

渭干河－库车河三角洲绿洲棉花种植面积 时空变化特征分析

买合皮热提·吾拉木,玉苏甫·买买提,满苏尔·沙比提
(新疆师范大学地理科学与旅游学院,新疆 乌鲁木齐 830054)

摘 要: 利用研究区棉花种植面积和产量相关统计数据,探究研究区棉花种植面积和产量的时空变化特征及单产和面积作用对棉花产量的影响。研究结果表明:(1) 近 62 年来,研究区的棉花种植面积、棉花产量和单产均呈上升趋势,而且表现出明显的阶段性和波动性,1949—1985 年间增长缓慢,1986—2011 年增长迅速。(2) 就棉花总产波动来看,单产的作用占 42.04%,面积作用占 50.96%,在 1949—1985 年间单产增加对棉花总产量提高的贡献较大,在 1986—2011 年间棉花种植面积扩大对棉花总产量提高的贡献较大。(3) 1985 年前棉花种植面积较稳定,波动不大,主要靠挤占粮食作物面积来扩大,1986 年之后棉花种植面积扩大迅速,主要途径为开荒造地。(4) 棉花市场价格的波动、生产成本的上升、产量的徘徊、生产环境的恶化和品种等直接影响着研究区棉花生产的竞争力和棉农增收。

关键词: 棉花;种植面积;时空变化;渭干河－库车河三角洲绿洲
中图分类号: S562.044 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)03-0214-06

Analysis of spatio-temporal variation characteristics of cotton planted areas in Weigan – Kuqa River Delta Oasis

Mahpiret Ulam, Yusuf Mamat, Mansur Sabit
(School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

Abstract: Using the relevant statistical data of cotton planted area and yield in study region, has explored the spatio-temporal variation characteristics of cotton planted areas with yield and effect of the function of yield and area to the cotton output. The research results showed that: (1) In recent 62 years, the cotton planted area, cotton output and yield total have showed an upward trend in the study region, further more, have performed obvious stage and fluctuation, slow increase from 1949 to 1985, but rapid growth from 1986 to 2011. (2) As to the cotton production fluctuation, the effect of the unit yield was 42.04%, the area was 50.96%. During 1949 to 1985, the unit yield increase was more contribution to the cotton output increasing, while the cotton planted area was more contribution to the cotton output increasing during 1986—2011. (3) Before 1985, the cotton planted area was rather stable with less fluctuation, mostly expanded by the area of food crop, but after 1986, cotton planted area begun to expand rapidly, most by wasteland reclamation. (4) The fluctuation of the cotton market price, the rise of the production cost, the cotton output up and down, degradation of production environment and the cotton variety and so on had a direct impact to the competitiveness of cotton production and the income increasing of cotton farmers in the study area.

Keywords: cotton; planted areas; spatio-temporal variation; Weigan – Kuqa River delta oasis

棉花关系国计民生,在我国国民经济中占有十分重要的地位。我国现有 5 大棉区,为黄河流域棉区、长江流域棉区、西北内陆棉区、辽河流域棉区和华南棉区^[1]。20 世纪 90 年代以来,随着我国棉花种植业布局的调整,国家采取北倾西移的植棉政策,同时,加大了对具有优越植棉条件的新疆的投资和

政策扶持力度,提出了将新疆建成为我国棉花生产主要基地的战略。在这种背景下,新疆地方政府不失时机地制定了发展新疆经济的“一黑一白”战略,提出了“以提高单产为主,适当扩大面积”的棉花生产发展方针^[2-4],将棉花生产提到发展振兴新疆地方经济的战略高度。经过几年的艰苦努力,新疆棉

收稿日期:2013-11-03
基金项目:国家自然科学基金项目(41261056)
作者简介:买合皮热提·吾拉木(1966—),女,乌孜别克族,新疆喀什人,博士,副教授,主要从事干旱区绿洲农业资源研究。E-mail: i-maihepireti@163.com。

