

纬度对甜高粱营养生长和籽粒产量的影响*

宋广巍 黎大爵

(中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要 为了解甜高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 各品种在我国的适应性, 在不同地区进行了‘意大利’、‘雷伊’、‘凯勒’、‘M-81E’的品种比较试验, 对各品种的生育期、株高、茎秆直径、茎秆重量、茎秆汁锤度、籽粒产量与纬度的关系进行了一元线性回归分析。结果表明: 纬度变化, 实际上是日照长度的变化, 对甜高粱营养生长有影响, 高纬度有利于其营养生长。各品种对纬度变化反应敏感程度从大到小为: ‘意大利’ > ‘M-81E’ > ‘凯勒’ > ‘雷伊’。纬度变化对甜高粱籽粒产量也有影响, 4个品种的敏感程度从大到小为: ‘意大利’ > ‘M-81E’ > ‘凯勒’ > ‘雷伊’, 4个品种的生育期、茎秆含糖量(汁锤度)、籽粒产量也随着纬度的增高而增加。

关键词 甜高粱; 营养生长; 籽粒产量; 纬度; 线性回归分析

The affect of latitude on the vegetative growth and seed yield of sweet sorghum Song Guangwei, Li Dajue (Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(4): 30~36

The effect of latitude on sweet sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench], including vegetative growth seed yield was reported. The comparative investigation was carried out in different areas of China. The results of linear regression analysis showed that the fluctuation of latitude influences the growth and high latitude is favorable condition to it. The effects of fluctuations of latitude are different on various cultivars, ‘Italian’ is the most sensitive ‘M-81E’, ‘Keller’ and ‘Wray’ successively. The fluctuation of latitude also effects the seed yield but not obviously. ‘Italian’ is the most sensitive, ‘M-81E’, ‘Keller’ and ‘Wray’ successively. At the same time, high latitude is beneficial to the brix in juice and the yield of seeds, in spite of any cultivar.

Key words *Sorghum bicolor* (L.) Moench; vegetative growth; seed yield; latitude; linear regression analysis

甜高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 是普通高粱的一个变种, 与普通高粱一样, 能结出优良的籽粒, 一般每 hm^2 籽粒产量 3 000~6 000 kg。但甜高粱的主要利用部位是富含糖分的茎秆, 通常植株高度为 3~5 m, 每 hm^2 茎秆产量可达 60 000~75 000 kg, 为世界上生物学产量最高的作物。甜高粱是四碳途径植物, 具有极高的光合效率, 生物量为甜菜和玉米的两倍, 居生物量能源系统中的第一位, 故有“高能作物”之称。现已成为新的能源作物、高产的糖料作物和优良的饲料作物。甜高粱茎秆可生产糖、高果糖和糖浆, 也可酿酒、制酒精和味精, 非常适合中国人多地少这一基本国情。对我国畜牧业、制糖、造纸及能源工业的发展将产生重要影响。

* 中国科学院重点项目(KJ952-S1-125)

宋广巍: 男, 1970年8月生, 硕士, 主要从事特种经济植物的研究。

收稿日期: 1999-06-14

甜高粱为短日照植物,各品种花器官形成所需的昼长差异很大。我国地处北半球,夏至白昼最长,地处北纬 47°23' 的齐齐哈尔夏至最大可能日照长度为 15 h 58 min,比北纬 20°02' 的海口市长 2 h 37 min。本文所述的纬度对甜高粱生长发育的影响,实际上指日照对甜高粱生长发育的影响^[1,2]。

目前我国引进的甜高粱品种多数来自美国,它们比热带高粱有更高的临界光周期,所需的昼长比热带光周期(在 11 h 6 min 开始)要高得多^[1]。了解这些甜高粱品种的适应性,有助于在这些地区进行甜高粱的推广与开发。中国科学院植物研究所植物园在各省科学技术委员会及科研、生产单位的大力协助下,从 1984 年开始,在全国进行了甜高粱引种及品种比较试验。为甜高粱的推广、利用提供理论依据。

