

利用玉米 RIL 群体分析株型性状对两种密度的响应

别海¹, 郑斐², 王保林¹, 王金召¹, 王健¹,
乔旭¹, 库丽霞³, 陈彦惠³

(1. 郑州市农林科学研究所, 郑州 450005; 2. 郑州市世纪欢乐园管理处, 郑州 450004; 3. 河南农业大学, 郑州 450002)

摘要: 以豫 82×沈 137 衍生的一套 F₁₀ 家系为材料, 采用 2 个环境、2 种密度、3 个重复的田间试验设计, 对玉米 8 个株型相关性状(叶夹角、叶长、叶宽、叶向值、叶基至最高点距离、穗上部各节间距离、株高、穗位高)进行表型鉴定。联合方差分析结果表明, 叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高 4 个性状基因型×密度间互作差异达显著水平, 说明基因型与密度间互作是影响变异的主要因素, 可将 4 个性状作为判断玉米株型耐密性指标。两种密度处理比较结果表明, 随着密度的增加, 4 个性状平均值也随着增加。将两种密度条件下性状平均值比较, 可将 190 个家系划分为密度敏感型、较敏感型、中间型和钝感型 4 种类型。

关键词: 玉米; 自交系; 株型; 耐密性

中图分类号: S513.033

文献标识码: A

Analysis of Plant Architecture Underlying the Plant Density Response by RIL Population in Maize

BIE Hai¹, ZHENG Fei², WANG Bao-lin¹, WANG Jin-zhao¹, WANG Jian¹, QIAO Xu¹, KU Li-xia³, CHEN Yan-hui³

(1. Zhengzhou Agriculture and Forestry Science Institute, Zhengzhou 450005;

2. Zhengzhou Century Joy Park Management Office, Zhengzhou 450004;

3. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: A set of F₁₀ families derived from Yu 82 × Shen 137 was used as the material to identify the phenotype of 8 plant types of maize by the field experiment design with 2 environments, 2 densities and 3 replicates. The results of the combined variance analysis showed that the differences of interaction between the 4 genotypes of the leaf angle, the interval of the spike, the height of the plant, the height of the spike and density were significant. The interaction between the genotype and the density was the main factor affecting their variation, and the above 4 traits could be used as an indicator of the tolerance to the plant type of maize. The comparison of two density treatments showed that the average of the 4 traits increased with the increase of density. The 190 families were divided into 4 types, density sensitive, sensitive, intermediate and insensitive, based on the comparison of the average values under two densities.

Key words: Maize; Inbred line; Plant architecture; Density-tolerance

玉米是重要的粮食、饲料和工业原料作物, 是我国产量第一的作物, 对于保证我国粮食安全具有重要的战略意义。实践表明, 提高玉米种植密度和

生产机械化程度已成为实现玉米高产、稳产最重要的技术措施。吉春容等提出, 通过改良玉米株型来调节个体之间的几何构型和空间排列方式, 使群体和个体之间发展协调, 从而获得玉米高产^[1]。任军等认为, 具有合理冠层结构的优良玉米品种, 能够充分利用农业生态条件, 提高其自身的光合效率, 合理分配其光合产物, 最大限度地提高自身产量^[2,3]。研究玉米自交系株型相关性状的耐密特性及遗传规律, 对于耐密高产优良自交系及杂交种的选育具有重要理论和实践意义^[4,5]。

录用日期: 2018-10-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(31571678)、河南省玉米产业体系项目(S2015-02)

