

文章编号: 1005-0906(2008)04-0091-05

不同粒重类型玉米品种耐密性的群体库源特征研究

李宗新, 王庆成, 刘开昌, 刘霞, 张慧

(山东省农业科学院玉米研究所, 济南 250100)

摘要: 利用作物生长分析法, 研究了不同粒型玉米品种产量、产量构成和群体库源特征等指标与种植密度的关系。结果表明, 种植密度为 30 000~60 000 株/hm², 鲁单 981(LD981)的单位面积实收穗数是决定群体子粒产量的限制因素; 高于 60 000 株/hm², 穗粒数与千粒重则是决定群体子粒产量的限制因素。泉兴 2101(QX2101)群体子粒产量的限制因素是单位面积实收穗数。LD981 的单株产量、群体产量与产量构成因素对种植密度的敏感度要高于 QX2101, 前者在较低密度时, 易获得较高的群体库源比值与群体叶面积指数, 产量潜力较高; 后者则在较高密度时, 易获得较高的群体库源比值与群体叶面积指数, 产量潜力较高。群体库容量与源供应能力均是两种粒重类型玉米品种产量的限制因素, 但群体库容量始终占主导作用。

关键词: 玉米; 种植密度; 产量; 群体库源特征

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Population Sink-source on Density-tolerance of Maize in Different Kernel-weight Types

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

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

Abstract: The relationships between planting density and yield, yield components, and population sink-source were studied synthetically by means of crop growth analysis method. The results showed that the ears numbers per ha were the main contribution factor to yield of LD981 when the plant densities of the maize were from 30 000 – 60 000 plant/ha, while the plant densities of the maize were more than 60 000 plant/ha, the kernels numbers per ear and 1000-kernels weight were the main contribution factor. However, the ears numbers per ha were all along the main contribution factor to yield of QX2101. The variety of planting density affected the single plant yield, the population yield and the yield components of LD981 were more than QX2101. LD981 gained easily biggish population sink-source ratio, canopy LAI and population yield when the plant densities of the maize were from 30 000 – 60 000 plant/hm², while QX2101 gained easily biggish population sink-source ratio, canopy LAI and population yield when the plant densities of the maize were from 60 000 – 90 000 plant/ha. The sink capacity and source supply ability were contribution factors to yield of two kernels types maize, then the sink capacity was all along the pivotal factor.

Key words: Maize; Planting density; Yield; Population sink-source

相关研究结论表明, 产量和玉米性状的变化率

是品种耐密性的重要表现。已有研究多以不同株型玉米品种为研究对象, 侧重于研究密度增加条件下个体与群体的合理调控。玉米品种的多样性导致粒重的差异存在, 有关不同粒重类型玉米品种与种植密度关系的研究比较少, 已有研究多侧重于生理规律的探讨, 缺乏群体库源特征与种植密度关系的研究。杨利华等经过多年的研究, 依据粒重将夏玉米分为小粒型、普通型、大粒型、超大粒型 4 种类型, 并研究了不同粒重类型玉米的子粒灌浆规律。张丽等研究了不同品种玉米子粒容重的差异及其与产量和品质的关系, 发现不同类型玉米子粒容重与千粒重和

收稿日期: 2008-04-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAD02A09、2007BAD89B09)、山东省农业科学院高新技术自主创新基金项目(2007YCX024、2006YCX003)

作者简介: 李宗新(1979-), 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米高产生理生态研究。Tel: 0531-83179402

E-mail: lizx@saas.ac.cn

王庆成为本文通讯作者。Tel: 0531-83179402

E-mail: qcwang@saas.ac.cn

产量均呈正相关。本试验选择大粒型玉米品种 LD981(千粒重为 366.4 g)和小粒型玉米品种 QX2101(千粒重为 284.54 g)为研究对象,两个品种均为黄淮海地区的主推玉米品种,分析了种植密度改变对 LD981 和 QX2101 产量与库源特征的影响,为不同粒重类型玉米品种的高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为大粒型品种鲁单 981(LD981)和小粒型品种泉兴 2101(QX2101)。

