

文章编号: 1005-0906(2007)02-0088-06

生态环境与种植密度对玉米产量和品质的影响

陈 亮¹, 张宝石¹, 王洪山², 李钦德², 付 俊³,
杨海龙³, 常 程⁴, 申 卓⁵

(1. 沈阳农业大学, 沈阳 110161; 2. 辽宁省种子管理局, 沈阳 11034; 3. 丹东农科院, 辽宁 凤城 118109;

4. 辽宁省农科院, 沈阳 110161; 5. 铁岭农科院, 辽宁 铁岭 112616)

摘 要: 玉米子粒产量和品质决定于基因型和环境因素。通过在辽宁省内的沈阳、铁岭、丹东三地种植连玉 16、丹玉 39、郑单 958 两类不同株型品种, 系统比较了玉米产量、品质的密度效应以及不同生态区玉米产量和品质的差异, 并分析了差异的原因。结果表明, 连玉 16、丹玉 39、郑单 958 这 3 个品种的产量、总淀粉含量、粗蛋白含量、粗脂肪含量在 3 个地点之间都达到了显著差异水平, 3 个品种的产量以沈阳试点最高, 铁岭试点次之, 丹试点东最低; 3 个品种的粗脂肪含量为沈阳试点 > 丹东试点 > 铁岭试点; 粗蛋白含量丹东试点 > 沈阳试点 > 铁岭试点; 总淀粉含量为铁岭试点 > 沈阳试点 > 丹东试点。三地光照、积温和降水量的不同是造成产量差异的重要原因, 同时也是玉米子粒品质形成的关键因子。通过品种、密度等调控措施来充分利用生态资源, 发挥区域优势, 可实现辽宁省玉米的优质高产。

关键词: 玉米; 种植密度; 生态环境; 产量; 品质

中图分类号: S513.04

文献标识码: A

Effects of Plant Density and Ecological Environment on Grain Yield and Quality in Maize

CHEN Liang¹, ZHANG Bao-shi¹, WANG Hong-shan², et al.

(1. *Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161;*

2. *Liaoning Seed Administration Bureau, Shenyang 110034, China*)

Abstract: The yield and quality of maize is mainly affected by genotype and environment. The effects of plant density and ecological environment on the grain yield and quality of three different plant-types hybrids plate Lianyu16, Danyu39 and compact Zhengdan958 in three different ecological areas Shenyang, Tieling, Dandong of Liaoning province. The results showed that the difference of grain yield and quality existed significantly between different areas. The order of the grain yield was Shenyang > Tieling > Dandong, the order of the grain protein contents was Dandong > Shenyang > Tieling, the order of grain starch was Tieling > Shenyang > Dandong, the order of grain oil contents was Shenyang > Dandong > Tieling. Difference in temperature, illumination and rainfall was one important reason that the yield and the grain quality were different in three areas. Accumulated temperature and illumination time after pollination were the main different reason factors. The higher grain yield and better quality of maize in Liaoning province can be obtained by different cultivars, densities and the other cultivated measures.

Key words: Maize; Plant density; Ecological environment; Yield; Grain quality

辽宁省属温带、暖温带大陆性季风气候, 总的气候特点是光能资源丰富, 日照充足, 温度适中, 冬季

寒冷期长, 春秋季短, 雨热同季, 雨量分布不均匀, 东湿西干, 平原风大。按气候特点可以分为辽东山区、辽南地区、中部地区、辽北地区和辽西地区 5 种类型区。辽宁省内各地区气候条件差异很大。因此, 系统比较不同地区玉米产量和品质的差异, 分析生态因子与玉米产量、品质的关系具有重要意义。

本试验通过在辽宁中部(沈阳)、北部(铁岭)、东

收稿日期: 2006-08-10; 修回日期: 2006-12-31

作者简介: 陈 亮(1981-), 男, 沈阳农业大学在读硕士, 研究方向: 作物遗传育种。Tel: 024-88493401

E-mail: liangchen119@126.com

部(丹东)3 个地区种植平展型(连玉 16、丹玉 39)和紧凑型(郑单 958)两类不同株型的品种,3 个品种又按照各自的特点设置了 4 个不同的密度处理,比较三地玉米产量和品质的差异及不同密度对不同株型品种产量和品质的影响,深入系统地分析密度和生态环境因素(温度、光照、降水量等)对玉米产量和品质的影响,为辽宁省玉米高产、优质生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 田间试验设计与栽培管理

