

气象因子对河南省夏玉米产量与品质的影响

段鹏飞 刘天学 赵春玲 张学林 李潮海

(河南农业大学农学院,河南 郑州 450002)

摘要:以郑单 958、浚单 20、登海 662 三个高产玉米品种为材料,于 2007-2008 年在河南省 4 个生态区(豫南、豫中、豫东、豫北)研究了气象因子对河南省夏玉米产量与品质的影响。结果表明:4 个生态区的玉米产量表现为豫北>豫东>豫中>豫南,其中豫北玉米 2 年平均产量为 708.5kg/667m²,显著高于其他 3 个生态区。豫东玉米籽粒中粗淀粉、粗脂肪和赖氨酸的含量较高,豫北玉米籽粒中粗蛋白含量较高,豫中玉米籽粒中粗蛋白、粗脂肪和赖氨酸的含量较低。玉米籽粒产量与生育期光照时数、吐丝后光照时数呈极显著正相关($r=0.97, 0.92$),与生育期总降水量呈极显著负相关($r=-0.88$);籽粒中粗蛋白含量与生育期光照时数、吐丝后光照时数和吐丝后日均光照时数呈极显著正相关($r=0.76, 0.85, 0.88$),气象因子与粗淀粉、粗脂肪及赖氨酸的相关性均未达到显著水平。试验表明:在豫北,光照、吐丝后光照、吐丝后日均光照充足是籽粒高产优质的有利因素;在豫南,降雨较多限制了产量的形成;在豫中,生育期积温、吐丝后积温、吐丝后日均积温较高不利于粗淀粉、粗脂肪及赖氨酸的形成积累;在大气湿度较高的豫东,则有利于粗淀粉、粗脂肪及赖氨酸的形成积累。

关键词:气象因素;玉米产量;籽粒品质

EFFECTS OF CLIMATIC FACTORS ON GRAIN YIELD AND QUALITY OF SUMMER CORN IN HENAN PROVINCE

DUAN Peng-fei LIU Tian-xue ZHAO Chun-ling ZHANG Xue-lin LI Chao-hai

(Agronomy college, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

Abstract: Experiments with maize cultivar ZD958, XD20 and DH662 planting on farmland of four ecological area (YS, YE, YM and YN mean area in south part, east part, middle part and north part) in Henan province) were conducted to study the effects of climatic factors on grain yield and quality of summer maize, during 2007 and 2008. Results showed that, the order of average grain yield of maize of two years was YN > YE > YM > YS. Among them, the average grain yield of maize in YN was 708.5kg/667m², which was much higher than that in the other ecological areas. Among four ecological area, the contents of crude starch, crude fat and lysine of grain in YE, crude protein in YN were higher, while crude protein, crude fat and lysine in YM were lower. The grain yield had positive correlation with illumination hours during the whole growth stage and illumination hours per day after silking ($r=0.97$ and 0.92 respectively), and had a negatively correlated relationship with total rainfall during the whole growth stage ($r=-0.88$). The crude protein content had positively correlated relationships with illumination hours during the whole growth stage, illumination hours after silking and illumination hours per day after silking ($r=0.76, 0.85$ and 0.88 , respectively), while the contents of crude starch, crude fat and lysine of grain had no significant correlation with climatic factors. Test showed that, sufficient illumination, illumination hours after silking and illumination hours per day after silking were the favorable

收稿日期:2010-07-01 收稿日期:2010-10-25

基金项目:河南省重大科技专项(081100110400),公益性行业(气象)科研专项(GYHY201006041),河南省重大科技攻关计划(102101110300)

作者简介:段鹏飞(1983-),男,河南驻马店人,硕士,研究方向为玉米生理生态。E-mail:dpf19830905@126.com

通讯作者:李潮海(1956-),男,河南巩义人,教授,博士,研究方向为玉米生理生态。E-mail:lichao hai2005@yahoo.com.cn

factors of high-yield , high-quality grain in YN; rainfall more limited yield formation in YS; higher accumulated temperature , accumulated temperature after silking and accumulated temperature per day after silking were against crude starch , crude fat and lysine formation accumulation in YM; the air humidity higher in YE , was helpful for crude starch , crude fat and lysine formation accumulation.