作者简介: 别海(1981-), 河南原阳人, 助理研究员, 硕士, 从事玉米育种工作。Tel: 13938531873

E-mail: zznkyu@163.com

陈彦惠为本文通讯作者。E-mail: chy9890@163.com

玉米群体随着种植密度的增加,由于光、肥、水、热、气等因素的变化可能会导致玉米植株生长的小环境变劣,这种高密逆境条件将会导致玉米遮荫综合症的发生,光合效率下降,产量降低^[6]。因此玉米种植群体密度的提高则需要具有耐密株型和耐密特性的优良高产品种的选育与应用^[7]。紧凑合理株型是耐密高产的一个重要外在形态指标,光合产物源流库合理高效运转等是耐密高产的一个重要内在生理机制,控制耐密高产性状基因的克隆和分子机理的解析,则是开展耐密高产玉米品种选育的基础。因此,本研究以紧凑型玉米自交系豫82和松散型玉米自交系沈137为亲本材料组配的组合(豫82×沈137)衍生出的由190个家系构成的一套重组自交系(RIL)群体为材料,采用2个环境、2种密度、3个重复的田间试验设计对玉米的叶夹角、叶长、叶宽、叶向值、叶基至最高点距离、穗上部各节间距离、株高、穗位高8个植株性状指标进行分析,研究高密度逆境胁迫下玉米株型相关性状的遗传规律及确定耐密指标,从而筛选适合耐密性育种的基础材料,为选育耐密株型和耐密特性的优良高产玉米品种提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

以河南农业大学选育的豫82为母本、沈阳市农业科学研究院选育的沈137为父本,获得杂交组合F₁代。豫82是株型较紧凑、中穗、配合力高、综合性状优良的玉米自交系,沈137是株型松散、配合力高、综合农艺性状优良的玉米自交系。由来自同1个果穗自交获得F₂代,然后通过单子粒传法在河南郑州和海南三亚连续自交9代,获得190个F₁₀重组家系。

1.2 田间试验设计

2011年夏,在河南南阳、濮阳两个地点分别种植190个F₁₀家系群体。田间设置低密度(60 000株/hm²)、高密度(120 000株/hm²)2个密度处理,采用完全随机区组设计,3次重复,单行区,行长4 m,株距25 cm(低密度)、12.5 cm(高密度),行距67 cm,每行种植17株(低密度)、34株(高密度)。各种管理措施同一般大田。

1.3 性状调查

在玉米授粉后10 d,以小区为单位选取中间连续的5株玉米测量株高、穗位高、穗上节间距、穗位以上各叶片的叶夹角、叶基至最高点距离(高点长)、叶长和叶宽,并计算出叶向值。具体调查性状测量和计算方法见表1。

表1 株型相关性状及测量方法

Table 1 Plant type related traits and measurement methods

性状名称 Name of character	缩写 Abbreviation	调查方法 Investigation method
叶夹角(°)	LA	叶片与茎秆的锐角角度
叶长(cm)	LL	叶基部到叶片末梢的长度
叶宽(cm)	LW	叶片最宽处的长度
高点长(cm)	LF	叶基部到叶片伸展最高点叶环的长度
节间距(cm)	IL	穗位以上茎秆各节段的长度
叶向值	LOV	叶夹角的余角和叶片伸展最高点叶环的长度与叶长比值的乘积
株高(cm)	PH	地面至雄穗顶部的距离
穗位高(cm)	EH	地面至穗位节处的距离
密度差值		120 000株/hm ² 的性状值-60 000株/hm ² 的性状值

1.4 统计分析

采用SPASS17.0软件对各点分别作方差分析,统计各性状的平均值和变异系数,在单点方差分析基础上对两个地点各个性状进行联合方差分析,以小区平均数为单位作方差分析和显著性检验。将各性状的家系均值进行基本统计量分析和正态分布检验,计算8个性状间简单相关系数,并进行相关性检验。

遗传力计算采用Knapp(1985)方法, $H=1-1/F$,其中,F为基因型均方同基因型与环境互作均方的比值。

2 结果与分析

2.1 不同密度和不同地点植株性状的联合方差分析

将河南濮阳、南阳两点在两个密度条件下各植株性状的联合方差分析结果见表2。表2结果表明,

叶夹角、叶长、叶宽、高点长、穗上节间距、叶向值、株高、穗位高8个性状在家系间的差异均达极显著水平,说明家系间各性状存在真实的遗传差异;密度处理间8个性状的差异均达显著或极显著水平,说明密度处理对所调查性状均具有较大影响;叶夹角、穗

