

文章编号: 1005-0906(2009)05-0072-05

密度对饲用玉米蔗糖合成和积累的影响

赵宏伟, 孔 宇, 于秋竹, 杨 亮

(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘 要: 以 4 个饲用玉米品种为材料, 研究玉米生长发育过程中密度对蔗糖合成和积累的影响, 探讨蔗糖合成酶(SS)、磷酸蔗糖合成酶(SPS)与蔗糖间的相关性, 明确蔗糖合成机理。研究结果表明, 拔节期至成熟期蔗糖含量随密度的增加而降低, 孕穗期至灌浆期 SS 活性随密度的增大而减小, SPS 活性在孕穗期至灌浆期随密度的增大而减小; 子粒蔗糖含量因密度和品种而异, SS 活性随着密度的增大而减小, 子粒 SPS 活性在整个灌浆过程呈逐渐降低趋势, 在吐丝 42 d 以前酶活性均随密度的增加而降低; 功能叶片 SPS 活性、SS 活性与蔗糖含量间在孕穗期至成熟期呈极显著正相关, 子粒 SPS 活性与蔗糖含量在吐丝 7 ~ 42 d 呈极显著正相关, 子粒 SS 活性与蔗糖含量在吐丝后(除吐丝 42 d 呈显著正相关外)呈极显著正相关。

关键词: 饲用玉米; 蔗糖含量; 蔗糖合成酶; 磷酸蔗糖合成酶

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Effects of Density on Sucrose Synthesize and Accumulation of Forage Maize

ZHAO Hong-wei, KONG Yu, YU Qiu-zhu, YANG Liang

(Agriculture College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: The study was carried out about effects of density on sugar synthesise and accumulation by four varieties of forage maize, and discussed the relationship between SS, SPS and sugar. It made clearly the sucrose synthesise mechanism and established the high efficient production of forage maize. The results showed that sucrose contents in functional leaves of forage maize decreased with the increasing density from elongation stage to ripening forage. The SS and SPS activity declined with the increasing density from booting stage to grain stage. The sucrose contents in grains were different on different density and varieties. The SS activity in grains declined with the increasing density. The SPS activity in grains had a decreasing trend in the whole graining progress. The enzymes activities were declining with the increasing density before 42th after silking. The activity SPS and SS in functional leaves of forage maize were supreme significantly positively correlated with the sucrose contents between booting stage and ripening stage; the SPS activity in grain was supreme significantly positively correlation between 7th and 42th after silking, but the SS activity was supreme positive correlation with the sucrose content in grains of forage maize after silking (except positive correlation in the 42th after silking).

Key words: Forage maize; Sugar content; SS; SPS

蔗糖在植物的生命过程中有着重要的作用。磷酸蔗糖合成酶(SPS)是叶片蔗糖合成的主要途径。蔗

糖合成酶(SS)是蔗糖代谢的关键酶, 在蔗糖合成的过程中起主导作用。通过对不同密度下饲用玉米蔗糖合成和积累的研究, 探讨蔗糖合成酶、磷酸蔗糖合成酶与蔗糖间的相关性, 为饲用玉米高产、高效生产及合理密植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用饲用玉米品种中原单 32、黑饲 1 号、东陵

收稿日期: 2008-11-14

基金项目: 东北农业大学博士启动基金项目

作者简介: 赵宏伟(1967-), 女, 黑龙江绥化人, 副教授, 硕士生导师, 博士, 主要从事作物生理及作物高产栽培技术教学与研究。E-mail: hongweizhao@163.com

白和高油 115。

1.2 试验设计

试验于 2007 年在东北农业大学实验实习基地进行。试验设 6 个密度处理,分别为 D1、D2、D3、D4、D5、D6(分别保苗 5.5 万、6.0 万、6.5 万、7.0 万、7.5 万、8.0 万株/hm²)。施纯氮 200 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²、K₂O 100 kg/hm²。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区行长 6 m,7 行区,行距 70 cm。4 月 28 日播种,其他管理同一般生产田。试验的土壤基础肥力为全氮 0.134 mg/kg、全磷 0.064 mg/kg、缓效钾 987.00 mg/kg、碱解氮 146.20 mg/kg、速效钾 143.20 mg/kg、速效磷 44.78 mg/kg、有机质含量 2.56%,土壤 pH 值 6.62。