试验于 2005 年在辽宁省农科院(沈阳,辽宁中部)、铁岭市农科院(铁岭,辽宁中北部)、丹东市农科院(凤城,辽宁东部)进行。供试材料是平展株型的连玉 16、丹玉 39,紧凑型株型的郑单 958。3 个品种设置了 4 个密度处理,连玉 16 为 3.3 万、3.75 万、4.5 万株/hm²和 5.25 万株/hm²;丹玉 39 为 3.9 万、4.8 万、5.7 万株/hm²和 6.45 万株/hm²;郑单 958 为 5.25 万、6 万、6.75 万株/hm²和 7.8 万株/hm²。

按随机区组和一年多点品种区域试验方式种植,试验采用 3 次重复,8 行区,行长 10 m,四周设 6 垄保护行。施肥水平略高于各试验点当地生产水平,按小区面积换算出小区施肥量。具体标准底肥:施用纯 N:150 kg/hm²,纯 P₂O₅:75 kg/hm²,纯 K₂O:75 kg/hm²。追肥:施用尿素 525 kg/hm²。其它的试验田间管理与大田相同。

1.2 测定项目与方法

从苗期开始选择有代表性植株作为标准株,作好标记,供作田间测定。分别于 7~8 叶期、拔节期、吐丝期、灌浆期、收获期等 5 个生育时期测定株高、叶长、叶宽,并计算叶面积、叶面积指数和光合势等指标。在灌浆期用直尺、量角器对叶长(L,cm)、叶角(叶片与水平面的夹角 θ,弧度)、叶垂距(叶基至叶最高点的距离 Lf,cm)进行测量,并计算叶向值(Lov)=[Σθ(Lf/L)]/n(n 表示测定的叶片数)。生理成熟后,在每小区中间行选有代表性的连续 10 株,收取地上部分,风干后测定生物产量、经济产量,并计算经济系数。收获时每小区取中间 4 行测产,并取有代表性的 10 株在室内进行考种。

玉米子粒品质检测项目在农业部农产品质量监督检验测试中心(沈阳)进行。室内品质检验项目全部依据国家规定的标准进行。依据 NY/T 3-1982 方法测定粗蛋白含量(%);依据 NY/T 4-1982 方法测定粗脂肪含量(%);依据 NY/T 11-1985 方法测定总淀

粉含量(%);依据 NY/T 9-1984 方法测定赖氨酸含量(%);依据 GB 5498-85 方法测定子粒的容重(g/L)。

试验数据利用 DPS、excel 数据处理软件进行统计分析处理。

2 结果与分析

2.1 密度、生态因素对玉米产量的影响

2.1.1 不同密度处理下不同玉米品种的产量表现

玉米产量(y)与密度(x)的关系曲线中拟合度最好的是二次曲线。连玉 16 的回归方程为: $y=-190.71x^2+1595.7x+4204.7$;丹玉 39 的回归方程为: $y=-42.184x^2+308.84x+7188$;郑单 958 的回归方程为: $y=-103.89x^2+1169.2x+5793.3$ 。产量随密度变化的曲线见图 1。3 个品种的子粒产量均随密度的增加而呈抛物线形变化,即先增高后降低。玉米产量变化随密度变化越大,可供选择的高产适宜密度范围越窄。从图 1 可见,连玉 16、丹玉 39 随密度变化较小,可供选择的适宜密度范围相对较窄,而郑单 958 的适宜密度范围稍宽一些。

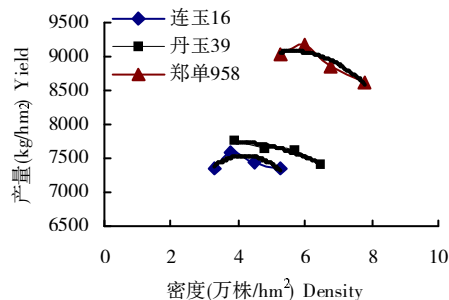


图 1 玉米产量随密度变化的曲线

Fig.1 Grain yield changes in different densities

连玉 16、丹玉 39 当密度分别达 4.18 万株/hm²、3.66 万株/hm²时,玉米产量达最大值 7542.45 kg/hm²、7753.2 kg/hm²;低于此密度玉米产量随密度增加而迅速增加;当高于此密度时产量随密度增加而迅速降低。郑单 958 当密度达 5.63 万株/hm²时,玉米产量达最大值 9082.95 kg/hm²;低于此密度玉米产量随密度增加而迅速增加;当高于此密度时产量随密度增加而迅速降低。