上节间距、株高、穗位高4个性状家系与密度间互作的差异均达显著水平,说明二者之间互作对叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高具有较大的影响,但是叶长、叶宽、高点长、叶向值4个性状家系与密度间互作的差异均未达显著水平。

表2 濮阳、南阳联合方差分析

Table 2 Analysis of combined variance of Puyang and Nanyang

变异来源 Source of variation	叶夹角 LA	叶长 LL	叶宽 LW	叶向值 LOV	高点长 LF	节间距 IL	株高 PH	穗位高 EH
家系	11.54**	7.84**	6.14**	8.98**	6.90**	6.40**	6.19**	5.71**
密度	94.01**	372.15**	405.95**	65.72**	269.59**	3.92*	2.95**	145.93**
地点	34.53	2 022.71**	260.56**	9.26	596.56**	2.01	3 245.38**	3 896.71**
家系×密度	1.35*	0.96	1.01	0.96	0.82	1.34*	1.29*	1.33*
家系×地点	1.46**	1.42**	1.60**	1.29*	1.51**	1.43**	1.44**	1.99**
密度×地点	9.90**	0.47	1.25	2.33	0.26	1.81	0.10	0.01
家系×密度×地点	2.60**	1.93**	1.66**	2.52**	2.27**	1.27*	1.89**	2.012**

注: *、**分别表示0.05、0.01水平下差异显著。

Note: * and ** indicated significant difference at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.2 玉米株型相关性状耐密性分析

两个地点和两种密度下8个株型相关性状的平均值以及密度差值见表3。在8个性状中,叶夹角、穗位高、株高、节间距4个性状在高密度条件下的平均值高于低密度;随着密度增加,4个性状平均值均随着增加,两种密度差值分别为1.79°(8.68%)、

2.62 cm(3.58%)、0.11 cm(0.70%)和0.40 cm(0.20%)。高点长、叶宽、叶长和叶向值4个性状在高密度条件下的平均值均低于低密度。随着密度增加,性状平均值随着减小,两种密度差值分别为3.95 cm(7.96%)、0.49 cm(7.53%)、3.47 cm(6.08%)和2.59(4.26%)。

表3 两个地点两种密度下各性状的平均值、差值和相对差值

Table 3 Average value, difference value and relative difference value of each character under two densities at two locations

密度 Density	叶夹角(°) LA	穗位高(cm) EH	株高(cm) PH	节间距(cm) IL	高点长(cm) LF	叶宽(cm) LW	叶长(cm) LL	叶向值 LOV
60 000株/hm ²	20.63	73.01	198.24	15.73	49.65	6.45	57.04	60.76
120 000株/hm ²	22.42	75.63	198.64	15.84	45.70	5.96	53.57	58.17
密度间差值	1.79	2.62	0.40	0.11	-3.95	-0.49	-3.47	-2.59
密度相对差值(%)	8.68	3.58	0.20	0.70	-7.96	-7.53	-6.08	-4.26

方差分析结果表明,叶长、叶宽、高点长、叶向值4个指标的密度与家系间互作表现出差异不显著,说明密度与基因型间的互作对上述4个性状的影响较小;叶夹角、节间距、株高、穗位高的密度与家系间互作差异达显著水平,说明密度与基因型间的互作对上述4个性状的影响较大,不同家系对不同种植密度其性状的变化不同。这些结果说明,叶夹角、节间距、株高、穗位高可以作为玉米耐密型指标评价玉米的耐密性。

2.3 玉米叶夹角耐密型分析

在低密度条件下,各家系叶夹角在2个地点的

平均值为20.63°,变异范围为9.04°~37.64°;在高密度条件下,各家系叶夹角在2个地点的平均值为22.42°,变异范围为8.45°~40.95°。高密度条件下叶夹角明显大于低密度,密度间差值为1.79,密度相对差值为8.68%,其中,高密度下叶夹角大于低密度下的家系有136个,占总家系的71.58%;高密度下叶夹角小于低密度下的家系有54个,占总家系的28.42%,说明不同基因型对密度的反应是不同的。育种上最好是选择对密度钝感的基因型,尽可能淘汰对密度敏感的基因型。因此,评价不同基因型对密度的敏感性具有重要的育种实践价值。根据两种