Key words: climatic factor; maize yield; grain quality

玉米产量与籽粒品质既受遗传因素控制,又受生态环境和栽培措施的影响^[1,2]。随着生产条件的改善和产量水平的提高,气候因子对玉米生产的作用愈发显得重要^[2-4]。光、热、水与二氧化碳是玉米生长发育和产量形成的基本要素,也是影响玉米籽粒品质的重要生态因子^[5,6]。河南省地处我国中东部的中纬度内陆地区,具有自南向北由北亚热带向暖温带过渡、自东向西由平原向丘陵山地过渡的气候特征,不同生态区气候条件差异较大,对玉米产量影响显著^[7]。因此,比较研究河南省不同生态区玉米产量和品质的差异,分析气象因子与玉米产量、品质的关系具有重要意义。本文以郑单 958、浚单 20、登海 662 三个高产优质、种植面积较广的国审品种为材料,在豫南、豫中、豫东、豫北 4 个生态区 8 个试验点种植,比较 4 个生态区玉米产量和品质的差异,系统分析气象因素与玉米产量和品质的关系,以期对高产优质玉米品种的生态区划和科学种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试玉米为 3 个在河南省推广面积较广且高产的品种,即郑单 958 (ZD958)、浚单 20 (XD20)、登海 662 (DH662)。

1.2 试验设计

试验于 2007 年 - 2008 年在豫南 (方城 E112°98' N33°25', 西平 E114°00' N 33°38')、豫东 (太康 E114°85' N 34°06', 兰考 E114°81' N 34°69')、豫中 (许昌 E113°51' N 34°01', 郑州 E113°65' N34°58') 和豫北 (温县 E113°38' N 35°10', 浚县 E114°54' N 35°67') 进行。各生态区气象资料与土壤基础肥力分别见表 1 和表 2。每个试验点采用完全随机区组排列,3 次重复,宽窄行播种,宽行 70cm、窄行 50cm,每小区播 6 行,小区面积 21.6 m²,种植密度为 60000 株/hm²。分别在

表 1 2007 - 2008 年河南省不同生态区气象资料

Table 1 Climatic data of different ecological areas in Henan province during 2007 and 2008

生态区 ecological area	2007					2008				
	YS 豫南	YM 豫中	YE 豫东	YN 豫北	平均 average	YM 豫南	YM 豫中	YE 豫东	YN 豫北	平均 average
生育期积温 accumulated temperature in whole growth stage (°C)	2942.5	3000.5	2929.5	2948.5	2955.3	2946.5	2998.5	2903	2936.5	2946.1
吐丝后积温 accumulated temperature after silking (°C)	1431	1450.5	1415	1404	1425.1	1404.5	1435	1400	1395.5	1408.8
吐丝后日均积温 accumulated temperature per day after silking (°C)	23.9	24.2	23.6	23.4	23.8	23.4	23.9	23.3	23.3	23.5
生育期光照时数 illumination hours in whole growth stage (h)	483.6	542.4	514.1	646.7	546.7	545.15	489.3	535.9	627.6	549.5
吐丝后光照 illumination hours after silking (h)	256.7	265.3	256.5	329.8	277	306.9	252.2	302.1	304.1	291.3
吐丝后日均光照 illumination hours per day after silking (h)	4.3	4.4	4.3	5.5	4.6	5.1	4.2	5	5.1	4.9
生育期总降水 total rainfall in whole growth stage (mm)	780.6	560.7	565	307.3	553.4	506.7	445.7	430.7	316.8	425
平均大气湿度 average atmosphere humidity	78.17	72.25	83.42	72.25	76.52	81.17	74.75	83.25	74.92	78.52

注:表中 YS、YM、YE 和 YN 分别表示豫南、豫中、豫东和豫北。下同。

Note: YS, YM, YE and YN mean Yunan, Yuzhong, Yudong and Yubei, respectively. The same as following table.

表 2 河南省不同生态区土壤基础肥力

Table 2 Different ecological areas basic fertility of the experiment land

土壤深度 soil depth (cm)	生态区 ecological zone	有机质 organic matter (g/kg)	碱解氮 available nitrogen (mg/kg)	速效磷 available phosphorus (mg/kg)	速效钾 available potassium (mg/kg)
0 ~ 20	豫南 YS	15.25	95.68	14.84	139.50
	豫中 YD	13.67	87.36	19.05	191.95
	豫东 YE	8.52	58.35	23.58	145.55
	豫北 YN	15.14	66.55	32.46	149.45
20 ~ 40	豫南 YS	8.37	53.52	3.22	130.59
	豫中 YD	11.58	65.79	15.64	159.22
	豫东 YE	7.53	47.31	6.35	95.25
	豫北 YN	7.37	35.78	3.48	92.06

拔节期和大喇叭口期进行施肥 2 次施肥量约折合每 hm^2 施纯 N 360kg、 P_2O_5 180kg、 K_2O 180kg,其他管理同一般高产田。两年同一生态区播种时间相同,豫南、豫东、豫中和豫北分别为 6 月 2 日、6 月 8 日、6 月 5 日、6 月 9 日。

