

# 黑龙港地区夏播早熟玉米区气候资源研究\*

——以河北省沧州市为例

肖荷霞 陈建忠 李桂荣

肖云清

(河北省沧州市农林科学院 沧州 061001) (宁夏回族自治区气象局 银川 750001)

**摘要** 对黑龙港地区沧州市夏播早熟玉米区气候资源的研究表明,该区夏播早熟玉米穗粒数和粒重决定期中温度是对产量影响最大的气候因子,降雨量次之,而粒重决定期综合气候生态作用相对更大,所引起的粒重变化是穗粒数决定期综合气象作用的2倍。玉米籽粒决定期日均气温、日照时数、降雨量与穗粒数分别为正对数、正指数及负幂函数曲线关系,玉米籽粒灌浆期间粒重与日均气温呈负线性关系,与气温日较差呈正线性关系,与降雨量呈二次曲线关系。该区种植早熟玉米品种粒数决定期一般年份雨水偏多,粒重决定期则多数年份降雨不足,灌浆期热量资源过盛。

**关键词** 黑龙港 夏播早熟玉米区 气候资源

**Research on climatic resources in Heilonggang summer early-maturing district.** XIAO He-Xia, CHEN Jian-Zhong, LI Gui-Rong(Cangzhou Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Cangzhou 061001), XIAO Yun-Qing (Meteorology Bureau of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750001), *CJEA*, 2001, 9(4): 91~93

**Abstract** Climatic resources in Heilonggang summer early-maturing district are researched. The results show that temperature is always the most important factor in all the climatic factors in the grain number and grain weight deciding period. The second important factor is the rainfall. The comprehensive effect of all climatic factors is more greater in the grain weight deciding period than the grain number deciding period. The effect of grain weight changes is double that of the grain number. The relationships of the ear grain number with daily mean temperature, daily sunshine time, and the amount of precipitation are positive logarithmic function, positive exponential function, and negative power function. During filling period there are negative and positive linear function relationships of grain weight with daily mean temperature and daily range of temperature. The relationship of the amount of precipitation with the grain weight is quadratic curve function. Comprehensively, growing early-maturing corn breeds in this area, the rainfall is generally surplus in the grain number deciding period, but in the filling period the rainfall is generally shortage. The quantity of heat is superfluous.

**Key words** Heilonggang, Summer early-maturing district, Climatic resources

对河北省黑龙港地区沧州市气候资源进行了研究,明确了各气候因子目前利用状况、各种资源的多寡盈亏及其对产量构成因素的作用方式,为确立当地与同类地区适宜耕作制度、制定合理的育种目标和实施有效栽培管理措施,充分利用气候资源提供理论依据。

## 1 试验材料与方法

试验于1987~1995年在河北省沧州市农林科学院试验地进行,供试土壤为粘壤土,中等肥力,每 $\text{hm}^2$ 年施N肥(尿素)300kg,依靠自然降雨,生长期不灌水,于6月15~22日播种,小区面积 $150\text{m}^2$ ,留苗密度6万株/ $\text{hm}^2$ 。选种当地主栽且连续9年作为河北省统一早熟对照种“冀单17号”(生育期90~92d)。以1987~1995年所调查的每穗粒数和千粒重分别为依变量,以夏玉米决定每穗粒数临界期<sup>[1]</sup>(抽丝前后各15d即7月25日~8月25日)各气候因子和籽粒灌浆期各气候因子为自变量,采用《农业气象中的统计方法》<sup>[2]</sup>中的统计原理和分析方法进行相关回归分析。气象资料来源于沧州气象站。

## 2 结果与分析

### 2.1 气候因子对穗粒数的影响

\* 河北省科委重点项目部分研究内容

收稿日期:2000-04-26 改回日期:2000-06-26

研究表明,同一基因型年际间穗粒数的变异系数为8.5%,这种变化在土壤肥力试验栽培条件相对一致的情况下,主要是生态环境中气象因素所造成。初步分析得知,决定每穗粒数临界期间的气候因子日均气温、日照时数、降雨量、水热比(≥10℃积温与降雨量之比)、干燥度(降雨量与蒸发量之比)与穗粒数存在极显著相关关系分别为0.9507\*\*、0.8046\*\*、-0.9183\*\*、0.9672\*\*和-0.8475\*\*),而此间气温日较差、≥10℃年积温和蒸发量则与穗粒