1 材料与 方法

供试主要品种为‘意达利’(Italian)、“雷伊”(Wray)、“凯勒”(Keller)和‘M-81E’。

试验地选择土质、灌溉条件较好的土地,尽可能采取一致的栽培管理措施,以减少土壤条件与栽培管理对甜高粱生长与发育的影响。试验地点分别在云南永胜县(N26°39′)、福建松溪县(N27°03′)、湖南常德市(N29°06′)、江苏建湖县(N33°03′)、山东临清市(N36°51′)、山东齐河县(N37°)、天津市武清县(N39°22′)及北京市(N40°)。试验过程中,观察记载试验地点、试验地耕作及栽培管理情况。同时参照“甜高粱观察记载项目及标准说明”^[1],对甜高粱的物候期、主要特征特性、抗性等进行调查、观察记载。调查时采取对角线五点抽样法,从每个点取四周均不缺苗的 10 个相邻植株作样株求其平均数。

试验完成后,对产籽量和产籽量进行变量分析,统计分析各试验点和各品种的生育期、株高、茎秆直径、茎秆汁锤度、茎秆产量与籽粒产量。结果见表 1~4。然后对统计的数据进行一元线性回归分析,分析试点所处纬度与茎秆、纬度与籽粒的关系。其模型^[3]为:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$$

$$\epsilon \sim (0, \sigma^2)$$

其中 β_0 , β_1 , σ^2 是与 X 无关的未知常数。

X 为自变量,为非随机变量; Y 为因变量,为随机变量。

通过最小二乘法,拟合纬度与茎秆、纬度与籽粒的经验回归方程,并求其相关系数 r 。

其中,拟合经验回归线与 X 轴的夹角,代表随着 X (自变量)的变化, Y (因变量)的变化幅度。在本研究中, X 轴代表纬度, Y 代表甜高粱的生长发育特性(株高、茎秆直径、籽粒产量……),夹角愈大,表明纬度对甜高粱生长发育影响的程度愈大。反之表明 Y 对 X 的变化不敏感。

对于拟合经验回归线方程来说, β_1 代表随着 X (自变量)的变化, Y (因变量)的变化幅度。 β_1 越大,表明 Y 对 X 的变化越敏感。反之,则表明 Y 对 X 的变化不敏感。在本研究中, X 代表纬度, Y 代表甜高粱的生长发育特性(株高、茎秆直径、籽粒产量……), β_1 愈大,表明纬度对甜高粱生长发育影响程度愈大。

2 结果与分析

将甜高粱品种‘意达利’、‘雷伊’、‘凯勒’和‘M-81E’在各试点(以纬度的形式表示)的试验结果分别归纳于表1至表4中。可以看出,对于每个品种,生育期随着纬度的增高而增加,而且其茎秆含糖量(汁锤度)和籽粒产量也随着纬度的增高而增加。

表1 纬度对甜高粱‘意达利’生长发育的影响

Tab 1 The effect of latitude on the characteristics of sweet sorghum ‘Italian’

纬度 Latitude	地区 Locality	生育期 Growing period (days)	株高 Plant height (cm)	茎秆直径 Diameter of middle stem (cm)	茎秆汁锤度 Brix in juice (°)	茎秆产量 Yield of stripped stem (kg/hm ²)	籽粒产量 Seed yield (kg/hm ²)
N26°39′	云南永胜县 Yongsheng, Yunnan	107	167.1	1.20	12.20	28 001.3	2 087.3
N27°03′	福建松溪县 Shongxi, Fujian	110	196.0	1.45	16.22	29 250.0	1 950.0
N29°06′	湖南常德市 Changde, Hunan	109	245.0	1.69	17.30	41 662.5	2 025.0
N33°03′	江苏建湖县 Jianhu, Jiangsu	115	223.0	1.70	16.90	46 503.8	2 125.5
N36°51′	山东临清市 Linqing, Shangdong	120	230.0	1.71	16.70	48 375.0	2 419.5
N37°	山东齐河县 Qihe, Shangdong	131	256.0	1.72	18.40	44 017.5	2 328.0
N39°22′	天津市武清县 Wuqing, Tianjin	104	311.0	1.73	18.40	45 000.0	2 250.0
N40°	北京市 Beijing	128	328.0	1.98	18.90	45 163.5	2 596.5

表2 纬度对甜高粱‘M-81E’生长发育的影响

Tab 2 The effect of latitude on the characteristics of sweet sorghum ‘M-81E’