1.3 测定项目

1.3.1 考种计产 每小区收中间 2 行进行考种计产。

1.3.2 品质测定 采用 MATRIX-I 型傅立叶变换近红外光谱仪(德国 BRUKER 公司)测定玉米籽粒粗蛋白、粗淀粉、粗脂肪、赖氨酸含量。将 30 ~ 50g 籽粒样品盛于直径 2cm 的旋转样品池中,扫描波长 800 ~ 2400nm,为消除样品粒度大小、均匀性不一致等因素对光谱的影响,每个样品均重复取样 3 次。

1.4 数据分析

采用 Excel 数据分析软件对产量、品质进行统计分析;用 DPS7.05 对不同生态区不同品种产量、品质、气象数据等进行联合方差和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同生态区夏玉米产量、品质性状方差分析

由表 3 可以看出,不同年份间玉米籽粒粗蛋白、粗淀粉、粗脂肪、赖氨酸的含量差异达到极显著水平,地点与年份互作对籽粒产量、粗蛋白、粗脂肪和赖氨酸含量的影响达到显著或极显著水平,品种与年份互作对赖氨酸含量的影响达到极显著水平。

表 3 不同玉米品种产量、品质方差分析(F 值)

Table 3 Variance analysis of grain yield and quality of maize (F value)

变异来源 source of variance	产量 yield	粗蛋白 crude protein	粗淀粉 crude starch	粗脂肪 crude fat	赖氨酸 lysine
年份间 years	1.21	10.49 **	76.50 **	35.32 **	417.96 **
地点间 locations	5.01*	0.97	3.59*	0.57	6.62*
品种间 cultivars	3.64	2.04	15.40*	2.94	0.85
地点×年份 location × year	3.05*	12.67 **	2.22	22.92 **	22.29 **
品种×年份 cultivar × year	0.14	1.50	0.99	0.44	7.88 **
地点×品种 location × cultivar	0.82	0.77	7.92*	4.94*	1.00
地点×品种×年份 location × cultivar × year	0.94	1.70	0.11	0.42	1.32

注:* , ** 分别表示 5% 和 1% 水平的差异显著性。

Note:* , ** means significant difference at 0.05 , 0.01 level , respectively.

2.2 不同生态区夏玉米品种的产量、品质差异

2.2.1 产量差异 连续 2 年的平均值显示(表 4) 在豫南、豫中,郑单 958 和登海 662 两年平均产量均达到 $580\text{kg}/667\text{m}^2$ 以上,而浚单 20 两年平均产量不足 $550\text{kg}/667\text{m}^2$;在豫东,登海 662 和浚单 20 两年平均产量均达到 $600\text{kg}/667\text{m}^2$ 以上,而郑单 958 两年平均产量为 $582.1\text{kg}/667\text{m}^2$;在豫北,浚单 20 和登海 662 两

年平均产量分别为 732.7 、 $714.1\text{kg}/667\text{m}^2$,而郑单 958 两年平均产量为 $679.1\text{kg}/667\text{m}^2$;2 年区域平均产量表现为:豫北 > 豫东 > 豫中 > 豫南。结果提示,同一高产品种在不同生态区的产量表现差异较大,登海 662 的生态适应性较好,在 4 个生态区均表现出较高的产量,浚单 20 在豫东和豫北的适应性较好,而郑单 958 在豫南和豫东的适应性较好;河南省不同生态区间玉米产

表4 河南省不同生态区不同品种2007-2008年产量差异

Table 4 Grain yield of different ecological areas in Henan province during 2007 and 2008 (kg/667m²)

生态区 ecological area	2007			2008			2年平均 average yield of two years			区域平均 average of area
	郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	
豫南 YS	534.5	536.0	537.5	633.5	534.0	626.8	584.0	535.0	582.1	567.1 b
豫中 YD	559.5	525.0	597.5	616.4	558.0	570.1	587.9	541.5	583.8	571.1 b
豫东 YE	572.0	571.2	571.8	592.2	639.1	655.6	582.1	605.1	613.7	600.3 b
豫北 YN	719.0	730.4	774.9	639.2	734.4	653.4	679.1	732.7	714.1	708.5 a

注:表中同栏标记不同字母的表示不同生态区之间差异显著($P < 0.05$)。下同。

Note: Datas in one column with different letters mean significant difference at $P < 0.05$ in different ecological area. The same as following table.

