

文章编号: 1005-0906(2004)02-0065-04

不同熟期玉米套作夏玉米可溶性糖含量与产量形成

申加祥¹, 宁堂原², 李增嘉², 焦念元^{2,3}, 赵春², 张光辉²

(1. 山东日照市农业学校, 山东 日照 276511; 2. 山东农业大学农学院, 山东 泰安 271018; 3. 河南科技大学农学院, 河南 洛阳 471003)

摘要: 试验以早、中、晚熟代表品种鲁原单 14(LD14)、掖单 22(YD22)和掖单 13(YD13)为对象, 两两相互套作, 研究春夏玉米套种体系中夏玉米可溶性糖含量与产量形成的关系。研究表明, 不同时期各器官的可溶性糖含量与经济产量之间有明显的相关关系。其中, 全株可溶性糖含量在大口期、吐丝期与产量成显著负相关, 乳熟期、成熟期则与产量成显著正相关; 叶片中的可溶性糖含量, 吐丝期与产量成正相关, 乳熟期和成熟期成负相关; 叶鞘与茎中的可溶性糖含量与产量的相关关系相同, 均表现为: 乳熟期与产量成负相关, 吐丝期与成熟期成正相关; 夏玉米的苞叶、穗轴及子粒中的可溶性糖含量, 乳熟期、成熟期与产量成正相关, 但成熟期子粒中的可溶性糖含量与产量的关系下降。

关键词: 玉米; 套作; 可溶性糖; 产量; 相关分析**中图分类号:** S513.04**文献标识码:** A

Relationship Between Soluble Sugars Content and Yield of Different Maturity Maize Cultivars Under Interplanting

SHEN Jia-xiang¹, NING Tang-yuan², LI Zeng-jia², et al.

(1. Rizhao Agricultural School, Rizhao 276800, China;

2. College of Agronomy, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: This study was to investigate soluble sugar content (SSC) of different organs, yields of different maturity maize cultivars strip intercropping and the relationship between them. Three different cultivars were chosen: pre-mature cultivar luyuandan14(LD14), medium cultivar yedan22 (YD22) and late maturity cultivar yedan13 (YD13). The experiment was conducted in 2000 in Shandong Agriculture University, China. It was split-plot design, three different cultivars were intercropped with each other. It was turned out that there were closely relationship between the SSC and yield. The SSC of whole plants were negative correlated with the yield at male tetrad stage and silking stage, but positive relative to the yield at milking stage and maturity. The SSC of leaves were positive correlated with yield at silking stage, but negative at milking stage and maturity. The SSC of stems and stalks were negative correlated with yield at milking stage, but positive at silking stage and maturity. The SSC of bract, spike-stalk and grain were positive related to the yield at milking stage and maturity. And there were some different trends between sole-cropping and intercropping autumn maize.

Key words: Maize; Intercropping; Soluble sugar content; Yield; Correlation analysis

目前,我国人均耕地越来越少,为了进一步提高粮食产量,满足人们生产生活等多方面的需要,除了继续挖掘耕地潜力和品种改良外,我们还应当增加复种指数,推广间套作技术。已有研究表明,间套作

能提高光、温、水、气等资源的利用效率,并在一定程度上改善作物的品质^[1~4]。黄淮海平原地区土壤和农业生产条件较好,但大部分地区一熟有余两熟不足,发展间套作有利于实现两熟或多熟,提高土地利用效率。小麦/玉米、小麦/大豆、玉米/大豆、小麦/玉米/玉米等是该地区广泛采用的间套作模式,均表现出良好的经济、社会和生态效益。但现有研究多倾向于其高产、优质、高效的综合表现,对其机理研究的较

收稿日期: 2003-09-25**作者简介:** 申加祥(1976-),男,山东日照人,主要从事作物栽培生理和农业生态学研究。通讯作者为李增嘉。

Tel: 0538-8249737 E-mail: ningty@sdau.edu.cn

少，且多在营养异质的条件下完成的。已有研究表明，植株可溶性糖含量与产量有着密切的关系^[5~10]，但间套作条件下可溶性糖含量与产量的关系研究较少。本试验采用三个不同熟期的玉米品种套作，通过研究不同时期各器官可溶性糖含量的变化，分析其与经济产量的相关关系，初步探讨套作条件下夏玉米高产高效的生理基础。