密度叶夹角差值的大小,将190个家系划分为密度敏感型、较敏感型、中间类型和钝感型4类。密度敏感类型是指差值为绝对值 $3^{\circ} \sim 11^{\circ}$ 的家系,可认为性状对密度反应敏感;较敏感型是指差值为绝对值 $1^{\circ} \sim 2.99^{\circ}$ 的家系,可认为性状对密度反应较敏感;较钝感类型是指差值为绝对值 $0.5^{\circ} \sim 0.99^{\circ}$ 的家系,可认为性状对密度反应较迟钝;钝感类型是指差值为绝对值 $0 \sim 0.5^{\circ}$ 的家系,可认为性状对密度反应迟钝。

第1类密度敏感材料共51个,占总家系的26.84%,其中,15个为负值,36个为正值;第2类较敏感型共86个,占总家系的45.26%,其中,18个为负值,68个为正值;第3类较钝感类型共28个,占总家系的14.73%,其中,9个为负值,19个为正值;第4类为钝感类型共25个,占总家系的13.16%,其中,12个为负值,13个为正值。

2.4 玉米穗上节间距耐密型分析

在低密度下,各家系节间距在2个地点的平均值为15.73 cm,变异范围为10.50~18.72 cm;在高密度下,各家系节间距在2个地点的平均值为15.84 cm,变异范围为11.12~18.85 cm。密度间差值为0.11 cm,密度相对差值为0.70%,其中,高密度下节间距大于低密度下的家系有95个,占总家系的50.00%。根据两种密度差值的大小(划分方法同叶夹角)把190个家系划分为密度敏感型、较敏感型、较钝感型和钝感型4类。第1类密度敏感材料(绝对值为1~4 cm)共46个,占总家系的24.21%;第2类较敏感型(绝对值为0.5~0.99 cm)共48个,占总家系的25.26%;第3类较钝感型(绝对值为0.2~0.5 cm以下)共56个,占总家系的29.47%;第4类钝感型(绝对值为0.2 cm以下)共37个,占总家系的19.47%。

2.5 玉米株高耐密型分析

在低密度下,各家系株高在2个地点的平均值为198.24 cm,变异范围为157.17~228.85 cm;在高密度下,各家系株高在2个地点的平均值为198.64 cm,变异范围为157.58~236.06 cm。密度间差值为0.40 cm,密度相对差值为0.20%,其中,高密度下株高大于低密度下的家系有105个,占总家系的55.26%。根据密度差值的大小(划分方法同叶夹角)把190个家系划分为密度敏感型、较敏感型、较钝感型和密度钝感型4类。第1类密度敏感类型(绝对值为10~35 cm)共43个,占总家系的22.63%;第2类较敏感型(绝对值为4~9.9 cm)共63个,占总家系的33.16%;第3类较钝感型(绝对值为1.4~3.9 cm)共46个,占总家系的24.21%;第4类钝感型(绝对值

为1.4以下)共38个,占总家系的20.0%。

2.6 玉米穗位高耐密型分析

在低密度下,各家系穗位高在2个地点的平均值为73.01 cm,变异范围为40.08~95.33 cm;在高密度下,各家系穗位高在2个地点的平均值为75.63 cm,变异范围为45.00~116.69 cm。密度间差值为2.62 cm,密度间相对差值为3.58%,其中,高密度下株高大于低密度下的家系有135个,占总家系的71.05%。根据株高密度差值的大小(划分方法同叶夹角)把190个家系划分为密度敏感型、较敏感型、较钝感型和钝感型4类。第1类密度敏感类型(绝对值为7~29 cm)共47个,占总家系的24.73%;第2类较敏感型家系(绝对值为3~6.9 cm)共73个,占总家系的38.42%;第3类较钝感型家系(绝对值为1~2.9 cm)共49个,占总家系的25.79%;第4类钝感型家系(绝对值为1 cm以下)共21个,占总家系的11.05%。

