

宁夏引黄灌区地膜棉花发展前景的农业气候分析及区划

刘 静¹⁾ 翟朝勋²⁾ 马力文¹⁾ 张淑琴³⁾

(1) 宁夏气象科学研究所, 银川 750002; 2) 宁夏气象局科教处, 银川 750002; 宁夏平罗气象局, 平罗 753300)

摘 要 用 1991~1995 年地膜棉花地理分期播种试验资料, 建立了生长速度、产量和霜前花率模型, 推算了各种农业气象指标, 并用实况进行了验证。以模式和指标为依据, 用宁夏各地 1961~1990 年气候资料和小网格订正资料模拟各地逐年生长进程、产量和霜前花率, 统计其概率分布, 分别绘出分布图, 分析了宁夏各地发展地膜棉的适宜程度并做出了区划。

关键词 地膜棉花, 生长模型, 农业气象指标, 农业气候区划

分类号 S165.27, S562

为解决宁夏棉花供应和棉纺企业原料需求, 从 1991 年开始, 各地纷纷引种地膜棉花。由于缺乏植棉技术配套措施, 加上对宁夏适宜植棉所需农业气候条件尤其是热量资源认识不深, 产量由 1991 年的高产到 1992、1993 年扩大面积后的连续低产, 使棉花引种扩种受阻。棉花在宁夏到底适宜与否, 成为人们所关注的问题。为此, 1991~1995 年分别在永宁、银川、平罗开展了新陆早 1 号地膜栽培分期播种试验, 研究了棉花不同发育时段的光、温、水因子与生长发育进程和产量形成间的定量模式, 根据这些模式确定了棉花的光、温、水需求指标。利用各地引种实况进行了验证, 并根据这些指标进行了宁夏棉花农业气候区划。

1 区划的原则和方法

根据不同发育时段发育速率模式所确定的温水指标, 利用各地 1961~1990 年逐日气象资料, 从棉花各年安全出苗期开始, 选用不同发育期影响发育进程最显著的因子进行逐年生长进程反演。利用吐絮至初霜前积温与霜前花率的定量关系, 模拟各地逐年霜前吐絮百分率。统计各地各级霜前花率出现概率, 便可得到各地霜前花率客观区划; 利用产量模型可确定各地霜前花产量分布。将两者结合起来可得出宁夏地膜棉花农业气候区划。

为使区划具有实用性和可操作性, 对无常规气象资料的贺兰山沿山坡地的热量资源进行了小网格气候订正, 精度达乡级。将灌区与贺兰山坡地结合起来, 给出宁夏棉花农业气候区划。

2 宁夏地膜棉花不同发育时段光、温、水需求指标

2.1 霜冻指标

棉花苗期霜冻指标是决定安全播期和出苗期的前提, 吐絮期霜冻指标决定了霜前、霜后

花的界限。通过日最低气温与苗期霜冻死苗率的线性关系及吐絮期受冻情况^[1],我们确定了棉花苗期和后期霜冻指标。棉花春、秋季霜冻指标相同,重霜冻为日最低气温 0℃,轻霜冻为日最低气温 2℃。据此得出了宁夏各地 90% 年份不受霜冻危害的安全出苗期,马力文^[2]根据地膜棉花出苗速率的非线性累乘模型确定了各地的安全播种期。

2.2 不同发育阶段的水、热指标

利用 1991~1995 年永宁、银川、平罗地膜棉地理、分期播种试验资料,研究了棉花不同发育时段平均气温、作物耗水量与发育速度的定量关系模型^[1~4],见表 1。

表 1 不同发育时段温度与发育进程关系模型($n=14$)

Table 1 Temperature-development models for different stages ($n=14$)