花单产、总产和种植面积均已位居全国前列,成为我国最大的棉花生产基地,植棉业成了新疆经济的支柱产业^[5]。棉花国内外需求持续增长,新疆棉花种植规模变化趋势如何,在市场竞争背景下,棉花生产者决定棉花播种面积时受哪些因素的影响?笔者选定渭干河 - 库车河三角洲绿洲棉区为研究对象,深入研究棉花种植规模和产量的时空变化特征及存在问题,将有助于全面把握新疆棉花产业发展的脉络,解决棉花生产所面临的问题和矛盾,促进新疆植棉业的持续发展。

1 研究区概况

渭干河 - 库车河三角洲绿洲位于天山南麓,塔里木盆地北部,北起秋里塔格山,南接塔里木河北岸,是一个典型而完整的扇形平原绿洲(图 1)。北部是高峻的天山山脉,海拔 3 000 ~ 5 000 m,是渭干河 - 库车河三角洲绿洲重要的水源地、冰川和涵养林景观;中部是以秋里塔格山为主的长期剥蚀的低山和残丘,呈东西向断续分布,海拔 1 500 ~ 2 000 m;南部是山前平原区,主要是绿洲、沙漠和戈壁景观。渭干河 - 库车河使本区形成和发育了较大的绿洲,是新疆的主要产棉区之一,阿克苏地区最大的灌溉区,其经济发展的核心地带是库车、沙雅和新和县^[6]。因此分析渭干河——库车河三角洲绿洲棉花种植规模和产量的时空变化特征及存在问题,对南疆乃至全疆具有十分重要的现实意义。

2 数据来源和研究方法

渭干河 - 库车河三角洲绿洲范围包括库车、沙雅、新和三个县,这三个县 1949—1998 年间的耕地面积、播种面积、棉花种植面积、粮食种植面积、棉花总产量和棉花单产量数据取自《阿克苏辉煌 50 年》和各县统计资料。1999—2011 年间的耕地面积、播种面积、棉花种植面积、粮食种植面积、棉花总产量和棉花单产量数据主要取自《新疆 2000—2012 年统计年鉴》^[7-8]。分析整理原始资料,对不同的计量单位标准化。在上述数据的支持下,对渭干河 - 库车河三角洲绿洲近 62 a 来棉花种植面积和棉花产量变化进行研究。具体研究方法是:

(1) 棉花种植面积的相对变化率,用公式(1)来计算^[9]:

$$R = (K_2/K_1)/(C_2/C_1) \tag{1}$$

式中, K_1 、 K_2 分别代表某区域(县)某一特定土地利用类型研究初期及研究末期的棉花面积; C_1 、 C_2 分别代表全区域某一特定土地利用类型研究初期和研究末期的棉花面积。

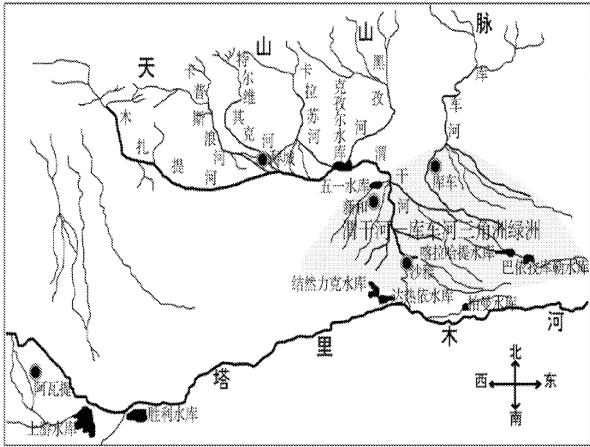


图 1 渭干河—库车河流域示意图

Fig.1 The schematic diagram of the Weigan River - Kuqa River Basin

如果某区域某种土地利用类型的棉花面积相对变化率 R 大于 1,则表示该区域棉花面积相对变化率较大;反则 R 小于 1,则表示棉花面积相对变化率较小。

(2) 面积与单产变化对总产量的影响,据公式(2)来计算^[10]:

