

文章编号: 1005-0906(2007)06-0075-04

种植密度对不同粒型玉米品种子粒灌浆进程、产量及品质的影响

刘霞, 李宗新, 王庆成, 刘开昌

(山东省农科院玉米研究所, 济南 250100)

摘要: 以鲁单 981(大粒型)、泉星 2101(小粒型)两个不同粒型玉米品种为材料,研究了 3 种种植密度对玉米子粒灌浆进程、产量及品质的影响。结果表明,增加种植密度可提高单位面积玉米产量,促进大粒型品种 LD981 灌浆前期单粒重的提高,但均不利于大粒型和小粒型品种在灌浆后期维持较高的粒重。种植密度对玉米单粒重的影响主要是缓增持续期、快增期灌浆速率、缓增期灌浆速率和灌浆持续期所致,而平均灌浆速率对其影响较小。随着密度的增加,可溶性总糖含量逐渐升高,直链淀粉含量先升高后降低,但支链淀粉、总淀粉、粗蛋白和粗脂肪含量表现为先降低后略有升高。

关键词: 玉米;种植密度;灌浆进程;产量;品质

中图分类号: S513.04

文献标识码: A

Effects of Planting Density on Filling Process, Yield and Quality of Different Maize Varieties

LIU Xia, LI Zong-xin, WANG Qing-cheng, LIU Kai-chang

(Institute of Maize, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan 250100, China)

Abstract: Two different maize varieties, Ludan981 (big kernel) and QuanXing2101(small kernel) were used to elucidate the effect of planting density on filling process, yield and quality of maize in there planting density, 30 000 plants/ha(low density), 60 000 plants/ha(middle density) and 90 000 plants/ha(high density). The results showed that the yield and single kernel weight at early filling stage of LD981 were improved with the increase of planting density, but reduced the single kernel weight at late-filling stage. The decline of single kernel weight was mainly caused by the decrease of slight-increase period, fast-increase period filling rate, slight-increase period filling rate and filling duration, and not by mean filling rate which had a little effect on kernel weight. With the increase of planting density, total sugar content improved slightly, amylase content increased firstly and then decreased, but content of amylopectin, total starch, crude protein and crude fat in maize with middle density were lower than those of low density and high density.

Key words: Maize; Planting density; Filling process; Yield; Quality

玉米的产量和品质受遗传因素和环境条件的双重影响。研究环境条件及栽培措施对玉米产量及品质的影响对于优质高效生产具有重要意义。合理密

植是玉米优质高效生产的重要措施,根据密度和产量的关系,合理调控群体结构,提高群体质量是玉米超高产研究的重要内容。种植密度对不同粒型玉米子粒灌浆进程、产量及品质形成的影响尚缺乏系统研究。本试验在高肥力条件下,以鲁单 981(大粒型)和泉星 2101(小粒型)两个不同粒型玉米品种为试验材料,通过设计不同的种植密度,研究不同粒型玉米品种单粒重增加进程及种植密度对玉米产量和品质形成的影响,为玉米超高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

收稿日期: 2006-12-05

基金项目: “国家粮食丰产科技工程—山东省小麦玉米两熟丰产高效技术与示范”(2004BA520A02)、山东省农业科学院青年科研基金(2005YQ009)

作者简介: 刘霞(1976-),女,山东青岛人,博士,从事玉米栽培生理学研究。Tel: 0531-83179402

E-mail: liuxia@saas.ac.cn

1.1 试验设计

试验于 2005 年 6 ~ 10 月在山东省六一农场试验田进行, 供试材料为大粒型品种鲁单 981(LD981) 和小粒型品种泉星 2101(QX2101)。密度设置 30 000 株 /hm² (低密度)、60 000 株 /hm²; (中密度) 和 90 000 株 /hm² (高密度) 3 个种植密度, 6 个处理, 分别用 LD-3, LD-6, LD-9, QX-3, QX-6 和 QX-9 表示。小区面积 19.8 m², 重复 3 次, 随机区组排列。试验地前茬为小麦, 秸秆直接还田。播种前造墒并深翻 30 cm, 基肥施纯氮 340 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm² 和 K₂O 150 kg/hm²。其他的田间管理措施按玉米高产技术规程进行。

1.2 取样及测定方法

自授粉后 10 d 开始, 选择有代表性的植株, 每隔 10 d 取样一次。取样时每小区选 3 个果穗, 剥取子粒混匀后, 将子粒于 105℃ 烘箱中杀青, 70℃ 烘干, 测千粒重, 每处理 3 个重复。样品留作品质分析, 收获时的测试样品从测产考种样本中取出。