1.2 试验设计

试验地概况:试验田位于山东省农业科学院玉米研究所六一农场。试验地 0~30 cm 土层为壤土,有机质含量为 1.09%,全氮含量 0.107%,速效氮 48.38 mg/kg,速效磷 30.91 mg/kg,速效钾 87.32 mg/kg,土壤 pH 7.43。

种植密度设置:两个品种均设置 30 000 株/hm²、60 000 株/hm²和 90 000 株/hm² 3 个密度水平。

小区排列:小区随机排列,每个小区 8 行,小区面积 26.7 m²,行距 66.7 cm,重复 3 次。

田间管理:6 月 19 日播种,田间管理同常规大田生产。

1.3 测定项目及分析方法

分别在拔节期、大口期、开花期、吐丝期、乳熟期和成熟期每个处理取 5 株测定叶面积,并计算叶面

积指数;同时取样,将样品在 105℃下杀青 30 min,再在 80℃下烘干至恒重测干重;在授粉后 15 d,每处理选 5 株,调查每穗总花数和受精率,同时开始每隔 7 d 用排水法测定子粒百粒体积,用烘重法测定百粒重;成熟期收获,按常规方法测产、考种;参照 Gardner 等方法计算叶面积系数;参照鲍巨松、薛吉全等的方法,经本试验研究修正,群体库容量用单位面积株数×(1+双穗率)×每穗花数×受精率×千粒重(试验测定值)来计算,源供应能力可用开花后至完熟期单位面积植株干物质积累量来估算,同时计算库源比值。

2 结果与分析

2.1 种植密度对不同粒重类型玉米品种的玉米产量及其产量构成的影响

玉米子粒产量的高低决定于单位面积穗数、穗粒数和千粒重。由表 1 可以看出,随着种植密度增加,LD981 与 QX2101 的单位面积实收穗数均增加,千粒重均呈降低趋势,LD981 的穗粒数递减,而 QX2101 的先增后减。方差分析结果显示,同一品种不同种植密度间的单位面积收获穗数差异极显著,LD981 低密度的穗粒数与千粒重均显著高于较高密度的;种植密度在 30 000~60 000 株/hm² 范围内,QX2101 的穗粒数与千粒重差异不显著,至较高密度 90 000 株/hm² 时,穗粒数与千粒重显著减小。

表 1 不同粒重类型玉米品种的玉米产量及其产量构成与种植密度的关系

Table 1 Comparison of maize yield and yield components of different kernel-weight type under different planting densities

品 种	密度(株/hm ²)	单位面积穗数(个/hm ²)	穗粒数(粒)	千粒重(g)	单位面积产量(kg/hm ²)
Varieties	Densities	Ears per ha	Kernels No. per ear	1000-kernels weight	Yield per ha
LD981	30 000	34 860 C	635.78 A	365.13 A	8 047.50 C
	60 000	57 273 B	557.24 B	335.67 B	10 084.95 A
	90 000	68 182 A	475.58 C	291.75 C	9 027.90 B
QX2101	30 000	47 273 C	588.24 BA	282.33 A	6 999.16 C
	60 000	61 020 B	614.08 A	280.70 AB	9 191.93 B
	90 000	83 430 A	513.24 C	270.75 C	9 598.00 AB

注:大写字母表示 1%差异水平。
Note: The capital letters indicate difference significant level at 1%.

两种粒重类型品种比较发现,LD981 的单位面积穗数、穗粒数和千粒重随种植密度的变化量明显高于 QX2101 的变化量;同一种种植密度下,前者的穗粒数和千粒重均明显高于后者,后者的单位面积穗数则明显高于前者;前者的单位面积群体子粒产量随种植密度增加表现先增加后降低的趋势,后者

则持续增加。种植密度为 30 000 株/hm² 与 60 000 株/hm² 时,LD981 的子粒产量分别比同密度下高 1 048.34 kg/hm²、993.02 kg/hm²;种植密度为 90 000 株/hm² 时,前者比后者低 570.10 kg/hm²。
表 2 结果显示,两种粒重类型品种的玉米穗部主要产量相关性状双穗率、穗长、穗粗、容重均随着