发育期	统 计 模 型	R	F
播种~出苗	$y_1 = (-1.347\ 0 + 0.280\ 4\ T_{地} - 1.902\ 4 \times 10^{-3} T_{地}^2 + 4.338\ 0 \times 10^{-4} T_{地}^3) \times (-1.606\ 2 + 21.874\ 0hc - 40.715\ 9h^2c^2)$	0.97	38.9
出苗~现蕾	$y_2 = -1.348\ 0 + 5.274\ 5 \times 10^{-2} T_2 - 1.378\ 0 \times 10^{-3} T_2^2 - 1.339\ 3 \times 10^{-3} E + 3.815\ 6 \times 10^{-3} E^2$	0.88	21.3
现蕾~开花	$y_3 = -0.063\ 1 + 3.815\ 6 \times 10^{-3} T + 0.007\ 3E - 1.260\ 2 \times 10^{-3} T^2$	0.91	26.4
开花~吐絮	$y_4 = (-0.034\ 5 + 0.004\ 0T - 7.699\ 8 \times 10^{-5} T^2) \times (-0.905\ 1 + 1.758\ 4E - 0.400\ 0E^2)$	0.98	41.4

表中 $T_{地}$ 为 5 cm 地温, h 为 0~10 cm 平均土壤湿度, c 为土壤容重, $T_2 \sim T_4$ 为各时段平均气温, $E_2 \sim E_4$ 为各时段作物日均耗水量($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)。 $y_1 \sim y_4$ 为各发育阶段发育速率(%)。这些模型均为双因子非线性模型, R 为线性化处理后的相关系数, 均通过信度 0.01 的 F 检验。

根据表 1 中的模式和不同阶段生长速度的日照模式^{[1~4],1)}, 利用极值判别法, 并分析了不同温度、耗水量下棉花各生长阶段生长日数的变化, 即通过分析温度、耗水每变化 1 个单位对生长天数的影响的敏感性, 确定了各个阶段适宜温、水指标。根据地膜棉花在适宜条件下, 各生长时段适宜生长日数, 确定了积温指标和阶段耗水量指标, 见表 2。如马力文^[2]对表 1 播种~出苗模型中的 5 cm 地温、0~10 cm 土壤湿度分别求偏微分, 得出地温 17℃ 时, 生长速度随地温升高变化最快, 曲线曲率最大。即地温低于 17℃ 时, 生长速率随地温变化缓慢; 高于 17℃, 生长速率明显加快。从而确定地温 17℃ 为棉花开始迅速生长的下限指标, 对应的气温为 12℃。适温下地膜棉花播种~出苗需 10~12 d, 需 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温 140℃。

表 2 宁夏地膜棉花光、温、水指标

Table 2 Indices of temperature, moisture and sunshine hours for film-covered cotton

项 目	播种~出苗	出苗~现蕾	现蕾~开花	开花~吐絮	全生育期	地上生长期
$\sum T_{\geq 10^\circ\text{C}}$	140	850	680	1 400	307 0	2 930
阶段耗水量(mm)	/	73~80	42~75	131~172	246~327	246~327
日照时数(h)	80~120	414~483	330~360	580~640	1 404~1 563	1 324~1 483
适 温($^\circ\text{C}$)	≥ 12	18~22	≥ 20	$\geq 18\sim 20$	/	/
日均日照(h)	/	9.0~10.5	11.0~12.0	7.8~10.0	/	/
日均耗水($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)	/	1.7	2.1~3.7	1.9~2.5	/	/
生长日数(d)	10~12	42~47	30~33	70~78	152~170	140~158

1) 刘 静. 宁夏地膜棉花花铃期气象条件与生长发育及干物质积累间的关系. 待发表

棉花吐絮后还需要一部分热量资源才能达到一定的霜前花率,根据吐絮期积温与霜前花率模式(表3),吐絮后达75%霜前花率的积温指标应为 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 $317\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $308\text{ }^{\circ}\text{C}$,两者相差很小,与宁夏秋季气候特点有关。宁夏初霜往往接近 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 终日。

2.3 产量和霜前花率

棉花产量、霜前产量和霜前花率是评价植棉适宜程度的决定性指标,也是棉花区划的依据。决定宁夏棉花产量的主要因素是热量条件,决定霜前花率的主要因素是棉花的发育进程及初霜期的早迟。我们根据试验资料,确定了产量、霜前产量、霜前花率农业气象模式,见表3。

表3 地膜棉花籽棉、霜前籽棉单位面积产量及霜前花率模式($n=14$)