粗蛋白含量采用微量凯氏定氮法测定, 蛋白质含量 6.25 × 氮含量; 脂肪含量采用油重法测定; 可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定, 淀粉含量采用双波长法测定。

1.3 子粒增重进程模拟

子粒增重进程以授粉后的天数和相应的子粒干重, 用 Logistic 方程拟合 $Y=K/(1+ae^{-bx})$, 式中的 Y 为单粒重(g), x 为授粉后天数, K 为希望最大粒重(g), a 、 b 均为回归参数。相应的灌浆特性参数均按常规计算推导。

2 结果与分析

2.1 种植密度对产量及产量构成因素的影响

随着种植密度的增加, 产量和秃尖长逐渐升高, 两品种表现一致(表 1)。但穗长、穗粗、行粒数、穗行数、穗粒数和千粒重对种植密度的响应存在品种间差异。增大种植密度, 大粒型品种 LD981 的穗长、穗粗、行粒数、穗行数、穗粒数和千粒重均明显降低。方差分析表明, 处理间差异达显著或极显著水平。小粒型品种 QX2101 的穗长和穗粗随着密度的增加逐渐降低, 行粒数、穗行数和穗粒数均以中密度处理最高, 而千粒重以中密度处理最低。

可见, 秃尖长不是玉米获得高产的限制因素, 维持行粒数、穗行数、穗粒数和千粒重的平衡是其获得高产的前提, 增加种植密度可提高单位面积玉米产量。

表 1 不同处理的产量及产量构成因素
Table 1 Yield and yield construction elements under different treatment

处 理 Treatment	LD-3	LD-6	LD-9	QX-3	QX-6	QX-9
穗长(cm)	18.33 B b	15.43 D d	14.60 E e	21.67 A a	21.43 A a	17.63 C c
穗粗(cm)	5.10 AB ab	4.97 AB ab	4.80 B b	5.23 AB a	5.30 A a	4.97 AB ab
秃尖长(cm)	0.23 D d	0.47 C c	0.60 B b	0.27 D d	0.60 B b	0.70 A a
行粒数(个)	38.30 A b	33.70 B c	30.10 C d	38.70 A ab	39.27 A a	32.90 B c
穗行数(行)	16.60 A	15.20 B	15.80 AB	15.20 B	15.64 AB	15.60 AB
穗粒数(个)	635.78 A a	512.24 BC b	475.58 C b	588.24 AB a	614.08 A a	513.24 BC b
千粒重(g)	351.64 A a	301.68 B b	249.59 C c	360.68 A a	231.51 C c	258.94 C c
产量(g/m ²)	804.72 D d	963.44 B b	1 007.74 A a	699.88 E e	919.15 C c	959.75 B b

2.2 种植密度对玉米单粒增重进程的影响

种植密度对单粒重的影响不仅因灌浆时期而异, 品种间亦存在明显差别。授粉后 30 d 之前, 大粒型品种 LD981 的单粒重随种植密度的增加逐渐升高, 之后低密度处理的单粒重急剧增加, 至授粉后 40 d 时, 其低密度处理的单粒重显著高于中密度和高密度处理; 小粒型品种 QX2101 整个灌浆过程中均以低密度处理最高(图 1)。说明增大种植密度可促进大粒型品种 LD981 灌浆前期单粒重的提高, 但不利于两品种在灌浆后期维持较高的粒重。

以 Logistic 方程对各处理的子粒增重进程进行拟合, 经 F 检验均达极显著水平($R^2=0.993\ 6\sim0.999\ 9$), 表明 Logistic 方程可以很好地反映各处理单粒重增大过程。据 Logistic 方程的拐点, 将单粒重增大过程划分为渐增期、快增期和缓增期 3 个阶段(表 2)。通过分析各参数的变化表明, 随着种植密度的增加, 大粒型品种 LD981 除快增期灌浆速率和缓增期灌浆速率有所升高外, 其他灌浆特征参数均逐渐降低; 小粒型品种 QX2101 除平均灌浆速率、快增持续期和缓增期灌浆速率以低密度处理最高外, 其他参数均

以低密度处理最低。

处理间变异系数最大的特征参数为缓增持续期,达 79.59;其次是快增期灌浆速率、缓增期灌浆速率和灌浆持续期, 变异系数分别为 49.84%、48.92%

和 41.43%;平均灌浆速率差别最小, 变异系数仅为 18.68%。说明种植密度对玉米单粒重的影响主要是缓增持续期、快增期灌浆速率、缓增期灌浆速率和灌浆持续期所致,而平均灌浆速率对其影响较小。

