

北方玉米品种更替过程中穗部性状的演变 及与产量的关系

王晓东¹, 史振声¹, 李明顺², 鲁俊田¹

(1. 沈阳农业大学特种玉米研究所, 辽宁 沈阳 110866; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘 要: 为了明确不同年代品种穗部性状的演变及其与产量的关系, 对我国北方地区 20 世纪 50 年代以来有代表性的 4 个农家品种和 31 个玉米杂交种穗部性状进行了研究。结果表明: 随着品种的更替, 单位面积产量、单株产量大幅度提高, 穗粗、穗长、籽粒深度、穗粒数、千粒重均呈上升趋势; 秃尖度、出籽率自 20 世纪 80 年代以来没有得到正向改良, 呈现下降趋势; 在所研究的主要穗部性状中, 对单株产量直接作用最大的是穗粗(直接通径系数 $DPC = 0.4718$), 其次是穗长($DPC = 0.4249$)和出籽率($DPC = 0.3173$); 总效应居前三位的分别是穗粗、穗长和行粒数。

关键词: 玉米品种; 穗部性状; 演变规律; 通径分析

中图分类号: S322.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0013-06

玉米在我国已上升为第一大作物, 玉米在保障我国粮食安全和工农业生产中发挥着极其重要的作用。随着人民生活水平的不断提高和畜牧业、加工工业的快速发展, 对玉米的需求日益增多, 而在我国人多地少的基本国情下, 不断提高单产是满足这一需求的根本途径。玉米产量是一个受多基因控制的数量性状, 其中穗部性状对其影响占主导地位。我国学者对玉米产量性状的研究有诸多报道, 这些研究多侧重于对某些地区或某类玉米品种的产量性状的研究^[1-3]。关于品种更替过程中各性状变化的研究也有相关报道, 胡昌浩等^[4]研究表明, 我国玉米随着品种的不断更替, 产量大幅度提高, 穗粒数、穗粗、穗行数显著增加; 在各密度处理条件下, 对产量贡献最大的是公顷粒数, 直接通径系数为 0.7212; 其次是千粒重, 直接通径系数 0.386。谢振江等^[5]对中国华北地区近 40 年 25 个玉米杂交种的农艺性状与产量关系进行了研究, 结果表明: 无论是在逆境重的生态区还是在逆境轻的生态区, 新杂交种对老杂交种产量都取得了改良进展, 公顷粒数、千粒重和病株率随年代的推进呈现显著增加趋势, 抗倒性没有取得真正的改良。史新海^[6]通过对山东省 1976 ~ 1995 年中熟玉米高产杂交种主要农艺性状的分析指出, 公顷产量、公顷株数、公顷穗数、公顷粒数和千粒重呈上升趋势, 穗长为下降趋势, 穗行数、穗粒数、株高、穗位高、大斑病、小斑病和生育期无明显变化规律。张泽民等^[7]对河南省玉米品种研究表明: 穗粗、

穗行数的改良效果最为明显。周玉芝等^[8]分析了河北省 1975 ~ 2002 年审(认)定夏播玉米杂交种的主要性状, 认为产量水平稳步提高, 递增幅度逐渐减小。霍仕平等^[9]对我国西南区近 20 年玉米杂交种进行研究, 得出玉米籽粒产量方面取得了较大进展。柳家友等^[10]对 1975 ~ 2002 年河南省区试品种主要穗部性状的演变规律研究表明, 行粒数和千粒重对产量的贡献率较大。

本研究以北方及东北地区 1950s 以来有代表性的 4 个农家种和 31 个玉米杂交种为对象, 分析不同年代品种穗部性状的演变及其与产量的关系, 更具有代表性和系统性, 旨在为北方乃至全国玉米新品种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用我国北方 1950s 4 个农家种和 1960s 以来各个时期大面积推广的 31 个玉米杂交种, 具体品种如下:

1950s: 金皇后、小粒红、白马牙、英粒子;

1960s: 四双 1 号(双交种)、维尔 156(双交种)、US13(双交种)、HD409(三交种);

1970s: 新单 1 号、吉单 101、群单 105、郑单 2 号、中单 2 号;

1980s: 黄 417、丹玉 13、掖单 4 号、掖单 2 号、沈单 7、铁单 4、农大 60;

