

孙佩. 影响棉花产量的气象因素分析——以南通市为例[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 76-79.

影响棉花产量的气象因素分析

——以南通市为例

孙佩

(南京信息工程大学经济管理学院, 江苏南京 210044)

摘要:在分析了江苏省南通市 1998—2011 年棉花产量的变化趋势及不同年份间各气象因素状况的基础上, 研究了棉花不同生育期的气温、降水量、日照时数与棉花产量的相关性, 结果表明: 蕾期温度与棉花产量呈显著正相关, 吐絮期气温与棉花产量之间的相关性不显著。花铃期日照时数与棉花产量呈显著正相关。降水量与棉花产量呈负相关, 但是影响较小。

关键词:棉花产量; 气象因素; 多元线性回归; 江苏南通

中图分类号: S162.5⁺4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)10-0076-04

1999 年以来, 特别是在 2001 年成功入世后, 中国的纺织品出口得到迅猛增长。纺织品出口激增, 使得作为纺织工业主要原料棉花的需求大幅度增加, 刺激了棉花的种植、加工、流通。与此同时, 国内棉花产量供应不足也成为限制我国纺织工业发展的现实问题, 在生产过程中需要通过进口原棉来弥补内需不足。南通是著名的纺织之乡, 纺织工业是其传统的支柱产业, 占全省纺织的 16%, 对棉花有着极大的需求。同时, 南通由于气候温和、光照充足, 棉花也成为南通具有比较优势的经济作物。近年来, 由于棉花产量的大幅波动, 原棉供给和需求发生了偏差, 棉花价格大起大落, 当地纺织行业的发展受到了一定程度的影响。因此, 为了使棉花生产能够满足纺织行业的需求, 稳定棉花产量, 有必要对南通市棉花生产的现状以及影响棉花产量的因素进行分析。

我国是世界上最大的棉花生产国和消费国, 棉花种植由来已久, 长期以来, 气象因素和非气象因素是影响棉花产量的 2 大主要原因。非气象要素包括种植面积、种植技术、土壤条件、棉花价格等可预期因素, 它们对棉花产量的影响带有一定的阶段性和导向性, 仅在一段时间内会影响到棉花产量, 对产量波动影响力较小。气象要素包括温度、降水、光照等自然因素, 这些属于不可控力, 对棉花产量波动的影响程度较大。特别是近年来, 全球气候变化致使高温、干旱、暴雨等极端天气频繁发生, 显著影响棉花的产量。

关于气象因素对棉花产量的影响, 国内外已有众多学者进行了研究和分析^[1-2]。前人的研究主要集中在以下 3 个方面: 一是利用传统的相关分析法研究气象要素对产量的影响。王建林等利用相关分析法, 研究影响黄河流域、长江流域、新疆 3 大棉区棉花产量的主要气象因子, 并对其进行标准化处理, 研究气象条件对棉花产量丰歉的影响^[3]。吴泽新等根据

德州市 11 个县(市)近 50 年的气象资料和棉花产量, 利用计算气候因子与气象产量相关系数的方法, 研究气候因子对棉花产量的影响^[4]。二是利用聚类分析法研究气象要素对产量的影响。费勤贵等整理分析了南通棉区降雨量和棉花产量的长序列资料, 利用聚类分析方法, 把生育期的雨量划分为特征鲜明的若干年型, 再用水量平衡方法进一步分析降水年型对棉花生产的影响^[5]。结论表明蕾期、花铃期和吐絮期多雨是造成棉花减产的重要原因。三是利用灰色关联法研究气象要素对产量的影响。顾双平对气象要素与棉花产量进行灰色关联度分析, 结论认为影响棉花产量年度差异的主要气象因素依次是积温、日照时数和降水量^[6]。严彩虹等根据 2000—2009 年新疆境内棉花单产、年降水量、年平均气温、年平均相对湿度等统计数据, 利用灰色关联分析法研究了各气象因素对棉花产量的影响程度。结论表明, 年日照时数与棉花单产之间的相关性最好, 对棉花产量的贡献最大^[7]。

上述研究为深入了解气象因素对棉花产量的影响提供了很好的参考和指导。本研究在前人研究的基础上, 选取了 1998—2011 年南通市月平均气温、降水量和日照时数等气象因素的数据资料及其棉花产量^[8], 运用时间序列分析方法, 构建棉花气象产量模型, 并对各气象因素和棉花产量进行多元线性回归分析, 经检验, 所建模型具有较高的准确性, 比较符合当地棉花生产的实际情况。分析影响棉花产量的气象要素, 以期在日后的生产过程中能够趋利避害, 利用有利的气候资源, 提高棉花产量, 增加棉花的供给, 满足市场的需求。

