

文章编号: 1005-0906(2011)02-0058-05

种植密度对先玉 335 群体子粒灌浆特征的影响

柯福来^{1,2}, 马兴林², 黄瑞冬¹, 王传海², 徐安波²

(1. 沈阳农业大学农学院, 沈阳 110866; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 2008 年在高产田内较大密度处理范围(22 500、45 000、67 500、90 000、112 500 株/hm²)分析玉米品种先玉 335 群体子粒灌浆特征及其与产量的关系。结果表明: 高产密度群体(90 000 株/hm²)产量显著高于低密度(22 500 株/hm²)和超高密度(112 500 株/hm²)群体。各密度下群体子粒灌浆过程均可用 Logistic 方程模拟。高产密度的群体子粒平均灌浆速率、最大灌浆速率显著高于低密度、超高密度。不同密度群体子粒活跃灌浆期差异不显著。相关分析表明, 群体子粒灌浆速率是影响产量的主要因素。进一步分析表明, 对产量影响最大的是粒重渐增期的群体子粒灌浆速率, 其次为线性灌浆期的群体子粒灌浆速率, 后者与前者呈显著正相关关系。因此, 提高粒重渐增期的群体子粒灌浆速率对提高群体产量尤为重要。

关键词: 玉米; 先玉 335; 种植密度; 群体子粒灌浆特征**中图分类号:** S513.01; S513.04**文献标识码:** A

Effects of Planting Densities on Population Grain Filling Characteristics of Maize Hybrid Xianyu335

KE Fu-lai¹, MA Xing-lin², HUANG Rui-dong¹, WANG Chuan-hai², XU An-bo²

(1. College of Agronomy, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866; 2. Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The relationships between characteristics of population grain filling and yield were studied within a wide range of density(22 500, 45 000, 67 500, 90 000, 112 500 plants/ha) for maize hybrid Xianyu335 on high-yield-ing field in 2008. The results showed that the yield of high-density population (90 000 plants/ha) was the highest. The Logistic equation could be used to simulate population grain filling process of different density populations. The maximum population grain-filling rate, mean population grain-filling rate of high-density population(90 000 plants/ha) were significantly higher than low-density population (22 500 plants/ha) and highest-density population (112 500 plants/ha). The active population grain filling period was not significantly different among different density treatments. Correlation analysis suggested the population grain filling rate was the main factor affecting maize yield. Population grain filling rate at early grain development perio(P₁) played more important role for the yield, followed by the population grain filling rate at linear growth perio(P₂). P₁ and P₂ correlated positively and significantly. Therefore increasing P₁ is the key for high yield.

Key words: Maize; Xianyu335; Planting density; Population grain filling characteristics

灌浆期是玉米产量形成的实质性阶段, 研究玉米的灌浆特征对于揭示玉米产量形成机制具有重要意义。目前, 关于这方面的研究甚多, 一般认为玉米

子粒的灌浆特征和品种特性、环境条件、栽培因子(密度、肥水)密切相关。前人对玉米灌浆特征的研究大多侧重于个体水平如穗粒重、百粒重的变化动态, 对群体水平下的研究较少。近年来, 在我国东北春玉米区, 先玉 335 正以其突出的耐密高产特性迅猛增加种植面积, 但迄今对先玉 335 的灌浆特征尤其是群体水平下的灌浆特征少有研究。本文基于不同种植密度处理, 系统分析了先玉 335 的群体子粒灌浆特征及其与产量形成的关系, 为玉米高产栽培和育种提供依据。

收稿日期: 2010-05-12**基金项目:** 国家粮食丰产科技工程课题“东北平原中部(吉林)春玉米丰产高效技术集成研究与示范”(2006BAD02A10)**作者简介:** 柯福来(1981-), 男, 博士, 从事玉米栽培、生理研究。