$$Y_t(i) = Y(i) \times S(i) \tag{2}$$

式中, $Y_t(i)$ 为某年 i 的总产量; $Y(i)$ 与 $S(i)$ 分别为该年的单产与播种面积。以 $\Delta Y_t(i)$ 、 $\Delta Y(i)$ 和 $\Delta S(i)$ 分别代表 i 年与 $-i$ 年的年际变化,即:

$$\Delta Y_t(i) = Y_t(i) - Y_t(i - 1)$$

$$\Delta Y(i) = Y(i) - Y(i - 1)$$

$$\Delta S(i) = S(i) - S(i - 1)$$

根据以上关系, $\Delta Y_t(i)$ 可以表示为:

$$\Delta Y_t(i) = \Delta Y(i) \times S(i - 1) + Y(i - 1) \times \Delta S(i) + \Delta Y(i) \times \Delta S(i)$$

即总产量的年际变化可以分解为单产变化影响(面积不变)、面积变化影响(单产不变)及其交互作用三部分。不同年份,各项的作用不同。

为估算近 62 a 来单产和面积,对总产量的平均作用,用以下方法计算各项绝对平均值所占的比例:

$$A = \sum |\Delta Y(i) \times S(i - 1)| + \sum |Y(i - 1) \times \Delta S(i)| + \sum |\Delta Y(i) \times \Delta S(i)|$$

$$IY = (\sum |\Delta Y(i) \times S(i - 1)| / A) \times 100\%;$$

$$IS = (\sum |Y(i - 1) \times \Delta S(i)| / A) \times 100\%$$

$$IYS = (\sum |\Delta Y(i) \times \Delta S(i)| / A) \times 100\%$$

式中, A 为中间变量, IY 、 IS 和 IYS 分别为单产、面积及交互作用的平均相对作用。

3 棉花种植面积时空变化特征

3.1 棉花种植面积时序变化特征

从图 2 可见,近 62 a 来,渭干河 - 库车河三角

洲绿洲棉花种植面积呈波动上升趋势。对近 62 a 的棉花种植面积进行线性拟合,其趋势方程为:

$$y = 1678x + 17854(R^2 = 0.701)$$

即研究区的棉花种植面积平均每年扩大约 1 678 hm²。1949—2011 年间棉花种植面积变化可简要划分为两个阶段:1949—1985 年为相对缓慢增长阶段,棉花种植面积由 4 760 hm² 扩大到 12 583 hm²,净增 7 823 hm²,增长率 1.6 倍;同期耕地面积净增 37 506 hm²,增长率 0.45 倍。1986—2011 年波动中快速增长阶段,棉花种植面积由 1985 年的 12 583 hm² 扩大到 2011 年的 147 260 hm²,净增 134 677 hm²,增长率 10.7 倍;同期耕地面积净增 38 857 hm²,增长率 0.32 倍(图 2)。棉花种植面积的增长率两阶段都比新增耕地面积快,说明棉花种植面积的扩大,一方面依靠开垦荒地,另一方面依靠挤占其它作物,尤其是粮食作物的播种面积。

由表 1 可知,20 世纪 50、60、70 年代,渭干河—库车河三角洲绿洲棉花种植面积占总播种面积和耕地面积的平均比重一直稳定在 10%~12%,变幅在 1.77%~1.79% 之间,棉花种植面积占粮食播种面积的比重约 15%,变幅在 0.27% 左右。说明棉花种植面积增长较缓慢,波动较小,且棉花播种面积随着耕地和总播种面积的增加而略有增加。从 20 世纪 80 年代开始,棉花播种面积占总播种面积的平均比重由 80 年代的 15.58% 增至 21 世纪初期的 52.12%;棉花播种面积占粮食播种面积的平均比重由 80 年代的 21.35% 增至 21 世纪初期的 134.32%。表明棉花种植面积呈现快速增长趋势。总体来看,

表 1 不同时段棉花种植面积占总播种面积、耕地面积和粮食播种面积的比重/%

棉花种植面积 Cotton planted area	时段 Period					
	1949—1960	1961—1970	1971—1980	1981—1990	1991—2000	2001—2011
在总播种面积中所占比重 Proportion of the sown area	11.07	11.73	11.84	15.58	40.25	52.12
在耕地面积中所占比重 Proportion of the arable land	9.33	10.96	11.12	15.96	45.71	65.33
在粮播面积中所占比重 Proportion of food crop area	14.75	14.86	15.02	21.35	78.72	134.32