1 材料与方法

1.1 气象数据来源与分类

气象数据来源于 1999—2012 年《南通统计年鉴》, 依据棉花生育期, 对数据进行分阶段统计, 计算平均值。棉花生育期大致分为 4 个阶段: 苗期(4—5 月)、蕾期(6 月)、花铃期(7—8 月)和吐絮期(9—10 月份)。搜集整理了这 4 个阶段的月平均降雨量、平均气温、平均日照时数, 共 12 个气象因素数据作为分析样本, 分别为: 苗期月平均降雨量(P_1), 苗期月平均气温(T_1), 苗期月平均日照时数(S_1), 蕾期月平均降雨

收稿日期: 2014-01-07

基金项目: 国家公益性行业(气象)科研专项(编号: GYHY201106019)。

作者简介: 孙佩(1989—), 女, 江苏靖江人, 硕士研究生, 从事气象灾害风险管理研究。E-mail: qfklrms@163.com。

量(P_2), 蕾期月平均气温(T_2), 蕾期月平均日照时数(S_2), 花铃期月平均降雨量(P_3), 花铃期月平均气温(T_3), 花铃期月平均日照时数(S_3), 吐絮期月平均降雨量(P_4), 吐絮期月平均气温(T_4), 吐絮期月平均日照时数(S_4)。

1.2 产量数据来源与分析

棉花产量数据同样来源于1999—2012年《南通统计年鉴》, 选取1998—2011年南通市皮棉单位产量(以下简称单产)数据作为研究对象, 皮棉单产 y = 总产量/播种面积。为了更准确地反映出受气象因素影响的棉花产量, 本研究将棉花单产分解成3部分, 即:

$$y = y_i + y_w + y_e \quad (1)$$

式中: y 为实际单产, y_i 为趋势产量, y_w 为气象产量, y_e 为随机波动产量。根据相关研究, 由于 y_e 主要是由一些随机因素引起的棉花产量的波动, 其影响一般较小, 故可对 y_e 忽略不计, 所以棉花产量通常主要分为趋势产量和气象产量2部分, 即

$$y = y_i + y_w \quad (2)$$

1.3 气象数据与产量数据相关性分析

运用时间序列分析方法, 根据上述所得气象产量数据, 对气象因素和棉花产量进行实证分析, 在此基础上, 利用OLS多元线性回归法, 结合SPSS软件, 分析棉花各生育期各主要气象因素对气象产量的影响。

2 南通市棉花产量及各气象因素状况分析

2.1 南通市棉花产量变化趋势分析

南通市1998—2011年棉花总产量的变化如图1所示。从图1可看出, 棉花产量总体呈现增长的趋势, 但是年际间波动较大。按照时间节点将年际间棉花总产的变化分为3个时段: 1999年以前, 1999—2007年, 2007年以后。第一阶段, 棉花产量从1998年的7.4万t下降到1999年的2.7万t, 这次大幅减产主要是由于农业部要求1998年起适当减少长江流域的植棉面积。第二阶段是1999—2007年, 尤其是入世之后, 在纺织品出口的带动下, 棉花生产迅速发展。国内棉花生产的主要任务是稳定面积, 提高单产, 满足国内纺织品的需求。这一时期, 棉花产量呈波动上升的趋势。第三阶段是2007年之后, 受金融危机的影响, 2008年纺织品出口出现下滑, 直接影响了对原棉的需求, 导致棉花价格大幅下降, 棉农生产积极性下降, 棉花产量减少。

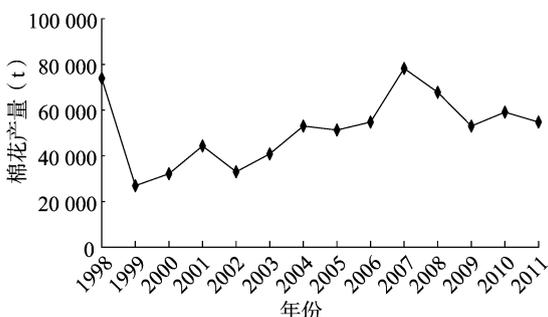


图1 1998—2011年棉花总产变化趋势图

2.2 棉花生育期的气象状况

2.2.1 棉花生育期月平均降水量 棉花生育期平均降水量见图2。在棉花的各生育期中, 苗期和吐絮期的平均降水量

较少, 天气比较干旱, 2011年苗期降水量异常偏少, 仅有38.95 mm, 为历年同期最低值。蕾期和花铃期由于处于梅雨时节, 降水量颇丰, 平均降水量占生育期的72%。2010年花铃期受暴雨洪涝灾害的影响, 降水量为326.45 mm, 明显多于其他年份同期降水量。

