

文章编号: 1005-0906(2014)02-0081-06

夏玉米子粒乳线比例与含水量、粒重及营养物质积累的关系

秦营营, 董树亭

(山东农业大学农学院 / 作物生物学国家重点实验室, 山东 泰安 271018)

摘要: 选用先玉 335(XY335)、郑单 958(ZD958)和登海 661(DH661)为试验材料, 研究不同品种间玉米子粒乳线比例与子粒含水量、粒重及营养物质积累的关系。结果表明, XY335 的乳线下移要快于 ZD958 和 DH661, 且其千粒重最大、含水量最低; 品种之间可溶性糖和蔗糖含量差异不明显, DH661 的淀粉含量显著低于 XY335 和 ZD958; 乳线比例与淀粉含量及千粒重呈极显著正相关, 与子粒含水量、可溶性糖、蔗糖及蛋白质之间呈显著负相关。

关键词: 夏玉米; 乳线; 含水量; 粒重; 营养物质

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Relationship among Kernel Milk Line Formation, Water Content, Grain Weight and Nutrients Accumulation of Summer Maize

QIN Ying-ying, DONG Shu-ting

(College of Agriculture, Shandong Agricultural University/

Key Laboratory of Crop Biology of China, Tai'an 271018, China)

Abstract: Three cultivars XY335, ZD958 and DH661 were used to analyze the relationship among kernel milk line formation, water content, grain weight and nutrients accumulation of summer maize. The results showed that XY335 kernel milk line formed faster than ZD958 and DH661, and whose 1 000-kernel weight was the maximum and water content was the minimum, soluble sugar and sucrose content was not significantly different in cultivars. The starch content DH661 was significantly lower than XY335 and ZD958. Correlation analysis showed that kernel milk line formation had a positive correlation with kernel starch content and kernel weight, while milk line formation was negatively correlated with kernel water content, soluble sugar, sucrose and protein content significantly.

Key words: Summer maize; Milk line; Water content; Kernel weight; Nutrients accumulation

目前, 国内外对玉米子粒生理成熟标志的看法不尽一致。一般习惯在玉米苞叶发黄时收获, 这样不但浪费光、热资源, 而且影响玉米产量。美国肯塔

基大学的研究者在试验中发现, “乳线”是判定玉米子粒成熟的很好指示物。玉米授粉后, 随着子粒内淀粉含量的逐渐增加, 在子粒顶部首先沉积成固体淀粉层, 于是出现了固、乳交界的所谓乳线。试验研究表明, 在 2/3 乳线期到黑色层出现时期收获可获得最高的干物质产量^[1,2], 玉米子粒黑色层消失子粒才达到完全成熟。孟庆平等研究表明, 玉米具有“假熟性”, 果穗苞叶白皮时乳线基本在 1/2 ~ 2/3 处, 玉米生理成熟在苞叶白皮后 10 ~ 11 d^[3]。前人关于子粒乳线的研究多是以乳线的消失作为玉米成熟的标志^[4-8], 对乳线比例与子粒含水量、粒重及营养物质积累的关系研究较少。本研究主要通过观察玉米子粒生长发育过程中乳线比例的变化, 了解玉米子粒乳线变化情况, 确定乳线下移与子粒形成及营养物质积累

收稿日期: 2013-08-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171497)、农业部公益性行业科技项目 (20120306)、玉米现代产业技术体系项目(ny-hyzx07-003)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB100105)、农业部玉米产业技术体系项目(CARS-02)、山东省良种工程重大课题(鲁科农字[2011] 186 号)

作者简介: 秦营营(1988-), 女, 河北邯郸人, 主要从事玉米生理生态研究。Tel: 15064160570 E-mail: qinying919@126.com
董树亭为本文通讯作者。Tel: 0538-8245838
E-mail: stdong@sdau.edu.cn

的关系,为玉米生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点及材料

试验于 2011~2012 年在山东农业大学玉米科技园和作物生物学国家重点实验室进行,供试材料为先玉 335 (XY335)、郑单 958 (ZD958) 和登海 661 (DH661)。