3 个品种在 3 个试点达到最高产量的密度处理相差很多。连玉 16 在沈阳试点达到最高产量的密度是 4.5 万株/hm²,在铁岭、丹东试点分别是 3.75 万、3.3 万株/hm²。丹玉 39 在沈阳试点达到最高产量的密度是 4.8 万株/hm²,在铁岭、丹东试点为 3.9 万株/hm²。郑单 958 在沈阳试点达到最高产量的密度是 7.8 万株/hm²,在铁岭、丹东试点分别是 6、5.25 万株

/hm²。无论是平展型的连玉 16、丹玉 39 还是紧凑型的郑单 958 在适宜的密度范围内,都是沈阳试点高于铁岭试点,而铁岭试点又高于丹东试点。这与三地不同的生态自然条件有关。也正是由于光温水条件的限制,妨碍了高密度群体的生长发育,使紧凑型玉米难以充分发挥其增产潜力。

2.1.2 不同生态环境下不同玉米品种的产量表现

玉米生育期间的光、温、水等主要生态因素与玉米生长发育的关系密切。对不同条件下的玉米产量进行了方差分析。试验结果表明:①同一地区不同株型品种间产量差异显著,紧凑型的郑单 958 产量显著高于平展型的连玉 16、丹玉 39,说明两种类型玉米品种的遗传潜力有很大的区别。②地区间产量差异达极显著水平,沈阳试点、铁岭试点产量水平较高,丹东试点产量水平较低。丹东试点的降水量虽然较大,但光照不足,这就使玉米灌浆阶段因光照不足而减产。

表 1 不同地点玉米品种产量整齐度(1/CV)比较

Table 1 The comparison of grain variety yield regularity (1/CV) in different districts

品 种	项 目	沈 阳	铁 岭	丹 东
Varieties	Item	Shenyang	Teiling	Dandogn
连玉 16	平均产量(kg/hm ²)	8 598.53	7 610.84	6 102.83
	整齐度(1/CV)	36.71	22.26	12.14
丹玉 39	平均产量(kg/hm ²)	8 832.66	8 111.82	5 894.63
	整齐度(1/CV)	59.77	28.77	12.76
郑单 958	平均产量(kg/hm ²)	9 977.75	9 182.07	7 601.03
	整齐度(1/CV)	73.89	33.01	13.33

三地产量的整齐度(变异系数的倒数)的大小,可以反映玉米产量受环境影响的程度。由表 1 可见,丹东试点玉米产量整齐度最小,说明丹东试点的环境条件变化较大,适于玉米生长的时期较其他地区要短;而沈阳试点密度间玉米产量整齐度最大,说明沈阳试点的光温水资源较其他地区要适宜,玉米播种范围大;铁岭试点整齐度居中。品种间玉米产量整齐度有差异,说明两种株型玉米品种产量潜力有差异。连玉 16、丹玉 39 玉米产量整齐度小于郑单 958,说明连玉 16、丹玉 39 产量形成过程受环境条件影响大,对环境条件变化反应较为敏感。

2.2 密度、生态因素对品质的影响

2.2.1 密度、生态因素对玉米总淀粉含量的影响

由方差分析及多重比较结果可知,3 个品种的密度处理间总淀粉百分含量并未达到显著水平,说明密度效应不会影响到玉米子粒间的总淀粉百分含

量,也可以说玉米子粒总淀粉百分含量对密度的反应不敏感。常强等(2004)设置了 3 万 ~ 12 万株 /hm² 的密度所得出的结果是玉米子粒的种植密度效应达到了极显著水平。本试验的结果与部分前人的结果不尽一致,这可能与本试验密度的设置幅度不大有关,关于密度对玉米子粒淀粉含量的效应有待进一步讨论。

3 个品种的总淀粉含量在 3 个试点间的差异达到极显著水平,说明不同试点的温、光、水生态因素对玉米子粒总淀粉百分含量有着较大的影响。由试验结果可知,无论是连玉 16、丹玉 39 还是郑单 958,子粒的总淀粉百分含量都是铁岭试点 > 丹东试点 > 沈阳试点。