1.3 取样方法

叶片 SS 和 SPS 活性分别于苗期、拔节期、孕穗期、抽雄期、吐丝期、灌浆期、成熟期选取有代表性植株功能叶片(吐丝前选取植株上部完全展开的 3 片叶,吐丝期后取穗位叶)测定;子粒的酶活性分别于

吐丝后每隔 7 d 取果穗中部子粒于晴天上午 8:30 ~ 10:30 测定。

1.4 测定方法

蔗糖合成酶活性、磷酸蔗糖合成酶活性的测定参照《植物生理学实验手册》(1985)的方法。

蔗糖含量的测定采用间苯二酚比色法。

2 结果与分析

2.1 密度对饲用玉米功能叶片蔗糖含量的影响

叶片蔗糖含量是其蔗糖合成、降解及外运的综合反映。由图 1 可知,蔗糖含量在整个生育过程中呈单峰曲线变化,中原单 32、黑饲 1 号峰值出现在灌浆期,东陵白、高油 115 峰值出现在吐丝期。蔗糖含量与密度间在苗期无明显变化规律,在拔节期至成熟期蔗糖含量随密度的增加而降低。说明蔗糖含量因品种和密度而异,密度较低时竞争不激烈,叶片营养充足光合能力越强,蔗糖含量越高。

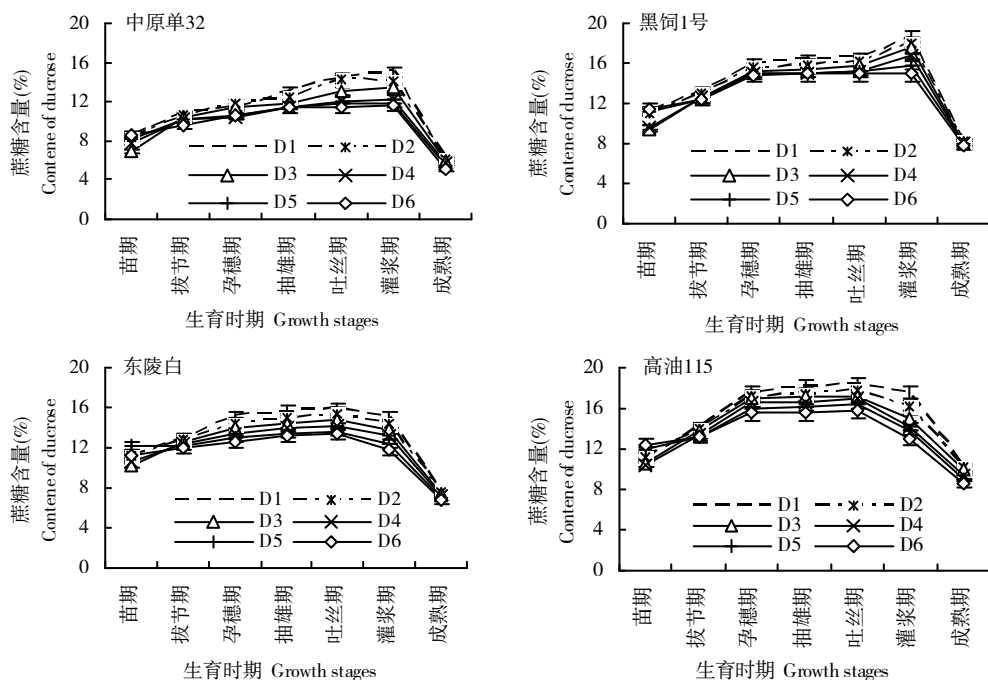


图 1 密度对玉米功能叶片蔗糖含量的影响

Fig.1 Effects of density on sucrose content in functional leaves of forage maize

2.2 密度对饲用玉米功能叶片蔗糖合成酶活性的影响

功能叶片蔗糖合成酶活性在整个生育期内呈单峰曲线变化,峰值出现在灌浆期,峰值过后中原单 32、黑饲 1 号快速下降,东陵白、高油 115 下降缓慢(图 2)。在苗期、拔节期、成熟期 SS 活性与密度间无明显变化规律,孕穗期至灌浆期 SS 活性随密度的增大而减小。孕穗期至灌浆期在同一处理下叶片 SS 活