3 结论与讨论

种植密度是制约我国玉米高产稳产的主要因素,现代玉米生产在单位面积上的增产,应归因于密度的适宜提高而不是单株产量的增加^[8]。金明华^[9]等认为,自交系的耐密性是一个综合性状,涉及产量、结实性、株型、茎秆等几方面,株型是重要性状之一。群体密度直接影响着冠层的受光情况、群体内部光的分布、光合效率、群体内生态因子小气候、光能利用率等。随着密度的增加,群体冠层光截获率呈增加的趋势,但随密度的进一步升高,玉米单株产量呈降低趋势,尤其在生育后期冠层光截获率过高,将削弱中下部叶层的光照条件,减低群体光合能力^[10-13]。随着群体密度的增加还会使玉米的抗倒性降低及株高和穗位高增加等性状变劣,因此,高密度条件下选育冠层结构合理、株高、穗位高适宜的耐密玉米新品种,可以减少生长后期发生早衰的可能性,进而提高冠层的光合性能,提高抗倒伏能力,最终实现依靠增加玉米群体密度途径的高产稳产目标。此外,群体内光分布与品种类型密切相关,耐密型群体在高密度条件下叶片仍能维持较高的光合速率,且紧凑型玉米最高群体的光合效率及最高密度都高于平展型。利用高密度条件鉴定自交系是近年来国内外选育玉米优良自交系的一个重要方法,在自交系选育过程中高密度相对低密度来说,高密度的环境是人为设置的,影响玉米自交系株型和果穗等生长发育的一种综合逆境条件。通过高、低密度玉米生长发育性状的鉴定和比较,分析不同性状随着密度

的变化所形成的特点和规律,探索高密度条件下选育玉米自交系的鉴定与选择的指标,对于选育耐密高产玉米自交系和杂交种具有十分重要的理论意义和实践价值。

3.1 在高、低两种密度条件下8个玉米株型相关性状的变化特点和规律

本研究结果表明,玉米自交系在两种密度条件下,8个性状基因型间的差异、两种密度处理间的差异、基因型×地点间互作的差异、家系×密度×地点三者之间互作的差异均达显著或极显著水平,说明基因型、密度处理、基因型与地点两者之间的互作、基因型、密度、地点三者之间互作共同影响着株型相关性状的表现型,除了基因型的因素外,密度、基因型与地点之间的互作以及基因型、密度、地点三者之间互作也是影响玉米自交系株型相关性状的主要因素。玉米高产的耐密性是一个复杂的生物特性,当玉米处于高密度逆境下,将会改变原来的生长模式和光合产物分配方式,进而影响植株性状的发育所需要的光合产物的积累和分配,最终将反映在植株和果穗的外部形态上。

结果还表明,叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高4个性状基因型×密度间互作的差异达到了显著水平,但是叶长、叶宽、高点长、叶向值4个性状基因型×密度间互作的差异未达显著水平,说明基因型与密度间互作共同影响了玉米自交系叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高4个性状的表现型,基因型与密度间互作是影响玉米自交系株型相关性状的一个主要因素,而基因型与密度间互作对叶长、叶宽、高点长、叶向值4个性状表现型影响较小。进一步对基因型与密度间互作差异达显著的4个性状(叶夹角、穗位高、株高、穗上节间距)分析发现,随着密度的增加性状平均值也随着增加,高密度条件下的性状平均值均高于低密度条件下,4个性状两种密度相对差值范围在0.20%~8.68%,其增加的趋势是叶夹角>穗位高>穗上节间距>株高;基因型与密度间互作差异未显著的4个性状(叶片高点长、叶宽、叶长和叶向值)则是随着密度的增加性状平均值随之减小,高密度条件下的性状平均值均低于低密度,4个性状两种密度相对差值范围在4.26%~7.96%,其减小的趋势是叶片高点长>叶宽>叶长>叶向值。

