

气象因子对棉籽脂肪和蛋白质含量的影响

李文峰, 孟亚利, 陈兵林, 王友华, 周治国*

(南京农业大学农业部作物生长调控重点开放实验室, 南京 210095)

摘要: 为确定影响棉籽脂肪和蛋白质含量的主要气象因子, 量化主要影响因子的作用程度, 研究于 2005 年在黄淮棉区(徐州、安阳)、长江下游棉区(淮阴、南京)多个生态点设置了不同品种的田间实验, 供试品种为科棉 1 号和美棉 33B。研究结果显示棉籽脂肪和蛋白质含量随生态点和开花期呈极显著变化。黄淮棉区棉籽脂肪含量、蛋白质含量最大值出现的棉铃开花期较长江下游棉区推迟。棉籽脂肪含量、蛋白质含量与气象因子的相关分析显示, 二者与铃期气温日较差呈显著负相关关系, 与铃期日均气温、平均日最高气温、平均日最低气温、平均地温显著正相关。通径分析和逐步回归分析显示, 各气象因子中铃期平均日最低气温是最主要的影响因子。棉籽脂肪含量、蛋白质含量随铃期平均日最低气温的变化可用三次多项式拟合, 决定系数均达到 0.75 以上。日最低气温 22~23℃ 最适宜棉籽脂肪和蛋白质含量的形成, 低于 15℃ 时棉籽脂肪不能正常积累。

关键词: 棉籽; 蛋白质; 脂肪; 气象因子

文章编号: 1000-0933(2009)04-1832-08 中图分类号: S562 文献标识码: A

Effects of climatic factors on fat and total protein contents in cottonseeds

LI Wen-Feng, MENG Ya-Li, CHEN Bing-Lin, WANG You-Hua, ZHOU Zhi-Guo*

Key laboratory of Crop Growth Regulation of Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(4): 1832~1839.

Abstract: To screen out the key climatic factors determinating fat and total protein contents in cottonseeds, field experiments were conducted in the Yellow-Huai River Basin (Xuzhou and Anyang) and the lower reaches of Yangtze River Basin (Huaiyin and Nanjing) in 2005. Cotton cultivars of Kemian 1 and NuCOTN 33B were selected. Contents of fat or total protein in cottonseeds differed significantly between samples from different regions, and between flowering dates. The flowering dates, to get the highest cottonseed fat and total protein contents, were later in the Yellow-Huai River Basin than the lower reaches of Yangtze River Basin. Contents of fat and total protein significantly negatively correlated to the mean diurnal temperature difference over boll maturation period ($P < 0.01$), and significantly positively correlated to mean daily air temperature ($P < 0.01$), mean daily maximum air temperature ($P < 0.05$), mean daily minimum air temperature ($P < 0.01$) and mean daily ground temperature ($P < 0.01$) over boll maturation period. According to the direct path analysis and stepwise regression analysis, the mean daily minimum temperature over boll maturation period was found the fundamental climatic factor. The relationship between the cottonseed fat and total protein contents and the mean daily minimum temperature well agreed with the third-polynomial regression, with determination coefficients between 0.75 and 0.9. Daily minimum temperature of 22—23 °C was optimum for the fat and total protein accumulation in cottonseed, and the fat accumulation would be restrained at the daily minimum temperature lower than 15°C.

Key Words: cottonseed; total protein; fat; climatic factors

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30771277, 30600378); 国家博士后基金资助项目(20060400944); 江苏省博士后基金资助项目(0602023B)

收稿日期: 2007-12-26; 修订日期: 2008-06-23

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: giscott@njau.edu.cn

棉籽用途广泛,既是农业生产资料(种子)又是重要的加工业原料,是植物油、植物蛋白的重要来源,用作加工业原料时,棉籽脂肪含量、蛋白质含量是主要的品质检测指标,用作农业生产资料时,它们亦常作为评价种子播种品质的重要参考^[1]。除品种遗传特性对棉籽脂肪和蛋白质含量影响明显外^[2~5],不同环境条件下产生的棉籽脂肪和蛋白质含量亦有明显差异^[6~11]。然而,相对于棉纤维品质,棉籽营养品质的生态研究未得到足够重视,研究比较薄弱。已有研究多停留在对不同生态区、不同开花期棉籽品质差异的表面分析上,对气象因子与棉籽脂肪和蛋白质含量之间关系的直接研究较少。如王延琴^[12]曾对西北内陆棉区与黄淮棉区棉籽品质进行了比较研究,并分析了开花期对棉籽脂肪和蛋白质含量的影响。勾铃^[11]、Jeffer^[13]等学者根据不同生态区试验也探讨了开花期对棉籽营养品质的影响,但二者关于开花期对棉籽蛋白质含量影响的研究得到与前者不同的结论。另外,棉籽脂肪和蛋白质含量受铃期气象因子综合作用,只有全面选择气象因子进行综合分析才能找出主要影响因素,然而已有研究多对某一个或者几个气象因子与棉籽品质进行相关分析^[14],缺乏系统性,而且研究仍停留在定性分析上^[15~17],量化研究不足。