性黑饲 1 号 > 高油 115 > 东陵白 > 中原单 32。

2.3 密度对饲用玉米功能叶片磷酸蔗糖合成酶活性的影响

一般认为 SPS 催化的蔗糖合成酶途径是叶片蔗糖合成的主要途径。由图 3 可知,叶片中 SPS 在整个生育期内呈单峰曲线变化,峰值出现在灌浆期。在苗期、拔节期、成熟期 SPS 活性与密度间无明显变化规律,在孕穗期至灌浆期随密度的增大而减

小。SPS 活性在孕穗期以后同一处理下黑饲 1 号 >

中原单 32> 高油 115> 东陵白。

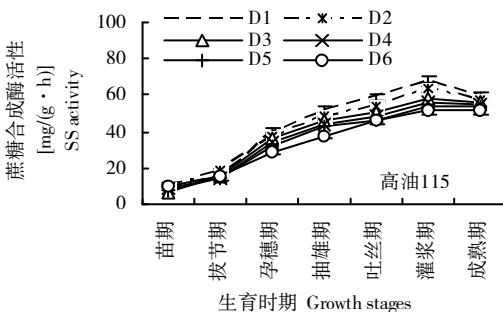
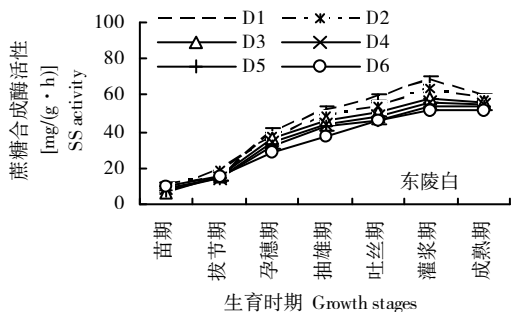
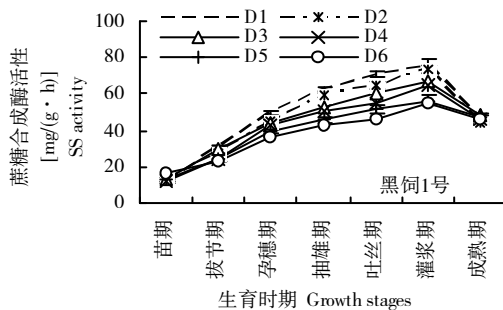
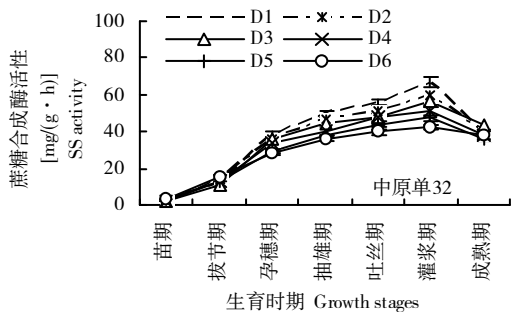