3.2 棉花种植面积空间变化特征

本文利用该绿洲各县的棉花种植面积变化来反映棉花种植面积变化的区域差异,定量描述棉花种植面积的变化速度,对比较棉花种植面积变化的区域差异具有积极意义。由于区域的自然条件、土地利用方式、经济发展和人口增长速度等诸因素的影响,再加上历史原因,渭干河—库车河三角洲绿洲各县 62 a 来棉花种植面积变化表现出很大的差异性。

渭干河—库车河三角洲绿洲棉花种植面积呈现不断扩大趋势,且表现出明显的阶段性和波动性特点,这与国家政策和区域经济发展水平密切相关。进入 20 世纪 50 年代,渭干河—库车河三角洲绿洲种植模式为以小麦、玉米、棉花、果园、牧草为主的多元结构,棉花种植面积缓慢增长。20 世纪 80 年代中期以来,随着克孜尔水库的建设和水利设施的完善,特别是“一黑一白”战略的实施和“矮、密、早、膜”植棉模式的推广,植棉面积快速增长^[11-14]。但同时随着国际棉花市场的波动和我国纺织品市场的对外开放,渭干河—库车河三角洲绿洲棉花种植面积也表现出波动特征。

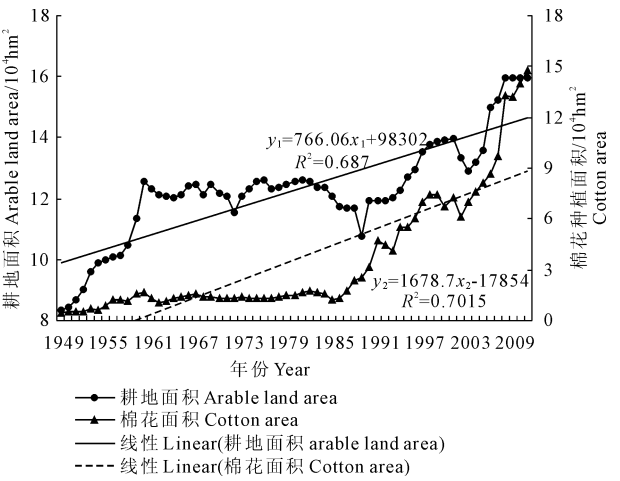


图 2 1949—2011 年间渭干河—库车河三角洲绿洲棉花种植面积变化趋势

Fig.2 Changing trend of the cotton planted area in the Weigan River - Kuqa River delta oasis during 1949—2011

据公式(1)来计算,在 1949—2011 年的 62 a 间,在渭干河—库车河三角洲绿洲的各县棉花面积变化中沙雅县的棉花面积变化率最大, $R = 2.31$;库车县的棉花面积变化率最小, $R = 0.57$;新和县的棉花面积变化率介于两者之间, $R = 1.11$ 。从以上棉花种植面积相对变化率的分析结果看,本绿洲的棉花面积相对变化率存在较大的区域差异,引起这种差异的主要原因是水资源、后备土地资源和社会经济发展状

况。沙雅县靠近塔里木河,地多人少,后备土地资源丰富,人均土地和人均未利用土地位于整个绿洲首位,有足够的后备土地资源可开垦为棉田;经济发展落后,城镇化水平低,第二、第三产业不足,只能依靠扩大棉花种植面积来增加收入。同时由于自然条件差,风蚀、沙化、盐碱化、干旱等自然灾害频发,灾害使棉田损失严重,农业收入波动性较大,为克服欠产绝收年景,只能靠扩大棉花面积来缓和灾害年景的困境。1949—2011 年间,整个绿洲增加的棉花种植面积 142 500 hm²,增长率 29.94 倍,但是同期,沙雅县增加的棉花面积为 60 640 hm²,增长率 70.51 倍。与此相反的是库车县靠近国道 314 线,经济实力增长快,社会固定资产投资增大,农村城镇化加快,乡镇企业兴起,农村出现了“建房热”等占用了部分土地甚至占用了棉田。1949—2011 年间,库车县增加的棉花面积仅为 47 563 hm²,增长率 16.59 倍。究其原因这是由于水资源较为紧张,后备土地资源不足,因此棉花面积的变化率较小。