1.2 试验设计

采用大田种植,试验田 0~40 cm 耕层土壤有机质含量 11.30 g/kg、全氮 0.71 g/kg、碱解氮 57.79 mg/kg、速效磷 26.37 mg/kg、速效钾 106.17 mg/kg, pH 值 6.85。种植密度均为 6.75 万株/hm²,行距 60 cm,株距 24.70 cm。玉米生长期按高产田标准给予良好管理,满足对水分和养分的需求。自乳线出现直至收获每 5 d 取一次样。试验采用随机设计,小区面积 90 m²,重复 3 次。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 乳线比例及含水量、粒重的测定

花后 30 d 乳线出现时开始取样,每隔 5 d 各品种分别取具代表性的果穗 5 穗,各果穗取中部 30 粒混匀,用游标卡尺测量乳线比例(乳线比例=乳线下移量/子粒粒长×100%)。观察子粒乳线出现、移动、消失的变化过程和子粒干物质质量和含水量变化(在 80℃ 下烘干至恒重)。

1.3.2 蔗糖及可溶性糖含量测定

采用蒽酮比色法^[9]。

1.3.3 淀粉组分含量测定

参考双波长法,用 UV-2450 型紫外分光光度计

测定吸光值。支链淀粉测定主波长是 553 nm,参比波长是 738 nm;直链淀粉测定主波长是 629 nm,参比波长是 463 nm。总淀粉为直链淀粉和支链淀粉之和。

1.3.4 子粒蛋白质含量的测定

采用半微量凯氏定氮法。

1.4 数据处理

采用 Sigma Plot 10.0 进行数据处理、作图,采用 SPSS17.0 软件进行数据统计和分析。

2 结果与分析

2.1 乳线比例与含水量及粒重的关系

从表 1 可以看出,高产夏玉米授粉后 30 d 左右子粒顶部的胚乳组织开始硬化,并与下部乳汁状胚乳形成一横向界面即乳线。随着种子成熟,乳线自顶部逐渐向下移动,至完全成熟时消失,子粒营养物质积累结束,干重达最大值。乳线出现时,苞叶开始退绿,含水量较高,为 50% 左右;XY335、ZD958 和 DH661 的粒重分别为成熟时的 56%、47% 和 42%;随乳线下移,含水量逐渐降低,授粉后 55 d,乳线达 6/10 时,含水量下降至 30% 左右,苞叶变白(生产上多已收获),各品种粒重为成熟时的 87%、90% 和 88%;乳线完全消失时,苞叶干枯蓬松,粒重达最高。

不同品种间干粒重增加和水分含量的变化大致相同。XY335 的乳线下移速度快于 ZD958 和 DH661;同时,XY335 千粒重最高,含水量低于 ZD958 和 DH661,表明 XY335 子粒灌浆时间短,其干物质积累量和含水量的下降速度都较快,因而成熟期较短。

表 1 玉米子粒乳线比例与含水量及粒重的关系

Table 1 Relationship among the proportion of milk line, water content and grain weight

花后天数(d) Days after pollinating	XY335			ZD958			DH661		
	乳线比例(%) Milk line percentage	千粒重(g) 1 000-grains weight	含水率 (%) Water content	乳线比例(%) Milk line percentage	千粒重(g) 1 000-grains weight	含水率 (%) Water content	乳线比例(%) Milk line percentage	千粒重(g) 1 000-grains weight	含水率 (%) Water content
30	13.80	234.83	47.95	16.72	174.37	48.19	13.50	163.87	53.86
35	22.27	276.07	44.32	21.22	239.40	44.83	21.58	253.7	47.53
40	31.48	319.73	36.04	29.94	296.60	39.52	28.10	306.83	45.97
45	41.83	335.23	34.49	38.42	302.23	36.52	37.79	318.27	41.95
50	55.49	349.83	27.82	49.07	319.90	35.89	50.43	329.77	38.35
55	68.76	368.83	24.80	54.04	334.54	30.25	58.28	341.83	37.19
60	75.96	385.64	22.87	60.98	351.00	28.64	65.66	357.90	34.07
65	83.41	411.10	21.41	72.30	366.33	25.39	74.68	381.20	31.42
70	90.57	419.30	19.01	86.47	370.25	22.57	79.16	387.20	29.46