本研究通过黄淮棉区和长江下游棉区多个生态点试验,分析棉籽脂肪和蛋白质含量与气象因子的关系,确定主要影响因素,并量化其影响效应,为棉花栽培管理上提高棉籽脂肪和蛋白质含量提供理论依据,同时也为棉籽脂肪和蛋白质含量模拟模型的构建及预测奠定基础。

1 材料与方法

试验于2005年在江苏南京(32.0°N,118.5°E)、江苏淮阴(33.3°N,119.1°E)、江苏徐州(34.2°N,117.6°E)、河南安阳(36.1°N,114.2°E)4个生态点同期进行,土壤类型分别为黄棕壤土、潮土、潮土、沙壤土,各点养分条件见表1。供试品种为科棉1号(KC)和美棉33B(AC),采用随机区组设计,南京生态点重复3次,其余生态点重复4次。各生态点均采用营养钵育苗,4月25日播种,5月25日移栽,种植密度按行距90cm,株距30cm的标准,氯化钾、过磷酸钙作为基肥每公顷分别施225、750kg;氮素每 hm^2 施240kg,折合为尿素于播种前施入50%,盛蕾初花期施入50%。其他田间管理按当地高产栽培要求进行。

表1 各生态点土壤养分条件

Table 1 The basic soil nutrient status of different regions

地点 Site	全氮 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) Total N	速效氮 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) Available N	速效磷 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) Available P	速效钾 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) Available P
南京 Nanjing	1.03	40.13	28.95	79.17
淮阴 Huaiyin	1.17	41.33	27.7	75.70
徐州 Xuzhou	0.97	47.83	29.00	77.54
安阳 Anyang	0.94	39.28	23.57	71.19

各生态点均于7月15日、7月25日、8月10日、8月25日、9月10日挂牌标记当日花,每次标记花均于成熟后取内围棉铃10~15个。分离棉籽后烘干采用索氏提取法测棉籽粗脂肪含量,凯氏定氮法测定棉籽全氮含量。棉籽蛋白质含量的计算公式:蛋白质含量=氮含量 $\times 6.25$ 。

各生态点气象数据分别取自江苏南京气象局、邳州市气象局、淮安市气象局、河南安阳中国科学院棉花研究所,气象数据包括了日均气温、日最低气温、日最高气温、日降水量、日照时数、地温等。

数据统计分析采用通径分析、方差分析、逐步回归等方法,统计软件主要利用Excel2003与SPSS11.0。

2 结果

2.1 不同生态点与开花期棉籽脂肪和蛋白质含量的差异

2.1.1 棉籽脂肪含量

各生态点科棉1号棉籽脂肪含量变化范围(图1)(根据纬度自低到高排序)分别为南京12.6%~15.7%、淮阴10.2%~13.7%、徐州10.0%~16.5%、安阳3.6%~13.0%;美棉33B棉籽脂肪含量变化范围分别为13.6%~17.1%、10.8%~18.8%、10.5%~20.5%、1.8%~14.7%。两品种棉籽脂肪含量的最低值

随纬度升高而降低,最高值随纬度变化趋势不同,但均以徐州点最大。因农业生产中伏桃(7月16日到8月15日开花的棉铃)在三桃中比例最大,是棉花产量的主要组成,所以以伏桃为代表比较棉籽脂肪含量。淮阴点缺少7月25日开花期,不予比较,其余3个生态点比较南京点和徐州点远远高于安阳点,徐州略高于南京。

不同开花期间比较,4个生态点伏桃和伏前桃棉籽脂肪含量均高于秋桃。南京点(长江下游棉区)两品种均以8月10号开花的棉籽脂肪含量最高,徐州和安阳点(黄淮棉区)以7月15日或7月25日开花棉铃的棉籽脂肪含量最高。品种间棉籽脂肪含量比较,美棉33B普遍高于科棉1号。

生态点间、开花期间棉籽脂肪含量的方差分析(表2)显示,棉籽脂肪百分含量的生态点间、开花期间差异均达到极显著水平,且生态点间差异大于开花期间差异。

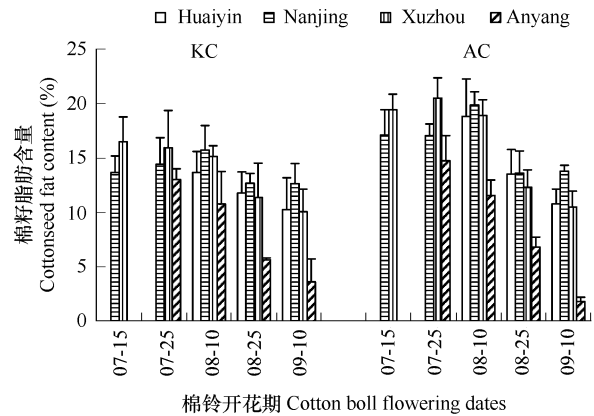


图1 不同生态点不同开花期棉籽脂肪含量

Fig. 1 Cottonseed fat content of different regions and flowering dates
KC, 科棉1号 Kemian 1; AC, 美棉33B NuCOTN 33B; 下同 The same below