1 材料与方法

试验于 2000 年 3 月 15 日到 10 月 20 日，在山东农业大学教学基地实施。试验地土壤为褐壤，土层深厚。其肥力状况为：有机质 18.1 g/kg，全氮 1.3 g/kg，速效氮 152 mg/kg，速效 P₂O₅ 45.1 mg/kg，速效 K₂O 0.117 mg/kg，排灌良好。

供试品种为早熟品种 LD14、中熟品种 YD22、晚熟品种 YD13，两两相互套作，种植密度 67 500 株/hm²。试验采用裂区设计，共 9 个组合，3 次重复。春玉米 3 月 15 日播种，株距 15 cm，大小行种植，大行行距 160 cm，小行行距 40 cm。小区面积 90 m²，播后喷除草剂，然后覆膜。夏玉米 6 月 25 日播种，直接于大行行间播种，两行玉米行距也是 40 cm，密度为 67 500 株/hm²。单作夏玉米与套作夏玉米同时播种，大小行种植，大行行距 160 cm，小行行距 40 cm。

春玉米施肥情况：基肥为尿素 450 kg/hm²、磷酸二铵 450 kg/hm²、氯化钾 300 kg/hm²、硫酸锌 15 kg/hm²，种肥为磷酸二铵 150 kg/hm²，撒入播种沟内，大口期追施尿素 450 kg/hm²。夏玉米播种时不再施基肥，只施种肥磷酸二铵 150 kg/hm²，大口期追施尿素 450 kg/hm²。

记录生育进程；定期取样按器官分开，烘干，粉碎，用于测可溶性糖含量；成熟期考种并进行小区实收测产。可溶性糖含量的测定用蒽酮比色法。

2 结果与分析

2.1 不同组合夏玉米生育进程差异

生育期的长短与进程的快慢跟干物质及子粒形成有密切关系。从表 1 可以看出，春玉米是同一品种时，套作的夏玉米生育期相差不大，但是同一品种夏玉米与不同春玉米套作，生育进程差异显著，尤其是在生育前期。这说明不同组合中，春玉米对夏玉米生育进程的影响不同，与晚熟春玉米套作，夏玉米的生育期明显推后。值得注意的是，与早熟春玉米套作的夏玉米，抽雄前各生育期均早于与中熟品种套作的夏玉米；但早、中熟夏玉米成熟期，与早熟春玉米套作略晚于与中熟春玉米套作。

表 1 不同组合夏玉米生育进程差异							月/日
组 合	编 号	小 口	大 口	抽 雄	成 熟	总生育期(d)	
YD13/YD13	1	8/06	8/11	8/23	10/20	117	
YD13/YD22	2	8/05	8/10	8/20	10/09	106	
YD13/LD14	3	8/04	8/09	8/19	10/05	102	
YD22/YD13	4	8/01	8/06	8/16	10/12	109	
YD22/YD22	5	7/30	8/06	8/14	10/01	98	
YD22/LD14	6	7/28	8/05	8/13	10/02	99	
LD14/YD13	7	7/26	8/03	8/12	10/11	108	
LD14/YD22	8	7/25	8/01	8/12	10/03	100	
LD14/LD14	9	7/23	8/01	8/10	10/03	100	

注：该编号用以代表图中各组合中的夏玉米，如 1 代表 YD13/YD13 中的夏玉米 YD13，2 代表 YD13/YD22 中的夏玉米 YD22，以此类推。

2.2 不同组合夏玉米各器官中可溶性糖含量变化

夏玉米的可溶性糖含量的变化趋势是先增加后减少。同一夏玉米品种在吐丝期与晚熟品种春 YD13 套作(除夏 LD14 外)叶片可溶性糖含量均低于与中熟品种春 YD22 套作，而与早熟春 LD14 套作的夏玉米可溶性糖含量最高(图 1)。到乳熟期，与春 YD13 套作的夏玉米可溶性糖含量迅速增加，明显高于与春 LD14 套作的夏玉米。到成熟期，与春 YD13 套作的夏玉米(除 LD14 外)，可溶性糖含量明显低于其它处理；而与早熟春玉米套作的可溶性糖含量明显高于与中熟春玉米套作。