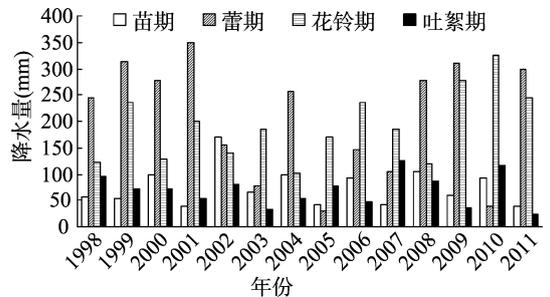


图2 1998—2011年棉花生育期月平均降水量

2.2.2 棉花生育期月平均气温 棉花历年各生育期平均气温如图3所示。蕾期和花铃期处于盛夏时节, 月平均气温明显高于苗期和吐絮期, 花铃期月平均气温最高, 2009年达到29.1℃, 高于其他年份。苗期月平均气温最低, 2010年受寒潮影响, 低至15.7℃, 低于同期其他年份。

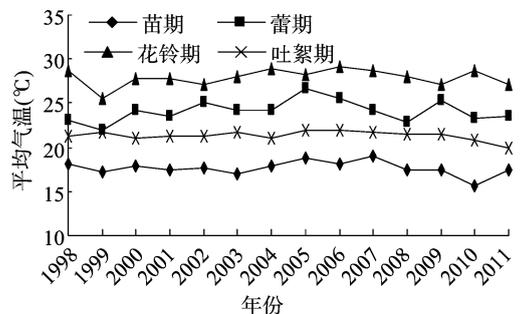


图3 1998—2011年棉花生育期月平均气温

2.2.3 棉花生育期月平均日照时数 棉花生育期平均日照时数如图4所示。棉花全生育期的日照时数年际间波动幅度较大, 花铃期的日照时数较长, 晴天较多, 2004年受持续高温炎热天气的影响, 达到261.8 h, 为历史最高。2007—2011年, 苗期的日照时数明显多于生育期其他阶段。

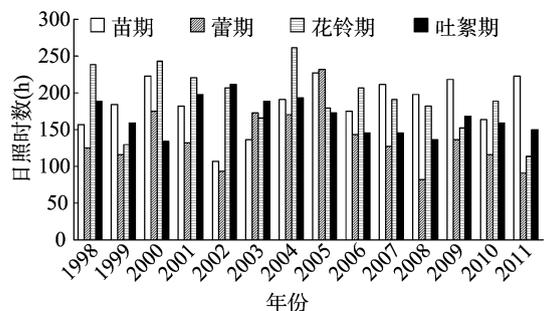


图4 1998—2011年棉花生育期月平均日照时数

3 气象因素与棉花产量的相关性分析

3.1 棉花的气象产量

3.1.1 气象数据资料 气象产量可以用实际观测值减去趋势产量得出, 即将上述公式(2)变形为 $y_w = y - y_i$, 因此要获得

气象产量数据,第一步就要先拟合出棉花的趋势产量^[9]。

本研究采用滑动平均法,以时间序号 t 作为自变量,以 y_t 作为因变量,以此来推导棉花趋势产量。时间序列方法有很多,包括移动平均法、指数平滑法^[10]、自适应滤波法、Logistic 曲线、ARMA 时间序列等。经过比较,本研究选用 3 次指数平滑法来拟合棉花的趋势产量。其预测模型为:

$$y_{t+m} = a_t + b_t m + c_t m^2, m = 1, 2, \dots$$

其中 $a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)}$;

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)}];$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} [S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)}].$$

α 的取值要求得趋势产量,最关键的是求出 α 和 $S_t^{(1)}$ 、 $S_t^{(2)}$ 、 $S_t^{(3)}$ 。根据表 1 中棉花产量的统计数据,对其作图分析,可以看出南通市皮棉产量的时间序列变动不大,比较平稳,所以 α 的取值应该小一点。经过反复试验,取 $\alpha = 0.3$,以减少修正幅度,降低拟合误差,使得模型能够包含较长时间的序列信息。