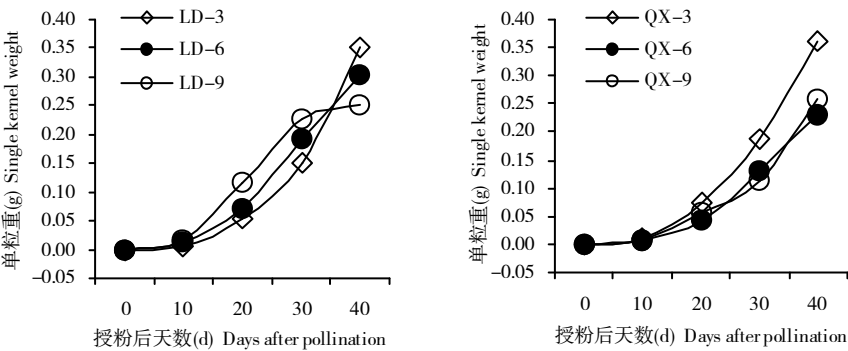


图 1 种植密度对鲁单 981 和泉星 2101 单粒重的影响
Fig.1 Effects of planting density on single kernel weight in LD981 and QX2101

表 2 子粒灌浆参数与粒重增加模型
Table 2 The grain filling parameters and grain filling process model

参 数 Parameter	LD-3	LD-6	LD-9	QX-3	QX-6	QX-9	变异系数 CV(%)
灌浆持续期(d)	71.060	45.760	40.140	57.100	50.180	110.610	41.43
平均灌浆速率[mg/(grain·d)]	8.790	7.540	6.240	9.020	5.790	6.470	18.68
最大灌浆速率出现时间(d)	38.170	28.470	20.570	33.920	31.360	45.400	25.70
最大灌浆速率[mg/(grain·d)]	0.021	0.014	0.016	0.018	0.011	0.019	21.14
第一拐点(d)	28.590	20.600	15.400	24.440	23.020	32.940	25.35
第二拐点(d)	47.740	36.340	25.740	43.390	39.700	57.860	25.95
渐增持续期(d)	28.590	20.600	15.400	24.440	23.020	32.940	25.35
渐增期灌浆速率[mg/(grain·d)]	1.630	1.270	0.940	1.490	1.420	1.660	19.15
快增持续期(d)	19.150	15.740	10.340	18.950	16.670	24.920	27.17
快增期灌浆速率 [mg/(grain·d)]	0.920	2.070	2.460	1.410	1.730	0.420	49.84
缓增持续期(d)	23.320	9.420	14.400	13.710	10.490	52.750	79.59
缓增期灌浆速率 [mg/(grain·d)]	0.012	0.026	0.015	0.022	0.016	0.004	48.92
子粒增重模型	LD-3	$y = 0.624\ 7/[1+190.51*\exp(-0.137\ 5*x)]$					$R^2=0.998\ 9$
	LD-6	$y = 0.345\ 1/[1+117.22*\exp(-0.167\ 3*x)]$					$R^2=0.999\ 6$
	LD-9	$y = 0.250\ 5/[1+188.20*\exp(-0.254\ 6*x)]$					$R^2=0.999\ 9$
	QX-3	$y = 0.514\ 8/[1+111.59*\exp(-0.139\ 0*x)]$					$R^2=0.998\ 1$
	QX-6	$y = 0.290\ 4/[1+141.66*\exp(-0.157\ 9*x)]$					$R^2=0.999\ 5$
	QX-9	$y = 0.716\ 1/[1+121.37*\exp(-0.105\ 7*x)]$					$R^2=0.993\ 6$

2.3 种植密度对玉米淀粉含量的影响

种植密度可显著影响玉米子粒淀粉的积累,随着密度的增加,直链淀粉含量呈先升高后降低的趋势变化,但支链淀粉和总淀粉含量表现为先降低后略有升高,两品种表现一致。生产上应根据实际需要来确定种植密度,要获得较高的支链淀粉和总淀粉含量,则应选择低密度处理;但要获得较高的直链淀粉含量,则需以降低支链淀粉和总淀粉含量为代

价,选择 60 000 株 /hm² 的中密度处理。

相同密度不同品种间比较,在 60 000 株 /hm² 的密度处理下,小粒型品种 QX2101 的支链淀粉和总淀粉含量略高于大粒型品种 LD981,其他处理的直链淀粉、支链淀粉和总淀粉含量均为大粒型品种 LD981 高于小粒型品种 QX2101。