总体上来看,因自然、社会和经济条件的差异,渭干河 - 库车河三角洲绿洲棉花种植面积形成了明显的地域差异性。目前库车县棉花播种面积占耕地面积的 69.64%,占总播种面积的 54.23%,是粮食播种面积的 1.3 倍;沙雅县棉花播种面积占耕地面积的 94.98%,占总播种面积的 71.56%,是粮食播种面积的 2.7 倍;新和县棉花播种面积占耕地面积的 89.45%,占总播种面积的 67.67%,是粮食播种面积的 2.35 倍。库车县 21 世纪前 11 年的棉花播种面积占全区棉花播种总面积的 34.43%,比 20 世纪 60 年代的 51.67% 降低 17.24%;沙雅县的占 41.32%,比 60 年代的 20.76% 增加 20.65%;新和县的占 24.25%,比 60 年代的 27.57% 降低 3.32% (图 3)。

4 棉花产量变化特征

4.1 棉花产量时空变化特征

近 62 a 来,渭干河 - 库车河三角洲绿洲的棉花种植业取得长足进展,棉花产量不断提高,对近 62 a 的棉花产量进行线性拟合,其趋势方程为: $y = 2945x - 49349$ ($R^2 = 0.658$),即研究区的棉花产量平均每年增长约 2 895 t (图 4)。

由图 4 可知,近 62 a 来研究区棉花产量呈上升趋势,但是 1949—1985 年间增长缓慢,棉花产量由 1949 年的 373 t 增加到 1985 年的 0.85×10^4 t,净增 8 130 t,比原产量增长了 21.07 倍;同期库车县的棉花产量净增 3 629 t,增长了 14.07 倍,同期沙雅县的

棉花产量净增 2 294 t,增长了 39.55 倍;新和县的棉花产量净增 2 307 t,增长了 39.78 倍;在此阶段库车县的棉花产量占全区棉花总产量的 56.93%,沙雅县的棉花产量占 22.91%,新和县的棉花产量占 20.16%。1986—2011 年间是快速增长阶段,棉花总产量由 1986 年的 0.86×10^4 t 增加到 2011 年的 25.37×10^4 t,净增 24.51×10^4 t,增长了 28.49 倍;同期库车县的棉花产量净增 8.00×10^4 t,增长了 20.58 倍;同期沙雅县的棉花产量净增 10.49×10^4 t,增长了 44.59 倍;新和县的棉花产量净增 6.02×10^4 t,增长了 25.47 倍;在此阶段库车县的棉花产量占全区棉花总产量的 34.52%,沙雅县占 42.68%,新和县占 22.80%。究其原因 20 世纪 80 年代中后期,在研究区试验推广地膜种植棉花,以提高棉花单位面积的产量来,促进棉花总产量,从 90 年代开始国家和自治区对种植棉花的政策扶持,使棉花种植面积扩大,促进棉花总产量的提高。

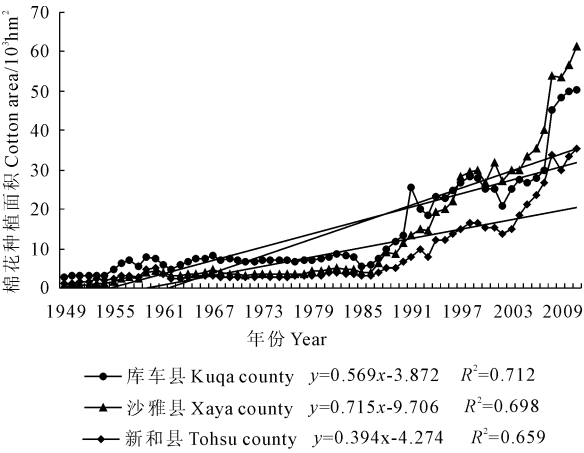


图 3 1949—2011 渭干河 - 库车河三角洲绿洲各县棉花种植面积变化趋势

Fig.3 Changing trend of cotton planted area in each county in Weigan River - Kuqa River delta oasis, 1949—2011