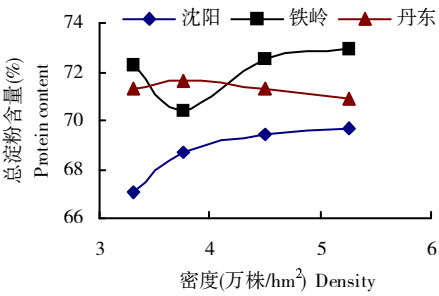


图 2 密度对三地点连玉 16 子粒总淀粉含量的影响
Fig.2 Effects of plant density on grain protein content of Lianyu16 in three different districts

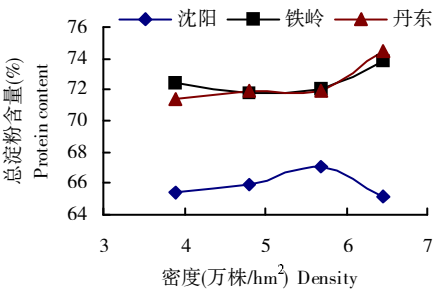


图 3 密度对三地点丹玉 39 子粒总淀粉含量的影响
Fig.3 Effects of plant density on grain protein content of Danyu39 in three different districts

从图 4 可见,郑单 958 种植密度从 5.25 万 ~ 7.8 万株 /hm²,沈阳试点和丹东试点子粒总淀粉含量呈现升 - 降 - 升的变化趋势,其中沈阳试点的升降幅度较大,铁岭试点从 5.25 万 ~ 6.75 万株 /hm² 子粒淀粉含量逐渐增加,从 6.75 万 ~ 7.8 万株 /hm² 稍有下降,总的来说,铁岭试点郑单 958 的子粒淀粉含量变化幅度较小。丹玉 39 从 3.9 万 ~ 6.45 万株 /hm²,沈阳试点子粒总淀粉含量先升后降的趋势,铁岭试点、丹东试点从 3.9 万 ~ 5.7 万株 /hm² 子粒总淀粉含量几乎没有变化,但当密度 6.45 万株 /hm² 时又显著增

加(图 3)。连玉 16 在三试点间从 3.3 万 ~ 5.25 万株 /hm² 变化较复杂,沈阳试点一直处于上升趋势,只是从 3.75 万 ~ 5.25 万株 /hm² 变化的幅度较小,而铁岭试点的变化趋势是先降后升,丹东试点从 3.75 万 ~ 4.5 万株 /hm² 子粒淀粉含量略有增加,从 4.5 万 ~ 5.25 万株 /hm² 又略有下降,但总的变化较小(图 2)。

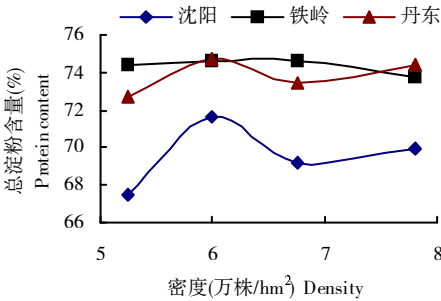


图 4 密度对三地点郑单 958 子粒总淀粉含量的影响
Fig.4 Effects of plant density on grain protein content of Zhengdan958 in three districts

2.2.2 密度、生态因素对玉米粗脂肪含量的影响

试验结果表明:3 个品种子粒粗脂肪含量的地点效应达到极显著水平;种植密度效应方面品种间有所不同:连玉 16 子粒粗脂肪含量的种植密度效应达到极显著水平, 丹玉 39 为显著差异水平, 郑单 958 子粒粗脂肪含量未达到显著差异水平。

三地点间生态条件的差异对玉米品种子粒粗脂肪含量有着很大的影响。3 个品种的子粒粗脂肪含量都是沈阳试点 > 丹东试点 > 铁岭试点。从总的变化趋势来看,3 个品种的子粒粗脂肪含量在丹东试点随密度的变化幅度较小,这可能是由于丹东试点降水量较多。因此,灌浆后期受到干旱胁迫的可能性要比沈阳、铁岭试点少得多。常强等的研究指出灌浆后期的干旱胁迫会影响到玉米子粒的粗脂肪含量。