种植密度的增加呈现降低的趋势,各性状的降低趋势均表现为大粒型品种 LD981 快于小粒型品种 QX2101,秃尖长则表现逐渐增加的趋势,这些与其产量构成因素中穗粒数与千粒重的变化趋势是一致的。种植密度在 30 000~60 000 株/hm² 范围内,大

粒型品种 LD981 与小粒型品种 QX2101 群体均无空秆;高密度 90 000 株/hm² 下 LD981 群体内空秆率上升为 7.3%,而 QX2101 群体空秆率则为 0%,这与其单位面积穗数的变化趋势是相符的。

表 2 不同粒重类型玉米品种的产量相关性状与种植密度的关系

Table 2 The relationship between the yield correlation traits of maize variety and planting density under different kernel-weight types							
品 种	密度(株/hm ²)	双穗率(%)	空秆率(%)	穗长(cm)	穗粗(cm)	秃尖长(cm)	容重(g/L)
Varieties	Densities	Double ears rate	No-ears rate	Ear length	Ear diameter	Rare top length	Volume weight
LD981	30 000	16.2	0.0	18.33	5.10	0.23	727.8
	60 000	1.7	0.0	17.43	4.90	0.47	724.1
	90 000	0.0	7.3	14.60	4.80	0.60	705.7
QX2101	30 000	76.3	0.0	21.67	5.23	0.27	695.5
	60 000	31.9	0.0	21.43	5.20	0.53	689.4
	90 000	9.6	0.0	17.63	4.97	0.70	686.3

2.2 种植密度对不同粒重类型玉米品种的玉米单株产量与群体产量的影响

单株产量与种植密度呈显著负相关(表 3),可用 $y=a-bx$ 来表示。随着种植密度的增加,LD981 与 QX2101 的单株产量均逐渐降低。 a 反映了品种无密度限制时的单株最高产量,大粒型品种 LD981 的单株最高产量较小粒型玉米品种 QX2101 的高 60.6 g/株;降低幅度系数 b 反映了品种单株产量对密度的敏感系数,大粒型品种 LD981 的绝对值较小粒型玉米品种 QX2101 的大。

表 3 不同粒重类型玉米单株产量和群体产量与种植密度的关系

Table 3 The relationship between single planting yield-density, population yield-density and density of different kernel weight types		
品 种	回归方程	
	Regression equation	
	单株产量与密度	群体产量与密度
Varieties	Single plant yield-density	Population yield-density
LD981	$y=-0.317x+285.6$ ($r^2=-0.934\ 9^{**}$)	$Y=-21.02x^2+254.7x+49.48$ ($R^2=0.873^{**}$)
QX2101	$y=-0.195x+225.0$ ($r^2=-0.929\ 5^{**}$)	$Y=-21.30x^2+226.3x+119.2$ ($R^2=0.918^{**}$)

群体产量与种植密度的关系可用二次曲线来表达(表 3),大粒型玉米品种 LD981 的变化系数 a 的绝对值较小,而小粒型品种 QX2101 大。群体产量 $Y=ax-bx^2$,当 $x=b/2a$ 时,群体产量 $Y_{\max}=a^2/4b$,据此可以

推知,种植密度在 30 000~90 000 株/hm² 范围内,大粒型品种 LD981 的群体最高产量比小粒型玉米品种 QX2101 的群体产量高 2 557.05 kg/hm²。

2.3 种植密度对不同粒重类型玉米品种群体库源特征的影响

表 4 种植密度对不同粒重类型玉米群体库源特征的影响

Table 4 Effects of the different densities on population sink-source feature of different kernel-weight types					
品 种	种植密度(株/hm ²)	30 000	60 000	90 000	
Varieties	Planting density				
LD981	实际密度(株/hm ²)	34 300.00	61 100.00	68 200.00	
	双穗率(%)	16.20	1.70	0.00	
	每穗花数	828.00	683.00	671.00	
	受精率(%)	94.51	92.82	89.17	
	千粒重(g)	365.13	335.67	291.75	
	结实率(%)	87.33	75.00	70.88	
	库容量(g/m ²)	1 138.82	1 322.32	1 190.52	
QX2101	源供应能力(g/m ²)	945.59	828.46	799.91	
	实际密度(株/hm ²)	29 800.00	58 100.00	84 500.00	
	双穗率(%)	76.30	31.90	9.60	
	每穗花数	723.00	672.00	604.00	
	受精率(%)	93.94	90.59	87.95	
	千粒重(g)	282.33	280.70	270.75	
	结实率(%)	81.36	91.38	84.97	
	库容量(g/m ²)	1 007.43	1 309.52	13 32.01	
	源供应能力(g/m ²)	731.74	807.52	848.88	