收稿日期: 2011-04-11

基金项目: 农业部“948”项目(2006 ~ G03); 农业部“行业科技”项目(nyhyzx07 ~ 003); 国家支撑计划(2007BAD31B03); 辽宁省科技攻关计划(2008201001)

作者简介: 王晓东(1980—), 男, 内蒙古赤峰人, 在读博士研究生, 从事玉米高产生理研究。E-mail: tlxiaodong@126.com。

通讯作者: 史振声(1954—), 教授, 博士生导师, 主要从事玉米遗传育种及栽培技术研究。

1990s: 吉单 159、吉单 180、掖单 13、掖单 19、四单 19、豫单 18、农大 3138、农大 108、鲁单 50、本玉 9 号;

2000s: 郑单 958、沈单 16 号、鲁单 981、登海 9 号、先玉 335。

1.2 试验设计

试验在辽宁省铁岭市昌图县金家镇进行, 种植密度为 45 000 株/hm², 3 次重复, 每小区 2 行, 行距 60 cm, 行长 4.0 m。3 次重复全部收获测产, 每小区选取有代表性 10 个果穗进行考种。

1.3 测定方法

单位面积产量: 成熟期收获每小区所有果穗, 于风干棚自然脱水, 测产时籽粒含水量以 14% 计算;
单株产量 = 小区籽粒产量/收获时小区株数;
出籽率 = 脱粒时籽粒重/果穗重 × 100%;
穗长: 测量从穗基部到顶端的长度;
秃尖长: 测量果穗顶端不结实部分长度;
秃尖度 = 秃尖长/穗长 × 100%;
有效穗长 = 穗长 - 秃尖长;
穗粗: 将取样的 10 个果穗首尾相间排成一行, 测量果穗中间直径;

轴粗: 将所测果穗脱粒后轴排成一行, 测量轴中部直径;

籽粒深度 = (穗粗 - 轴粗)/2;

穗行数: 每小区选取 10 穗有代表性果穗, 计数果穗中部的籽粒行数;

行粒数: 计数所测果穗一个中等长度行的粒数;

百粒重: 每小区随机取 100 粒籽粒, 重复取样 3 次, 重复间差异小于 0.5 g; 千粒重 = 百粒重 × 10。

1.4 分析方法

采用 DPS7.05 软件进行方差分析和通径分析。

2 结果与分析

2.1 不同年代玉米品种穗部性状的演变

表 1 为不同年代玉米品种穗部性状的比较分析, 可以看出, 随着年代的推近各个性状均不同程度的发生变化, 其中单位面积产量、单株产量、穗长、穗粗、籽粒深度、穗行数及千粒重均不同程度的得到正向改良, 2000s 分别较 1950s 增加 98.5%、100%、24.1%、22.5%、45.3%、12.9% 和 38.6%, 且差异均达极显著水平。

表 1 不同年代玉米品种穗部性状比较分析

Table 1 Comparative analysis of ear traits of different decade cultivars

性状 Trait	年代 Decade					
	1950s	1960s	1970s	1980s	1990s	2000s
产量 Yield(kg/667m ²)	250.8Cd	364.8Bc	369.4Bc	389.0Bc	452.1Ab	497.8Aa
单株产量 Yield per plant(g)	70.5Cd	101.4Bc	104.3Bc	109.8Bbc	126.9ABab	140.0Aa
出籽率 Grain rate(%)	82.6Bb	85.5Aa	85.1Aa	86.3Aa	85.7Aa	84.8Aa
穗长 Ear length(cm)	16.2Dd	19.1Bb	18.7Bb	17.8Cc	19.3ABb	20.1Aa
秃尖度 Bald pointed degrees(%)	5.8Bb	7.0ABb	11.4Aa	5.1Bb	6.9ABb	10.9Aa
有效穗长 Effective ear length(cm)	15.2Bc	17.7Aa	16.6ABb	16.9Aab	18.0Aa	17.8Aa
穗粗 Ear diameter(cm)	4.0Ee	4.3Dd	4.5Cc	4.6BCb	4.7Bb	4.9Aa
轴粗 Axis diameter(cm)	2.76Cd	2.74Cd	2.81BCcd	2.86BCbc	2.93ABb	3.04Aa
籽粒深度 Grain depth(cm)	0.64Dd	0.77Cc	0.84Bb	0.87ABb	0.87ABb	0.93Aa
穗行数 Ear rows	13.9 Dd	14.6BCbc	14.2CDed	15.0Bb	14.9Bb	15.7Aa
行粒数 Grains per row	32.0Bc	39.1Aa	36.8Aab	37.2Aab	38.5Aab	36.2Aab
穗粒数 Grains per ear	441.9Cc	573.0Aa	514.7Bb	556.1Aa	514.4Bb	570.2Aa
千粒重 Weight of thousand seed(g)	237.5Dd	248.0Dcd	270.8BCb	254.1CDc	281.5Bb	329.2Aa