3.2 关于玉米自交系株型相关耐密性状的指标和耐密材料的评价

正确评价不同基因型对密度的敏感性具有重要的育种实践价值,在选育自交系的过程中最好选择对密度钝感的基因型,尽可能淘汰对密度敏感的基

因型。本研究结果表明,叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高4个性状基因型×密度间互作的差异达显著水平,说明基因型不同对高密度逆境胁迫的变化方向不同,在两种密度不同种植条件下,不同玉米自交系4个性状对密度的反应是不同的。因此,可以将叶夹角、穗上节间距、株高、穗位高4个性状作为判断玉米株型密度敏感性状的指标。

根据两种密度条件下性状表现的差值比较,可将190个家系划分为密度敏感型、较敏感型、中间型和钝感型4种类型。在190个自交系中,叶夹角密度敏感、较敏感的自交系分别为51个和86个,共计137个,占总数的72.1%;钝感、中间型的自交系分别为25个和28个,共计53个,占总数的27.9%。穗上节间距密度敏感、较敏感的自交系分别为46个和48个,共计94个,占总数的49.47%;钝感、中间型的自交系分别为37个和56个,共计93个,占总数的51.53%。株高密度敏感、较敏感的自交系分别为43个和63个,共计106个,占总数的55.79%;钝感、中间型的自交系分别为38个和46个,共计84个,占总数的44.21%。穗位高密度敏感、较敏感的自交系分别为47个和73个,共计120个,占总数的63.15%;钝感、中间型的自交系分别为21个和49个,共计70个,占总数的36.85%。

在190个自交系中,除了鉴定到某一个性状表现钝感自交系外,还有鉴定到2、3个性状同时表现钝感的自交系。2个性状同时表现钝感的自交系有20个。结果分析可以推测,表现性状钝感的自交系中可能含有控制性状耐密的基因,而表现性状敏感的自交系中可能不含有控制性状的耐密基因。因此,在育种中可以利用耐密基因选育出某一个或多个性状耐密的自交系,也可以通过杂交回交等基因重组的方法,将控制不同性状耐密的基因组合在一个基因型中,育成耐密综合性状优良的玉米自交系。

本研究所利用的试验材料只是在2个自交系的遗传背景下完成,研究结果可能存在一定局限性,关于玉米株型相关性状耐密的研究结果和结论,尚需要利用更广泛遗传背景、更多种来源的玉米自交系为材料的试验来进一步证实或补充。

参考文献:

- [1] 吉春容,李世清,冯宏昭,等.不同株型夏玉米冠层叶片气孔特性的差异[J].西北农林科技大学学报,2008,36(5):57-63.
Ji C R, Li S Q, Feng H Z, et al. Study on change rule of stomata characteristics of different maize types[J]. Journal of Northwest A&F University, 2008, 36(5): 57-63. (in Chinese)
- [2] 任军,周小辉,岳尧海,等.关于玉米株型与性状关系的探讨[J].辽宁玉米科学,2007(3):65-66.