表2 不同生态点、开花期棉籽脂肪和蛋白质含量的方差分析

Table 2 Variance analysis of cottonseed fat and protein contents for different regions and different flowering dates

变异来源 Sources of variation		自由度 DF	均方 MS	F值 F-Value	概率P P-Value.	F _{0.01}
脂肪含量 Fat content	生态点 Site	3	0.0085	6.25 **	0.0020	4.51
	开花期 Flowering date	4	0.0080	6.69 **	0.0006	4.04
蛋白质含量 Protein content	生态点 Site	3	0.0061	8.37 **	0.0003	4.51
	开花期 Flowering date	4	0.0052	7.91 **	0.0002	4.04

* 差异性显著 significant at the 0.05 level; ** 差异性极显著 significant at the 0.01 level; 下同 the same below

2.1.2 棉籽蛋白质含量

棉籽蛋白质含量的生态点间比较(图2)显示,蛋白质含量最高值出现在徐州和南京生态点,最低值出现在安阳。各生态点(根据纬度由低到高排序)科棉1号棉籽蛋白质含量变化范围分别为南京17.9%~24.6%、淮阴14.9%~22.9%、徐州17.8%~25.3%、安阳12.9%~16.6%。美棉33B变化范围分别为18.6%~23.7%、淮阴16.4%~23.1%、15.4%~22.8%、13.3%~19.0%。棉籽蛋白质含量的最大值、最小值基本上符合随纬度升高而降低的规律。比较伏桃棉籽蛋白质含量,两品种均表现为南京点>徐州>安阳,随纬度升高逐渐降低。

开花期之间比较,各生态点8月10日及以前开花棉铃的棉籽蛋白质含量均明显高于8月10日以后。长江下游棉区棉籽蛋白质含量最高峰出现的开花期较黄淮棉区推迟,徐州、安阳点(黄淮棉区)棉籽蛋白质含量分别以7月15日、7月25日最高,南京点(长江下游棉区)则以8月10日最高。各生态点棉籽蛋白质含量随开花期推迟并非一致降低,在达到最大值之前随开花期推迟逐渐升高。

棉籽蛋白质含量方差分析(表2)显示,棉籽蛋白质百分含量的生态点间、开花期间差异均达到极显著水平,开花期间与生态点间差异显著性差别不大。棉籽蛋白质含量的生态点、开花期间差异均大于棉籽脂肪含量,所以环境条件对棉籽蛋白质含量的影响高于对棉籽脂肪含量的影响。

2.2 影响棉籽脂肪和蛋白质含量的主要气象因子分析

2.2.1 棉籽脂肪和蛋白质含量与气象因子的相关性分析

选择铃期日均气温、平均日最高气温、平均日最低气温、平均气温日较差、日均降水、平均日照时数、平均

地温等 7 个涉及温、光、水的气象要素(分别记作 X_1 、 X_2 、 $\cdots$ 、 X_7)与棉籽脂肪含量、蛋白质含量进行相关分析,因日照辐射与日照时数间存在明确的转换关系^[18],本研究选取日照时数代表光照条件。各气象因子与棉籽品质的相关分析结果显示(表 3),与棉籽脂肪含量相关性达到显著水平的气象因子共有 5 项,其中铃期平均气温、平均日最低气温、平均气温日较差、平均地温达到极显著水平,铃期平均日最高气温达到显著水平,以铃期平均日最低气温的相关性最高。达到显著性水平的 5 项气象因子中铃期平均气温日较差与棉籽脂肪含量为负相关关系,其余为正相关包括铃期日均气温、平均日最高气温、平均日最低气温、平均地温。铃期日均降水量、平均日照时数对棉籽脂肪含量影响不显著,两供试品种表现一致。

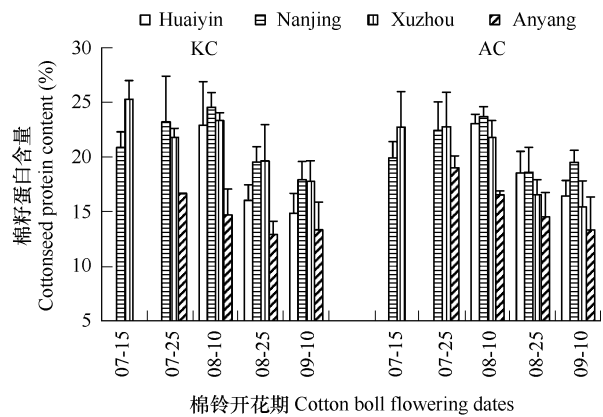


图2 不同生态点不同开花期棉籽蛋白质含量
Fig.2 Cottonseed protein content of different regions and flowering dates