2.2 子粒乳线比例与可溶性糖含量的关系

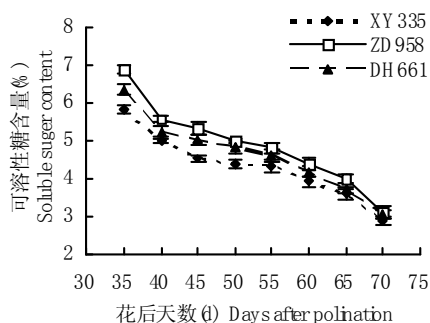


图1 子粒可溶性糖含量

Fig.1 Soluble sugar content in different maize varieties

由图1看出,不同品种间玉米子粒的可溶性糖含量变化趋势相同。乳线初现时(花后35 d)可溶性糖含量较高,在乳线达到3/10(花后40 d)到5/10(花后55 d)下降平稳,之后下降较快;且不同品种子粒可溶性糖含量存在差异,依次表现为ZD958>DH661>XY335;在乳线达到3/10(花后40 d)到5/10(花后55 d)时,XY335的可溶性糖含量显著低于DH661和ZD958;乳线在6/10(花后60 d)至收获,各品种可溶性糖含量差异不明显。

2.3 乳线比例与蔗糖含量的关系

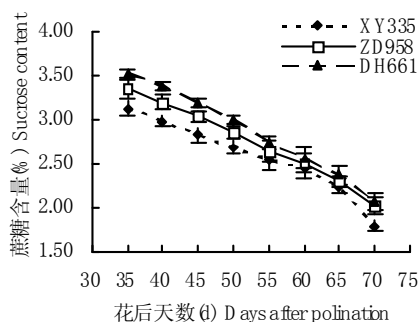


图2 子粒蔗糖含量

Fig.2 Sucrose content in different maize varieties

由图2可以看出,不同品种玉米子粒蔗糖含量都随乳线的下移呈现逐渐下降的趋势。从乳线初现(花后35 d)至5/10(花后55 d),DH661的蔗糖含量显著高于XY335和ZD958;在乳线达到6/10时(花后60 d),DH661和ZD958的蔗糖含量无显著差异,而XY335的蔗糖含量下降迅速。

2.4 子粒乳线比例与蛋白质含量的关系

由图3可以看出,3个品种玉米子粒中蛋白质含量变化均呈递减趋势。乳线达到2/10(花后35 d)至5/10(花后50 d)时,蛋白质含量下降相对较快,花后55 d之后下降缓慢。XY335子粒的蛋白质含量显著大于ZD958和DH661。

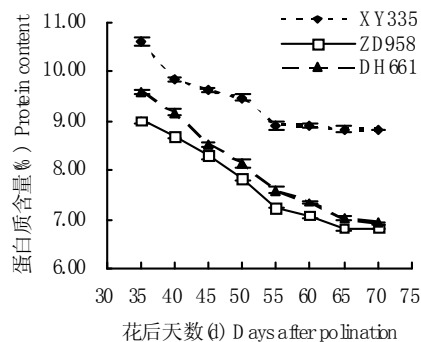


图3 子粒蛋白质含量

Fig.3 Protein content in different maize varieties

2.5 不同品种子粒乳线比例与淀粉积累的关系

由表2可知,随着乳线比例的不断升高,子粒总淀粉含量不断升高,且前期总淀粉的积累速率大于后期;随着乳线比例的增加,淀粉的积累速率降低;支链和直链淀粉的含量也不断的增加,但支链淀粉/直链淀粉比值的变化较小。