E-mail: kefulai_1981@yahoo.com.cn

马兴林、黄瑞冬为本文通讯作者。

1 试验材料和方法

1.1 试验地概况

试验于 2008 年在吉林省梨树县玉米高产攻关试验基地(纬度 43°32'N,经度 124°33'E,海拔 180 m)进行。试验地土壤为黑土,土壤有机质含量 26.0 g/kg,全氮 1.5 g/kg,碱解氮 108.0 mg/kg,速效磷 12.6 mg/kg,速效钾 105.0 mg/kg。

1.2 试验设计与实施

供试玉米品种为先玉 335(铁岭先锋种子研究有限公司选育),分别在密度为 22 500、45 000、67 500、90 000、112 500 株 /hm² 下种植,3 次重复,随机区组排列。试验小区长 5 m,10 行,行宽 60 cm。播种期为 4 月 29 日,收获期为 10 月 3 日。氮(N)、磷(P₂O₅)、钾(K₂O)肥施用量分别为 300、135、120 kg/hm²。氮肥分基肥、拔节肥和花粒肥 3 次施入,比例为 4:4:2。磷、钾肥一次性施入。其他管理同高产田。

单位面积子粒重的获取:玉米吐丝前在每小区选择生长整齐一致的植株 30~40 株挂牌,记录吐丝日期。自吐丝后 14 d 开始,每 7 d 取样一次,直至吐丝后 49 d。每次每小区取 3 个果穗,按单穗脱下全部子粒后,计数穗粒数,子粒混匀后取 300 粒 / 果穗,称量鲜重,105℃下杀青 30 min,然后在 75℃下烘干至恒重,称量烘干粒重。依上数据计算各取样时期子粒含水量为 14%的单位面积子粒重(g/m²)。该指标主要用于群体子粒灌浆进程和灌浆特征的描述与分析。

产量及产量构成因素的获取:玉米成熟后,收获位于小区中间地段、面积为 8.89 m² 内的所有果穗,计数果穗数,计算单位面积穗数(穗 /m²)。全部果穗风干后混合脱粒,称量总粒重,取 3 份 200 g 小样,称量小样重,小样在 75℃下烘干至恒重,每份小样

中计数 3 份 100 粒并称重,得烘干百粒重。通过上述数据计算求得子粒含水量为 14%的单位面积产量(kg/hm²)、穗粒重、百粒重、穗粒数、单位面积子粒数(粒 /m²)。应用统计软件 SPSS 12.0 分析密度之间产量及产量构成因素的差异显著性。

1.3 群体子粒灌浆特征的分析方法

群体子粒灌浆进程用 Logistic 曲线模拟,曲线方程为 $W=A/(1+Be^{-kt})$ 。式中 W 为单位面积子粒重,A 为理论单位面积粒重最大值,B、K 为待定参数,t 为吐丝后日数。对 Logistic 程求一阶导数,可得群体子粒灌浆速率 G 的方程,即 $G=\frac{dw}{dt}=\frac{AKBe^{-kt}}{(1+Be^{-kt})^2}$ 应用时还可以导出以下次级参数,用于描述灌浆特征:①群体子粒最大灌浆速率 G_{max} 和达最大灌浆速率的时间 T_{max} , $T_{max}=\frac{\ln B}{K}$,将 T_{max} 代入灌浆速率方程即得 G_{max} ;②群体子粒平均灌浆速率 \bar{G} 和活跃灌浆期 D(群体子粒增重较快的时期), $\bar{G}=\frac{1}{A} \int_{W=0}^{W=A} \frac{dw}{dt} gdt=\frac{AK}{6}$, $D=\frac{A}{G}$;③划分灌浆过程的前中后期,群体子粒灌浆速率 G 的方程有两个拐点,对应在 t 坐标的值为 t_1, t_2 ,其中 $t_1=-\ln(\frac{4+\sqrt{12}}{B})/K, t_2=-\ln(\frac{4-\sqrt{12}}{B})/K$,假定达 99%A 为实际灌浆终止期 $t_3, t_3=-\ln[\frac{100}{99}-1]/K$ 。由此可以确定,灌浆前期(粒重渐增期) $T_1=t_1$;灌浆中期(线性灌浆期) $T_2=t_2-t_1$;灌浆后期(粒重缓增期) $T_3=t_3-t_2$;④前、中、后期的群体子粒平均灌浆速率 p_1, p_2, p_3 , 设 t_1, t_2, t_3 对应的单位面积子粒重为 W_1, W_2, W_3 ,则 $p_1=W_1/T_1, p_2=(W_2-W_1)/T_2, p_3=(W_3-W_2)/T_3$ 。