纬度 Latitude	地区 Locality	生育期 Growing period (days)	株高 Plant height (cm)	茎秆直径 Diameter of middle stem (cm)	茎秆汁锤度 Brix in juice (°)	茎秆产量 Yield of stripped stem (kg/hm ²)	籽粒产量 Seed yield (kg/hm ²)
N26°39′	云南永胜县 Yongsheng, Yunnan	145	316.0	2.45	16.10	63 000.0	4 500.0
N27°03′	福建松溪县 Shongxi, Fujian	135	330.0	2.35	15.30	66 262.5	4 200.0
N29°06′	湖南常德市 Changde, Hunan	149	319.8	2.25	15.11	66 502.5	3 400.5
N33°03′	江苏建湖县 Jianhu, Jiangsu	155	412.0	2.21	17.30	78 732.0	3 759.0
N36°51′	山东临清市 Linqing, Shangdong	168	376.0	2.80	18.20	79 800.0	3 450.0
N37°	山东齐河县 Qihe, Shangdong	149	418.0	2.88	17.30	80 640.0	4 500.0
N39°22′	天津市武清县 Wuqing, Tianjin	152	400.5	2.65	16.40	66 120.0	3 619.5
N40°	北京市 Beijing	163	428.0	2.79	16.50	75 000.0	5 250.0

纬度对不同甜高粱品种株高、茎秆直径、茎秆汁锤度和籽粒产量影响的经验回归线分别见图1至图4。

从图1及拟合经验回归方程可以看出,纬度变化对4个品种的株高有不同程度的影响,其中‘雷伊’对于纬度的变化最不敏感(其决定系数 $R^2 = 0.4767$),经验回归线是一条较为平缓的直线,而‘意达利’对纬度变化最敏感(其决定系数 $R^2 = 0.8786$)。4个品种对纬度变化反应敏感程度从大到小为:‘意达利’>‘M-81E’>‘凯勒’>‘雷伊’。对于茎秆直径和甜高粱茎秆汁锤度,也表现出与株高一致的规律(见图2与图3)。这表明,在满足甜高粱所需要积温的前提下,纬度越高,营养生长越好,即长日照有利于甜高粱的营养生长。

表 3 纬度对甜高粱‘勤凯’生长发育的影响

Tab 3 The effect of latitude on the characteristics of sweet sorghum ‘Keller’

纬度 Latitude	地区 Locality	生育期 Growing period (days)	株高 Plant height (cm)	茎秆直径 Diameter of middle stem (cm)	茎秆汁锤度 Brix in juice (°)	茎秆产量 Yield of stripped stem (kg/hm ²)	籽粒产量 Seed yield (kg/hm ²)
N26°39′	云南永胜县 Yongsheng, Yunnan	110	292.0	1.68	18.10	63 742.5	1 875.0
N27°03′	福建松溪县 Shongxi, Fujian	127	295.0	1.70	22.40	37 470.0	2 670.0
N29°06′	湖南常德市 Changde, Hunan	122	345.0	2.00	21.50	57 546.0	2 775.0
N33°03′	江苏建湖县 Jianhu, Jiangsu	118	378.0	1.88	20.60	73 030.5	1 950.0
N36°51′	山东临清市 Linqing, Shangdong	126	355.0	1.78	21.00	48 337.5	1 881.0
N37°	山东齐河县 Qihe, Shangdong	129	366.7	1.71	18.60	54 165.0	2 265.0
N39°22′	天津市武清县 Wuqing, Tianjin	122	380.5	2.00	21.40	46 482.0	2 743.5
N40°	北京市 Beijing	129	354.0	1.90	21.50	52 635.0	2 803.5

表 4 纬度对甜高粱‘雷伊’生长发育的影响

Tab 4 The effect of latitude on the characteristics of sweet sorghum ‘Wray’