2.4 种植密度对子粒营养品质的影响

随着种植密度的提高,子粒中可溶性总糖含量

逐渐升高,而粗蛋白和粗脂肪含量均呈先降低后升高的趋势变化,两品种表现一致。方差分析表明,处理间差异达极显著或显著性水平。相同密度不同品种间比较,3种密度处理下,大粒型品种 LD981 的可溶性总糖、粗蛋白和粗脂肪含量均高于小粒型品种 QX2101。

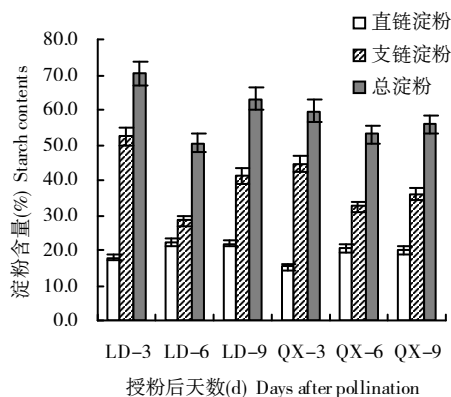


图2 种植密度对鲁单 981 和泉星 2101 淀粉含量的影响

Fig.2 Effects of planting density on starch content in LD981 and QX2101

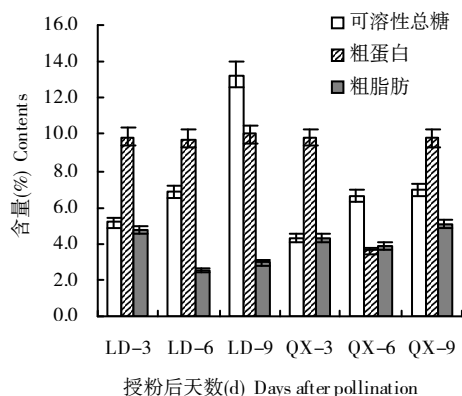


图3 种植密度对鲁单 981 和泉星 2101 可溶性总糖、粗蛋白和粗脂肪含量的影响

Fig.3 Effects of planting density on content of total sugar, crude protein and crude fat in LD981 and QX2101

3 结论与讨论

增加种植密度可提高单位面积玉米产量,促进大粒型品种 LD981 灌浆前期单粒重的提高,均不利于大粒型和小粒型品种在灌浆后期维持较高的粒重。种植密度对玉米单粒重的影响主要是缓增持续期、快增期灌浆速率、缓增期灌浆速率和灌浆持续期所致,而平均灌浆速率对其影响较小。随着密度的增加,可溶性总糖含量逐渐升高,直链淀粉含量先升高后降低。但支链淀粉、总淀粉、粗蛋白和粗脂肪含量表现为先降低后略有升高。生产上应根据实际需要以及品种特性来确定适宜的种植密度。

参考文献:

- [1] 郭庆法,王庆成,汪黎明. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.
- [2] 许崇香,王红霞,左淑珍,等. 密度对中早熟高淀粉玉米品种淀粉产量的影响[J]. 玉米科学,2005,13(2):97-98,101.
- [3] 杨耿斌,谭福忠,王新江,等. 不同密度对青贮玉米产量与品质的影响[J]. 玉米科学,2006,14(5):115-117.
- [4] 王 璞,魏亚萍,陈良才. 玉米籽粒库容潜力研究进展[J]. 玉米科学,2002,10(1):46-49.
- [5] 宋 碧,刘德凤,彭玉淑,等. 种植密度对不同株型玉米产量和群体质量的影响[J]. 安徽农业科学,2006,34(10):2082-2084.
- [6] 张吉旺,胡昌浩,王空军,等. 种植密度对全株玉米饲用营养价值的影响[J]. 中国农业科学,2005,38(6):1126-1131.
- [7] 王 霞,王振华. 种植密度对青贮玉米生物产量及部分农艺性状的影响[J]. 玉米科学,2005,13(2):94-96.
- [8] 常 强,马兴林,关义新. 种植密度对不同地点玉米杂交种中单 9409 子粒品质的影响[J]. 玉米科学,2004,12(4):73-76.
- [9] 王艳芳,杨东伟,张立军. 高油玉米灌浆期子粒可溶性糖含量与脂肪积累的关系[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(2):144-146.
- [10] 刘 霞,姜春明,贺明荣. 花后不同时期弱光和高温胁迫对小麦旗叶荧光特性及子粒灌浆进程的影响[J]. 应用生态学报,2005,16(11):2117-2121.
- [11] 申丽霞,王 璞,张软斌. 施氮对不同种植密度下夏玉米产量及子粒灌浆的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(3):314-319.

(责任编辑:朱玉芹)