初始值的确定。对于初始值和 $S_0^{(1)}$ 、 $S_0^{(2)}$ 和 $S_0^{(3)}$ 的取值,由于本研究的时间序列数据较少,产量序列长度为 14,初始值对以后的预测值影响颇大,所以以最初 3 年实际产量的平均值作为初始值,即 $S_0^{(1)} = S_0^{(2)} = S_0^{(3)} = (y_1 + y_2 + y_3)/3$ 。拟合后估计值和实际产量的对比结果见图 5。

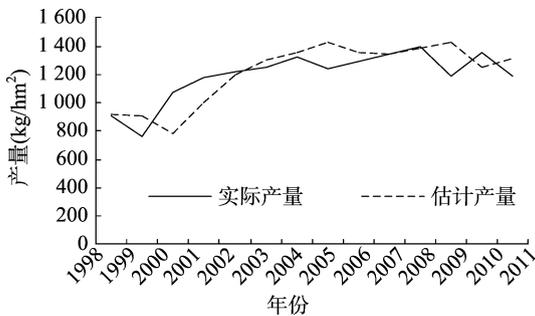


图5 棉花实际产量与估计产量比较

经上述趋势产量的拟合,依据公式(2)和南通市 1998—2011 年间的实际产量,推算出历年棉花气象产量(表 1)。

表 1 南通市 1998—2011 年实际产量、趋势产量和气象产量统计表

年份	实际产量 (kg/hm ²)	趋势产量 (kg/hm ²)	气象产量 (kg/hm ²)
1998	909	918	-9
1999	768	910	-142
2000	1 078	780	298
2001	1 178	1 007	171
2002	1 217	1 196	21
2003	1 249	1 300	-51
2004	1 327	1 354	-27
2005	1 238	1 425	-187
2006	1 291	1 352	-61
2007	1 347	1 349	-2
2008	1 392	1 385	7
2009	1 186	1 429	-243
2010	1 351	1 250	101
2011	1 187	1 315	-128

3.2 气象因素对棉花产量影响的回归分析

3.2.1 数据的平稳性检验 非平稳的时间序列间不一定有直接关联,但其序列往往表现出共同的变化趋势,此时对其进行回归,就会产生伪回归结果,该结果不具有任何实际意义。为了防止出现伪回归,保证估计结果的有效性,必须对所考察时间序列的平稳性进行检验。目前检验数据平稳性最常用的方法有 DF 检验、ADF 单位根检验、PP 检验等,本研究采用 ADF 检验法来检验目标数据的平稳性,结果如表 2 所示。

表 2 平稳性检验

变量	检验类型 (C,T,K)	ADF 值	相伴概率	检验结果
T_1	(C,0,K)	-2.677 437	0.108 2	非平稳
P_1	(C,0,K)	-6.520 450	0.00 02	平稳
S_1	(C,T,K)	-3.586 273	0.080 3	平稳
T_2	(C,0,K)	-2.840 569	0.079 6	平稳
P_2	(C,0,K)	-3.477 928	0.027 2	平稳
S_2	(C,0,K)	-2.487 105	0.140 2	非平稳
T_3	(C,0,K)	-3.683 874	0.019 1	平稳
P_3	(C,0,K)	-2.906 983	0.071 4	平稳
S_3	(C,0,K)	-4.355 894	0.006 0	平稳
T_4	(C,0,0)	-0.702 645	0.392 7	非平稳
P_4	(C,0,K)	-5.207 259	0.001 5	平稳
S_4	(C,0,K)	-2.090 640	0.250 4	非平稳
ΔT_1	(C,0,K)	-5.822 363 ***	0.000 7	平稳
ΔP_1	(C,0,K)	-11.513 340 ***	0.000 0	平稳
ΔS_1	(C,T,K)	-4.112 100 **	0.044 1	平稳
ΔT_2	(C,0,K)	-5.442 946 ***	0.001 3	平稳
ΔP_2	(C,0,K)	-5.872 887 ***	0.000 7	平稳
ΔS_2	(C,0,K)	-4.609 614 ***	0.004 6	平稳
ΔT_3	(C,0,K)	-7.943 372 ***	0.000 0	平稳
ΔP_3	(C,0,K)	-4.403 099 ***	0.008 6	平稳
ΔS_3	(C,0,K)	-4.870 790 ***	0.004 5	平稳
ΔT_4	(C,0,0)	-3.291 865 ***	0.003 4	平稳
ΔP_4	(C,0,K)	-5.258 277 ***	0.002 1	平稳
ΔS_4	(C,0,K)	-3.434 954 **	0.031 1	平稳