量总体表现为豫北高于豫南,豫东高于豫中。

2.2.2 品质差异 由表5可见,籽粒粗蛋白2年平均含量在同一生态区3个品种的差异不大,在不同生态区之间具有一定的差异,即在豫北和豫东含量较高(9.0%~9.7%),在豫南和豫中含量较低(8.5%~8.8%),但差异未达到显著水平;籽粒粗淀粉2年平均含量在4个生态区均表现为郑单958最高,3个品种在不同生态区的表现趋势也基本一致,即在豫中和豫东含量较高(74.0%~76.0%),豫南次之(73.9%~74.8%),豫北最低(73.1%~74.9%),且豫北与豫中

和豫东的差异达到显著水平;籽粒粗脂肪2年平均含量3个品种均表现在豫中最低,但与其他3个生态区之间的差异均不显著;籽粒赖氨酸2年平均含量3个品种在豫东含量均为0.4%,显著高于其他3个生态区的0.3%。结果表明,在豫北生态区有利于玉米籽粒粗蛋白的形成,豫东和豫中生态区有利于玉米籽粒粗淀粉积累,豫东生态区有利于玉米籽粒粗脂肪和赖氨酸的合成。总的来说,豫东生态区玉米籽粒品质较好,其次是豫北和豫南,豫中玉米品质相对较差。

表5 2007-2008年河南省不同生态区玉米籽粒品质差异

Table 5 Grain quality difference of maize on different ecological areas in Henan province during 2007 and 2008

(%)

项目 item	区域 area	2007			2008			2年平均 average yield of two years			区域平均 average of area
		郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	郑单 958 ZD958	浚单 20 XD20	登海 662 DH602	
粗蛋白 crude protein	豫南 YS	8.9	8.6	8.8	8.7	9.0	8.9	8.8	8.8	8.8	8.8 a
	豫中 YM	8.4	8.9	8.6	8.6	8.7	9.1	8.5	8.8	8.8	8.7 a
	豫东 YE	8.5	8.5	8.5	10.0	9.7	9.6	9.3	9.1	9.1	9.1 a
	豫北 YN	8.8	10.1	10.0	9.3	9.3	9.3	9.0	9.7	9.6	9.5 a
粗淀粉 crude starch	豫南 YS	73.1	72.7	72.4	76.6	76.6	75.4	74.8	74.6	73.9	74.5 ab
	豫中 YM	74.7	72.9	73.1	77.2	75.8	75.1	76.0	74.4	74.1	74.8 a
	豫东 YE	74.8	74.2	73.6	76.2	76.4	74.4	75.5	75.3	74.0	74.9 a
	豫北 YN	73.7	72.0	71.8	76.2	75.4	74.4	74.9	73.6	73.1	73.9 b
粗脂肪 crude fat	豫南 YS	4.6	4.6	4.1	3.3	3.2	3.0	4.0	3.9	3.5	3.8 a
	豫中 YM	4.0	4.3	3.9	2.7	3.1	2.7	3.3	3.7	3.3	3.5 a
	豫东 YE	4.0	3.8	3.3	4.5	4.1	4.3	4.2	4.0	3.8	4.0 a
	豫北 YN	4.1	4.0	4.3	3.4	3.4	3.6	3.8	3.7	4.0	3.8 a
赖氨酸 lysine	豫南 YS	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3 b
	豫中 YM	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3 b
	豫东 YE	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4 a
	豫北 YN	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3 b

2.3 主要气象因子与夏玉米产量、品质的关系

对主要气象因子和玉米产量与品质的关系进行相关分析,结果表明(表6),籽粒产量与玉米生育期光照时数、吐丝后光照时数呈极显著正相关($r = 0.97$ 、

0.92),与吐丝后日均光照时数呈显著正相关,与生育期积温呈正相关;与生育期降水总量呈极显著负相关($r = -0.88$),与吐丝后日均积温和吐丝后积温呈负相关。

表 6 品种产量、籽粒品质与气象因子相关分析

Table 6 The relationship between climatic factors and summer maize yield or grain quality

项目 item	产量 yield	粗蛋白 crude protein	粗淀粉 crude starch	粗脂肪 crude fat	赖氨酸 lysine
生育期积温 accumulated temperature in whole growth stage	0.16	0.35	-0.17	-0.02	-0.62
吐丝后积温 accumulated temperature after silking	-0.27	-0.19	0.6	-0.38	0.42
吐丝后日均积温 accumulated temperature per day after silking	-0.72	-0.4	-0.24	0.24	-0.2
生育期光照时数 illumination hours in whole growth stage	0.97**	0.76 ⁺	-0.33	0.01	-0.13
吐丝后光照时数 illumination hours after silking	0.92**	0.85 ⁺	0.03	0.11	-0.15
吐丝后日均光照时数 illumination hours per day after silking	0.85 ⁺	0.88**	0.22	0.02	-0.15
生育期总降水量 total rainfall in whole growth stage	-0.88**	-0.7	-0.16	0.4	0.51