Table 3 Models of unginned cotton yields and yield percentages prior to frost arrival for film covered cotton($n=14$)

项 目	模 式	R	F
籽棉产量 (kg/666.7m ²)	$y = -2\,977.386 + 5.099\,5 \sum T_{\geq 15^{\circ}\text{C}} - 2.058 \times 10^{-3}(\sum T_{\geq 15^{\circ}\text{C}})^2$	0.75	12.9
霜前籽棉产量 (kg/666.7m ²)	$y_{\text{霜前}} = 250/[1 + \exp(48.035\,8 - 0.017\,69 \sum T_{\geq 15^{\circ}\text{C}})]$	0.89	18.9
霜前花率(%)	$y_{\text{霜前花率}} = 1/[1 + \exp(48.615\,8 - 0.018\,9 \sum T_{\geq 15^{\circ}\text{C}})]$	0.95	33.2
霜前花率(%)	$y_{\text{霜前花率}} = 26.788\,33 + 0.152\,08 \sum T_{\geq 0^{\circ}\text{C}}(\text{吐絮期})$	0.90	30.9

表3最后一行为吐絮~初霜 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温与霜前花率的关系,其余为全生育期 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温与产量和霜前花率的关系,均达到显著水平。同样,可确定出在灌区平均土壤肥力状况下,棉花达到吐絮及各级产量和霜前花率所需 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温。根据这些模式,得出新陆早1号出苗~吐絮 $\geq 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温为 $2\,650\text{ }^{\circ}\text{C}$,75%以上吐絮需 $2\,750\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,吐絮期 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温每增加 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,霜前花率可提高15.2%。采用全生育期产量和霜前花率模式,可确定出在不考虑水分因子影响下各地常年气候条件下的产量、霜前花率¹⁾。也可以利用表2中所确定的水热指标,从安全出苗期开始,逐步模拟各地现蕾、开花、吐絮期,再利用吐絮期霜前花率模式确定各地霜前花率。这样就考虑了温度、水分对棉花发育进程的综合影响,使区划更客观。

2.4 不同品种热量指标

利用不同品种与新陆早1号同期对比试验结果,综合新陆早1号的热量指标,依据其热量差异具有相对稳定性的特点,得出了地膜栽培条件下,不同品种常年热量需求指标²⁾,便于进行棉花区划时参考(见表4)。

3 指标的验证

为验证所得指标的适宜程度,我们根据1992、1995年多点生产示范、试验调查结果,推算了各地吐絮期,最大误差为 $\pm 2\text{ d}$,表明所采用的热量指标具有代表性,可作为棉花区划的指标(见表5)。

1) 刘 静.宁夏地膜棉花生态适应性鉴定.待发表
2) 刘 静,等.不同棉花品种在宁夏引种的热量资源需求及适应性.待发表

表 4 不同品种各发育期≥10℃积温指标

Table 4 Required accumulated temperature above 10℃ for development stages of varieties

品 种	播种~出苗	出苗~现蕾	现蕾~开花	开花~吐絮	全生育期	出苗~吐絮
新陆早 1 号	140	850	680	1 400	3 070	2 930
晋-1062	136	790	672	1 535	3 133	2 996
72-2	140	815	687	1 328	2 970	2 830
66-241	139				2 875	2 735
陕-2786	139				3 320	3 180

表 5 棉花多点试验发育期推算与实况比较

Table 5 Comparison of development dates between estimated and observed

年 份	地 点	出苗期(日/月)	吐絮期(日/月)	推算的吐絮期(日/月)
1992	永宁作物所	30/4~4/5	10/10~15/10	11/10~15/10
	中宁渠口	1/5	30/9	29/9
	平吉堡	2/5	28/9	28/9
	灵武	3/5	7/10	8/10
	连湖	3/5	8/10	9/10
1995	芦草洼	5/5~10/5	1/10~10/10	3/10~9/10
	镇北堡	30/4~3/5	20/9~28/9	22/9
	周城	1/5~5/5	1/10~10/10	29/9~9/10