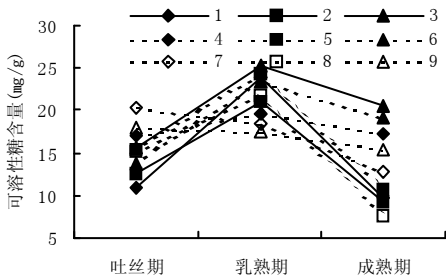


图 1 不同时期叶片可溶性糖含量差异

不同处理茎、鞘中的可溶性糖含量的变化趋势基本相同：吐丝期，夏玉米为同一品种时，与晚熟春玉米品种套作的可溶性糖含量>与中熟春玉米品种套作>与早熟春玉米品种套作；在乳熟期，以 YD13/YD13 中的夏玉米的可溶性糖的含量最高，YD13/LD14 和 YD13/YD22 中的夏玉米可溶性糖含量最低，其中与春 LD14 套作的夏玉米可溶性糖含量明显高于与春 YD22 套作；在成熟期，可溶性糖含量均明显下降，除 YD22/YD22 外均表现为：与春晚熟品种套作可溶性糖含量>与春中熟品种套作>与春早熟品种套作(图 2，图 3)。

由表 2 可知，在乳熟期与成熟期夏玉米苞叶、穗轴及子粒中的可溶性糖含量，以与春早熟品种套作的夏玉米为最高，其次是 YD22/YD13 中的夏玉米，

最低的是 YD13/LD14 中的夏玉米。

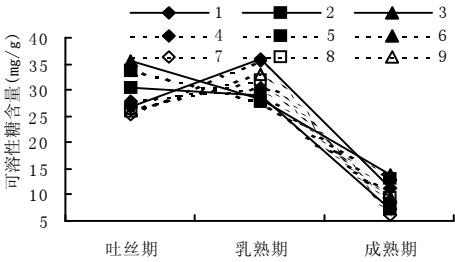


图2 不同时期鞘中可溶性糖含量差异

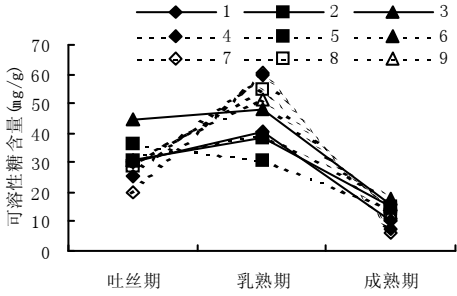


图3 不同时期茎中可溶性糖含量差异

表 2 夏玉米不同时期各器官可溶性糖含量变化及产量差异

组 合	乳熟期(mg/g)			成熟期(mg/g)			理论产量 (kg/hm ²)	实际产量 (kg/hm ²)
	苞叶	穗轴	子粒	苞叶	穗轴	子粒		
YD13/YD13	55.40	59.57	33.77	8.58	22.56	46.28	7 720.84	7 350.15
YD13/YD22	53.54	53.02	32.81	8.77	30.63	45.96	7 829.46	7 531.50
YD13/LD14	39.05	36.10	32.28	8.67	21.64	39.81	6 777.24	6 717.45
YD22/YD13	55.47	63.46	44.36	10.37	35.83	40.31	9 223.58	8 926.65
YD22/YD22	48.26	51.93	30.84	9.36	22.16	36.23	7 048.95	7 111.20
YD22/LD14	43.47	55.29	32.10	9.14	24.47	40.90	7 031.26	6 978.60
LD14/YD13	61.49	64.62	45.00	10.49	48.71	49.72	8 882.02	9 184.35
LD14/YD22	56.46	57.53	43.38	9.79	29.19	46.46	8 455.21	8 299.35
LD14/LD14	63.26	55.69	37.00	9.75	34.18	47.64	8 227.71	8 308.35