2 结果与分析

2.1 不同密度下先玉 335 产量和产量构成因素

表 1 不同密度下先玉 335 产量和产量构成因素

Table 1 Yield and yield components for maize hybrid Xianyu335 under different densities

| 密度(株 /hm ²) | 单位面积穗数(穗 /m ²) | 单位面积粒数(粒 /m ²) | 百粒重(g) | 产量(kg/hm ²) |
|-------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|
| Densities | Ear number per unit | Grain number per unit | 100-grain weight | Yield |
| 22 500 | 4.12 a | 2 114.72 a | 39.58 b | 343.80 a |
| 45 000 | 4.91 a | 2 857.01 b | 38.28 b | 10 885.25 b |
| 67 500 | 6.75 b | 3 449.63 c | 32.92 a | 11 357.25 c |
| 90 000 | 9.00 c | 3 794.07 d | 31.36 a | 11 894.15 c |
| 112 500 | 10.46 d | 3 404.44 c | 31.11 a | 10 496.60 b |

注:数据后不同字母表示在 0.05 水平下差异显著。下表同。

Note: Means followed by different letters within a column are significantly different at P=0.05. The same bellow.

先玉 335 产量随密度增加表现先增加再降低的变化(表 1),以密度为 22 500 株 /hm² 最低,90 000

株 /hm² 最高,密度间产量差异显著。单位面积穗数表现随密度增加逐渐上升,22 500 株 /hm² 处理的单

位面积穗数显著低于其他密度。单位面积粒数也表现随密度增加先增加后下降的变化,90 000 株 /hm² 单位面积粒数显著高于其他密度。百粒重表现随密度增加逐渐降低,其中密度 22 500 株 /hm²、45 000 株 /hm² 显著高于其他 3 个密度处理。

2.2 不同密度下先玉 335 群体子粒灌浆特征

不同密度下先玉 335 群体子粒灌浆过程符合 S 型曲线(图 1),可用 Logistic 方程进行拟合。从决定系数(R²)来看(表 2),Logistic 方程可以很好的模拟群体水平下子粒灌浆过程。根据模拟方程得出的群

体子粒灌浆特征参数见表 3。其中不同密度下群体子粒灌浆速率达最大值的时间 T_{max} 相差不显著,均在 26 d 左右。群体子粒最大灌浆速率 G_{max}、群体子粒平均灌浆速率 \bar{G} 随密度增加呈先增加后下降的变化趋势,并且不同密度间差异显著,高密度(90 000 株 /hm²) 下 G_{max}、 \bar{G} 显著高于低密度(22 500 株 /hm²)和超高密度(112 500 株 /hm²),和中密度(45 000、67 500 株 /hm²)间差异不显著,但表现高于中密度的趋势。活跃灌浆期各密度间差异不显著。