注: 大写字母表示 0.01 水平上差异显著; 小写字母表示 0.05 水平上差异显著。

Note: Capital letters showed significant difference at the level of 1%; small letters showed significant difference at the level of 5%.

2.1.1 产量及出籽率的演变 从图 1 可以看出, 在本试验条件下, 无论是单位面积产量还是单株产量均因品种的更替而呈持续增加趋势, 其增加趋势接近一直线。2000s 品种单位面积产量较 1950s、1960s、1970s、1980s、1990s 品种分别增加 98.5%、36.5%、34.8%、28.0%、10.1%; 单株产量较 1950s、

1960s、1970s、1980s、1990s 品种分别增加 100%、38.6%、34.6%、27.3%、10.2%, 各年代杂交种产量均显著高于农家品种。单位面积产量和单株产量, 平均每个年代分别增加 15.7% 和 15.8%; 1970s 以来的单交种比较, 单位面积产量和单株产量分别平均增加 8.2% 和 8.6%。

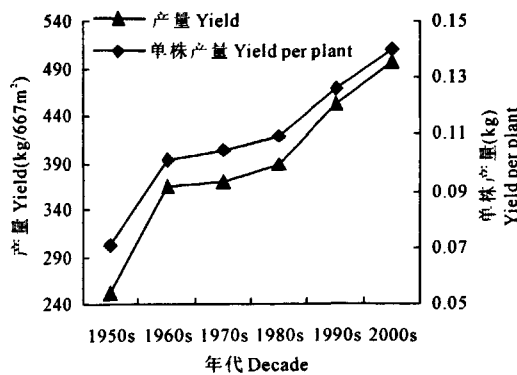


图1 不同年代品种产量的演变

Fig.1 Evolution of yield of different decade cultivars

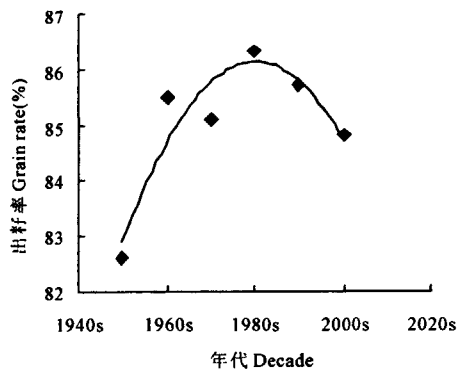


图2 不同年代品种出籽率的演变

Fig.2 Evolution of seed-producing rate of different decade cultivars

从图1还可看出,1960s品种不仅明显高于1950s品种,而且还与1970s品种产量十分接近,即1960s品种单位面积产量较1950s品种提高了45.5%,而1970s品种较1960s品种仅提高了1.3%,对于这个问题,联系到品种类型和2009年的气候条件则不难理解。2009年试验所在地遭遇有记录以来50年未有的严重干旱,使玉米产量普遍降低40%左右。而1960s的四个品种中,有3个为双交种,1个为三交种。其原因显然与双交种和三交种丰富的遗传基础,具有较强的抗逆性,以及早期育成的单交种水平相对较低有关。

分析1970s品种较1960s品种产量提高幅度较小的原因,主要是1970s品种出籽率较低(图2)、秃尖度较大(表1),而这些性状也正是容易受干旱胁迫的性状。

方差分析表明(表1):1950s品种单位面积产量、单株产量与其它各年代差异均达极显著水平。单位面积产量2000s和1990s品种与1960s、1970s、1980s品种间差异达极显著水平,1960s品种与1970s、1980s品种间差异不显著。单株产量2000s与