4.2 面积与单产变化对总产量的影响

据公式(2)来计算面积与单产变化对总产量的影响,其计算结果见表 2 所示。由表 2 可知,在棉花总产波动中,就平均状况来看,单产的作用略小于面积的作用,说明在研究区以往棉花总产的提高中,依靠扩大棉花种植面积和提高单位产量是相结合的,尤其是棉花生产中,扩大棉花种植面积起重要作用,表明提高棉花总产量中,提高棉花的单位产量有相当大的潜力。就年代变化趋势来看,从 20 世纪 50 年代至 90 年代,单产作用大于面积作用,尤其是 70 年代单产作用达最高值,之后单产作用逐年降低而面积作用逐渐增强,至 21 世纪前 11 年时达最高值。

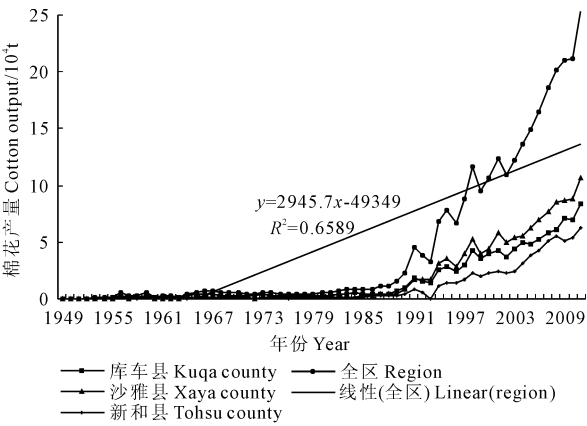


图 4 1949—2011 渭干河—库车河三角洲绿洲棉花产量变化趋势

Fig.4 Changing trend of cotton output in Weigan River – Kuqa River delta oasis at 1949—2011

表 2 不同时段单产和植棉面积对棉花总产年际波动的影响

Table 2 Effect of unit yield and cotton planted area to the fluctuation of total cotton output in different periods

时段 Period	单产作用 Yield effect /%	面积作用 Area effect /%	交互作用 Interaction /%
1950—1960	64.22	26.24	9.54
1961—1970	60.22	32.37	7.41
1971—1980	83.51	13.71	2.78
1981—1990	48.24	44.16	7.60
1991—2000	61.27	31.63	7.10
2001—2011	29.71	63.42	6.87
62 a 平均 Average of 62 years	42.04	50.96	7.00

5 棉花生产存在的问题

5.1 棉花市场价格不稳定

棉花收购价格对棉花种植面积的影响呈现波动特征。在市场经济体制下,棉农是自负盈亏的经营主体,棉花收购价格影响到棉农生产的主动性和积极性。计划经济体制下,国家从棉花定价政策、调运和销售等方面给予充分支持,调动了新疆种植棉花生产的积极性。但是进入 21 世纪以来,尤其是中国加入 WTO 之后,新疆不论市场价格高与低,棉花畅销或滞销,种植面积一直在稳定扩大,尤其是近几年来,研究区棉花生产面积相对稳定增长,对新疆棉花安全、供需调节发挥了重要作用。然而研究区棉花生产所处的外部环境尤其是市场条件已经发生了很大变化,棉花价格完全放开,虽有临时储备措施,但棉花产业链长,与国际市场关联度高,国家对其调控