表1 温度、光照、水热比、降雨量、干燥度与穗粒数的关系

Tab.1 The relationships of ear grain number with temperature, sunshine, ratio of temperature and precipitation, rainfall, and degree of aridity

每穗粒数 Ear grain number	日均气温/℃ July mean temperature	日照时数/h Sunshine time	水热比 Ratio of temperature and precipitation	降雨量/mm Rainfall	干燥度 Degree of aridity
387.5	26.49	7.39	3.222	304.2	1.133
401.5	26.92	5.68	4.104	242.7	1.680
419.5	26.99	7.24	4.511	221.4	0.795
409.5	26.45	7.42	4.399	222.5	0.823
438.5	27.30	8.39	5.451	190.3	0.740
391.0	26.47	4.68	4.385	241.5	0.834
360.5	25.27	4.94	2.903	323.0	1.356
460.0	28.37	8.57	6.796	146.1	0.560
355.5	25.47	5.59	2.300	435.2	2.064

数相关关系不显著(分别为0.092、0.3131和0.3943)。各气候因子与每穗粒数的函数关系研究表明,该区日均气温(T)、日照时数(S)、降雨量(R)、水热比(KW)、干燥度(K)诸因子与夏玉米每穗粒数为极显著线性或非线形关系(见表1)。其中日均气温与穗粒数关系呈对数曲线,日照时数与穗粒数呈指数曲线,水热比与穗粒数为线性关系、降雨量和干燥度与穗粒数呈幂函数曲线关系,各关系回归方程式为:

$$\hat{N} = 2157.661gT - 2672.57 \quad F_{(1,7)} = 85.7700^{**} \quad R = 0.9615 \quad (1)$$

$$\hat{N} = 294.11e^{0.0466S} \quad F_{(1,7)} = 13.9859^{**} \quad R = 0.8164 \quad (2)$$

$$\hat{N} = 1646.45R^{-0.256} \quad F_{(1,7)} = 96.6549^{**} \quad R = 0.9656 \quad (3)$$

$$\hat{N} = 399.95K^{-0.199} \quad F_{(1,7)} = 37.0288^{**} \quad R = 0.9171 \quad (4)$$

$$\hat{N} = 299.95 + 24.27KW \quad F_{(1,7)} = 101.5370^{**} \quad R = 0.9672 \quad (5)$$

式(1)~(5)表明,该区穗粒数与各气候因子选配的线性或非线形曲线关系较合理,其F值均达极显著水平,各回归效果达极显著水平。日均气温、水热比及日照时数的增加对穗粒数有正向作用。即该区内穗粒数形成期的光、热资源尚不充裕。随着温度和日照的增加,温度增粒作用逐渐减弱,光照增粒作用则逐渐增强。降雨量和干燥度与穗粒数呈负的幂函数关系,结果表明沧州市该阶段一般年份雨水偏多,水资源过盛,这与该区此期正处于全年降雨集中,易造成夏涝的生态特点一致。光、热、水综合效应对穗粒数的影响研究表明,夏玉米每穗粒数的增减并非某单个因子独立作用的结果,而是多个生态因子互相制约、协同影响的产物。因此利用逐步回归法对以上5个因子进行筛选,得到光、热、水与穗粒数的三元线性回归方程:

$$\hat{N} = 6.87 + 5.93S + 14.95T - 0.0163R \quad F_{(3,5)} = 94.1405^{**} \quad R = 0.9913 \quad (6)$$