图 2 密度对玉米功能叶片蔗糖合成酶活性的影响

Fig.2 Effects of density on SS activity in functional leaves of forage maize

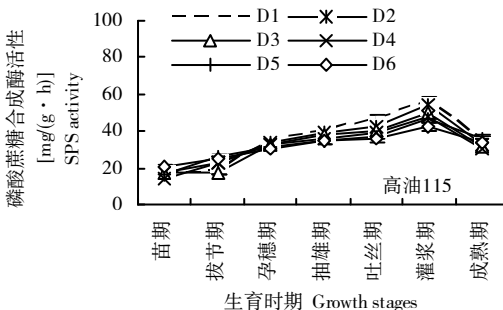
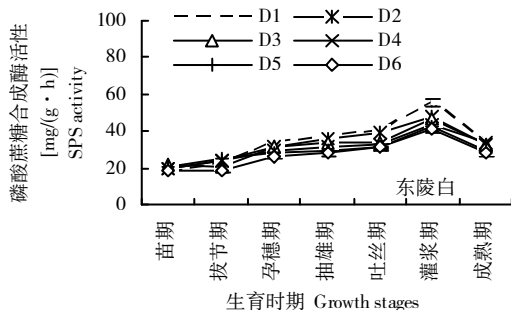
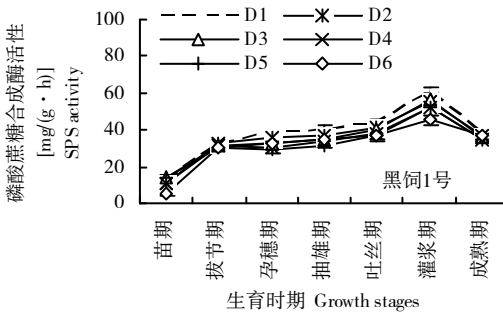
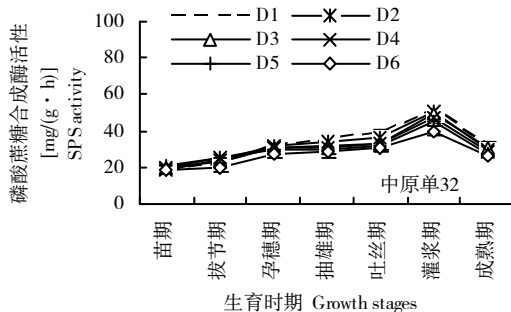


图 3 密度对玉米功能叶片磷酸蔗糖合成酶活性的影响

Fig.3 Effects of density on SPS activity in functional leaves of forage maize

2.4 密度对饲用玉米子粒蔗糖含量的影响

蔗糖是光合产物运输到子粒后最初的存在形式。由图 4 可以看出, 子粒蔗糖含量在吐丝以后呈单峰曲线变化, 峰值出现时期因品种而异, 中原单 32 峰值出现在吐丝后 14 d, 其他品种出现在吐丝后 21 d。中原单 32 在吐丝 21 d 以前蔗糖含量随密度的

增加而增大, 吐丝 21 d 以后在 6.5 万株 /hm² 以下蔗糖含量随密度的升高而降低。其他品种在吐丝 35 d 以前蔗糖含量随密度的增加而降低, 吐丝 35 d 以后在 7.0 万株 /hm² 以下随密度的升高而降低。同一处理在吐丝 14~42 d 黑饲 1 号高于其他品种。