品种的群体库容量、源的供应能力可作为反映玉米群体库源特征的衡量值。从表 4 可以看出,随着种植密度的增加,LD981 与 QX2101 的每穗花数和

受精率均逐渐减少,LD981 的子粒结实率逐渐降低,QX2101 的则先增后减,两种粒重类型品种的群体库容量和源供应能力表现不一。随着种植密度的增加,LD981 的群体库容量先增后减,群体源供应能力逐渐减小,QX2101 的群体库容量与源供应能力均逐渐增加。

比较两种粒重类型品种的库源特征可以发现,同一种种植密度下,大粒型品种 LD981 的每穗花数、受精率明显高于小粒型品种 QX2101;种植密度为 30 000 株/hm² 时,LD981 的子粒结实率比 QX2101 的高 5.97%,在 60 000~90 000 株/hm² 时,前者比后者低 14.09%~16.38%;种植密度在 30 000~60 000 株/hm² 时,LD981 的群体库容量与源供应能力均明显高于 QX2101,分别平均高 72.10 g/m² 和 117.40 g/m²;种植密度达 90 000 株/hm² 时,后者的群体库容量与源供应能力均高于前者,分别高 141.49 g/m² 和 48.97 g/m²。

玉米群体库源比值是衡量玉米群体库源关系的重要特征值,保持一定的库源比值是玉米高产的必要条件。图 1 结果显示,LD981 与 QX2101 的产量均随着库源比值的增大而增加,到达一定比值后逐渐减小。产量随库源比值的变化规律可以用二次曲线表示:

$$\text{LD981: } y = -20\,104x^2 + 63\,897x - 41\,086 \\ (R^2 = 0.907\,9^{**})$$

$$\text{QX2101: } y = -24\,553x^2 + 80\,987x - 56\,689 \\ (R^2 = 0.825\,0^{**})$$

当库源比值为 $-b/2a$ 时,玉米产量最高。可以推知,大粒型品种 LD981 的库源比最适值为 1.59,明显低于小粒型品种 QX2101 的库源比最适值 1.65。

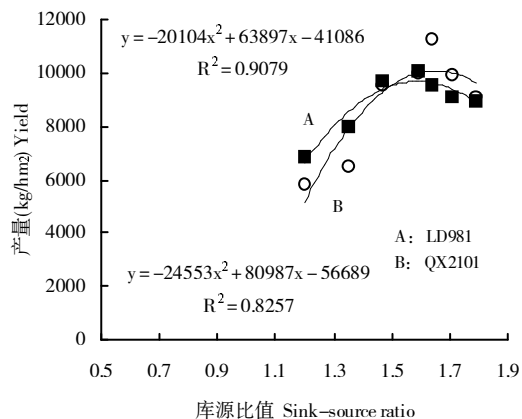


图 1 不同粒重类型玉米品种群体库源比值与产量的关系

Fig.1 The relationship between population sink-source ratio and yield under different kernel-weight types

2.4 种植密度对不同粒重类型玉米品种叶面积指数的影响

叶面积是衡量“源”大小的重要指标,叶面积大小受遗传、环境因素和栽培技术的影响,不同类型的玉米品种在特定的生产条件下有其适宜的叶面积。从图 2 可以看出,玉米开花后,LD981 与 QX2101 的群体叶面积指数均呈现降低趋势。随着种植密度的增加,玉米群体叶面积指数表现上升的趋势,高密度的玉米群体叶面积指数随玉米生长发育进程降低的速度较快,不同种植密度的玉米群体叶面积指数在开花后 50 d 左右已差异不大。比较两种粒型品种的群体叶面积指数变化可以看出,LD981 的群体叶面积指数随玉米生长发育进程降低的速度要略快于 QX2101,种植密度达 90 000 株/hm² 时,开花 30 d 后,后者的群体叶面积指数明显高于前者。