注: 1992 年资料取自“棉花引种高产优质栽培技术研究”1992 年工作总结;
1995 年取自实况调查; 气象资料采用小气候订正资料

4 贺兰山沿山坡地热量资源的网格订正

4.1 订正方法和订正指标

某地气温可表示为海拔高度 h 、地理纬度 φ 和小地形因素 n 的函数^[5]

$$T = f(h, \varphi, n)$$
 (1)

设基准站为 T_0, h_0, φ_0 和 n_0 , 则推算点的温度 T_i 可表示成

$$T_i = T_0 + \frac{\partial T}{\partial h}(h_i - h_0) + \frac{\partial T}{\partial \varphi}(\varphi_i - \varphi_0) + \frac{\partial T}{\partial n}(n_i - n_0)$$
 (2)

$\partial T / \partial h$ 为气温垂直递减率 ($^{\circ}\text{C} / \text{hm}$), $\partial T / \partial \varphi$ 为纬度递减率 ($^{\circ}\text{C} / 10'$); $\partial T / \partial n$ 为南北坡温差系数 ($^{\circ}\text{C}$)。 $\partial T / \partial h$ 可根据贺兰山坡地热量资源考查结果^[6] 结合不同纬度海拔高度站点资料订正出来; $\partial T / \partial \varphi$ 可选择坡度、坡向大致相同的站点资料, 经海拔订正后求出; $\partial T / \partial n$ 可选择不同坡度、坡向站点资料经 $\partial T / \partial h$ 、 $\partial T / \partial \varphi$ 订正后求算。根据银川、贺兰山、大武口、平罗、贺兰、吴忠、永宁 1961~1990 年月平均气温资料, 可求出棉花生长期(5~9 月) 各月订正系数(见表 6)。

4.2 灌区 5~9 月积温订正结果及分布

查阅 1:250 000 地形图, 利用线性内插法, 求出贺兰山洪积扇区各乡和国营农场的海拔高度、地理纬度, 利用南北向高程差计算南北向坡度, 按(2) 式订正出各点多年月平均气温, 并可算出 5~9 月积温, 制成热量资源分布图(图 1)。图中贺兰山坡地有两个高温中心, 一个是平罗以北的贺兰山前狭长高温区, 5~9 月积温 3 200 $^{\circ}\text{C}$ 以上; 另一个是银川以西的贺兰山洪积

属次高温区, 5~9 月积温 3 100 ℃以上; 中宁、灵武、银川以北的灌区 5~9 月积温在 3 000~3 100 ℃之间; 中卫、永宁、青铜峡则在 3 000 ℃以下。推算无资料地区的热量资源, 为开展棉花区划奠定了基础。

表 6 生长季(5~9 月) 各月订正系数

Table 6 Revising coefficients for the growth season of the cotton (May to September)

项 目	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	全年
$\partial T / \partial t (^\circ \text{C} / \text{h} \text{m})$	- 0. 63	- 0. 64	- 0. 63	- 0. 60	- 0. 56	- 0. 52
$\partial T / \partial R (^\circ \text{C} / 10')$	0. 03	- 0. 02	- 0. 02	- 0. 02	0. 01	0. 11
$\partial T / \partial n (^\circ \text{C} / \text{度})$	1. 32	1. 87	1. 35	0. 96	1. 07	1. 13

5 宁夏棉花霜前产量和霜前花率的推算

5. 1 各地棉花霜前籽棉产量的推算和分布

棉花苗期遭受重霜冻的指标为 0 ℃, 受冻后难以恢复生长。考虑到地膜棉花投资较大, 应保证 90 % 的年份出苗后不受重霜冻的危害。我们以各地棉花 90 % 保证率下不受终霜危害的结束日期为棉花安全出苗期, 统计了各地 1961~1990 年安全出苗期至初霜前平均 $\geq 15\text{ }^\circ\text{C}$ 积温, 利用表 3 中的霜前籽棉产量模型, 计算了在不考虑土壤肥力和土壤性质条件下各地地膜棉花模拟籽棉产量, 该产量仅表示由当地气候条件所决定的产量, 只能用于比较地区间的产量差异。

由于贺兰山坡地 $\geq 15\text{ }^\circ\text{C}$ 积温与灌区各站差值具有相对稳定性, 通过小气候订正, 将这种差异订正到相邻灌区气象站上, 便可得到无资料地区的霜前产量。将两者结合起来, 做出棉花

