, 卷(期): 2010, 11(3)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(16条)

1. Singleton W R Sucrose in the stalks of maize inbreds[外文期刊] 1948
2. Wilkinson J M;Chapman M P F;Wilkins R J Interrelationships between pattern of fermentation during ensilage and initial crop composition 1983
3. Froetschel M A;Ely L O;Amos H E Effeds of additives and growth environment on preservation and digestibility of wheat silage to holstein heifers 1991
4. 张德玉;李忠秋;刘春龙 影响青贮饲料品质因素的研究进展[期刊论文]-家畜生态学报 2007(01)
5. Kleinschmit D H;Schmidt R J;Kung Jr L The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of com silage[外文期刊] 2005(6)
6. McDonald P;Henderson N;Heron S J E The Biochemistry of Silage 1991
7. Johnson L M;Harrison J H;Davidson D Corn silage management:Effects of hybrid, maturity, inoculation, and mechanical processing on fermentation characteristics 2003
8. 白琪林;陈绍江;戴景瑞 我国常用玉米自交系秸秆品质性状及其相关分析[期刊论文]-作物学报 2007(11)
9. 李登海;毛丽华;杨今胜 玉米优异种质资源-478自交系的选育与应用[期刊论文]-莱阳农学院学报 2005(03)
10. 李凤艳;张兴华;张仁和 玉米优异地方种质资源的筛选与评价[期刊论文]-植物遗传资源学报 2003(03)
11. Van Reen R;Singleton W R Sucrose content in the stalks of maize inbreds[外文期刊] 1952
12. Widstrom N W;Bagby M O;Palmer D M Relative stalk sugar yields among maize populations, cuhivars, and hybrids[外文期刊] 1984
13. Bian Y L;Yazaki S J;Inoue M K QTLs for sugar content of stalk in sweet sorghum(Sorghum bicolor L. Moeneh) [外文期刊] 2006(05)
14. Widstrom N W;Cart M E;Bagby M O Distribution of sugar and soluble solids in the maize stalk 1988
15. 李风华;董海合;吴俊强 茎秆高糖的能源玉米新品种选育研究[期刊论文]-玉米科学 2007(03)
16. 赵久然;杨国航;孙世贤 国家青贮玉米品种区域试验现状及发展趋势[期刊论文]-作物杂志 2008(01)

## 引证文献(2条)

1. 卞云龙, 邓德祥, 杜凯, 顾啸, 王益军, 印志同, 孙东雷 玉米茎秆糖含量与产量及主要农艺性状的关系[期刊论文]-上海农业学报 2011(4)
2. 平俊爱, 张福耀, 杜志宏, 吕鑫, 李慧明 大力推广青贮玉米种植促进山西畜牧业可持续发展[期刊论文]-中国种业 2010(10)