纬度 Latitude	地区 Locality	生育期 Growing period (days)	株高 Plant height (cm)	茎秆直径 Diameter of middle stem (cm)	茎秆汁锤度 Brix in juice (°)	茎秆产量 Yield of stripped stem (kg/hm ²)	籽粒产量 Seed yield (kg/hm ²)
N26°39′	云南永胜县 Yongsheng, Yunnan	113	341.0	2.00	17.00	73 260.0	1 938.2
N27°03′	福建松溪县 Shongxi, Fujian	115	323.4	1.85	18.45	47 437.5	2 035.5
N29°06′	湖南常德市 Changde, Hunan	119	325.5	1.73	22.00	57 962.0	2 208.6
N33°03′	江苏建湖县 Jianhu, Jiangsu	120	354.0	1.83	21.50	75 420.0	1 731.0
N36°51′	山东临清市 Linqing, Shangdong	136	393.0	2.01	15.70	58 065.0	2 122.5
N37°	山东齐河县 Qihe, Shangdong	149	376.0	2.10	18.00	66 172.5	2 104.5
N39°22′	天津市武清县 Wuqing, Tianjin	119	367.0	2.00	19.50	58 668.8	1 881.8
N40°	北京市 Beijing	127	359.0	1.80	18.80	53 385.0	2 646.0

通过对图 1、图 2 和图 3 的对比分析可以看出‘意达利’的 3 个指标(株高、茎秆直径和茎秆汁锤度)对于纬度的变化都很敏感(其决定系数 R^2 分别为 0.978 6, 0.778 6 和 0.706 5),而‘M-81E’、‘凯勒’和‘雷伊’除了株高对于纬度的变化较为敏感外(其决定系数 R^2 分别为 0.760 6, 0.585 2 和 0.476 7),茎秆直径和茎秆汁锤度对于纬度变化的敏感程度都比较小(其决定系数 R^2 都小于 0.5)。

这表明,对于同一个甜高粱品种而言,纬度的变化对甜高粱的不同特性(株高、茎秆直径和茎秆汁锤度等)的影响是不同的,3 个指标中,对株高的影响最大。对于不同甜高粱品种而言,纬度的变化对不同品种(‘意达利’、‘M-81E’、‘凯勒’和‘雷伊’等)影响程度也是不同的,4 个品种中,对‘意达利’影响最大。

从图 4 和拟合经验回归方程可以看出,纬度的变化对‘意达利’籽粒产量影响明显。但对‘M-81E’、‘凯勒’和‘雷伊’的影响则不甚明显。

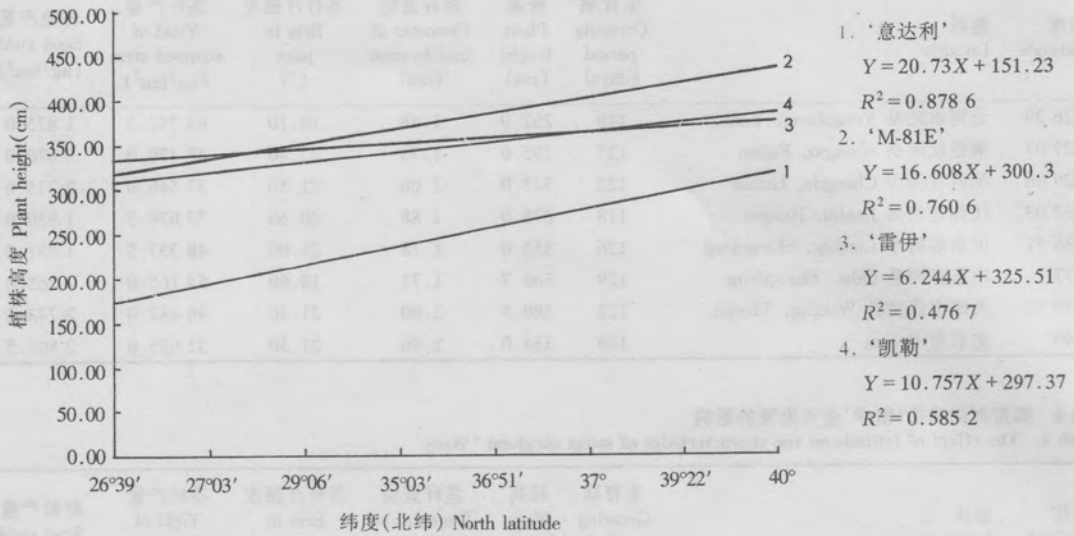


图1 纬度对不同甜高粱品种株高影响的经验回归线
 Fig 1 The linear regression of effect of latitude on plant height of different cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench

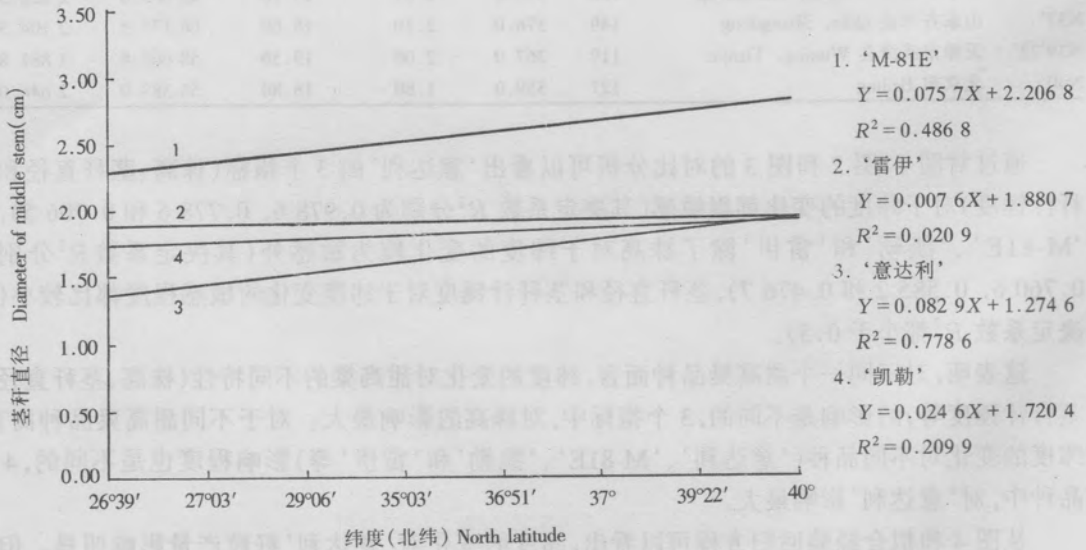


图2 纬度对不同甜高粱品种茎秆直径影响的经验回归线
 Fig 2 The linear regression of effect of latitude on diameter of middle stem of different cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench

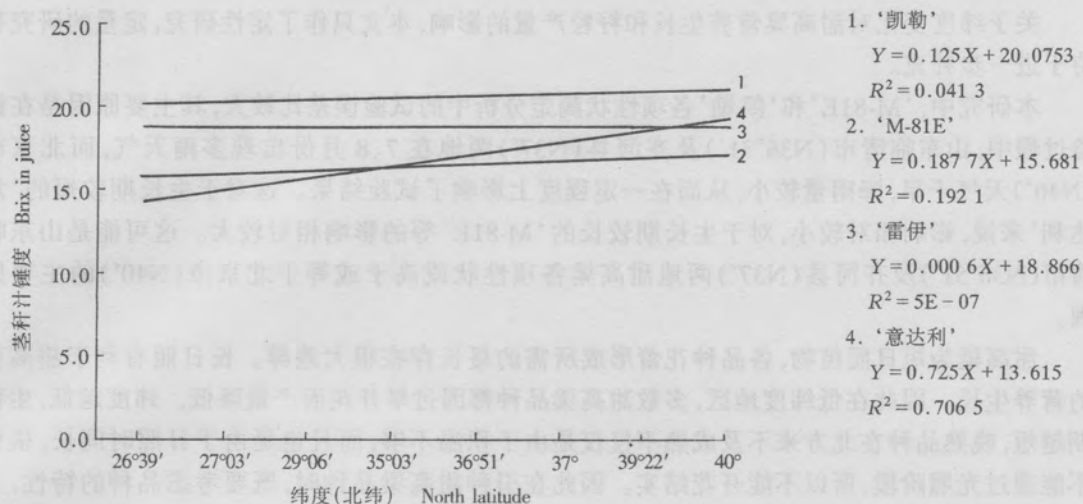


图3 纬度对不同甜高粱品种茎秆汁锤度影响的经济回归线
 Fig 3 The linear regression of effect of latitude on brix in juice of different cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench

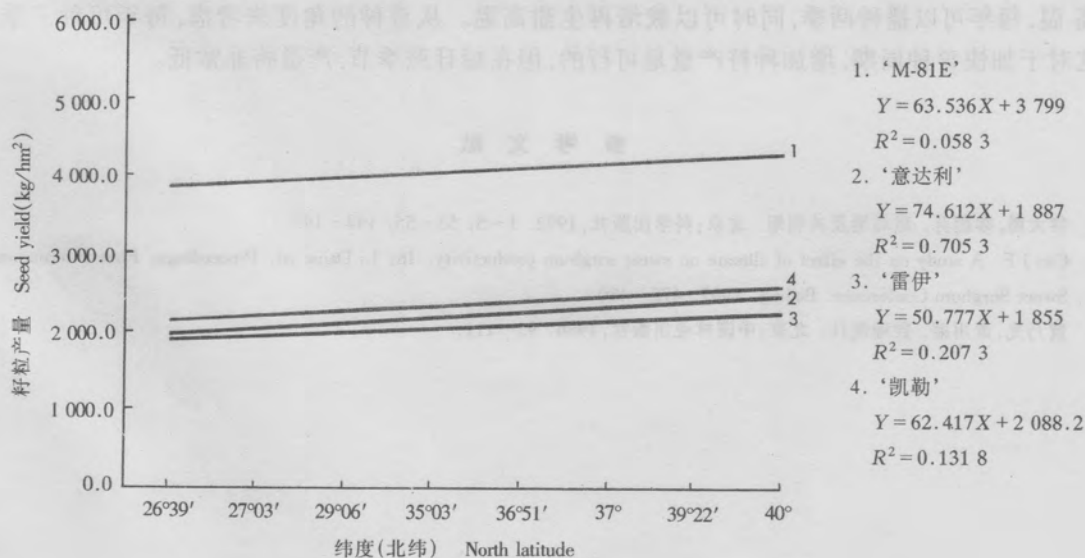


图4 纬度对不同甜高粱品种籽粒产量影响的经验回归线
 Fig 4 The linear regression of effect of latitude on seed yield of different cultivars of *Sorghum bicolor* (L.) Moench

3 讨 论

关于纬度变化对甜高粱营养生长和籽粒产量的影响,本文只作了定性研究,定量的研究有待于进一步补充。

本研究中,‘M-81E’和‘凯勒’各项性状测定分析中的试验误差比较大,其主要原因是在试验过程中,山东临清市(N36°51′)及齐河县(N37°)两地在7、8月份出现多雨天气,而北京市(N40°)天气干旱,降雨量较小,从而在一定程度上影响了试验结果。这对于生长期较短的‘意达利’来说,影响相对较小,对于生长期较长的‘M-81E’等的影响相对较大。这可能是山东临清市(N36°51′)及齐河县(N37°)两地甜高粱各项性状或高于或等于北京市(N40°)的主要原因。

甜高粱为短日照植物,各品种花蕾形成所需的昼长存在很大差异。长日照有利于甜高粱的营养生长。因此在低纬度地区,多数甜高粱品种都因过早开花而产量降低。纬度越低,生育期越短,晚熟品种在北方来不及成熟不仅仅是由于积温不够,而且也是由于日照时间长,植株不能通过光照阶段,所以不能开花结实。因此在引种甜高粱品种时,既要考虑品种的特性,又要考虑纬度上的差异。

‘雷伊’对于纬度的变化不敏感,所以在南方、北方都可以种植。而‘意达利’对纬度的变化非常敏感,故南方不宜种植,但适合在西北及东北地区无霜期短的地区种植。对于‘M-81E’、‘凯勒’来说,其对纬度变化的敏感程度介于两者之间,可以通过调节播种期、栽培再生甜高粱等方法来延长收获期,以提高经济效益。

纬度变化影响甜高粱的籽粒产量,但不如营养生长明显。在南方热带与亚热带地区,四季高温,每年可以播种两季,同时可以栽培再生甜高粱。从育种的角度来考虑,每年可种三季,这对于加快育种周期,增加种籽产量是可行的,但在短日照季节,产量将非常低。

参 考 文 献

- 1 黎大爵,廖馥荪. 甜高粱及其利用. 北京:科学出版社,1992. 1~5, 53~55, 144~145.
- 2 Cao J F. A study on the effect of climate on sweet sorghum productivity. In: Li Dajue ed. Proceedings: First International Sweet Sorghum Conference. Beijing. 1997, 475~480.
- 3 贾乃光,黄用廉. 数理统计. 北京:中国林业出版社,1986. 93~111.