注:变量前的 Δ 表示一阶差分形式,检验类型分别代表常数项、时间趋势、滞后阶数,其中滞后阶数根据 SIC 原则确定;***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平下显著。

由表 2 可知,除 T_1 、 S_2 、 T_4 和 S_4 非平稳外,其他各项指标都是平稳序列,但是 T_1 、 S_2 、 T_4 和 S_4 的一阶差分具有平稳性。

3.2.2 气象因素与产量的回归分析 检验结果表明,经过一阶差分后,目标数据均为平稳序列,存在一阶单整,可以进行 OLS 多元线性回归。根据所得气象数量和棉花气象产量数据,对气象因素和棉花产量进行 OLS 多元线性回归分析。回归结果见表 3。

表 3 回归系数

变量	回归系数(t 值)	变量	回归系数(t 值)
常量	15 100.589 ** (38.061)	P_3	-2.372 ** (-23.946)
P_1	-9.054 ** (-31.924)	T_3	-451.011 ** (-29.376)
T_1	-255.760 ** (-27.443)	S_3	15.905 ** (31.708)
S_1	3.410 (8.162)	P_4	-7.063 ** (-17.471)
P_2	-4.353 ** (-21.280)	T_4	25.132 (2.396)
T_2	117.718 ** (16.054)	S_4	-6.092 ** (-23.028)
S_2	-11.139 ** (-23.959)		

注:***、**和* 分别表示在 1%、5%和 10% 水平下显著。

调整后的 R^2 为 0.997, 比较理想, 说明总体拟合情况较好。F 值为 314.704, 显著性水平为 0.044, 小于 0.05。由表 3 可知, 各要素的 t 检验值的绝对值均大于 2.365 ($\alpha = 0.05$), 除 S_1 和 T_4 不显著外, 其他气象因素均在 0.05 水平上显著, 即它们对棉花产量有着显著影响。

3.3 棉花生育期气象要素对气象产量的影响

3.3.1 平均气温对气象产量的影响 根据表 3 得出的棉花各生长阶段气象要素的相关系数及其显著性, 苗期平均气温与棉花产量呈负相关。这可能是由于南通市苗期降水量较少, 在日照充足的情况下, 温度升高会降低土壤的含水量。土壤水分不足会影响棉苗的正常生长活动, 导致弱苗迟发、病苗等现象。蕾期月平均气温与棉花产量呈正相关关系。此时是棉花的现蕾期, 现蕾的最低临界温度为 19~20℃, 且温度升高, 现蕾速度加快。一般来说, 现蕾的适宜温度为 25~30℃。棉花现蕾期南通市 14 年的最高温度、最低温度、平均温度分别为 26.7、22、24.15℃, 有利于棉花现蕾。花铃期平均气温与棉花产量呈负相关关系。花铃期温度过高易造成高温危害, 导致蕾铃大量脱落。吐絮期平均气温与棉花产量呈正相关关系。气温高于 20℃ 时, 有利于棉花发育、吐絮, 温度较低容易延缓吐絮。南通市 9 月份的平均气温均在 20℃ 以上, 有利于棉花吐絮, 而 10 月份的平均气温只有 18.7℃, 会影响棉花吐絮, 但是影响不显著。

3.3.2 平均降水量对气象产量的影响 由表 3 可知, 在棉花生长发育的苗期、蕾期、花铃期、吐絮期 4 个阶段, 降水量与棉花产量均呈负相关关系。苗期棉花需水量较少, 蕾期和花铃期棉花需水量增多, 但是过多的降水不利于花粉正常授粉, 引起蕾铃大量脱落, 影响棉花产量。6 月中旬到 7 月中旬, 南通正值梅雨季节, 降水量偏多, 易形成雨涝, 导致棉花烂根, 不利于开花, 还易加重病害发生, 导致棉花减产, 降低棉花质量。吐絮期棉花需水量减少, 若此时降水量过多, 会导致田间相对湿度增大, 使得铃壳增厚, 延迟开裂, 致使病菌感染, 从而引起烂铃, 出现黑桃、烂桃等现象, 减少产量。9 月份为吐絮盛期, 近几年, 南通市 9 月份的平均降水量相较于往年有增加的趋势, 对棉花产量的不利影响加大。