1960s、1970s、1980s品种间差异达极显著水平。

出籽率的演变总体上随品种的更替呈曲线上升,但1990s和2000s的品种较1980s反而呈下降趋势。这可能与1990s和2000s的品种果穗过长和果穗较粗,更容易受环境胁迫有关(秃尖度较大)。这可能也是导致2000s的品种较1990s品种增产幅度小的原因之一。

2.1.2 穗长和有效穗长的演变 试验结果表明,穗长整体上呈现增加趋势(图3),各年代杂交种穗长均高于1950s的农家品种,差异达到极显著水平,每个年代平均增加4.7%。其中1960s和1980s品种穗长变化较为不同,前者表现较高而后者较低。

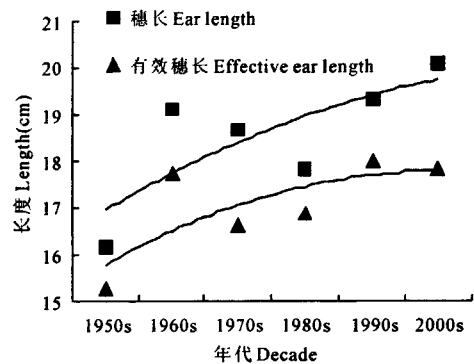


图3 不同年代品种穗长、有效穗长的演变

Fig.3 Evolutions of ear length and ear effective length of different decade cultivars

有效穗长的变化与穗长相比较为平缓(图3),且与产量的变化趋势相似。总体上呈增加趋势,平均每个年代增加3.5%,除了1960s品种以外几乎呈直线增加。方差分析表明(表1),各年代品种有效穗长极显著地高于1950s品种,1990s和2000s品种显著地高于1970s品种。从图4还可看出,尽管1980s和2000s品种的穗长增减幅度较大,但有效穗长的变化并不大且趋势相反。该结果可能暗示增加穗长对有效穗长的增加效果并不一定理想。

秃尖度的变化总体上没有表现出明显的演变趋势。以1970s和2000s品种秃尖较为严重,与其它年代品种均达到了显著水平(表1),分析原因可能是由于1970s单交种的抗逆性不如双交种和三交种;1980s育种中提高品种抗性的同时没有过分追求穗长而秃尖较轻;而2000s又盲目追求大穗。

2.1.3 穗粗、轴粗和籽粒深度的演变 1950s以来穗粗一直呈逐渐增加趋势(图4)。各年代品种的穗粗平均以4.2%的比率持续增加,其中1960s年代的增加幅度最大为7.5%。2000s品种比1950s、1960s、1970s、1980s和1990s分别增加22.5%、14.0%、

8.9%、6.5% 和 4.3%，除了 1980s 和 1990s 品种以外，其它各年代品种间差异均达显著水平(表 1)。

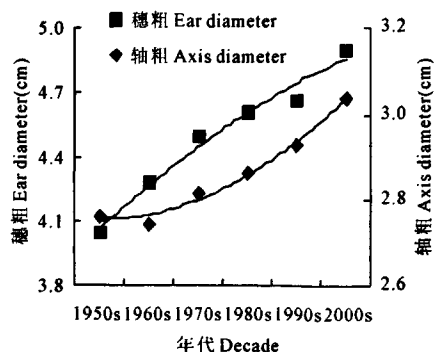


图 4 不同年代品种穗粗、轴粗的演变

Fig.4 Evolutions of ear diameter and axis diameter of different decade cultivars

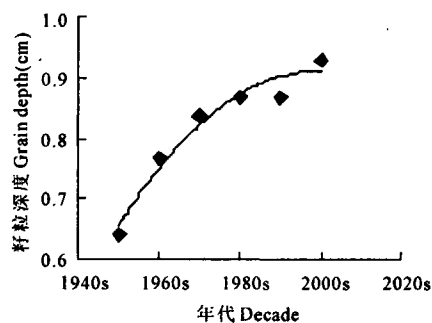


图 5 不同年代品种籽粒深度的演变

Fig.5 Evolutions of grain depth of different decade cultivars

总体上,在品种更替过程中轴粗呈增加趋势(图 4),除 1960s 品种较 1950s 农家品种轴粗略有降低以外(差异不显著),其它各年代品种均随品种的不断更新而相应增大,其中 2000s 品种与其它各年代品种间差异达显著或极显著水平。