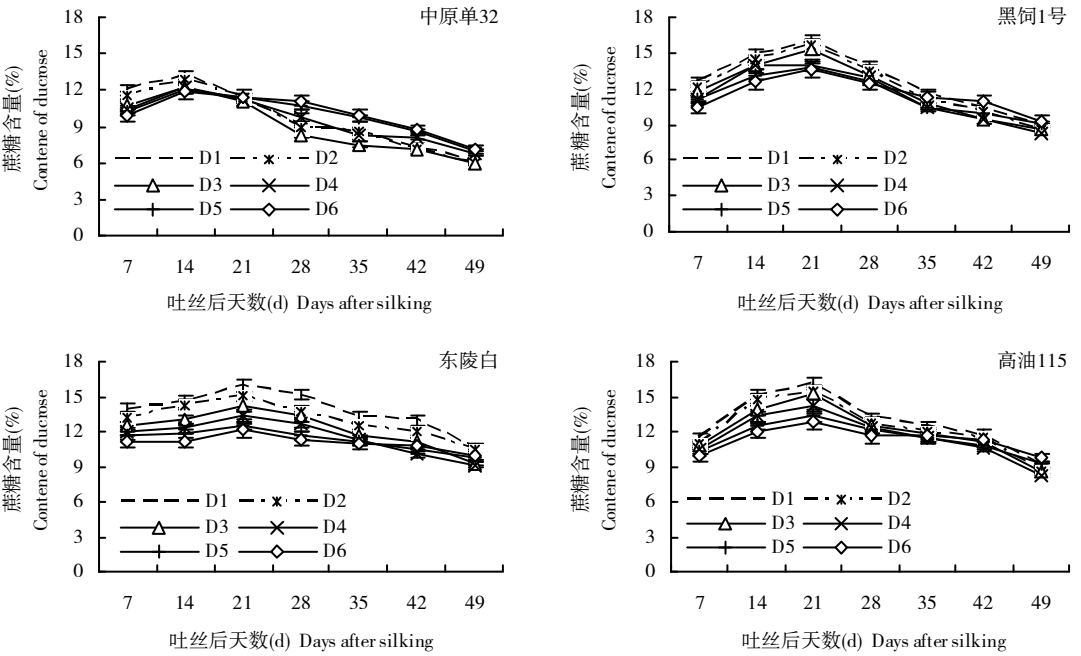


图 4 密度对玉米子粒蔗糖含量的影响

Fig.4 Effects of density on sucrose content in grains of forage maize

2.5 密度对子粒蔗糖合成酶活性的影响

子粒蔗糖合成酶活性在整个灌浆过程中呈单峰曲线变化,峰值出现时期因品种而异(图 5)。中原单 32(5.5 万株/hm²、8.0 万株/hm²)、黑饲 1 号、高油 115、

东陵白(6.5 万~8.0 万株/hm²)峰值出现在吐丝后 21 d,其余处理峰值出现在吐丝后 14 d。各品种 SS 活性随着密度的增大而减小。同一处理子粒 SS 活性为黑饲 1 号>高油 115>东陵白>中原单 32。