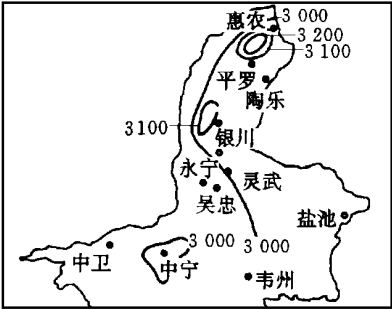


图 1 宁夏灌区棉花生长季(5~9 月) 积温

Fig. 1 Accumulated temperature in the growth season of cotton in the irrigated region of Ningxia

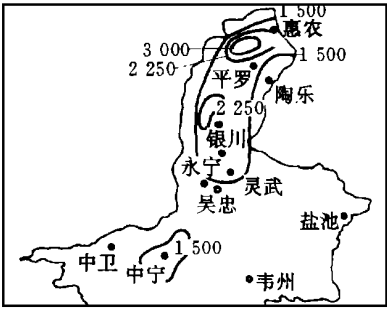


图 2 宁夏灌区霜前籽棉产量分布(kg/ hm²)

Fig. 2 Unginnged cotton yields prior to frost arrival (kg/ hm²) in the irrigated region of Ningxia

霜前产量分布, 见图 2。由图 2 可看出, 棉花霜前籽棉产量分布与 5~9 月积温分布类似, 可分 4 个等级。(1) $\geq 3\text{ }000\text{ kg/ hm}^2$ 的地区: 大武口至红果子荒凉坡地。该地区耕地少, 土质差, 虽气候资源优越, 棉花气候产量达 $3\text{ }000\text{ kg/ hm}^2$, 但实际产量达不到这个数值。(2) $2\text{ }250\sim 3\text{ }000\text{ kg/ hm}^2$ 的地区: 一个是高庄、西永固、下营子、尾闸、惠农县城; 另一个是平吉堡、新市区、芦花、南梁。(3) $1\text{ }500\sim 2\text{ }250\text{ kg/ hm}^2$ 的地区: 永宁、灵武以北的灌区和中宁灌区, 产量比永宁、灵武区高 300 kg/ hm^2 。该地区土壤条件较好, 高温年份可获得高产, 但年际间产量波动性较大。(4) $< 1\text{ }500\text{ kg/ hm}^2$ 的地区: 吴忠、青铜峡、中卫。

结合图 1 和图 2, 可看出各区积温级差 $100\sim 200\text{ }^\circ\text{C}$, 而霜前产量级差达 750 kg/ hm^2 。这与宁夏热量资源有限, 5~9 月积温仅高出地上生长期 $70\sim 270\text{ }^\circ\text{C}$ 有关, 正常年份除个别地区

外,吐絮期普遍距初霜仅 0~20 d。

5.2 各地 1961~1990 年霜前花率逐年推算及分布

5.2.1 有资料地区实况反演推算

霜前花率受吐絮期和初霜期的综合影响,还与花铃期水分有关,能直接反映当地气候是否适宜植棉。铃期多雨,吐絮往往推迟,使霜前花率降低。分析历史资料,8、9月降水量超过铃期适宜水分上限的概率为 11%,仅凭 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温推算的吐絮期在夏秋季多雨的年份往往比实际偏早,从而使推算的霜前花率偏高,也使霜前产量的估计值偏大^[4]。因此,模拟各年霜前花率必须考虑花铃期降水对吐絮期延迟的影响,这样霜前花率区划才会客观。为此采用 1961~1990 年逐日气象资料,利用表 1 中的模型和表 2 中的指标,计算超过适宜水分上限的降水量对发育速度影响的比例系数。将历年花铃期降雨量超过花铃期适宜水分上限部分,按比例订正到用积温推算的吐絮期上,再以各年初霜实况与吐絮期间 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温,利用表 3 中的模式,计算各地逐年霜前花率。统计各地霜前花率的均值,作为平均气候状况的影响,得出灌区霜前花率分布。统计各地历史上各级霜前花率出现的概率,可评价气候波动影响的程度。