籽粒深度也是与产量相关的重要性状。从图 5 可以看出,籽粒深度在品种更替中不断增加,1950s~2000s 品种的籽粒深度一直呈递增趋势。2000s 品种较 1950s~1990s 籽粒深度分别增加了 45.3%、20.8%、10.7%、10.7% 和 6.9%,与 1980s、1990s 品种间差异显著,而与 1950s、1960s 和 1970s 品种间差异达极显著水平(表 1)。可见,籽粒深度的显著增加也是品种更替过程中产量不断提高的一个重要因素。

2.1.4 穗行数、行粒数和千粒重的演变 由图 6、图 7、图 8 和图 9 可见,穗行数、行粒数、穗粒数、千粒重的变化总体上呈增加趋势,但不同年代间的波动性较大。穗行数与穗粒数的波动方向较为一致;穗粒数与千粒重的变化趋势刚好相反;而行粒数在不同年代单交种之间变化幅度较小,差异不显著(表 1)。

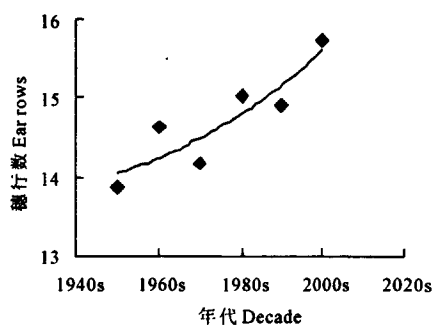


图 6 不同年代品种穗行数的演变

Fig.6 Evolution of ear rows of different decade cultivars

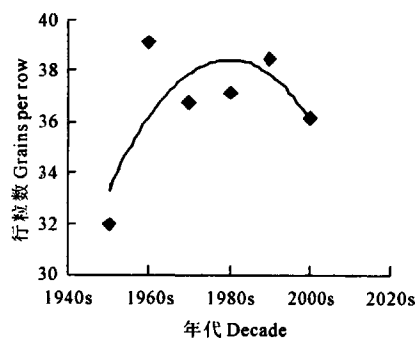


图 7 不同年代品种行粒数的演变

Fig.7 Evolution of grains per row of different decade cultivars

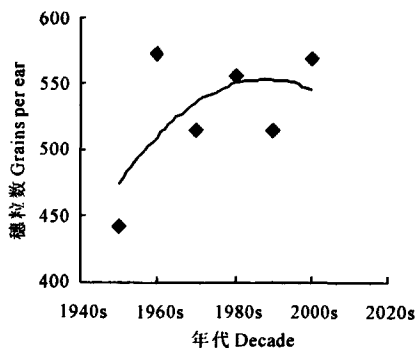


图 8 不同年代品种穗粒数的演变

Fig.8 Evolutions of grains per ear of different decade cultivars

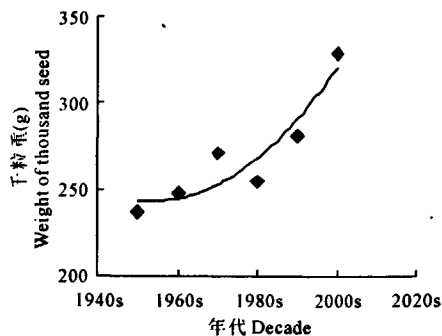


图 9 不同年代品种千粒重的演变

Fig.9 Evolutions of thousand seed weight of different decade cultivars

2000s 品种的穗行数显著高于其他年代的品种,

比1950s~1990s分别增加12.9%、7.5%、10.6%、4.7%和5.4%。1960s~2000s品种行粒数均极显著高于1950s农家品种(表1),说明杂交种的育成使穗行数、行粒数得到明显改善。

各年代杂交种穗粒数较1950s农家品种得到明显提高,达极显著水平(表1)。千粒重随着品种的更新呈现增加趋势(图9),但1950s~1980s增加幅度较小,而2000s品种增加幅度最为突出。2000s品种比1950s~1990s品种分别增加38.6%、32.7%、21.6%、29.6和16.9%,均达到极显著水平(表1);并且1970s和1990s品种千粒重均高于1960s和1980s品种,从而弥补了穗粒数的不足,说明千粒重的提高是品种更替过程中产量不断提高的重要因素之一,尤其是1990s以来,千粒重大幅度提高。1960s以后,行粒数表现出平稳中略有下降的趋势,2000s