能力远不及粮食,市场风险大。棉花价格的大起大落不仅使棉农收益受损,也增大棉花流通企业经营风险。

5.2 棉花生产成本提高

受综合物价指数上涨的拉动,近几年来新疆棉花成本不断提高。尤其是棉花生产所需的物质费用(种子费、农膜费、农药费、化肥费、土地成本)和人工劳务成本(用工作价、雇工费用、拾花费用)均呈现大幅增长态势。由于棉花生产周期长、环节多、用工量大、技术要求高,从事棉花生产的机会成本又远远高于粮食作物,也使得棉花生产的比较优势进一步降低,而棉花收购价格并没有随着棉花种植成本的上升而同步提高,棉农增产不增收,一些棉农逐渐放弃生产棉花,转产经济附加值更高的核桃、红枣、杏子等经济作物。

5.3 棉花产量不高

多年来研究区棉田用养失衡、残膜污染严重、棉田连作长,一些棉田呈现掠夺式生产,次生盐渍化加剧、棉田素质下降、病虫害蔓延,是制约棉花产量提高的重大障碍因素。沙雅县的棉花种植面积占耕地面积的 94.98%,新和县的占 89.45%,库车县的占 54.23%,沙雅和库车县塔里木乡的棉田连作 20 年以上,使农田生态环境发生巨大变化,棉田轮作倒茬困难、地力消耗严重,土壤质地和养分严重不足,次生盐渍化加重,枯黄萎病大面积蔓延,病虫害严重暴发的现象已经显露出来。另外,气候灾害对研究区棉花生产发展影响逐年加重,低温、冻害、霜冻、冰雹、大风危害大,对棉花生产损失严重。除此之外,要提高棉花产量,棉花品种的培育非常关键。目前,生产上推广的品种同质性强,缺少过硬的主栽品种,虽然选育出一些丰产性较好的新品种,但在适应性、抗逆、抗病性方面没有突破。因此要继续优化品种结构,打破品种间同质性,确立主导品种,发挥良种增产作用。

6 结 论

1) 近 62 a 来,渭干河—库车河三角洲绿洲的棉花种植面积,棉花产量和单产均呈上升趋势,但是 1949—1985 年增长缓慢,在此阶段,棉花种植面积增长 1.64 倍,棉花产量增长 21.70 倍,单产增长 7.62 倍;1986—2011 年间增长迅速,棉花种植面积增长 1070%,棉花产量增长 2896%,单产提高了 157%。可以看出,1949—1985 年间单产的增加对棉花总产量提高的贡献较大,在 1986—2011 年间棉花种植面积的扩大对棉花总产量提高的贡献较大。

2) 在棉花总产波动中,就平均状况来看,单产的作用占 42.04%,面积作用占 50.96%,单产作用略小于面积作用;就时间变化趋势来看,20 世纪 90 年代以前,单产作用相对大于面积作用,特别是 70 年代单产作用最大,90 年代之后面积作用相对增大。

3) 20 世纪 80 年代之前,棉花播种面积占耕地面积、总播种面积与粮食播种面积的平均比率一直较稳定,且变幅不大,挤占其它作物的面积,尤其是挤占粮食作物的面积较小。从 80 年代中期开始,上述比值明显增大,且变幅大幅提高。由 90 年代起棉花播种面积的扩大主要由开荒造地和挤占粮食作物的面积来实现。

4) 优化棉花生产布局,实现棉花高效生产要在准确分析我国棉花产需形势和国际棉花市场变化的基础上,合理安排棉花生产,维护国内棉花市场稳定,保护棉农利益。根据棉纺工业需求,优化品种结构,鼓励棉农积极推广应用新品种、新技术,努力提高棉花产量和质量,从而更好地提高棉花的经济效益。

5) 研究区棉花平均光温生产潜力为 4 238 kg·hm⁻²,是平均实际产量的 2.45 倍。随着棉花栽培技术的不断改善、棉花高产抗逆品种的广泛应用、先进灌溉技术的大面积推广等,棉花光温生产潜力能够实现的程度会越来越高。如果能够实现的光温生产潜力以 50%来计算,棉花的单位产量可达 2 119 kg·hm⁻²,则在现有生产规模的基础上,棉花总产量可达 31.20 万 t,可比现有总产量提高 23%。由此可见,未来研究区棉花生产仍然有很大的增产潜力。

参 考 文 献:

[1] 盛承发,王红托,苏建伟,等.我国棉花主产省区比较优势分析[J].地理科学,2001,21(2):103-107.