回归效果达极显著水准,各自变量偏回归平方和显著性检验 $F_T = 9.9317, F_R = 12.212, F_S = 8.618$ ,均大于 $F_{0.05} = 6.616$ ,达显著水平, $R^2 = 0.9827$ 。这说明光、热、水主要气候因子均对夏玉米穗粒数有不同程度的影响。为分析3个自变量对穗粒数影响的大小,将式(6)转化成标准化数据方程:

$$\hat{N}' = 0.2548S' + 0.414T' - 0.407R' \quad (7)$$

由式(7)可知,光、热、水对夏玉米穗粒数的作用分别为23.6%、38.5%和37.9%,其中热、水作用更大。

## 2.2 气候因子对粒重的影响

调查数据分析,该区夏玉米千粒重与灌浆期间诸气候生态因子日均气温、气温日较差(T)、降雨量、日照时数的相关系数分别为-0.9018\*\*、0.8841\*\*、0.6558\*、-0.465。除日照时数未达显著水平外,其余均达显著或极显著水平。各气候因子与粒重的函数关系统计表明,该区日均气温和气温日较差对夏玉米粒重单

表2 温度、降雨量与千粒重的关系

Tab.2 The relationship of the 1000-grain weight with temperature and rainfall

千粒重/g 1000-grain weight	日均气温/℃ Daily mean temperature	气温日较差 Daily range of temperature	降雨量/mm Rainfall
381.2	23.94	9.06	279.6
346.3	24.51	8.95	129.5
351.7	24.53	9.27	41.7
371.3	23.96	9.14	128.0
300.0	26.41	6.72	24.1
439.5	18.16	10.62	158.1
357.4	24.04	8.92	109.1
325.0	26.70	8.72	23.0
354.0	24.03	8.61	92.5

因素作用均为线性关系,降雨量对粒重的影响呈二次曲线关系(见表2)。其方程式为:

$$\hat{W} = 713.85 - 14.603T \quad F_{(1,7)} = 31.42^{**} \quad R = -0.9018 \quad (8)$$

$$\hat{W} = 53.60 + 34.795T \quad F_{(1,7)} = 33.7653^{**} \quad R = 0.8841 \quad (9)$$

$$\hat{W} = 289.72 + 1.1117R - 0.00247R^2 \quad F_{(2,6)} = 7.5718^* \quad R = 0.8463 \quad (10)$$

式(8)~(10)各F值均达显著或极显著水平,表明各气候因子与粒重选配的线性或二次曲线是合理的,整个灌浆期日均气温18.16~26.7℃范围内随着温度的升高,粒重会随之下降,说明沧州市早熟夏玉米灌浆处于较高气温条件下,其热量资源超过

早熟夏玉米灌浆过程中光合作用与干物质积累的生理需求。这与传统的观点“气温 $\leq 16^{\circ}\text{C}$ 降低光合作用; $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 使籽粒迅速脱水,出现高温逼熟现象,导致籽粒瘪瘦,粒重减轻”的观点相吻合。气温日较差增大,有利于同化产物的积累,对提高粒重大有好处。利用(10)式对降雨量求偏导可知,灌浆期间降雨量在202.8mm以内,粒重随降雨量增加而增重,过后降雨量增加粒重将会下降。利用逐步回归法筛选自变量,得到粒重与日均气温、气温日较差、降雨量三元线性回归方程式:

$$W = 389.93 - 7.46T + 15.53T_r + 0.13R \quad F_{(3,5)} = 28.8365^{**} \quad R = 0.9669 \quad (11)$$

各自变量偏回归平方和显著性检验结果为 $F_T = 6.844^*$ ,  $F_{T_r} = 5.1360^*$ ,  $F_R = 4.8150^*$ ,  $R^2 = 0.9349$ ,说明3个自变量对粒重均有明显作用。将式(11)转化成标准化方程式:

$$\hat{W}' = -0.462T' + 0.3948T_r' + 0.2619R' \quad (12)$$

由式(12)可知,日均气温、气温日较差、降雨量对粒重的作用分别占41.2%、35.2%和23.6%,说明籽粒灌浆期间温度是最重要的制约因素,该区种植早熟玉米种热量资源不仅浪费,且产量受高温的影响而降低。