3.3.3 日照时数对气象产量的影响 苗期日照时数与棉花产量呈正相关关系。这是因为棉花是好光作物, 光照时间的长短以及光照强度都会对棉花的生长发育产生影响。在充足的光照条件下, 棉株发育充分, 有利于棉株现蕾。南通光照较为充足, 有利于棉花的生长发育, 但是影响不显著。蕾期日照时数与棉花产量呈负相关关系。主要是因为苗期降水量较少, 日照时数较多, 导致水分缺失, 不利于棉株的生长发育。花铃期日照时数与棉花产量呈正相关关系。棉花是喜光作物, 充足的日照是棉花获得高产的必要条件。吐絮期日照时数与棉花产量呈负相关关系。这一时期, 南通市降水量减少, 日照时数长, 光照足, 导致水分相对减少, 影响铃重, 造成棉花早衰。

4 结论与讨论

本研究分析了气象因素对南通市单位棉花产量的影响,

结果表明, 棉花生育期对产量影响最大的气象要素是气温, 其次是日照时数, 降水量的影响相对较弱。适宜的温度有利于棉花的生长发育^[11], 蕾期温度越高, 棉铃发育、成熟得也越快, 棉铃也越大。吐絮期气温与棉花产量之间的相关度不显著, 可能是由于这段时间南通市日照充足, 气温稳定, 温度变化波动幅度较小导致的。日照时数与棉花产量呈正相关关系^[12], 花铃期充足的日照可以使光合作用得到较大的发挥, 增加铃数。棉花是好光作物, 花铃期充足的日照有利于棉花的光合作用, 有助于增加铃数, 提高铃重。降水量与棉花产量呈显著的负相关关系。蕾铃期一般是在 6 月上旬到 8 月下旬, 6 月份开始, 南通市逐渐进入梅雨期, 降水量明显增多, 而 7—8 月份又是全年降水的高峰期, 雨水过多会增加土壤湿度, 导致棉花疯长, 降低结铃率, 同时还会造成烂铃, 降低棉花产量。

在棉花的种植过程中, 应充分考虑各阶段影响棉花产量的气象因素, 趋利避害, 增加棉花产量。在研究的过程中, 还应注意, 不仅要分析单个气象因子对棉花产量的影响, 还需考虑它们对棉花产量的综合影响^[13]。此外, 本研究是以棉花各生长阶段的平均气象数据作为研究基础的, 消除了气象数据的波动性, 在以后的研究中可以将气象数据进一步细分, 考虑极值情况对产量的影响。

参考文献:

- [1] Reddy V R, Baker D N. Application of GOSSYM to analysis of the effects of weather on cotton yields[J]. *Agricultural Systems*, 1990, 32(1): 83-95.
- [2] Blanc E, Quirion P, Strobl E. The climatic determinants of cotton yields: evidence from a plot in West Africa[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2008, 148(6/7): 1093-1100.
- [3] 王建林, 太华杰. 影响中国棉花产量丰歉的气象指标[J]. *应用气象学报*, 1995, 6(增刊1): 96-101.
- [4] 吴泽新, 李风云. 德州气候对棉花产量的影响及对策分析研究[J]. *现代农业科技*, 2009(12): 141, 144.
- [5] 费勤贵, 秦兆球. 降雨年型对南通棉花生产的影响[J]. *中国农村水利水电*, 1997(11): 17-21, 48.
- [6] 顾双平. 棉花生育期气候要素与产量的灰色关联分析及应用[J]. *江西棉花*, 2001, 23(5): 17-19.
- [7] 严彩虹, 李晓明. 基于灰色关联分析的新疆棉花产量气象影响因素研究[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2012, 6(5): 51-53.
- [8] 房世波. 分离趋势产量和气候产量的方法探讨[J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(6): 13-18.
- [9] 王石立, 王隰棠. 指数平滑法在产量趋势预报中应用的探讨[J]. *气象科学研究院院刊*, 1989, 4(2): 178-185.
- [10] 朱红霞, 黄严帅, 张耀鸿. 气象条件对南通地区棉花生长的影响[J]. *江苏农业科学*, 2012, 40(7): 70-73.
- [11] 吕新, 马俊杰. 石河子气温对棉花产量影响的初步研究[J]. *石河子大学学报: 自然科学版*, 1997, 1(2): 33-37.
- [12] 朱红霞, 周晓冬, 黄严帅. 南通气象因素对棉花产量及其构成因子的影响[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(33): 176-179.
- [13] 翟贵明, 张希春, 刘树棣. 气象因子对山东惠民棉花产量的影响及其评价模型[J]. *中国棉花*, 2011(11): 26-29.