表 3 不同气象因子影响棉籽脂肪和蛋白质含量的相关系数与直接通径系数

Table 3 Correlation coefficients and direct path coefficients of cottonseed fat and protein contents against different climatic factors

气象因子 Climatic factors	棉籽脂肪含量 Cottonseed fat content				棉籽蛋白质含量 Cottonseed protein content			
	KC		AC		KC		AC	
	DPC	R	DPC	R	DPC	R	DPC	R
MDT	-22.09	0.77 **	13.446	0.75 **	23.32	0.76 **	18.63	0.78 **
MDT _{max}	69465	0.57 *	-66828.7	0.60 *	-9441	0.60 *	48931	0.63 *
MDT _{min}	-89662	0.87 **	86271.19	0.81 **	12163	0.83 **	-63199	0.84 **
MDT _{dif}	-46369	-0.82 **	44610.37	-0.67 **	6295	-0.69 **	-32672	-0.68 **
MDRF	0.34	0.61 *	-0.125	0.45	-0.18	0.46	-0.032	0.52
MDSH	0.34	0.36	0.043	0.42	0.22	0.55 *	0.211	0.53
MDGT	-2.81	0.85 **	0.17	0.80 **	0.52	0.81 **	0.40	0.82 **
RPC	0.279		0.431		0.33		0.35	

DPC:直接通径系数 Direct path coefficient; R:相关系数 Correlation coefficient; MDT:日均温 Mean daily air temperature; MDT_{max}:平均日最高气温 Mean daily maximum air temperature; MDT_{min}:平均日最低气温 Mean daily minimum air temperature; MDT_{dif}:平均气温日较差 Mean diurnal temperature difference; MDRF:日均降水 Mean daily rainfall; MDSH:平均日照时数 Mean sunlight hours; MDGT:平均地温 Mean daily ground temperature; RPC:剩余通径系数 Residual of path coefficient

分析棉籽蛋白质含量与各气象因子的相关关系显示,各气象因子与棉籽蛋白质含量相关关系的显著性水平、正负性均与棉籽脂肪含量分析结果一致,棉籽蛋白质含量与铃期平均气温、平均日最低气温、平均气温日较差、平均地温极显著相关,与铃期平均日最高气温显著相关。相关性最高的气象因子为铃期平均日最低气温,唯一显著负相关的气象因子为铃期平均气温日较差,两供试品种表现亦基本一致。所以在本研究条件下铃期较高的气温、较低的气温差有利于棉籽形成较高的脂肪和蛋白质含量。

2.2.2 棉籽脂肪和蛋白质含量与气象因子的通径分析

由于各气象因子之间存在紧密地相关关系,为明确各气象因子分别对棉籽品质的直接贡献大小并确定主要影响因子,将各气象因子与棉籽脂肪含量、蛋白质含量作通径分析,结果显示各气象因子的作用由大到小依次为平均日最低气温>平均日最高气温>平均气温日较差>日均气温>平均地温>日均降水>平均日照时数,其中平均日最低气温、平均日最高气温、平均气温日较差 3 项因子的直接通径系数远远大于其它气象因子,两供试品种表现一致。对棉籽脂肪和蛋白质含量影响最大的气象因子为平均日最低气温,其次为日最高气温、日气温差及日均气温。

2.3 棉籽脂肪和蛋白质含量与主要气象因子的量化分析

为进一步确定影响棉籽脂肪和蛋白质含量的主要气象因子并分析它们之间的数量关系,利用 SPSS 软件的“逐步选入—剔除”法进行气象因子逐步回归分析,设定选入剔除变量的 P 值临界值为 0.1 与 0.11,通过逐步筛选(表 4)显示在棉籽脂肪含量和棉籽蛋白质含量回归方程中首先选入的气象因子均为铃期平均日最低气温,且回归方程的相关性达到极显著水平。棉籽脂肪含量的回归方程仅平均日最低气温通过显著性检验,蛋白质含量的回归方程通过显著性检验的气象因子为平均日最低气温,美棉 33B 还包括日均气温。由此亦可以说明影响棉籽脂肪和蛋白质含量的主要气象因子为铃期平均日最低气温。

表 4 气象因子影响棉籽脂肪和蛋白质含量的逐步回归分析

Table 4 Stepwise regression of cottonseed fat and protein contents against climatic factors