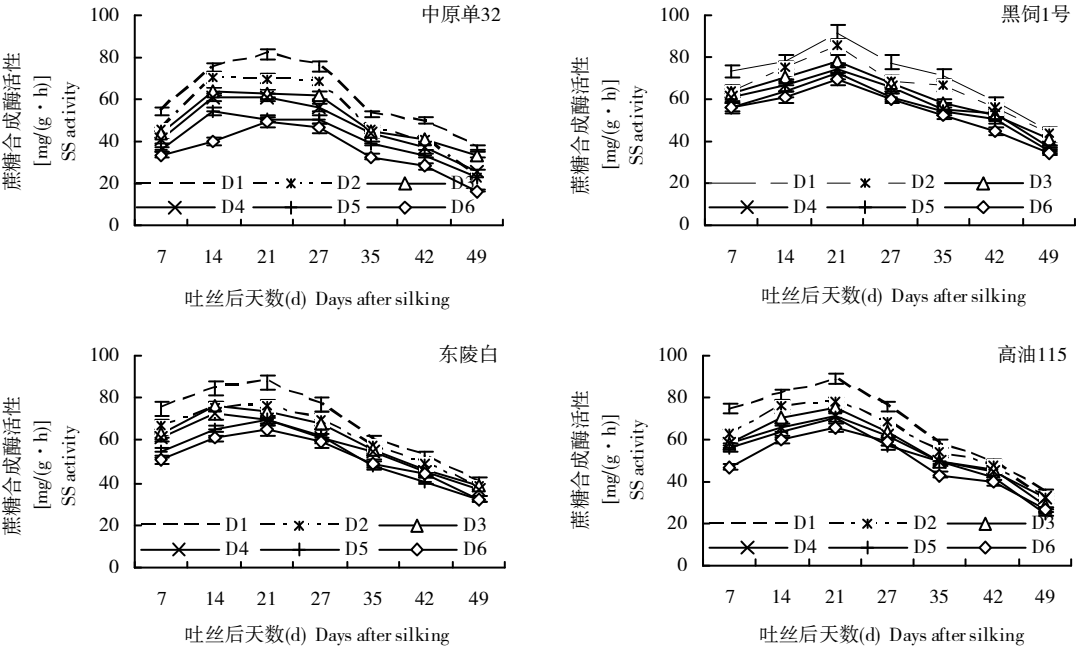


图 5 密度对玉米子粒蔗糖合成酶活性的影响

Fig.5 Effects of density on SS activity in grains of forage maize

2.6 密度对子粒磷酸蔗糖合成酶活性的影响

子粒磷酸蔗糖合成酶活性在整个灌浆过程呈逐渐降低趋势(图 6)。在吐丝 42 d 以前酶活性均随密

度的增加而降低,在吐丝 49 d 酶活性与密度间无明显变化规律。同一处理下吐丝后 21~49 d 黑饲 1 号子粒 SPS 活性高于其他品种。

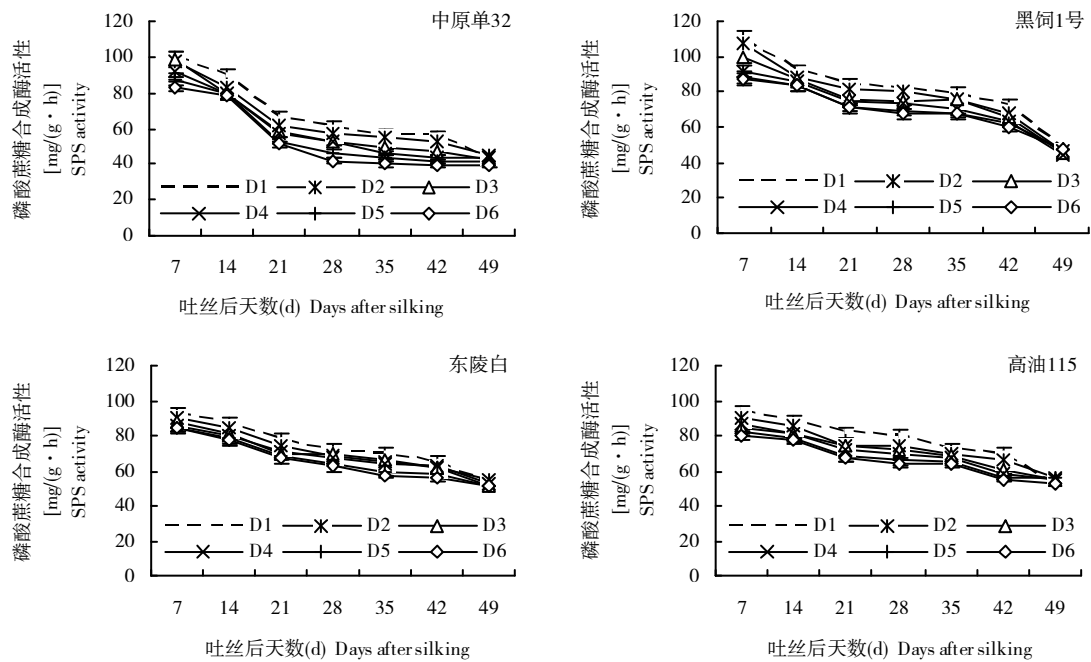


图 6 密度对玉米子粒磷酸蔗糖合成酶活性的影响

Fig.6 Effects of density on SPS activity in grains of forage maize

2.7 蔗糖合成酶、蔗糖磷酸合成酶活性与蔗糖含量的相关分析

由表 1、表 2 可知,玉米功能叶片磷酸蔗糖合成酶活性与蔗糖之间在苗期、拔节期相关性不显著,在孕穗期至成熟期呈极显著正相关。蔗糖合成酶与蔗

糖之间在整个生育时期呈极显著正相关。子粒磷酸蔗糖合成酶活性与蔗糖之间在吐丝开始至吐丝 42 d 呈极显著正相关,吐丝 49 d 呈显著正相关。蔗糖合成酶与蔗糖之间在吐丝 42 d 呈显著正相关,其余时期均呈极显著正相关。

表 1 玉米功能叶片蔗糖合成酶活性、磷酸蔗糖合成酶活性与蔗糖相关分析

Table 1 Correlative analysis among SS, SPS activity and sucrose contents on functional leaves of forage maize

合成酶活性 Synthase activity	苗 期 Seeding stage	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	抽雄期 Tasselling stage	吐丝期 Silking stage	灌浆期 Grain stage	成熟期 Maturity stage
SPS	-0.039	-0.091	0.443**	0.582**	0.526**	0.805**	0.610**
SS	0.660**	0.591**	0.591**	0.608**	0.593**	0.823**	0.425**

注:* 为 5%水平显著,相关系数 r=0.325;** 为 1%水平显著,相关系数 R=0.418。下表同。
Note: * indicates the significance at 5% level, correlation coefficient r is equal to 0.325;** indicates the significance at 1% level, correlation coefficient R is equal to 0.418. The same as the following tables.