不同品种玉米果穗子粒直链淀粉含量存在差异,直链淀粉含量都随乳线的下移呈现升高趋势。子粒直链淀粉含量依次为DH661>XY335>ZD958, DH661的直链淀粉含量显著高于后两者;各品种直链淀粉含量在乳线发育到4/10(花后45 d)至收获,上升平稳。子粒支链淀粉含量都随乳线的下移而升高,乳线达到3/10(花后35 d)到4/10(花后45 d)时积累较快,之后积累速度明显变慢;在乳线发育期都表现为XY335和ZD958大于DH661,XY335和ZD958子粒支链淀粉积累速度显著高于DH661,说明在乳线发育期DH661果穗子粒的支链淀粉含量积累较之前两者子粒相对滞后。子粒总淀粉含量变化与子粒支链淀粉含量变化趋势相同,总淀粉含量的变化也呈现为升高的变化趋势,品种间含量依次表现为XY335>ZD958>DH661。

2.6 乳线比例与粒重、含水量、可溶性糖、蔗糖及淀粉和蛋白质含量的相关关系分析

通过对乳线比例、含水量和粒重三者进行相关性分析可知,乳线比例与子粒含水量成极显著负相关,与粒重呈极显著正相关。可见,乳线的形成过程与子粒粒重的提高、含水量的下降具有正相关,乳线比例越大,子粒干重越大,含水量越低(表3)。此外,随着乳线比例的升高,子粒中粗蛋白、蔗糖和可溶性糖含量显著降低,三者与乳线比例呈极显著负相关,而淀粉含量与乳线比例呈极显著正相关。可溶性糖与蔗糖、粗蛋白含量之间呈极显著正相关,与淀粉含量呈极显著负相关(表4)。

表 2 子粒乳线比例与淀粉含量的关系

Table 2 Relationship between the proportion of milk line and starch content

品种 Cultivar	花后天数(d) Days after pollination	乳线比例(%) Milk line percentage	总淀粉(%) Total starch	支链淀粉(%) Amylopectin	直链淀粉(%) Amylose	支链淀粉 / 直链淀粉 Amylopectin / amylose
XY335	30	13.80	56.95	40.91	15.44	2.65
	35	22.27	60.47	42.17	16.04	2.63
	40	31.48	64.10	46.02	18.08	2.55
	45	41.83	70.22	51.54	18.68	2.76
	50	55.49	71.94	53.02	18.92	2.80
	55	68.76	72.47	53.33	19.14	2.79
	60	75.96	72.78	53.47	19.31	2.77
	65	83.41	72.98	53.59	19.39	2.76
	70	90.57	73.52	54.01	19.51	2.77
ZD958	30	16.72	52.95	38.74	14.21	2.73
	35	21.22	57.61	40.26	15.05	2.68
	40	29.94	61.97	45.21	16.76	2.70
	45	38.42	68.43	51.25	17.18	2.98
	50	49.07	68.92	51.27	17.65	2.90
	55	54.04	69.58	51.46	18.12	2.84
	60	60.98	69.79	51.61	18.18	2.84
	65	72.30	70.20	51.83	18.37	2.82
	70	86.47	70.38	51.96	18.42	2.82
DH661	30	13.50	50.93	32.52	17.92	1.81
	35	21.58	53.93	35.41	18.41	1.92
	40	28.10	58.12	39.24	18.88	2.08
	45	37.79	60.72	40.44	20.28	1.99
	50	50.43	61.69	40.96	20.73	1.98
	55	58.28	63.06	41.54	21.52	1.93
	60	65.66	64.08	42.01	22.07	1.90
	65	74.68	64.53	42.19	22.34	1.89
	70	79.16	64.61	42.23	22.38	1.89

表 3 夏玉米子粒乳线比例、含水量及粒重三者的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of milk line percentage, water content and grain weight

XY335	含水量 Water content	千粒重 1 000-grains weight	乳线比例 Milk line percentage
	Water content	1 000-grains weight	Milk line percentage
含水量 Water content	1.000	-0.986**	-0.982**
千粒重 1 000-grains weight	-0.986**	1.000	0.974**
乳线比例 Milk line percentage	-0.982**	0.974**	1.000
ZD958	含水量 Water content	千粒重 1 000-grains weight	乳线比例 Milk line percentage
	Water content	1 000-grains weight	Milk line percentage
含水量 Water content	1.000	-0.952**	-0.981**
千粒重 1 000-grains weight	-0.952**	1.000	0.903**
乳线比例 Milk line percentage	-0.981**	0.903**	1.000
DH661	含水量 Water content	千粒重 1 000-grains weight	乳线比例 Milk line percentage
	Water content	1 000-grains weight	Milk line percentage
含水量 Water content	1.000	-0.951**	-0.990**
千粒重 1 000-grains weight	-0.951**	1.000	0.910**
乳线比例 Milk line percentage	-0.990**	0.910**	1.000

注:**表示相关性在 0.01 水平显著;*表示相关性在 0.05 水平显著。下表同。

Note: **. Correlation is significant at the 0.01 level. *. Correlation is significant at the 0.05 level. The same below.