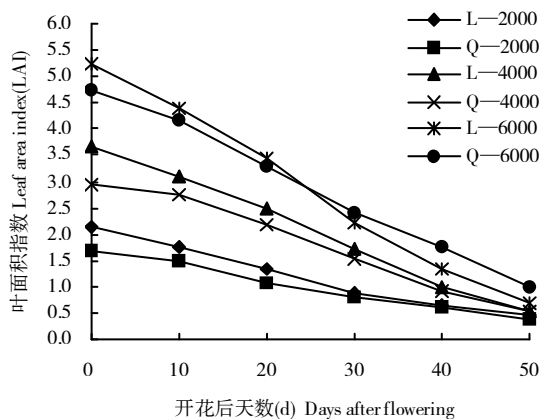


图 2 不同粒重类型玉米开花后群体叶面积指数的种植密度效应

Fig.2 Effects of planting density on canopy LAI of different kernel-weight types after flowering

3 结论与讨论

3.1 不同粒重类型玉米品种的耐密性

试验研究结果表明,随着种植密度增加大粒型与小粒型玉米品种的单位面积实收穗数均逐渐增加,千粒重均呈降低趋势。两种粒重类型品种的穗粒数表现不同,LD981 的穗粒数递减,而 QX2101 的先增后减。LD981 的产量构成因素对种植密度的敏感度要高于 QX2101,60 000 株/hm² 是 QX2101 穗粒数与千粒重发生显著增减的临界密度,种植密度为 30 000 株/hm²、60 000 株/hm²、90 000 株/hm² 时,LD981 的单位面积实收穗数、穗粒数和千粒重均随种植密度改变发生显著增减。两种粒重类型品种的玉米穗部主要产量相关性状(双穗率、穗长、穗粗、容

重)均随着种植密度的增加逐渐降低,秃尖长则逐渐增加,各性状的变化趋势与其产量构成因素中穗粒数与千粒重的变化趋势是一致的。

LD981 的群体子粒产量随种植密度增加表现先增加后降低的趋势,QX2101 则持续增加。种植密度在 30 000 ~ 60 000 株 /hm² 范围内,LD981 的单位面积实收穗数是决定群体子粒产量高低的限制因素,高于 60 000 株 /hm² 后,穗粒数与千粒重则是决定群体子粒产量高低的限制因素;而 QX2101 的群体子粒产量高低的限制因素是单位面积实收穗数,穗粒数与千粒重的作用明显提高。分析两种粒重类型品种玉米单株产量和群体产量与种植密度的关系也说明 LD981 的单株产量对密度的敏感系数大于 QX2101,但前者的群体最高产量较后者高 2 557.05 kg/hm²。

QX2101 的耐密性优于 LD981,当种植密度在 30 000 ~ 60 000 株 /hm² 范围内,LD981 的子粒产量潜力较高;在 60 000 ~ 90 000 株 /hm² 范围内,QX2101 的子粒产量潜力较高。

3.2 不同粒重类型玉米品种库源特征的种植密度效应

王志刚等研究认为,依靠增加密度总体上扩大了库容量,但个体库容减小会抑制产量的进一步提高。徐庆章等把群体库容量、源的供应能力及其比值作为衡量玉米群体库源关系的特征,并研究发现,低密度条件下,群体库是产量的主要限制因素,而高密度条件下,群体源是产量的主要限制因素。薛吉全等研究认为,增产潜力较高的紧凑型玉米表现库容量足、源供应能力强、库容量实现率高的特点。