[2] 沈兆戎,许健.拓宽思路、发展新疆“持续棉业”[J].新疆农业科技,1996,(6):2.

[3] 田长彦.新疆棉产业可持续发展面临的挑战与科技对策[J].干旱区研究,2001,18(4):62-67.

[4] 倪天麒,田长彦,胡文康.新疆棉花生产中的重大问题与可持续发展对策[J].干旱区研究,2002,19(3):57-61.

[5] 姜逢清,杨德刚.新疆棉花产量构成要素分析[J].干旱区研究,2003,20(2):104-109.

[6] 满苏尔·沙比提,海鹰,阿布拉江·苏来曼.近 50 年来渭干河 - 库车河三角洲绿洲耕地变化及其成因[J].地理研究,2004,23(4):487-494.

[7] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2000:92,293-294,315-316.

[8] 新疆维吾尔自治区统计局.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2012:116,327-329,364-367.

[9] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.

[10] 张宇.近 40 年来我国粮食产量变化特征初步分析[J].中国农业气象,1995,16(3):1-4.

[11] 马富裕,周治国,郑重,等.新疆棉花膜下滴灌技术的发展与完善[J].干旱地区农业研究,2004,22(3):202-208.

[12] 刘新永,田长彦,马英杰,等.新疆膜下滴灌棉花耗水规律以及灌溉制度研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(1):108-112.

[13] 胡顺军,宋郁东,周宏飞,等.塔里木盆地棉花水分利用效率试验研究[J].干旱地区农业研究,2002,20(3):66-70.

[14] 范文波,江煜,吴普特,等.新疆石河子垦区 50 年气候变化对棉花种植的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(6):244-248.

(上接第 201 页)

[3] 陈森法,张文红,张建坤,等.短期降雨预测的随机微分方程[J].系统工程学报,2004,19(3):239-243.

[4] 王立坤,付强,杨广林,等.季节性周期预测法在建立降雨预报模型中的应用[J].东北农业大学学报,2002,33(1):67-71.

[5] 贾海峰,郑耀泉,丁跃元,等.灰色一时序组合预测模型及其在年降水量预测中的应用[J].系统工程理论与实践,1980,(8):122-126.

[6] 黄国如,芮孝芳.流域降雨径流时间序列的混沌识别及其预测研究进展[J].水科学进展,2004,15(2):255-260.

[7] 黄崇福.自然灾害风险分析的信息矩阵方法[J].自然灾害报,2006,15(1):1-10.

[8] 黄崇福.自然灾害风险分析的基本原理[J].自然灾害报,1999,8(2):21-29.

[9] 黄崇福.自然灾害风险评价理论与实践[M].北京:科学出版社,2004:111-115.

[10] 冯利华.基于信息扩散理论洪水风险分析[J].信息与控制,2002,31(2):164-165.

[11] 杨宁,石硕,冯源,等.基于信息扩散近似推理实现配方产品的感官指标相关性分析方法[P].中国,200510042132. 2006-09-06.

[12] 段春青.基于现代智能技术的灌区水资源优化调度研究[D].西安:西安理工大学,2007.

[13] 谢季坚,刘承平.模糊数学方法及其应用(第二版)[M].武汉:华中科技大学出版社,2000:37-41.

[14] 黄强,原文林,陈晓楠,等.基于信息扩散近似推理的年降水量预测模型[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2009,37(2):213-219.

[15] 白玮莉,刘志刚,彭权威,等.基于 HHT 和神经网络组合的负荷预测模型研究[J].电力系统保护与控制,2009,37(19):31-35.

[16] 刘莉红,郑祖光,琚建华.基于 EMD 方法的我国年气温和东部年降水量序列的振荡模态分析[J].高原气象,2008,27(5):1061-1065.

[17] 马永开,唐小成.线性组合预测模型优化问题研究[J].系统工程理论与实践,1998,(9):110-112.