表 4 夏玉米子粒乳线比例、可溶性糖、蔗糖、总淀粉及粗蛋白的相关性分析
Table 4 Correlation analysis of milk line percentage, total soluble sugar, sucrose, total starch and crude protein

XY335	乳线比例 Milk line percentage	可溶性糖 Total soluble sugar	蔗 糖 Sucrose	总淀粉 Total starch	粗蛋白 Crude protein
乳线比例 Milk line percentage	1.000	-0.944**	-0.930**	0.860**	-0.946**
可溶性糖 Total soluble sugar	-0.944**	1.000	0.959**	-0.870**	0.904**
蔗糖 Sucrose	-0.930**	0.959**	1.000	-0.764*	0.830*
总淀粉 Total starch	0.860**	-0.870**	-0.764*	1.000	-0.939**
粗蛋白 Crude protein	-0.946**	0.904**	0.830*	-0.939**	1.000
ZD958	乳线比例 Milk line percentage	可溶性糖 Total soluble sugar	蔗 糖 Sucrose	总淀粉 Total starch	粗蛋白 Crude protein
乳线比例 Milk line percentage	1.000	-0.965**	-0.984**	0.818*	-0.992**
可溶性糖 Total soluble sugar	-0.965**	1.000	0.960**	-0.868**	0.944**
蔗糖 Sucrose	-0.984**	0.960**	1.000	-0.839**	0.972**
总淀粉 Total starch	0.818*	-0.868**	-0.839**	1.000	-0.834*
粗蛋白 Crude protein	-0.992**	0.944**	0.972**	-0.834*	1.000
DH661	乳线比例 Milk line percentage	可溶性糖 Total soluble sugar	蔗 糖 Sucrose	总淀粉 Total starch	粗蛋白 Crude protein
乳线比例 Milk line percentage	1.000	-0.951**	-0.997**	0.893**	-0.994**
可溶性糖 Total soluble sugar	-0.951**	1.000	0.960**	-0.901**	0.939**
蔗糖 Sucrose	-0.997**	0.960**	1.000	-0.906**	0.995**
总淀粉 Total starch	0.893**	-0.901**	-0.906**	1.000	-0.923**
粗蛋白 Crude protein	-0.994**	0.939**	0.995**	-0.923**	1.000

3 讨 论

3.1 子粒乳线形成与含水量、粒重的关系

玉米授粉后,随着子粒内淀粉含量的逐渐增加,在子粒顶部首先沉积成固体淀粉层,于是出现了固、乳交界的所谓乳线。随着子粒干物质不断增加,水分逐渐散失,乳线逐渐下移至子粒基部,乳线消失时,灌浆停止,这时收获可以获得最高产量。因此,乳线消失常作为玉米子粒成熟的主要标志。但每个品种乳线变化是不相同的,其乳线动态变化过程无特殊规律。即使同一时段、同一果穗、不同部位的子粒乳线也不相同。李月华等研究表明,随着生育期的推迟,夏玉米千粒重提高^[10]。本试验研究表明,随着子粒乳线的形成,子粒中含水量显著下降,子粒粒重不断提高。XY335 子粒的乳线下移速度快于 ZD958 和 DH661 的子粒,表明 XY335 子粒灌浆时间短,且含水量最低、千粒重最高。

3.2 可溶性糖、蔗糖与淀粉之间的关系

可溶性糖作为淀粉合成的底物其含量多少与合成淀粉的含量密切相关。子粒中可溶性糖的含量在一定程度上反映了源的供应能力,它对淀粉的积累有不可低估的作用。研究表明,随着乳线的下移,