表 2 玉米子粒蔗糖合成酶(合成方向)、磷酸蔗糖合成酶活性与蔗糖相关分析

Table 2 Correlative analysis among SS, SPS activity and sucrose content in grains of forage maize

合成酶活性 Synthase activity	吐丝后天数(d) Days after silking						
	7	14	21	28	35	42	49
SPS	0.568**	0.856**	0.778**	0.679**	0.609**	0.564**	0.375*
SS	0.729**	0.794**	0.827**	0.556**	0.588**	0.399*	0.432**

3 结 论

玉米功能叶片 SPS 活性、SS 活性、蔗糖含量在整个生育过程呈单峰曲线变化,在拔节期至成熟期

蔗糖含量随密度的增加而降低,在孕穗期至灌浆期 SS 活性、SPS 活性随密度的增大而减小。说明随着密度增高,单株生产力下降,叶片光合能力也随之降低,蔗糖合成受到影响。
(下转第 81 页)

(上接第 76 页)

子粒蔗糖含量和蔗糖合成酶活性在吐丝以后呈单峰曲线变化,峰值出现时期因品种而异。蔗糖含量中原单 32 在吐丝 21 d 以前随密度的增加而增大,吐丝 21 d 以后在 6.5 万株 /hm² 以下蔗糖含量随密度的增加而降低;其他品种在吐丝 35 d 以前蔗糖含量随密度的增加而降低,吐丝 35 d 以后在 7.0 万株 /hm² 以下随密度的增加而降低;各品种 SS 活性随着密度的增大而减小。子粒磷酸蔗糖合成酶活性在整个灌浆过程呈逐渐降低趋势,说明随着灌浆过程的推进,子粒蔗糖合成能力下降,在吐丝 42 d 以前酶活性均随密度的增加而降低。

玉米功能叶片 SPS 活性、SS 活性与蔗糖含量间在孕穗期至成熟期呈极显著正相关,子粒 SPS 活性与蔗糖含量在吐丝 7 ~ 42 d 呈极显著正相关,子粒 SS 活性与蔗糖含量在吐丝后(除吐丝 42 d 呈显著正相关外)呈极显著正相关。

参考文献:

- [1] 宋锡章. 青饲和青贮专用玉米品种应用现状及发展趋势[J]. 黑龙江农业科学, 2003(3): 30-32.
- [2] 马宏达, 刘永昌. 大力发展青贮玉米加快农业结构调整[J]. 农业经济, 2003(12): 45-56.
- [3] 梁 萍. 不同生育期青饲玉米营养含量及瘤胃降解特性研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2006.
- [4] 吕淑果. 玉米饲用栽培的物质生产特性及营养品质研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2003.
- [5] 李永庚. 冬小麦旗叶蔗糖和子粒淀粉合成动态及与其有关的酶活性的研究[J]. 作物学报, 2001(1): 218.
- [6] 刘 鹏, 胡昌浩. 甜质型与普通型玉米子粒主要品质成分积累及其生理生化特性[J]. 中国农业科学, 2005, 28(4): 15-20.
- [7] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海科学技术出版社, 1985.
- [8] 史 金, 茹园园, 谭金芳, 等. 施氮对冬小麦旗叶蔗糖含量及子粒淀粉合成的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(3): 497-502.
- [9] 潘庆民, 于振文, 王月福. 小麦开花后旗叶中蔗糖合成与子粒中蔗糖降解[J]. 植物生理与分子生物学学报, 2002, 28(3): 235-240.
- [10] 陈 洋, 赵宏伟. 氮素用量对春玉米穗位叶蔗糖合成关键酶活性的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(1): 115-118.

(责任编辑: 尹 航)