品种表现得尤为明显,说明此后的品种更替中产量的提高,改良的不是行粒数,而主要是穗行数和千粒重得到了明显改善。

2.2 穗部性状与产量间的通径分析

对不同年代品种穗部主要性状与单株产量通径分析结果显示(表2):各性状对单株产量的直接通径系数大小依次为穗粗(DPC = 0.4718) > 穗长(DPC = 0.4249) > 出籽率(DPC = 0.3173) > 秃尖(DPC = -0.2473) > 千粒重(DPC = 0.1687) > 行粒数(DPC = 0.0783) > 穗行数(DPC = -0.0377)。通过正负抵消后的总效应大小依次为穗粗 > 穗长 > 行粒数 > 千粒重 > 出籽率 > 穗行数 > 秃尖度。可见,自1950s以来,穗部性状对单株产量贡献最大的是穗粗,其次是穗长、行粒数、千粒重,减轻秃尖对单株产量的提高作用较大。

表2 不同年代品种穗部性状对单株产量的通径系数

Table 2 Path coefficients of ear traits of different decade cultivars to yield of per plant

性状 Traits		1→Y	2→Y	3→Y	4→Y	5→Y	6→Y	7→Y
穗粗 Ear diameter	X1,1→	0.4718*	-0.012	0.1346	-0.077	-0.0213	0.0022	0.1175
出籽率 Seed rate	X2,2→	-0.0179	0.3173*	-0.0341	0.1065	0.0006	0.0253	-0.0513
穗长 Ear length	X3,3→	0.1495	-0.0254	0.4249*	-0.0905	-0.001	0.0481	0.0864
秃尖 Bald length	X4,4→	0.147	-0.1366	0.1555	-0.2473*	-0.0136	-0.0277	0.0748
穗行数 Ear rows	X5,5→	0.2667	-0.005	0.0115	-0.0891	-0.0377*	-0.0231	0.0362
行粒数 Grains per row	X6,6→	0.0135	0.1027	0.2609	0.0876	0.0111	0.0783*	-0.0131
千粒重 Weight of thousand seed	X7,7→	0.3287	-0.0965	0.2175	-0.1096	-0.0081	-0.0061	0.1687*

注: * 标记的为直接通径系数,其它为间接通径系数。

Note: Numbers marked by * are direct path coefficients, and the others are indirect path coefficients.

3 结论与讨论

本研究表明:自1950s以来,我国北方地区不同年代玉米品种在较为干旱的辽北地区、45 000株/hm²的种植条件下,随着品种年代的推进单位面积产量、单株产量及穗部性状均不断发生变化。单位面积产量、单株产量、穗粗、穗长、穗行数、千粒重均呈增加趋势,得到了正向改良,这与前人的研究相一致^[1,4~10]。

秃尖度、出籽率是反映品种产量改良趋势的重要指标。秃尖严重,穗粒数和行粒数就会减少,出籽率大幅下降^[11]。在本试验条件下1950s~1970s品种秃尖度呈增加趋势,1970s~1980s品种秃尖度明显降低而改良效果明显,1980s~2000s品种秃尖度呈增加趋势;1950s~1960s和1970s~1980s品种出籽率呈增加趋势,1980s~2000s品种呈降低趋势,与谢振江、李明顺等的研究结果相一致^[11]。1980s以来,我国北方地区玉米品种的秃尖度、出籽率没有得

到较好的改良,而秃尖又是对单株产量直接效应较大的因素,因此,通过秃尖度和出籽率的改良可使我国北方玉米品种的产量进一步提高。

穗粗、籽粒深度均随品种更替而呈持续增加趋势,且穗粗对单株产量的直接效应在所研究的穗部性状中居首位。穗长整体上呈增加趋势,这与胡长浩、董树亭的研究结果一致^[4],而与史新海对山东省1976~1995年中熟玉米杂交种主要农艺性状的演进规律研究结果有所不同^[6],可能与选用的试材不同和数量多少有关。在穗部性状中,穗粗对单株产量的直接贡献率最大,其次是穗长和出籽率,说明1950s~2000s穗粗的改良效果较显著,这与张泽民、刘丰明的研究结果相一致^[7]。