从图 5 可见,连玉 16 子粒粗脂肪含量在三地的变化趋势基本相同,在试验密度范围内其变化趋势是先升后降。丹玉 39 从 3.9 万 ~ 6.45 万株 /hm²,随着密度提高铁岭、丹东试点子粒粗脂肪含量逐渐下降;从 3.9 万 ~ 5.7 万株 /hm² 沈阳试点子粒粗脂肪含量一直下降,但从 5.7 万 ~ 6.45 万株 /hm² 又大幅度上升(图 6)。郑单 958 随着种植密度的增加,铁岭、丹东试点子粒粗脂肪含量都是先降后升,但铁岭试点下降至 6 万株 /hm²,至 6.75 万株 /hm² 稍有上升,而丹东点下降至 6.75 万株 /hm²,至 7.8 万株 /hm² 有所上升;沈阳试点子粒粗脂肪含量的变化趋势是先升后降,在 6 万株 /hm² 时升到最大值,而后开始下降(图 7)。

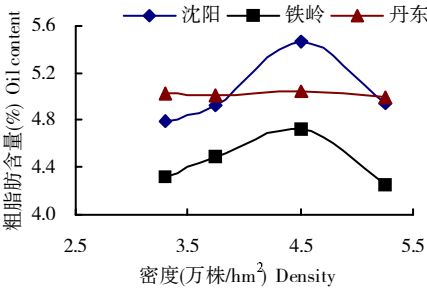


图 5 密度对三地点连玉 16 子粒粗脂肪含量的影响
Fig.5 Effects of plant density on grain oil content of Lianyu16 in three districts

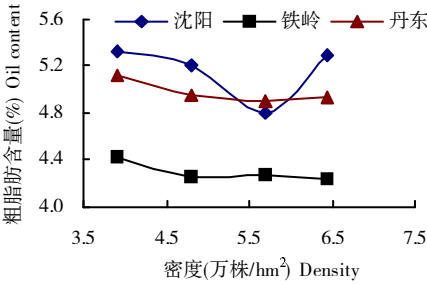


图 6 密度对三地点丹玉 39 子粒粗脂肪含量的影响
Fig.6 Effects of plant density on grain oil content of Danyu39 in three districts

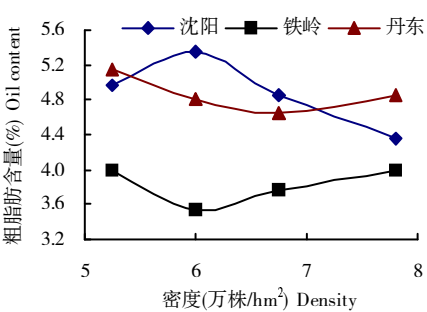


图 7 密度对三地点郑单 958 子粒粗脂肪含量的影响
Fig.7 Effects of plant density on grain oil content of Zhengdan958 in three districts

种植密度对连玉 16、丹玉 39、郑单 958 子粒粗脂肪含量的影响因种植地点不同而有很大的差异。也就是说种植密度效应对玉米子粒粗脂肪含量的影响因生态因素的作用而不同,当考虑玉米子粒的种植密度效应时应注意分析生态因素的差异。

2.2.3 密度、生态因素对玉米粗蛋白含量的影响

由方差分析结果可知,连玉 16、丹玉 39 密度处理间粗蛋白百分含量并未达到显著水平,说明密度效应不会影响到连玉 16、丹玉 39 子粒间的粗蛋白百分含量,也可以说连玉 16、丹玉 39 子粒粗蛋白百分含量对密度的反应不敏感。而在本试验密度处理范围内,郑单 958 子粒粗蛋白百分含量达极显著差

异,说明密度效应对郑单 958 子粒间粗蛋白百分含量的影响较大,当其在 6 万株 /hm² 的密度处理时,子粒间的粗蛋白百分含量最高,群体产量也是最高,这说明郑单 958 只有在密度合理的情况下,群体产量与子粒粗蛋白百分含量才能达到最高。

3 个品种在三地点间粗蛋白含量差异未达显著水平,这说明光温水生态因素对玉米子粒粗蛋白含量影响不是很大,这与前人的研究结果一致。

2.2.4 密度、生态因素对玉米赖氨酸含量的影响

3 个试验品种的赖氨酸百分含量无论是在品种间还是在密度间、地点间都未达到显著差异,这是由于玉米子粒本身就缺乏赖氨酸,而供试的 3 个品种又都不是高赖氨酸品种,因此,百分含量不能达到显著差异水平。这与前人研究非高赖氨酸玉米品种得到的结论完全一致。其它几种人体必需氨基酸,如:苏氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸等在玉米子粒中的百分含量在不同品种、