品质指标 Quality	品种 Cultivar	回归方程 Regression model	决定系数 R^2	F 值 F -Value	标准误 Std. Error
脂肪含量 Fat content	KC	$Y = -0.0541 + 0.009092X_3$	0.68 **	25.59	0.0226
	AC	$Y = -0.121 + 0.01357X_3$	0.71 **	28.89	0.0313
蛋白质含量 Protein content	KC	$Y = -0.0149 + 0.01067X_3$	0.76 **	36.90	0.0218
		$Y = 0.119 + 0.0283 \times X_3 - 0.0207X_1$	0.87 **	37.11	0.0165
	AC	$Y = 0.04672 + 0.007310X_3$	0.66 **	23.49	0.0187

X_1 : 铃期日均温 Mean daily air temperature during boll maturation period; X_3 : 铃期平均日最低气温 Mean daily minimum air temperature during boll maturation period

决定系数为相关系数的平方,决定系数表示方程自变量引起因变量变异占总变异的比率,可以用来表示相关程度而不受相关性质影响,所以决定系数常被用在线性和非线性回归方程中。回归方程中的回归系数表示随日最低气温升高棉籽脂肪含量变化的速率,表 3 显示,铃期平均日最低气温在 15 ~ 25℃ 范围内每升高 1℃,科棉 1 号与美棉 33B 的棉籽脂肪含量分别平均升高 0.91%、1.36%,美棉 33B 的回归系数高于科棉 1 号,说明与科棉 1 号相比,美棉 33B 棉籽脂肪含量对温度的反应更加敏感。棉籽蛋白质含量与铃期平均日最低气温亦呈极显著线性相关,铃期平均日最低气温在 15 ~ 25℃ 范围内每升高 1℃,科棉 1 号与美棉 33B 棉籽蛋白质含量分别升高 1.07%、0.73%,科棉 1 号的回归系数高于美棉 33B,说明科棉 1 号棉籽蛋白质含量对温度的反应更加敏感。

棉籽脂肪含量与铃期平均日最低气温的关系图(图 3)显示,棉籽脂肪含量随日最低气温的升高呈单峰曲线变化,铃期平均日最低气温 22 ~ 23℃ 左右时,棉籽脂肪含量最高。当铃期平均日最低气温降至 15℃ 左右时,棉籽脂肪含量急剧下降。本研究平均日最低气温的最小值为 14.4℃,此时棉籽脂肪含量降至 5% 以下。棉籽蛋白质含量与铃期平均日最低气温的关系图(图 4)显示,随温度升高棉籽蛋白质含量几乎呈直线增长,当铃期平均日最低气温升高至 22 ~ 23℃ 时棉籽蛋白质含量达到最大,此后随温度继续升高,蛋白质含量有下降趋势。

利用多项式曲线拟合棉籽脂肪和蛋白质含量与铃期平均日最低气温的关系,一次和二次多项式的拟合曲线相关性均达到极显著水平,但是当铃期平均日最低气温较高时(超过 23℃),方程误差较大。如采用三次多项式拟合效果较好(图 3,图 4),棉籽脂肪含量的拟合方程决定系数超过 0.75,棉籽蛋白质含量的拟合方程决定系数在 0.85 左右。对拟合方程的求导后方程求解可得到棉籽脂肪、蛋白质含量最大时的铃期平均日最低气温。科棉 1 号和美棉 33B 的棉籽脂肪含量最大值分别为 15.12%、19.07%,均出现在 22.5℃,棉籽蛋白质含量最大值分别为 23.68%、22.44%,分别出现在 22.7、22.5℃。

3 讨论

不同生态点、开花期棉籽的脂肪含量和蛋白质含量均有明显差异。安阳地区棉籽脂肪含量和蛋白质含量明显低于另外 3 个地区,徐州、淮阴、南京 3 地区间差异相对较小,这与其所处地理位置有关。安阳位于黄河流域棉区华北平原亚区,纬度明显高出徐州、南京和淮阴;徐州位于黄河流域棉区淮北平原亚区,地处邻接长