- Ren J, Zhou X H, Yue Y H, et al. Probe on relationship between maize plant type and traits[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2007 (3): 65-66. (in Chinese)
- [3] 王宇菲. 高密度栽培对玉米高产稳产性的影响[J]. 杂粮作物, 2009, 29(6): 393-394.
- Wang Y F. Effects of high density cultivation on high and stable yield of maize[J]. Rain Fed Crops, 2009, 29(6): 393-394. (in Chinese)
- [4] 章履孝. 玉米的理想株型育种[J]. 江苏农业学报, 1991, 7(1): 45-48.
- Zhang L X. On breeding for ideotype in maize[J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 1991, 7(1): 45-48. (in Chinese)
- [5] 李 宁, 翟志席, 李建民, 等. 密度对不同株型的玉米农艺、根系性状及产量的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 98-102.
- Li N, Zhai Z X, Li J M, et al. Effects of planting density on agricultural characters, root system characters and yield of different maize plant types[J]. Journal of Maize Sciences, 2008, 16(5): 98-102. (in Chinese)
- [6] 曹靖生. 几个玉米株型性状的遗传规律研究[J]. 黑龙江农业科学, 1995(3): 16-19.
- Cao J S. Genetic studies on some plant type traits in maize[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 1995(3): 16-19. (in Chinese)
- [7] 常 程, 张书萍, 刘 晶, 等. 密度对不同株型玉米产量和农艺性状的影响[J]. 辽宁农业科学, 2008(2): 27-29.
- Chang C, Zhang S P, Liu J, et al. Effects of density on yield and agronomic characters of maize of different plant types[J]. Liaoning Agricultural Sciences, 2008(2): 27-29. (in Chinese)
- [8] Tokalidis I S. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability[J]. Field Crops Research, 2004, 12: 103-114.
- [9] 金明华, 矫树凯, 刘兴斌, 等. 玉米自交系的耐密性及其与株型和配合力关系的研究[J]. 玉米科学, 1995, 3(1): 22-27.
- Jin M H, Jiao S K, Liu X E, et al. Relationship of density-tolerance with plant-type and combining-ability in maize inbred lines[J]. Journal of Maize Sciences, 1995, 3(1): 22-27. (in Chinese)
- [10] 刘绍棣, 刘培利, 东先旺, 等. 紧凑型玉米株型特点及其生理特征的研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1993.
- [11] 郑洪建, 董树亭, 王空军, 等. 生态因素对玉米品种生长发育影响及调控的研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2001, 32(2): 117-123.
- Zheng H J, Dong S T, Wang K J, et al. Effects of ecological factors on maize growth of different varieties and corresponding regulative measure[J]. Journal of Shandong Agricultural University(Natural Science), 2001, 32(2): 117-123. (in Chinese)
- [12] 杨国虎, 李 新, 王承莲, 等. 种植密度影响玉米产量及部分产量相关性状的研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(5): 57-60, 64.
- Yang G H, Li X, Wang C L, et al. Study on effects of plant densities on the yield and the related characters of maize hybrids[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2006, 15(5): 57-60, 64. (in Chinese)
- [13] 刘武仁, 郑金玉, 冯艳春, 等. 玉米品种不同密度下的质量效应[J]. 玉米科学, 2005, 13(2): 99-101.
- Liu W R, Zheng J Y, Feng Y C, et al. The quality effect of different densities of elite maize variety[J]. Journal of Maize Sciences, 2005, 13(2): 99-101. (in Chinese)

(责任编辑: 朴红梅)

全国优秀农业期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊

欢迎订阅2020年《中国种业》

《中国种业》是由农业农村部主管, 中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。

刊物目标定位: 以行业导刊的面目出现, 并做到权威性、真实性和及时性。主要栏目有: 种业论坛、专题综述、种业管理、研究论文、品种选育、良种良法等; 报道内容范围: 最新种业政策、各地种业管理经验、种业企业经营之道、新品种新技术等, 信息量大, 技术实用。

读者对象: 各级种子管理、经营企业的领导和技术人员, 各级农业科研、推广部门人员, 大中专农业院校师生, 农村专业户和广大农业生产经营者。

月刊, 大16开, 每期20元, 全年240元。国内统一刊号: CN 11-4413/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-895X, 全国各地邮局均可订阅, 亦可直接汇款至编辑部订阅, 如需挂号每期另加3元。邮发代号: 82-132

2020 订阅有优惠(详情请咨询编辑部)

地 址: (100081)北京市中关村南大街12号 中国种业编辑部

电 话: 010-82105796(编辑部) 010-82105795(广告发行部)

传 真: 010-82105796 网 址: www.chinaseedqks.cn

E-mail: chinaseedqks@163.com

微信公众号: 中国种业 中国种业编辑部QQ群: 115872093 中国种业读者QQ群: 289113905