不同群体、不同生态条件下的差异水平有待进一步分析研究。

2.2.5 不同生态因子与品质的相关分析

从不同气象因子与品质之间的相关分析(表 2)可以看出,单一的某一种气象因子对玉米子粒不同品质指标的影响呈现正、负效应,并且 3 个品种的品质指标间又稍有差别,这就造成了玉米品质指标的相关关系比较复杂。以子粒粗蛋白含量为例:连玉 16、丹玉 39 的蛋白含量与整个生育期积温负相关,与光照呈现极显著负相关,郑单 958 却与前者呈现极显著正相关,与后者表现未达显著水平的正效应;连玉 16、丹玉 39 的蛋白质含量与整个生长季的降水量表现极显著正相关,而郑单 958 的蛋白含量与花后降水量表现极显著正效应。这些都可以表明玉米品种自身的基因型对品质有很大的影响,在实际生产中要特别注意品种、生态因素的综合考虑。

表 2 3 个品种品质指标与各生态因子的相关系数(r)
Table 2 The correlation coefficient (r) between quality indexes of three hybrids and ecological factors

品质指标 Quality index	品 种 Variety	积 温 Accumulated temperature	花后积温 Accumulated temperature after blossom out	光 照 Illumination	花后光照 Illumination after blossom out	降水量 Precipitation	花后降水 Precipitation after blossom out
蛋白含量	连玉 16	-0.479	0.682	-0.986**	-0.984**	0.905**	0.722
	丹玉 39	-0.649	0.517	-0.929**	-0.925**	0.973**	0.849*
	郑单 958	0.990**	0.444	0.189	0.179	-0.718	-0.902**
淀粉含量	连玉 16	-0.517	-0.975**	0.643	0.651	-0.088	0.233
	丹玉 39	-0.687	-0.906**	0.466	0.475	0.125	0.434
	郑单 958	-0.615	-0.942	0.547	0.556	0.031	0.347
脂肪含量	连玉 16	-0.249	0.841*	-0.997**	-0.998**	0.772*	0.531
	丹玉 39	-0.084	0.919**	-0.969**	-0.972**	0.656	0.382
	郑单 958	-0.261	0.834*	-0.998**	-0.999**	0.781*	0.542
赖氨酸含量	连玉 16	-0.992**	-0.192	-0.441	-0.432	0.876**	0.984**
	丹玉 39	0.146	0.985**	-0.889**	-0.894**	0.466	0.160
	郑单 958	-0.148	0.892**	-0.984**	-0.986**	0.703	0.441
容重	连玉 16	-0.981**	-0.494	-0.132	-0.122	0.676	0.875**
	丹玉 39	-0.941**	-0.618	0.017	0.027	0.559	0.794*
	郑单 958	-0.653	-0.924**	0.505	0.514	0.080	0.393

从 3 个品种的综合变化趋势来看,粗蛋白含量与光照、积温负相关,与降水正相关,且相关达到显著水平;粗脂肪含量与花后积温和降水量显著正相关,与光照、花后光照极显著负相关;总淀粉含量与积温表现为负效应,与光照、降水呈正相关;赖氨酸含量与积温和光照正相关,与降水呈现正效应;容重与积温表现为显著负相关,与光照、降水呈现负效应。

3 结论与讨论

本试验在辽宁中部(沈阳)、北部(铁岭)、东部(丹东)3 个地区进行。沈阳位于辽宁中部,是典型的东北平原地区,常年的温度、光照和降水最适宜玉米的种植;铁岭位于辽宁北部,常年光照较充足,也较利于玉米生长;丹东处于辽东的山区,常年低温寡照多雨,病虫害较严重。

就产量而言,同一地区郑单 958 高于连玉 16、丹玉 39,同一品种在沈阳试点高于铁岭试点,铁岭试点又高于丹东试点。玉米产量决定于单位面积穗数、穗粒数和千粒重 3 个因素,三因素形成时的环境条件起着重要作用。

单位面积穗数的多少取决于全生育期的光照时数和有效积温数,这些条件决定了某品种的种植密度。温度是影响玉米生育期长短的主要因子。这也正是紧凑型的郑单 958 生育期低于平展型的连玉 16、丹玉 39,并且种植密度高于后两个品种的主要原因。但也要说明一下,虽然郑单 958 生育期稍短,但在生育后期有些早衰,绿叶面积持续时间低于连玉 16、丹玉 39。连玉 16 生育期偏长,不易正常成熟。