众所周知,生产上的产量是指单位面积产量,单株产量与单位面积产量既有联系又有区别,不能以单株产量完全代替单位面积的产量。因此,研究不同年代品种穗部性状的演变,还要考虑到个体与群体之间的关系,各个性状之间的协调和变化。在本

试验条件下,产量及单株产量显示出随年代的推进呈不同程度的增加趋势,1990s 和 2000s 年代品种增加较为明显,一方面体现出近年代品种对密度的适应范围较大,抗逆性较强;另一方面说明早年代品种在此种植密度、生态环境及干旱年份减产严重,品种的适应性较差。因为 2009 年试验所在地遭遇了有记录以来 50 年中最严重的干旱。试验结果也是对 1950s~2000s 我国北方玉米品种在逆境条件下的检验和评价。这些品种在良好栽培条件下的表现即产量潜力分析还有待进一步研究,对不同年代玉米品种生理方面的改良效果也需要进一步试验。

参 考 文 献:

- [1] 史新海,隋方功,宋再华,等.中熟高产玉米杂交种主要农艺性状演变规律的研究[J].作物学报,1996,22(6):750—756.
- [2] 佟屏亚,程延年.不同株型玉米生长发育进程及产量研究[J].耕作与栽培,1995,(2):8—10.
- [3] 任宪国.不同株型玉米杂交种产量构成因素及相关分析[J].玉米科学,1996,4(2):42—45.
- [4] 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,(2):44—48.
- [5] 谢振江,李明顺,李新海,等.密度压力下玉米杂交种农艺性状与产量相关性研究[J].玉米科学,2007,15(4):100—104.
- [6] 史新海,李可敬,孙为森,等.山东省不同年代玉米杂交种主要农艺性状演变规律的研究[J].玉米科学,2000,8(2):33—35.
- [7] 张泽民,刘丰明,李雪英.河南省 1963~1993 年玉米杂交种籽粒产量及其组成性状的遗传增益[J].作物学报,1998,24(2):182—186.
- [8] 周玉芝,段会军,姬惜珠,等.河北省夏播玉米品种主要农艺性状演变规律的研究[J].河北农业大学学报,2005,28(2):1—4.
- [9] 霍仕平,晏庆九,张健,等.我国西南区近 20 年玉米杂交种籽粒产量及相关性状的遗传增益[J].杂粮作物,2001,21(1):5—8.
- [10] 柳家友,柏志安,吴伟华.玉米杂交种主要穗部性状之演变及对育种目标的影响[J].玉米科学,2004,12(专刊):3—4.
- [11] 谢振江,李明顺,徐家舜,等.遗传改良对中国华北不同年代玉米单交种产量的贡献[J].中国农业科学,2009,42(3):781—789.
- [12] 莫惠栋.农业试验统计[M].上海:上海科技出版社,1984:537—545.

Ear traits evolution in process of Northern maize cultivars substitution and their relationships with yield

WANG Xiao-dong¹, SHI Zhen-sheng¹, LI Ming-shun², LU Jun-tian¹

(1. Shenyang Agricultural University, Research Institute of Specialty Corn, Shenyang, Liaoning 110866, China;

2. Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: By the research on ear traits of 4 representative native cultivars and 31 hybrids of North China since the 1950s, the author wanted to reveal panicle traits evolution of different decade cultivars and their relationships with yield. The results showed that: yield per unit area and grain yield per plant greatly increased and ear diameter, ear length, grain depth, grains per spike and kernel weight showed an upward trend with the evolution of cultivars; barren ear tip percentage and seed-producing rate have been never positively modified since the 1980s and showed a downward trend; in the main ear characters of the research, ear diameter made the greatest contribution to grain yield per plant (direct path coefficient DPC = 0.4718), followed by ear length (DPC = 0.4249) and seed-producing rate (DPC = 0.3173); the total effects of ear diameter, ear length and grains per row were the first three.

Keywords: maize cultivars; ear traits; evolution law; path analysis