XY335 可溶性糖含量下降速度慢,子粒灌浆过程中淀粉含量的增加与可溶性糖含量的下降趋势相吻合,说明子粒灌浆过程中淀粉和可溶性糖含量之间存在着一定的关系,但不可能是直接的简单关系,其中间过程可能比较复杂^[11]。玉米子粒淀粉的合成以还原糖为原材料,而蔗糖为非还原糖,因此对蔗糖的利用还需要一个还原的过程。叶片光合作用形成的光合作用产物在植株体内主要以蔗糖的形式进行运输,由叶片运转到子粒中的蔗糖是合成子粒中各种物质的基础。刘鹏等研究发现,普通型玉米子粒中蔗糖含量在灌浆的中前期维持较低水平,随子粒发育呈线性下降^[12]。本研究结果表明,自乳线出现各品种蔗糖含量均呈下降趋势。相关分析表明,可溶性糖和蔗糖与淀粉含量呈极显著负相关。

3.3 子粒乳线与淀粉之间的关系

玉米淀粉由直链淀粉和支链淀粉组成,二者在子粒中所占的比例和数量影响淀粉质量^[13~15]。本试验研究表明,子粒直链淀粉、支链淀粉、总淀粉积累量在乳线发育期均呈上升趋势,这与李春燕等^[16]研究结果一致。DH661 的直链淀粉含量大于 XY335 和 ZD958,而支链淀粉含量却显著小于 XY335 和 ZD958,最终其总淀粉含量最小。相关分析表明,淀

粉含量与乳线比例呈极显著正相关,说明淀粉积累越快子粒乳线形成所需时间就越短。

3.4 子粒乳线与粗蛋白之间的关系

吴建宇等^[17]研究认为,随收获期推迟玉米子粒粗蛋白含量平均降低 0.9%。本研究发现,随生育期推迟各品种子粒粗蛋白含量降低,品种间粗蛋白含量依次表现为 DH661>XY335>ZD958。子粒形成过程中,淀粉、蛋白质的积累均以糖为共同碳源,而糖含量与粗蛋白含量呈正相关,淀粉的积累与粗蛋白呈负相关,不能同步提高,因此收获时期可影响夏玉米品质^[18]。夏玉米生育后期环境条件可能是影响品质变化的另一个重要原因^[19~22],随着子粒乳线不断向下移动,粗蛋白含量不断下降,两者之间呈显著负相关。

参考文献:

- [1] Ganoe K H, Roth G W. Kernel milk line as a harvest indicator for corn silage in Pennsylvania [J]. J. Prod. Agric., 1992, 5(4): 519-523.
- [2] 吴建宇,徐翠莲,任和平,等. 玉米不同收获期的子粒品质研究[J]. 河南农业大学学报, 1994, 28(1): 92-94.
Wu J Y, Xu C L, Ren H P, et al. Study on the quality in different harvesting dates of corn[J]. J. Agric. Univ. Henan, 1994, 28(1): 92-94. (in Chinese)
- [3] 孟庆平,张玉权,常淑娟,等. 玉米最佳收获时期的主要相关性状研究初探[J]. 玉米科学, 2007, 15(增刊): 117-118, 122.
Meng Q P, Zhang Y Q, Chang S J, et al. The preliminary study on main correlative characteristics with maize optimum harvest date[J]. J. Maize Sci., 2007, 15: 117-118, 122. (in Chinese)
- [4] Afuakwa J J, Crookston, R K. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in maize[J]. Crop Sci., Madison, 1984, 24(4): 687-691.
- [5] Vieira R D, Minohara L, de Carvalho N M, et al. Relationship of black layer and milk line development on maize seed maturity[J]. Sci. agric, Piracicaba., 1995, 52(1): 142-147.
- [6] Hunter J L, Tekrony D M, Miles D F, et al. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of Carbon-14 assimilate[J]. Crop Science Madison, 1991, 31(5): 1309-1313.
- [7] 侯乐新,张进学,张填举,等. 夏播制种玉米的子粒乳线与收获适期[J]. 种子科技, 1992, 1: 25-26.
Hou L X, Zhang J X, Zhang T J, et al. Kernel milk line and harvest stage in summer maize[J]. Seed Science & Technology, 1992, 1: 25-26. (in Chinese)
- [8] 王忠孝,杜成贵,王庆成. 玉米子粒成熟标志-乳线的研究[J]. 山东农业科学, 1986(4): 36, 47.
Wang Z X, Du G C, Wang Q C. The sign of corn grain mature-Milk line research[J]. Shandong Agric. Sci., 1986(4): 36, 47. (in Chinese)
- [9] 何照范. 粮油子粒品质及其分析技术[M]. 北京: 农业出版社, 1985.
- [10] 李月华,侯大山,刘 强,等. 收获期对夏玉米千粒重及产量的影响[J]. 河北农业科学, 2008, 12(7): 1-3, 6.
Li Y H, Hou D S, Liu Q et al. Effect of harvest period on 1000-grain weight and yield of summer maize[J]. Hebei Agric. Sci., 2008, 12(7): 1-3, 6. (in Chinese)
- [11] Liu P, Hu C H, Dong S T, et al. Comparison of sugar components in the developing grains of sweet corn and normal corn[J]. Agricultural Science in China, 2003, 36(7): 764-769.
- [12] Doeblert D C, Kuo T M, Feiker F C. Metabolic characteristics associated with starch, protein and oil deposition in developing maize kernels[J]. Crop Sci., 1991, 31: 151-157.
- [13] Johningle B D, Hageman R H. Change in composition during development and maturation of maize seeds[J]. Plant Physiology, 1997, 116: 835-839.
- [14] Morell M K, Rahman S L. The biochemistry and molecular biology of starch synthesis in cereal[J]. Aust Plant Physio, 1995, 22: 647-660.
- [15] Steven C, Takashi A H. Role of Sucrose phosphate synthase in sucrose metabolism in leaves [J]. Plant Physiology, 1992, 99(12): 751-778.
- [16] 李春燕,封超年,张 影,等. 氮肥基追比对弱筋小麦宁麦 9 号子粒淀粉合成及相关酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(6): 1120-1125.
Li C Y, Feng C N, Zhang Y, et al. Effects of the ratio between basal N and top dressing N on grain starch formation in weak gluten wheat variety Ningmai 9 and its enzymes activities[J]. Sci. Agric. Sin., 2005, 38(6): 1120-1125. (in Chinese)
- [17] 王艳玲,姚运生. 不同播种期和收获期对高油玉米品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(14): 5814-5815.
Wang Y L, Yao Y S. Effect of sowing-date and harvest-time on high oil corn quality[J]. J. Anhui Agric. Sci., 2008, 36(14): 5814-5815. (in Chinese)
- [18] Sun H Y, Zhang X Y, Chen S Y, et al. Effects of harvest and sowing time on the performance of the rotation of winter wheat-summer maize in the North China Plain[J]. Industrial Crops and Products, 2007, 25(3): 239-247.
- [19] 王西芝,李继海,白洪立,等. 鲁西南地区夏直播玉米最佳收获时期研究[J]. 中国种业, 2009(7): 40-41.
Wang X Z, Li J H, Bai H L, et al. Research on the suitable harvest time for summer maize in Southwest of Shandong Province[J]. China Seed Industry, 2009(7): 40-41. (in Chinese)
- [20] Brooking I R. Effects of temperature on kernel growth rate of maize grown in a temperate maritime environment[J]. Field Crops Research, 1993, 35: 135-145.
- [21] Muchow R C. Effects of high temperature on grain growth in field grown maize[J]. Field Crops Research, 1990, 23: 145-158.
- [22] 刘晓冰,李文雄. 春小麦子粒灌浆过程中淀粉和蛋白质积累规律的初步研究[J]. 作物学报, 1996, 22(6): 7367-7374.
Liu X B, Li W X. Preliminary studies on the accumulation of grain starch and protein during grain filling in wheat[J]. Acta Agron. Sin., 1996, 22(6): 7367-7374. (in Chinese)

(责任编辑:高 阳)