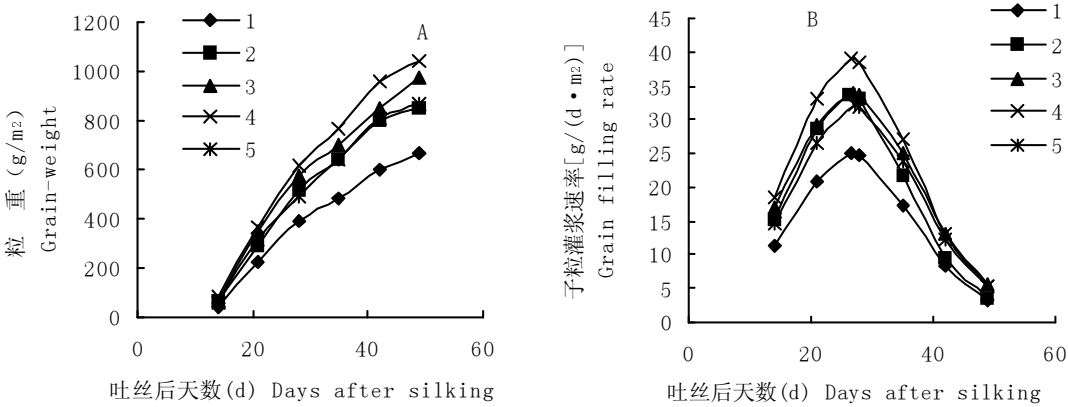


图 1 不同密度下先玉 335 群体子粒灌浆进程曲线和灌浆速率曲线

Fig.1 Curves of population grain filling and grain filling rate for maize hybrid Xianyu335 under different densities

表 2 不同密度下先玉 335 群体子粒灌浆过程的 Logistic 模拟方程

Table 2 Logistic equation of population grain filling for maize hybrid Xianyu335 under different densities

| 密度(株/hm ²) Densities | 模拟方程 Simulated equation | 决定系数 R ² |
|-------------------------------------|--|------------------------|
| 22 500 | $X_2=667.599\ 2/[1+55.313\ 0\times\text{EXP}(-0.150\ 252\times X_1)]$ | 0.964 6 |
| 45 000 | $X_2=860.952\ 6/[1+60.237\ 4\times\text{EXP}(-0.156\ 427\times X_1)]$ | 0.971 2 |
| 67 500 | $X_2=982.352\ 6/[1+40.731\ 4\times\text{EXP}(-0.138\ 652\times X_1)]$ | 0.968 3 |
| 90 000 | $X_2=1\ 058.295\ 4/[1+50.001\ 9\times\text{EXP}(-0.147\ 499\times X_1)]$ | 0.974 6 |
| 112 500 | $X_2=899.985\ 6/[1+48.104\ 6\times\text{EXP}(-0.142\ 455\times X_1)]$ | 0.972 0 |

注: x_2 为单位面积子粒重; x_1 为吐丝后天数。
Note: x_2 : Grain-weight per unit area, x_1 : Days after silking.

表 3 不同密度下先玉 335 群体子粒灌浆特征参数

Table 3 Parameters of population grain filling characteristics for maize hybrid Xianyu335 under different densities

| 密度(株/hm ²)Densities | T _{max} | G _{max} | \bar{G} | D |
|---------------------------------|------------------|------------------|-----------|---------|
| 22 500 | 26.71 a | 25.08 a | 16.72 a | 39.93 a |
| 45 000 | 26.20 a | 33.67 bc | 22.45 bc | 38.36 a |
| 67 500 | 26.74 a | 34.05 bc | 22.70 bc | 43.27 a |
| 90 000 | 26.52 a | 39.02 c | 26.02 c | 40.68 a |
| 112 500 | 27.19 a | 32.05 b | 21.37 b | 42.12 a |

注: T_{max} 为达群体子粒最大灌浆速率的时间(d); G_{max} 为群体子粒最大灌浆速率, g/(d·m²); \bar{G} 为群体子粒平均灌浆速率, g/(d·m²); D 为子粒活跃灌浆期(d)。
Note: T_{max}: Days from silking to highest population grain filling rate (d), G_{max}: Highest population grain filling rate ,g/(d·m²), \bar{G} : Mean population grain filling rate,g/(d·m²), D: Active population grain filling period(d).