5.2.2 无资料地区霜前花率订正推算

贺兰山坡地霜前花率的推算可根据 5~9 月积温推算结果,求出各推算点与基准站多年平均积温差,订正到基准站棉花安全出苗至平均初霜期的平均推算结果上,其差值相对稳定,可代表吐絮期热量差值。再根据基准站霜前花产量推算结果,利用吐絮期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温与霜前花率的关系,求出积温差所对应的霜前花率增减量,叠加到基准站霜前花率平均推算结果上,可得出各推算点历年平均霜前花率。经检验,采用此方法推算的大武口霜前花率与用大武口实际资料推算的结果相比,各年间误差均在 2% 以内,达到推算精度要求。

5.2.3 霜前花率推算结果及分布特征

(1) 各地各级霜前花率的保证率推算

以各地 1961~1990 年逐年霜前花率推算结果,求出了各地达到不同霜前花率的气候保证率(见表 7)。

表 7 宁夏各地达到不同霜前花率的气候保证率
Table 7 Climatic guarantee probability for different
yields percentage prior to frost arrival

地 区	霜 前 花 率(%)							%
	90 以上	80	70	60	50	40	30	
惠 农	7	10	23	46	63	70	83	100
大武口	40	70	77	80	84	84	100	100
平 罗	0	10	10	23	63	73	86	100
陶 乐	0	0	3	6	13	43	60	100
贺 兰	3	13	26	33	66	76	86	100
银 川	0	10	30	47	80	87	90	100
永 宁	0	7	17	40	60	73	86	100
灵 武	3	6	9	19	39	56	66	100
青铜峡	0	3	10	20	40	57	74	100
吴 忠	0	7	17	30	40	60	77	100
中 卫	0	0	0	3	13	30	43	100
中 宁	3	3	23	46	59	66	86	100

以霜前花率 30% 以上代表霜前达到吐絮期,可看出,霜前花率保证率高的有大武口、银川;其次为惠农、平罗、贺兰、永宁、中宁;再次是吴忠、青铜峡,霜前吐絮概率是 70%,中卫、陶乐、灵武最低,为 66%。

(2) 霜前花率分布特征

利用上述方法, 求出各地平均霜前花率, 制作分布图(见图 3), 可将霜前花率分为 5 个等级。(1) $\geq 70\%$: 大武口~红果子高温区。霜前保证 70% 吐絮的气候保证率为 77%。(2) 60%~70%: 平吉堡~南梁农场。霜前花率 70% 的气候保证率为 30%~59%。(3) 50%~60%: 银川及银北地区、中宁灌区。霜前花率 70% 的气候保证率为 10%~30%。(4) 40%~50%: 吴忠、灵武、青铜峡及暖泉以北, 前进农场以西的部分北坡低洼地。霜前花率 70% 的气候保证率在 10% 以下。(5) $< 40\%$: 中卫灌区、陶乐县, 吐絮 70% 的气候保证率为 0。

6 宁夏棉花农业气候区划

结合各地 5~9 月积温分布、霜前花产量和霜前花率分布、各级霜前花率的气候保证率, 可作出宁夏地膜棉花农业气候区划。分为四类地区, 见图 4。各区特征如下。

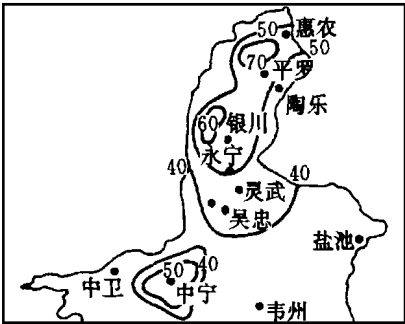


图 3 宁夏灌区棉花霜前花率分布(%)
Fig. 3 Yield percentage prior to frost arrival in the irrigated region of Ningxia (%)