本试验研究结果表明,随着种植密度的增加,LD981 的群体库容量先增后减,群体源供应能力逐渐减小,QX2101 的群体库容量与源供应能力均逐渐增加。种植密度在 30 000 ~ 60 000 株 /hm² 时,LD981 的群体库容量与源供应能力均明显高于 QX2101,分别平均高 72.10 g/m² 和 117.40 g/m²;种植密度达 90 000 株 /hm² 时,后者的群体库容量与源供应能力均高于前者,分别高 141.49 g/m² 和 48.97 g/m²。随种植密度的改变,两种粒重类型品种库容量的变化趋势与其群体子粒产量的变化趋势完全一致。说明不论是大粒型品种还是小粒型品种,群体库容量与源供应能力均是产量的限制因素,但群体库容量始终占主导作用。

随着种植密度的增加,LD981 与 QX2101 的单位面积株数增加,每穗花数和受精率均逐渐减少,

LD981 的子粒结实率逐渐降低,QX2101 的则先增后减,说明单位面积株数是决定群体库容量大小的关键因素。种植密度为 30 000 株 /hm² 时,LD981 的子粒结实率比 QX2101 的高,在 60 000 ~ 90 000 株 /hm² 时,前者比后者低,后者的双穗率始终明显高于前者,结实率直接影响穗粒数和千粒重,双穗率直接影响单位面积穗数,故前者库容量变化幅度明显小于后者。

比较两种粒重类型品种的群体叶面积指数变化可以看出,LD981 的群体叶面积指数随玉米生长发育进程降低的速度要略快于 QX2101,种植密度达到 90 000 株 /hm² 时,后者开花 30 d 后的群体叶面积指数明显高于前者。因此,从群体库源特征方面分析,QX2101 较 LD981 耐密植。LD981 在 30 000 ~ 60 000 株 /hm² 时,易获得较高的群体库源比值与群体叶面积指数,产量潜力较高;QX2101 则在 60 000 ~ 90 000 株 /hm² 时,易获得较高的群体库源比值与群体叶面积指数,产量潜力较高。

参考文献:

- [1] 杨国虎,李 新,王承莲,等. 种植密度影响玉米产量及产量相关性状的研究[J]. 西北农业学报,2006,15(5):57-64.
- [2] 张永科,孙 茂,张雪君,等. 玉米密植和营养改良之研究 I. 密度对玉米产量和营养的效应[J]. 玉米科学,2005,13(3):87-90.
- [3] 苏方宏. 玉米耐密性的数学表达式[J]. 玉米科学,1998,6(3):47-52.
- [4] 王庆成,刘开昌,张秀清,等. 玉米新杂交种的产量-密度方程与耐密性的研究[J]. 山东农业科学,1998(6):7-11.
- [5] 周文伟,李桂芝,李俊杰,等. 不同类型玉米杂交种对密度的反应评价[J]. 玉米科学,2004,12(专刊):63-65.
- [6] 王鹏文,戴俊英,赵桂坤,等. 玉米种植密度对产量和品质的影响[J]. 玉米科学,1996,4(4):43-46.
- [7] 鲍巨松,薛吉全,郝引川,等. 玉米不同株型群体库源特征的研究[J]. 西北农业学报,1993,2(3):53-57.
- [8] 杨利华,宋亚辉,王文秀,等. 不同粒重类型普通玉米及高赖氨酸玉米子粒灌浆特点[J]. 河北农业科学,1996(1):38-39.
- [9] 张 丽,董树亭,刘存辉,等. 玉米子粒容重与产量和品质的相关分析[J]. 中国农业科学,2007,40(2):405-411.
- [10] 郭庆法,王庆成,汪黎明,等. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.
- [11] Gardner F P, Pearce R B, Mitchell R L. Physiology of Crop Plant[C]. Iowa State University Press, 1985: 262-268.
- [12] 胡昌浩,董树亭,王空军,等. 我国不同年代玉米品种生育特性演进规律研究 I. 产量性状的演进[J]. 玉米科学,1998,6(2):44-48.
- [13] 王志刚,高聚林,任有志,等. 春玉米超高产群体冠层结构的研究[J]. 玉米科学,2007,15(62):51-56.
- [14] 徐庆章,王忠孝,王庆成,等. 玉米增库促源高产栽培理论的初步研究[C]. 黄淮海玉米高产文集,1990.

(责任编辑:朴红梅)