就全株可溶性糖含量而言(图 4),大口期和吐丝期,同一夏玉米品种可溶性糖含量的变化趋势相同:与晚熟春玉米品种套作>与中熟春玉米品种套作>与早熟春玉米品种套作。在乳熟期,全株可溶性糖含量均达最高峰,但不同组合中的夏玉米可溶性糖含量差异也很大,其趋势为:与早熟春玉米品种套作的夏玉米>与中熟春玉米品种套作的夏玉米>与晚熟春玉米品种套作的夏玉米。成熟期,全株可溶性糖含量的变化趋势与乳熟期相同。

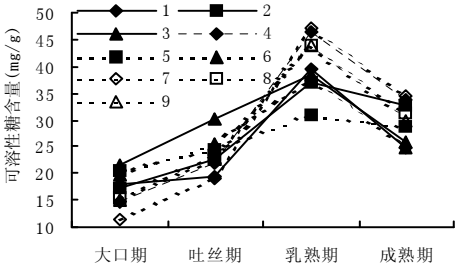


图4 不同时期全株可溶性糖含量变化

2.3 不同组合夏玉米产量差异

由表 2 可知,在相同的密度条件下,同一夏玉

米品种,与早熟春玉米 LD14 套作的各夏玉米产量均高于与中、晚熟春玉米品种套作的夏玉米。其中 LD14/YD13 与 YD22/YD13 组合中的夏玉米产量最高;最低是 YD13/LD14。可以看出,对同一夏玉米品种而言,春较早成熟利于夏玉米生长,使其产量提高。

2.4 不同时期夏玉米各器官可溶性糖积累与产量的相关分析

研究表明,不同时期各器官的可溶性糖含量与经济产量之间有明显的相关关系(表 3)。其中,全株可溶性糖含量在大口期、吐丝期与产量呈显著负相关,乳熟期、成熟期则与产量呈显著正相关;叶片中的可溶性糖含量,吐丝期与产量成正相关,乳熟期和成熟期成负相关;鞘与茎中的可溶性糖含量与产量的相关关系相同,均表现为:乳熟期与产量成负相关,吐丝期与成熟期成正相关;夏玉米的苞叶、穗轴及子粒中的可溶性糖含量,在乳熟期、成熟期与产量成正相关,但成熟期子粒中的可溶性含量与产量的相关关系下降。

表 3 夏玉米不同时期各器官可溶性糖含量与产量的相关分析

时 期	全株	叶	鞘	茎	苞叶	穗轴	子粒
大口期	-0.962 7**						
吐丝期	-0.672 8*	0.689 6*	-0.826 1**	-0.842 3**			
乳熟期	0.859 3**	-0.868 1**	0.593 0	0.820 7**	0.821 2**	0.761 0*	0.934 1**
成熟期	0.829 0**	-0.186 3	-0.738 6*	-0.838 0**	0.897 4**	0.903 3**	0.558 7

注:*,** 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平。下表同。

2.5 单作条件下夏玉米各器官可溶性糖含量与产量

由表 4 可知,大口期全株可溶性糖含量与产量呈显著负相关;在吐丝期叶、鞘、全株可溶性糖含量与产量呈显著负相关,茎可溶性糖含量则与产量成

正相关;在乳熟期叶、鞘、茎及全株可溶性糖含量与产量呈显著负相关,而苞叶、穗轴及子粒中的可溶性糖含量则与产量成正相关;在成熟期各器官及全株可溶性糖含量均与产量成正相关。

表 4 单作条件下夏玉米不同时期各器官可溶性糖含量与产量的相关分析

时 期	全株	叶	鞘	茎	苞叶	穗轴	子粒
大口期	-0.996 9**						
吐丝期	-0.868 2**	-0.999 0**	-0.857 3**	0.674 4*			
乳熟期	-0.826 8**	-0.921 0**	-0.996 5**	-0.954 6**	0.992 8**	0.938 1**	0.994 1**
成熟期	0.990 8**	0.956 3**	0.999 7**	0.952 2**	0.850 7**	0.998 4**	0.679 9*