表 4 不同密度下群体子粒灌浆特征参数和产量的相关分析

Table 4 Correlation analysis for parameters of population grain filling characteristics and yield

| 参 数 Parameters | T_{\max} | G_{\max} | \bar{G} | D |
|-------------------|------------|------------|-----------|-------|
| T_{\max} | 1 | | | |
| G_{\max} | -0.260 | 1 | | |
| \bar{G} | -0.261 | 0.999** | 1 | |
| D | 0.847** | -0.168 | -0.169 | 1 |
| 产量 | -0.062 | 0.900** | 0.901** | 0.138 |

注:* 表示在 0.05 水平上显著相关;** 表示在 0.01 水平上显著相关。下表同。
Note: * indicated is significant at 0.05 level, ** indicated is significant at 0.01 level. The same bellow.

从图 1 还可以看出:各密度下群体子粒灌浆速率都呈单峰曲线变化;不同密度间相比较,群体子粒灌浆速率达最大值的时间基本一致,但其值则差异较大。在子粒灌浆的不同时段,密度间群体子粒灌浆速率的差异不同,在达到 G_{\max} 之前,群体子粒灌浆速率表现为 $90\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2 > 67\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2 > 45\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2 > 112\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2 > 22\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2$; 在达到 G_{\max} 之后直至吐丝后 35 d,不同密度下群体子粒灌浆速率仍表现相似趋势;吐丝 35 d 之后,不同密度下群体子粒灌浆速率表现为 $90\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2 > 67\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2 > 112\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2 > 45\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2 > 22\ 500\ \text{株}/\text{hm}^2$ 。

群体子粒灌浆特征参数和产量以及产量构成因素间的相关分析表明(表 4),群体子粒最大灌浆速率 G_{\max} 、平均灌浆速率 \bar{G} 和产量之间表现极显著正相关关系,而达到 G_{\max} 的时间 T_{\max} 、群体子粒活跃灌浆期 D 与产量的相关性不显著。表明在本试验中,

群体子粒灌浆速率和产量密切相关,群体子粒灌浆速率快是高产密度群体粒重较高的主要因素。

2.3 不同灌浆阶段先玉 335 群体子粒灌浆特征

依据 Logistic 方程的两个拐点将群体子粒灌浆过程分为粒重渐增期(T_1)、线性灌浆期(T_2)和粒重缓增期(T_3)3 个时期。通过分析各参数的变化表明(表 5),各密度下均是粒重缓增期的持续时间 T_3 最长,但密度间差异均不显著;各密度下均是线性灌浆期群体子粒灌浆速率 P_2 最快,随着密度增加粒重渐增期、线性灌浆期和粒重缓增期群体子粒灌浆速率均表现先增加后下降的变化趋势。各时期的群体子粒平均灌浆速率均表现为高密度($90\ 000\ \text{株}/\text{hm}^2$)群体显著高于超高密度群体、低密度群体,并且各时期的群体子粒灌浆速率不同密度间差异均显著。表明群体粒重的增加与粒重渐增期、线性灌浆期和粒重缓增期的群体子粒灌浆速率有关。

表 5 不同灌浆阶段先玉 335 的群体子粒灌浆特征参数

Table 5 Parameters of population grain filling characteristics for maize hybrid Xianyu335 under different densities in different grain filling stages

| 密度(株/hm ²) Densities | t_1 (d) | t_2 (d) | t_3 (d) | T_1 (d) | T_2 (d) | T_3 (d) | P_1 [g/(d·m ²)] | P_2 [g/(d·m ²)] | P_3 [g/(d·m ²)] |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 22 500 | 17.9 a | 35.4 a | 57.2 a | 17.9 a | 17.5 a | 21.8 a | 7.86 a | 21.99 a | 6.16 a |
| 45 000 | 17.7 a | 34.6 a | 55.5 a | 17.7 a | 16.8 a | 20.9 a | 10.23 b | 29.52 b | 8.27 bc |
| 67 500 | 17.2 a | 36.2 a | 59.8 a | 17.2 a | 19.0 a | 23.6 a | 12.04 c | 29.86 b | 8.36 bc |
| 90 000 | 17.5 a | 35.4 a | 57.6 a | 17.5 a | 17.8 a | 22.2 a | 12.71 c | 34.22 c | 9.59 c |
| 112 500 | 17.9 a | 36.4 a | 59.4 a | 17.9 a | 18.4 a | 23.0 a | 10.60 b | 28.10 b | 7.87 b |