### 2.3 夏玉米前、后期气候因子对产量的综合作用比较

夏玉米前、后期气候因子对产量综合作用的大小在各年栽培条件基本一致的前提下,可通过穗粒数与穗粒重对产量的决定作用来体现。研究结果表明,在控制单位面积一定株数的情况下,每穗粒数和粒重与夏玉米籽粒产量之间的复相关达极显著水平( $R = 0.9866^{**}$ )。据此,利用试验数据建立夏玉米产量( $Y$ )与每穗粒数( $N$ )和粒重的二元一次方程:

$$\hat{Y} = -238.1 + 0.6597N + 1.121W \quad F_{(2,6)} = 109.82^{**} \quad R = 0.9866 \quad (13)$$

回归效果达极显著水平。对2个自变量偏回归平方和显著性检验结果为 $F_N = 56.35 > F_{n, \alpha} = 13.74$ ;  $F_W = 219.02 > F_{n, \alpha} = 13.74$ ,均达极显著水平,表明2个自变量每穗粒数和粒重的变化对夏玉米籽粒产量均有极显著的制约作用。将(13)式方程进行标准化转化建立标准化回归方程式:

$$\hat{Y}' = 0.57N' + 1.12W' \quad (14)$$

由式(14)可知 $b_N' < b_W'$ ,穗粒数对产量的作用占33.7%、粒重作用占66.37%,表明该区内灌浆期各气候生态因子的综合作用大于籽粒决定期各因子的综合作用,因此对玉米生长后期的栽培管理尤其不可忽视。

## 3 小结与讨论

改早熟种植为中熟种植,玉米生育期长短决定着产量的高低,因此有条件的地方应尽可能种植生育期长一些的品种,这样可充分利用资源,在不增加投入下可增加产量,同时避免后期温度偏高对籽粒灌浆的影响。按全国和河北玉米种植区划<sup>[3]</sup>沧州市虽属于黄淮海夏播套种回茬早熟区,但上述分析表明该区种植早熟玉米种灌浆期平均气温与粒重呈负线性关系,气温日较差与粒重呈正线性关系,说明早熟种籽粒灌浆期处于较高温度下,若种植生育期较长的中熟玉米种,则灌浆时间后推,灌浆期日均气温降低,气温日较差增大均有利于灌浆的进行。按沧州市各县20年的平均结果,自6月20日~10月5日日均气温 $> 16^{\circ}\text{C}$ 的积温一般为2500~2600 $^{\circ}\text{C}$ ,基本可满足中熟种对热量资源的需求。因此该区正常播种条件下应改早熟种为中熟种植。据研究,该区一般管理条件下冬小麦播期早晚不是实现产量目标的限制因素<sup>[9]</sup>,因此这项改革将为该区粮食增产作出很大的贡献。加强前、后期水分管理,降雨量对穗粒数的作用是除温度以外最重要的影响因素。玉米籽粒决定期正值该区全年降雨最集中的季节,月降雨量 $\geq 200\text{mm}$ 的机率达80%以上。此阶段除个别年份出现伏旱外,多数年份存在夏涝的可能,对穗粒数影响较大,因此栽培管理要搞好排水和锄划散墒,以降低土壤湿度,促进根系发育,提高玉米穗粒数,增加产量。同时灌浆期降雨量对粒重的作用也仅次于温度,该区灌浆阶段 $\leq 150\text{mm}$ 降雨的机率占80%,多数年份水分不足,限制粒重的提高,而生产上该区农民一般没有后期补充水分的习惯,这严重影响了玉米粒重的提高。鉴于粒重对产量的重要作用,在玉米生长后期尤其是降雨偏少的年份必须适当补充水分,解除水分不足这个限制因子,辅以其他相应措施,以增加粒重,提高产量和资源利用率。

## 参 考 文 献

- 1 山东省农业科学院玉米研究所编著,玉米生理,北京,农业出版社,1987,287
- 2 杨永歧,农业气象中的统计方法,北京,气象出版社,1983
- 3 佟屏亚,中国玉米种植区划,北京,中国农业科技出版社,1991
- 4 兰林旺、周殿玺,小麦节水高产栽培,北京,北京农业大学出版社,1995