3 结论与讨论

研究结果表明,不同时期各器官的可溶性糖含量与夏玉米经济产量之间有显著的相关关系。叶片作为主要的光合器官,其对产量的贡献是最大的,吐丝期及以前,玉米以营养生长为主,但该期积累的可溶性糖有一大部分将会转移到子粒中去,与经济产量成较显著的正相关。乳熟期以后,叶片的可溶性糖向子粒中转移减少,留在叶片中的可溶性糖移动性下降,与产量不再成正相关。吐丝期及以前,鞘与茎是重要的光合产物分配和消耗器官,此时它们中的可溶性糖主要用于自己的生长,生长过旺就会影响产量。乳熟期茎、鞘中的可溶性糖含量高,说明源充足,向各器官分配的可溶性糖多。到成熟期,各器官可溶性糖含量高说明转移量少,影响产量的提高。穗轴、苞叶、子粒都是雌穗的组成部分,是库器官,对叶片中形成的可溶性糖有竞争性,但竞争性可能相对比较平衡,即可溶性糖可能按较固定的比例向各器官分配光合产物,各器官分配的高,产量就高,反之产量则较低。

但与单作相比,这种相关关系在不同时期有些器官存在明显不同,吐丝期叶和茎、乳熟期茎、鞘、全株以及成熟期的营养器官叶、茎、鞘中的可溶性糖含量与产量均表现出与春玉米相反的相关关系。这主要是因为与单作相比,套作条件下夏玉米的叶面积较小,源相对较小,光合产物也较少,各营养器官向子粒转移的可溶性糖的比例增大,源器官中可溶性糖含量高,转移的量会增多,对产量提高有利,表现出器官中的可溶性糖含量与产量的正相关;而单作条件下,夏玉米的叶面积较大,源较充足,光合在器官中留存的多,转移量相对较少,造成乳熟期及以前与产量不成正相关关系。在成熟期,由于单作条件下光合产物充足,所以各器官分配的都较多,造成各器

官可溶性糖含量与产量同比例提高,而均成正相关;但套作条件下,由于源较小,各器官间的竞争相对要激烈的多,造成营养器官中的可溶性糖含量与产量负相关。

套作条件下,夏玉米间的可溶性糖含量变化及其与产量之间关系的差异,是由品种特性和春玉米对其产生的影响共同造成的。晚熟品种生育期长,叶面积大,源充足,各器官中可溶性糖也较高;早熟品种生育期短,生长量较小,各器官中可溶性糖含量较小;中熟品种居中。不同品种春玉米生育后期叶面积急剧下降,但 LD14 叶面积降低最快;而 YD13 下降平缓,后期叶面积最大;中熟品种 YD22 的叶面积居中。此时夏玉米正处于小口期前后,生长迅速,对光、CO₂ 等的需求明显增多,春玉米生育期的加长和叶面积的增大势必会限制套作夏玉米对光、温、水、气等方面的利用,影响其生育进程及可溶性糖的积累与分配,最终影响其产量与品质。

参考文献:

[1] 葛忠强. 小麦春玉米夏玉米间套作复合群体间距效应的研究[D] (硕士论文). 山东农业大学, 1998.

[2] 顾锡江, 叶大达, 等. 双季玉米高产配套技术研究[J]. 江苏农业科学, 1998, (2): 29-33.

[3] 李萍萍, 卞新民. 江南丘陵旱地豆类双季玉米吨粮吨菜种植模式研究[J]. 耕作与栽培, 1999, (4): 11-12.

[4] 李增嘉. 小麦玉米玉米间套作高产复合群体结构特征与功能研究[D]. (博士论文). 中国农业大学, 1996.

[5] 胡昌浩. 玉米栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

[6] 卢 敏, 王艳国, 李 超, 等. 米麦间作玉米可溶性糖含量变化[J]. 吉林农业大学学报, 1998, 20(3): 25-27.

[7] 郑福贵, 等. 前期干旱对春小麦叶面积光合速率和可溶性糖含量的影响[J]. 东北农学院学报, 1992, 23(2): 105-113.

[8] Gast K L B and Pollard J E. Seasonal differences in soluble and insoluble nonstructural carbohydrates in rowcovered and non-rowcovered strawberry. Acta Horticulturae, 1989, 265: 369-376.