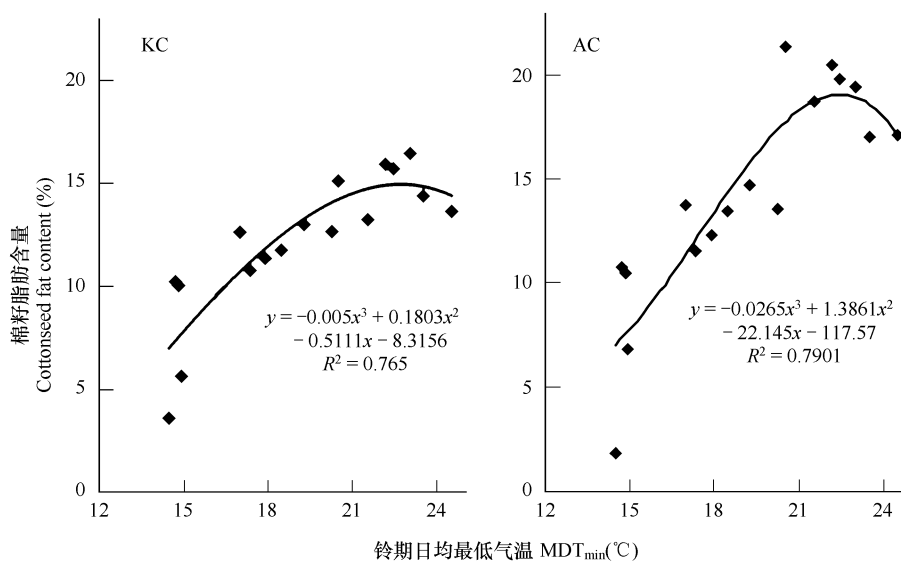


图3 棉籽脂肪含量与铃期平均日最低气温的关系

Fig. 3 Relationship between cottonseed fat content and mean daily minimum temperature during boll maturation period

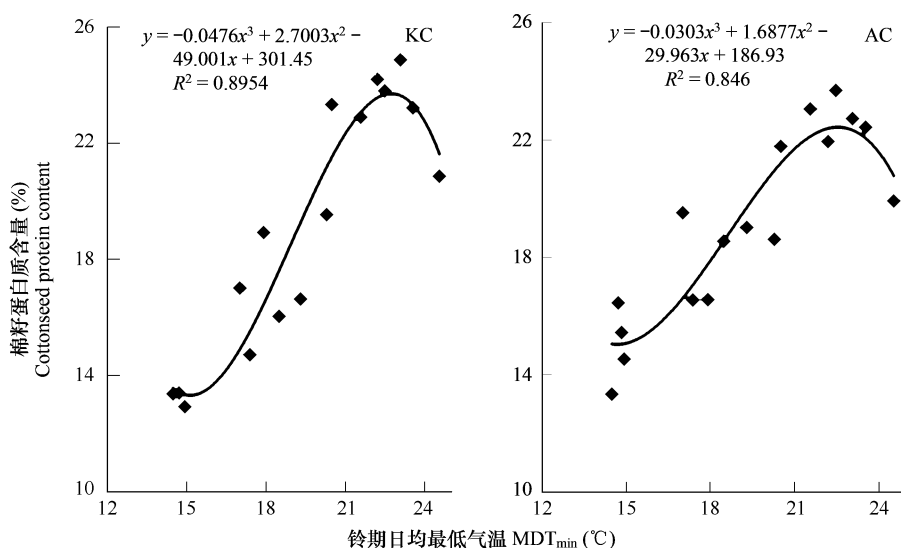
MDT_{min}, Mean daily minimum air temperature during boll maturation period

图4 棉籽蛋白质含量与铃期平均日最低气温的关系

Fig. 4 Relationship between cottonseed protein content and mean daily minimum air temperature during boll maturation period

江下游棉区的过渡地带,气象条件明显优于黄河流域其它亚区;淮阴位于长江下游棉区的北端,与徐州和南京均相距不远。本文分析显示铃期平均日最低气温是最主要的影响因子,所以比较四生态点铃期平均日最低气温,发现随着纬度升高南京、淮阴、徐州以 0.8℃ 左右幅度递减,而安阳较徐州降幅达 3℃ 左右。所以生态点间温度差异才是造成生态区间棉籽脂肪和蛋白质含量差异的根本原因。

本研究设置自 7 月 15 日至 9 月 10 日 5 个开花期,棉籽脂肪含量和蛋白质含量随开花期推迟呈先升高后降低的趋势,8 月 10 日及以前开花棉铃的棉籽脂肪和蛋白质含量高于后期。其中棉籽脂肪含量的分析结果与前人对棉籽^[11~13]、油菜种子^[19]等相关研究基本一致;对棉籽蛋白质含量的分析与勾铃^[11]研究结果一致,但与 Leffler^[13,20],王延琴^[12]等人研究结果相反。Leffler 认为种子蛋白质含量与收获期呈显著正相关,王延琴研究亦认为晚期收获棉籽蛋白质含量较高。后者研究的供试品种、试验区均与勾玲及本研究有重合部分,其

结果不一致的原因可能与试验方法有关,王延琴试验以收获时期代表开花期早晚,而且对内围外围棉铃混合测定,而本研究及勾玲等试验均明确标记开花时间并收取内围棉铃进行测定。黄淮棉区棉籽脂肪和蛋白质含量达到最高峰的开花期较长江下游棉区推迟。黄淮棉区开花期为7月中下旬时最适宜棉籽脂肪和蛋白质含量形成,长江下游棉区开花期以8月10日左右棉籽脂肪和蛋白质含量最高。