吐丝后日均光照时数与玉米籽粒粗蛋白含量呈极显著正相关 ($r = 0.88$), 生育期光照时数、吐丝后光照时数与籽粒粗蛋白含量呈显著正相关 ($r = 0.76$ 、 0.85), 生育期积温与籽粒粗蛋白含量呈正相关, 吐丝后积温、吐丝后日均积温、降水量与籽粒粗蛋白含量呈负相关; 粗淀粉含量与吐丝后日均光照时数、吐丝后光照时数、吐丝后积温呈正相关, 与积温、吐丝后日均积温、光照时数、降水量呈负相关; 粗脂肪含量与降水量、吐丝后日均积温、吐丝后光照时数、吐丝后日均光照时数呈正相关, 与积温、吐丝后积温呈负相关; 赖氨酸含量与吐丝后积温、降水量呈正相关, 与吐丝后日均积温、光照时数、吐丝后日均光照呈负相关; 粗淀粉、粗脂肪和赖氨酸含量与气象因子关系未达到显著水平。

3 讨论

不同生态环境对玉米产量的影响较大^[7,8]。在统一施肥管理的方式下, 张泽民等对 2 年 8 个点的研究表明, 气象条件是产量差异的主要来源^[8]。光照与积温对形成玉米产量 3 个因素(单位面积穗数、穗粒数、千粒重)的形成起着重要作用, 穗数的多少取决于全生育期的光照时数和有效积温数, 穗粒数决定于抽丝后有效灌浆时间的长短、吐丝后日均光照时数和日均温, 粒重与气温日较差呈显著正相关^[9-12]。本研究连续 2 年的试验结果也表明, 气象条件是产量差异的主要来源。2007-2008 年河南省不同生态区玉米生育期积温、吐丝后日均温差异并不明显, 不同生态区光照时数、降水量在玉米生育期差异相对明显(表 1), 所以充足的光照有利于河南省玉米产量的形成, 而较多降水量则不利于玉米产量的增加(表 6), 这与前人的研究结果^[2,7,13]是一致的。

玉米的不同生育时期都有一个适宜的日照时数, 特别是乳熟至成熟期光照不足, 对籽粒品质影响更大^[13,14]。一般认为, 玉米籽粒的营养成分与环境条件

的关系, 表现为纬度低、温度高, 则籽粒蛋白质含量较高, 脂肪含量偏低^[15]; 而降雨通过提高淀粉产量, 稀释籽粒氮含量或对土壤有效氮的淋溶和反消化作用而减少籽粒蛋白质的形成^[16]。本研究表明, 充足的花后光照是粗蛋白、粗脂肪积累形成的关键气象因子, 吐丝后积温与粗淀粉、赖氨酸含量呈正相关, 而较多吐丝后积温限制了粗蛋白、粗脂肪的后期转运积累, 与粗淀粉正好相反, 这一研究结果与刘淑云等人研究结果^[12]是一致的。吐丝后日均温适宜程度为粗淀粉形成的限制气象因素, 吐丝后日均光照时数的增加有利于粗淀粉的形成, 却限制了赖氨酸形成积累; 降水量与粗脂肪和赖氨酸含量呈正相关, 而与粗蛋白含量呈负相关。

4 结论

河南省不同生态区的玉米产量以豫北最高, 其次是豫东和豫中, 豫南最低。玉米籽粒品质豫东较好, 豫中较差。生育期较长的光照时数和吐丝后光照时数有利于玉米籽粒产量的形成, 而较多的降水有减产趋势。增加吐丝后日均光照时数有利于提高籽粒中粗蛋白的含量, 而单因子气象因素对籽粒中粗淀粉、粗脂肪及赖氨酸的含量影响不显著。

参考文献:

- [1] 贾士芳, 董树亭, 王空军, 张吉旺, 李从锋. 玉米花粒期不同阶段遮光对籽粒品质的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(12): 1960-1967
- [2] Bunting E S. Accumulated temperature and maize development in England[J]. J Agric Sci camb, 1976, 87(3): 577-583
- [3] 胡昌浩. 玉米栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [4] 金之庆. 评价全球气候变化对我国玉米生产的系列影响[J]. 作物学报, 1996, 22(5): 513-524
- [5] 郑洪建, 董树亭, 郭玉秋, 王空军, 胡昌浩, 张吉旺. 生态因素对不同类型玉米品种生长特性的影响[J]. 华北农学报, 2002, 17(1): 25-29

(下转第 396 页)