注: t_1 为粒重渐增期终止期时间; t_2 为线性灌浆期终止时间; t_3 为粒重缓增期终止时间; T_1 为粒重渐增期持续时间; T_2 为线性灌浆期持续时间; T_3 为粒重缓增期持续时间; P_1 为粒重渐增期群体子粒灌浆速率; P_2 为线性灌浆期群体子粒灌浆速率; P_3 为粒重缓增期群体子粒灌浆速率。下表同。
Note: t_1 : Days from silking to ending of slightly population grain filling stage, t_2 : Days from silking to ending of quickly population grain filling stage, t_3 : Days from silking to ending of slowly population grain filling stage, T_1 : Duration(days) of the slightly population grain filling stage, T_2 : Duration (days) of the quickly population grain filling stage, T_3 : Duration(days) of the slowly population grain filling stage, P_1 : Population grain filling rate at slightly filling stage, P_2 : Population grain filling rate at quickly filling stage, P_3 : Population grain filling rate at slowly filling stage. The same bellow.

相关分析结果表明(表 6),产量和不同阶段的群体子粒灌浆速率均呈极显著的正相关,粒重渐增期的群体子粒灌浆速率 P_1 和产量的相关程度最密切,其次为线性灌浆期的群体子粒灌浆速率 P_2 ,粒重缓增期群体子粒灌浆速率 P_3 和产量的相关程度最低。粒重渐增期的持续时间 T_1 、线性灌浆期的持续时间 T_2 、粒重缓增期持续时间 T_3 和产量相关均不

显著。进一步利用逐步回归方法对各因子对产量(Y)的贡献大小进行分析,得出回归方程为: $Y=2\,995.73+412.605\,P_1+110.498\,P_2$,方程各参数均显著(表 7)。通过以上分析表明,渐增期的群体子粒灌浆速率和线性灌浆期的群体子粒灌浆速率对产量的贡献较大,其中渐增期群体子粒灌浆速率对产量的贡献最大。

表 6 不同灌浆阶段群体子粒灌浆特征参数和产量的相关分析

Table 6 Correlation analysis for parameters of population grain filling characteristics and yield in different grain filling stages

| 参 数 Parameters | T_1 | T_2 | T_3 | P_1 | P_2 | P_3 |
|-------------------|--------|---------|--------|---------|---------|---------|
| T_1 | 1 | | | | | |
| T_2 | -0.048 | 1 | | | | |
| T_3 | -0.048 | 0.999** | 1 | | | |
| P_1 | -0.375 | 0.352 | 0.352 | 1 | | |
| P_2 | -0.211 | -0.168 | -0.168 | 0.849** | 1 | |
| P_3 | -0.212 | -0.169 | -0.167 | 0.848** | 0.999** | 1 |
| 产量 | -0.342 | 0.138 | 0.139 | 0.930** | 0.900** | 0.899** |

表 7 不同灌浆阶段群体子粒灌浆特征参数对产量的逐步回归分析

Table 7 Stepwise regression analysis for parameters of population grain filling characteristics and yield in different grain filling stages

| 特征参数 Characteristic parameters | 非标准化回归系数 No standardized coefficient | | 标准化回归系数 Standardized coefficient | T 值 T value | 显著水平 Significant level |
|-----------------------------------|---|----------------|-------------------------------------|--------------------|---------------------------|
| | 回归系数 Beta | 标准误 Std. Error | | | |
| 常数项 | 2 995.732 | 713.592 | | 4.198 | 0.001 |
| P_1 | 412.605 | 114.317 | 0.593 | 3.609 | 0.004 |
| P_2 | 110.498 | 45.740 | 0.397 | 2.416 | 0.033 |