分析显示影响棉籽品质的气象因子中温度条件最为重要,周治国等人研究^[21]亦认为铃期温度条件是影响棉籽发育的重要气象因子。通径分析和逐步回归分析显示铃期平均日最低气温是影响棉籽脂肪和蛋白质含量的最主要气象因子,这与前人对棉纤维的研究一致:认为日最低气温是影响棉纤维干物质重^[22]、纤维素累积^[23]、及纤维长度^[24]的主要气象因子。棉花是喜温作物,棉铃发育的最适温度在30℃左右^[25,26],上限温度在35℃左右,我国长江下游棉区和黄淮棉区棉花铃期、吐絮期的日最高气温通常低于35℃,日最低温通常在20℃以下,较晚开花的棉铃发育后期日最低气温甚至低于10℃,棉铃发育主要受日最低气温限制,所以在棉纤维、种子干物质积累及品质形成研究中,多以日最低气温为气象因子中最主要的影响因子。

不同品种棉籽脂肪、蛋白质含量对平均日最低气温的敏感性不同,但均随日最低气温的升高而增大,这与棉纤维、种子干物质积累随日最低气温的变化相关研究一致^[22]。但是当铃期平均日最低气温较高时,棉籽脂肪和蛋白质含量表现出下降趋势。以三次多项式拟合分析显示,棉籽脂肪、蛋白质含量的最高峰出现在铃期平均日最低气温22.5℃左右,低于该温度,随着温度升高,棉籽脂肪、蛋白质含量逐渐升高,高于23℃则逐渐下降,可以认为22.5℃的日最低气温值最适宜棉籽脂肪和蛋白质含量形成。铃期平均日最低气温低至15℃时棉籽脂肪含量急剧下降,所以15℃可以作为抑制棉籽脂肪积累的临界日最低气温值,低于此温度,棉籽脂肪不能正常积累,这与前人对棉铃、棉籽生长发育的临界温度研究基本一致^[21,26]。

除气象因子外棉籽品质还受土壤条件影响,土壤氮素有利于棉籽蛋白质含量的提高,对棉籽脂肪含量的影响不明显^[13,16,20,27,28]。本文研究气象因子作用,需要以各试验地的土壤养分差异不大为前提,分析显示各试点基础土壤各养分指标的变化不大,但是不同试点各处理间土壤条件仍不可能完全一致,所以本研究仍有待于通过控制试验等方法进一步探讨。

References:

- [1] Dong H Z, Li W, Zhang X J, *et al.* Science and Technology of Cottonseed. Beijing: Science Press, 1998. 155—165.
- [2] Kent D, Chapman A, Shea Austin-Brown A, Salvatore A, Sparaceb, *et al.* Transgenic Cotton Plants with Increased Seed Oleic Acid Content. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2001, 78: 1087—1092.
- [3] Ye Z H, Lu Z Z, Zhu J. Genetic analysis for developmental behavior of some seed quality traits in Upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Euphytica, 2003, 129: 183—191.
- [4] Singh M, Singh T H, Chahal G S. Genetics analysis of some seed quality characters in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Theoretical and Applied Genetics, 1985, 71(1): 126—128.
- [5] Cui R M, Cui S F. Interactive effects of Genotype and environment on cottonseed oil and protein content of upland cotton. Crops, 1994, (5): 14—15.
- [6] Brar S P S, Bassi G. Effect of time of boll opening and boll position on seed quality parameters in cotton. Journal of Cotton Research and Development, 2002, 16: 157—160.
- [7] Tumer J H, Pamey H H, Worley S. Influence of environment on seed quality of four cotton cultivars. Crop Science, 1976, 58: 271—288.
- [8] Liu D Q, Pang J Q, Li Q Z, *et al.* Difference analysis of cottonseed quality of upland cotton. China Cotton, 2002 (6): 25—26.
- [9] Dong H Z, Zhang D M, Tang W, *et al.* Effects of planting system, plant density and flower removal on yield and quality of hybrid seed in cotton. Field Crops Research, 2005, 93: 74—84.
- [10] Donald J B, Edgar B M. Boll retention and boll size among intrasymptodial fruiting sites in cotton. Crop Science, 2003, 43: 195—201.
- [11] Gou L, Zhang W F, Yan J, *et al.* Study on law of protein and fat accumulation in varieties of cottonseed with different ecotypes. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2001, 24(2): 1—8.
- [12] Wang Y Q, Yang W H, Zhou D Y, *et al.* Effects of ecological areas and harvest dates on cottonseeds nutrition quality. China Cotton, 2003, 30(2): 7—10.