穗粒数决定于抽丝后有效灌浆时间的长短和花后日均光照以及日均温。连玉 16 在铁岭试点的穗粒数为 728,在沈阳试点为 688,丹东试点则为 536;丹玉 39 在铁岭试点的穗粒数为 607,沈阳试点为 601,丹东试点为 470。由于铁岭位于辽宁北部,常年的光照比较充足,而丹东位于辽宁东部山区,常年多雨寡照,这也就是造成三地玉米穗粒数差异的直接原因。

粒重与气温日较差呈显著正相关,有资料表明,气温日较差每增加 1℃,玉米千粒重可提高 20~25 g。本试验中 3 个品种的千粒重以丹东试点最高,沈阳试点次之,铁岭试点最小。由气象资料可知,丹东点的气温日较差要比沈阳、铁岭点高 3~4℃,这就导致了丹东点的玉米千粒重在三地中最高。

日照时数、日均光照、日均温度和气温日较差是玉米生产的最重要的影响因子,它们直接作用于单位面积穗数、穗粒数和千粒重这 3 个玉米产量的决定因素。但产量的形成并不是某一项产量构成要素所单独决定,也不是孤立地受某一项生态因子所影响,而是产量构成要素、生态因子综合作用的结果。

就品质而言,蛋白质、淀粉、和粗脂肪是评价玉米品质的重要指标。低温地区有利于蛋白质的形成,反之有利于提高淀粉和粗脂肪含量。本试验中丹东试点玉米的蛋白质含量高于沈阳、铁岭试点,而淀粉和粗脂肪含量低于沈阳、铁岭试点。相关分析表明,蛋白质含量与积温、光照显著负相关,与降水显著正相关;淀粉含量与积温负相关,与光照和降水正相

关;粗脂肪与全生育期、花后光照极显著负相关,与花后积温极显著正相关。这说明了生态环境因素的改变与玉米子粒品质指标的差异密切相关。

本试验选取了辽宁中、北、东部三个地点,在一定程度上可以说明辽宁省玉米生产中密度、生态环境因素对玉米产量和品质的影响。对整个辽宁省即东、南、西、北、中五区域进行完整系统地分析还有待进一步试验。

参考文献:

- [1] 常 强,等.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.
- [2] 刘淑云,等.玉米产量和品质与生态环境的关系[J].作物学报,2005,31(5):571-576.
- [3] 王鹏文,等.玉米群体光分布特征及其对产量和品质的影响[J].华北农学报,1999,14(3):60-64.
- [4] 刘淑云,等.生态环境因素对玉米子粒品质影响的研究进展[J].玉米科学,2002,10(1):41-45.
- [5] 刘淑云,等.不同海拔高度对玉米品质性状影响的研究[J].玉米科学,2005,13(2):68-71.
- [6] 马兴林,等.种植密度对 3 个玉米杂交种产量及品质的影响[J].玉米科学,2005,13(3):84-86.
- [7] 郑洪建,等.生态因素对玉米品种生长发育影响及调控的研究[J].山东农业科学(自然科学版),2001,32(2):117-123.
- [8] 张泽民,等.不同生态环境对玉米产量和穗粒性状的影响[J].华北农学报,1991,6(1):28-34.
- [9] 刘武仁,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.
- [10] 杨世民,廖尔华.玉米密度与产量及产量构成因素关系的研究[J].四川农业大学学报,2005,18(4):322-324.
- [11] Senait Asefa, Dejene Mekonen. Leaf removal and planting density effects on grain yield and yield components of maize(*Zea mays* L.)[J]. Ethiopian Journal of Agriculture Science, 1992, 13: 1-8.
- [12] Shumway C R. Planting date and moisture effects on yield, quality and alkaline processing characteristics of food-grade maize[J]. Crop Sci., 1992, 32(5): 1265-1269.
- [13] Stevenson J C, Goodman M M. Ecology of exotic races of maize—Leaf number and tillering of 16 races under four temperatures and two photoperiods[J]. Crop Sci., 1972, 12(6): 864-868.
- [14] Bunting E S. Accumulated temperature and maize development in England[J]. Agron. Sci., 1976, 87: 577-583.
- [15] Staikov G. The biology and ecology of maize[J]. Priroda Sofiia, 1975, 24(4): 3-9.

(责任编辑:尹 航)