3 结论与讨论

玉米密度和产量间是二次曲线关系,当密度超过一定限度后,产量下降。不同玉米品种达到最高产量的密度有所不同。试验研究表明,高产耐密品种先玉 335 产量和密度间表现抛物线式变化规律,密度为 90 000 株 /hm² 产量最高。分析其原因,主要与群体子粒灌浆速率的不同有关,群体子粒灌浆速率对单位面积子粒增重的作用大于灌浆持续期。

关于玉米不同灌浆阶段的灌浆特征及其对子粒增重影响的研究多有报道,但大多是基于单粒水平,针对群体水平下子粒灌浆特征的研究尚少见报道。研究结果表明,粒重渐增期和线性灌浆期的群体子粒灌浆速率是影响产量的两个主要特征参数,并尤以粒重渐增期群体子粒灌浆速率的影响更大。因此,加强高密度下灌浆前期的管理,缓和粒重渐增期因密度增加造成的环境逆境的影响,提高粒重渐增期群体子粒灌浆速率,将有助于群体子粒库容的迅速

建成,加速进入线性灌浆期,促进子粒的灌浆进程。同时线性灌浆期较高的群体子粒灌浆速率可以保证子粒干物质的迅速积累,确保粒重和单位面积产量的稳定提高。

参考文献:

[1] 李绍长,盛 茜,陆嘉惠,等. 玉米子粒灌浆生长分析[J]. 石河子大学学报(自然科学版),1999(增刊):1-5 .
[2] 李玉玲,焦学俭,杜巾焕,等. 玉米杂交当代子粒灌浆特征的研究[J]. 河南农业大学学报,1999,33(2): 106-110 .
[3] 李玉玲, 台国琴. 玉米子粒灌浆及种子萌发特征的粒位效应研究[J]. 玉米科学,2005,13(1): 60-63 .
[4] 李玉玲,胡学安,靳永胜,等. 爆裂与普通玉米杂交当代子粒灌浆特征的比较[J]. 玉米科学,1999,7(4): 16-18 .
[5] 黄智鸿,王思远,孙 刚,等. 超高产玉米子粒的灌浆特征[J]. 西北农业学报,2007,16(4):14-18 .
[6] 吕 新,胡昌浩,董树亭,等. 紧凑型玉米掖单 22 与 SC704 子粒灌浆特征的对比分析研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2005,36(1): 70-74 .

(上接第 62 页)

- [7] 冯汉宇,孙 健,周顺利,等. 2 种熟型玉米子粒灌浆特征及其与产量关系的比较研究[J]. 华北农学报,2007,22(增刊): 135-139.
- [8] 王育红,张 园,王向阳,等. 黄淮海地区夏玉米品种灌浆特征的拟合与分析[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(1): 265-170.
- [9] 陈建忠,肖荷霞,毛彩云,等. 钾肥对玉米子粒灌浆的影响研究[J]. 玉米科学,2008,16(6): 146-148.
- [10] 崔俊明,张进忠,王立义,等. 不同紧凑株型玉米灌浆特征比较[J]. 玉米科学,1999,7(4): 53-56.

- [11] 李绍长,白 萍,吕 新,等. 不同生态区及播期对玉米子粒灌浆的影响[J]. 作物学报,2003,29(5): 775-778.
- [12] 夏镇澳,等. 小麦丰产研究论文集[C]. 上海科学技术出版社,1992.
- [13] 刘丰明,陈明灿,郭香凤. 高产小麦粒重形成的灌浆特性分析[J]. 麦类作物,1997,17(6): 38-41.
- [14] 张 娟,王立功,刘爱民,等. 种植密度对不同玉米品种产量和灌浆进程的影响[J]. 物杂志,2009(3): 40-43.

(责任编辑:姜媛媛)