- [13] Leffler H R. Influence of nitrogen levels on reproductive growth and seed quality in cotton. *Field Crops Research*, 1985, 10(3): 219—227.
- [14] Zhou Z G, Xu Y Z, Xu X. A research on correlation of cotton seed & fibre quality with temperature in bolling period. *Shanxi Journal of Agricultural Sciences*, 1992, 20(2): 73—78.
- [15] Stewart J M. Integrated developmental events and their response to environment in cotton bolls. *Beltwide Cotton Research Conferences*, 1980, 322—339.
- [16] Xu Y Z, Xu X, Zhao D L, *et al.* The effect of soil on the development of cotton seeds. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1993, 11(4): 48—53.
- [17] Zhao D L, Xu Y Z, Huang Y F, *et al.* Effects of water deficiency on the development of cottonseeds during the flowering and fruiting stages. *Acta Agronomica Sinica*, 1993, 19(6): 546—552.
- [18] Gao L Z. Foundation of agricultural modeling science. Hongkong: Skyhouse Books Group Limited, 2004. 183—190.
- [19] Adamsen F J, Coffelt T A. Planting date effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops and Products*, 2005, 21: 293—307.
- [20] Leffler H R, Elmore C D, Hesketh J D. Seasonal and fertility related changes in cottonseed protein quantity and quality. *Crop Science*, 1977, 17: 953—956.
- [21] Zhou Z G, Xu Y Z, Xu X. Effects of temperature upon the development of cotton seeds. *Acta University Agricultural Boreali-Occidentalis*, 1992, 20(2): 73—78.
- [22] Vrinda S T, Sant S, Vaishnav P P, *et al.* Genotypic variations and influence of diurnal temperature on cotton fibre development. *Field Crops Research*, 1989 (22): 129—141.
- [23] Gou L, Zhang W F, Li S K, *et al.* Dynamic changes of soluble sugar and cellulose during the course of cotton fiber development and correlation with climatic factor in Xinjiang. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(7): 878—882.
- [24] Zhang L J, Xiong Z W, Chen B L, *et al.* Sensitivity analysis of cotton fiber quality to climate condition. *Journal of Natural Disasters*, 2006, 15(2): 79—84.
- [25] Reddy K R, Robana R R, Hodges Harry F, *et al.* Interactions of CO₂ enrichment and temperature on cotton growth and leaf characteristics. *Environmental and Experimental Botany*, 1998, 39: 117—129.
- [26] Reddy K R, Davidonis G H, Johnson A S, *et al.* Temperature regime and carbon dioxide enrichment alter cotton boll development and fiber properties. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 851—858.
- [27] Zakaria M S, Saeb A H, Ahmed E B. Effect of nitrogen and zinc fertilization and plant growth retardants on cottonseed, Protein, Oil Yields, and Oil Properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 2001, 78: 1087—1092.
- [28] Egelkraut T. M, Kissel D E, Cabrera M L, *et al.* Nitrogen concentration in cottonseed as an indicator of N availability. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2004, 68: 235—242.

参考文献:

- [1] 董合忠, 李维江, 张晓洁. 棉花种子学. 北京: 科学出版社, 2004. 1~3
- [5] 崔瑞敏, 崔淑芳. 陆地棉种子油分和蛋白质含量的基因型×环境互作. *作物杂志*, 1994, (5): 14~15
- [8] 刘冬青, 庞居勤, 李庆珍, 等. 陆地棉棉籽品质差异性分析. *中国棉花*, 2002 (6): 25~26
- [11] 勾玲, 张旺锋, 阎洁, 等. 不同生态类型品种棉籽蛋白质与脂肪累积规律的研究. *新疆农业大学学报*, 2001, 24(2): 1~8
- [12] 王延琴, 杨伟华, 周大云, 等. 不同生态区及收获期对棉籽营养品质的影响. *中国棉花*, 2003, 30(2): 7~10
- [14] 周治国, 许玉璋, 许莹. 棉籽品质及纤维品质与铃期温度的相关性研究. *陕西农业科学*, 1992, 20(2): 73~78
- [16] 许玉璋, 许莹, 赵都利, 等. 土壤水分对棉籽发育的影剧响. *干旱地区农业研究*, 1993, 11(4): 48~53.
- [17] 赵都利, 许玉璋, 黄有鄂, 等. 花铃期缺水对棉花种子发育的影响. *作物学报*, 1993, 19(6): 546~552.
- [18] 高亮之. 农业模型学基础. 香港: 天马图书有限公司, 2004. 183~190.
- [21] 周治国, 许玉璋, 许莹. 温度对棉籽发育的影响. *西北农业大学学报*, 1992, 20(2): 73~78
- [23] 勾玲, 张旺锋, 李少昆, 等. 新疆棉花纤维发育过程中可溶性糖和纤维素含量的变化及与气象因子的关系. *中国农业科学*, 2002, 35(7): 878~882.
- [24] 张丽娟, 熊宗伟, 陈兵林, 等. 气候条件变化对棉纤维品质的影响. *自然灾害学报*, 2006, 15(2): 79~84.