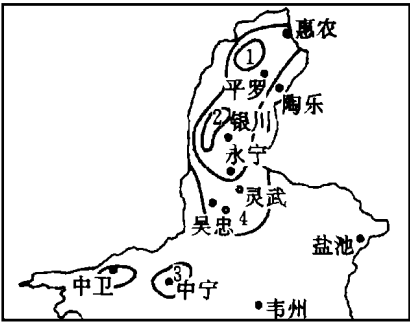


图 4 宁夏引黄灌区棉花农业气候区划
Fig. 4 Agroclimatic regionalization of cotton in the irrigated region of Ningxia

(1) 大武口沿山坡地高温区(包括大武口、简泉、红果子狭长地带)。该区海拔 1 090~1 115 m, 南北向坡度在 0.7 以上。生长季 5~9 月积温为 3 150~3 340 °C, 地形小气候明显。平均霜前花率 70% 以上, 75% 霜前吐絮的气候保证率在 77% 以上, 霜前不能吐絮的概率为 0~10%, 霜前籽棉产量平均可达 3 000 kg/hm², 皮棉 1 050 kg/hm², 按 9~12 元/kg 计算, 毛收入 9 000~12 000 元/hm², 净收入 6 750~9 750 元/hm²。但因该地区土壤条件差, 可耕地有限, 实际收入低于该数字。考虑该地区种其他作物产量也较低, 可认为是适宜植棉区。

(2) 贺兰山南部洪积扇次高温区(包括平吉堡、南梁、镇北堡)。海拔 1 110~1 130 m, 南北向坡度在 0.3 左右。局地小气候效应明显, 5~9 月积温为 3 100 °C 左右, 平均霜前花率 60%~70%, 75% 霜前吐絮的气候保证率较低, 为 30%~50%, 霜前不能吐絮的气候概率为 10%~20%。霜前籽棉产量平均可达 2 250~3 000 kg/hm², 皮棉 780~1 050 kg/hm², 毛收入 7 800~10 500 元/hm², 净收入 5 550~8 250 元/hm²。

该区土质条件比(1)区好, 但不如老灌区, 因此实际产量和收益应比上述数字略低。从霜前不能吐絮达 5~10 年一遇来看, 种植新陆早 1 号产量波动大, 有点勉强, 可定为风险植棉区。如选用 66-241 等出苗~吐絮 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温 2 735 °C 的品种, 霜前吐絮保证率能提高到 60%~70%, 霜前不能吐絮的风险可降低到 10% 以下, 可考虑种植。

(3) 引黄灌区不宜种植区(包括银川及银北地区、中宁灌区两个分区)。该区地势平坦, 海拔 1 100~1 180 m, 5~9 月积温为 3 000~3 100 °C, 平均霜前花率 50%~55%, 75% 霜前吐絮的气候保证率较低, 为 10%~30%, 霜前不能吐絮的概率为 10%~17%, 是风险大、霜前花保证率低的地区。霜前籽棉产量平均为 1 800~2 250 kg/hm², 皮棉 630~780

kg/hm²,毛收入 6 600~8 100 元/hm²,净收入 4 250~5 750 元/hm²。不宜种植新陆早 1 号,与主要粮食作物相比,没有优势,不宜发展棉花。

(4)不能种植区(银南地区中除中宁以外的地区及银北的陶乐县)。该区 5~9 月积温除陶乐县为 3 090 ℃,其余均在 3 000 ℃以下,平均霜前花低于 40 %,75 %霜前吐絮的概率 0~17 %,霜前不能吐絮的气候概率为 23 %~57 %。平均霜前籽棉产量低于 1 200 kg/hm²,折合皮棉 420 kg/hm²,毛收入 4 500 元/hm²,净收入仅 2 250 元/hm²。为不能种植区。

图 4 中,盐池、韦州等地为宁夏南部干旱、半干旱畜牧农业区,目前未发展成引黄灌区,不属于棉花区划范围。

7 结 论

(1)宁夏植棉适宜区域为大武口至红果子沿山坡地,平吉堡至南梁为风险种植区,灌区北部、中部、银南大部、陶乐为不能种植区。

(2)分析表明,宁夏存在风险小,热量条件好的适宜植棉区,宁夏发展棉花应选择在大武口一带。因耕地少、肥力差,面积不宜过大。

(3)近 30 年来,气候虽然有变暖趋势,但还不足以大面积发展棉花,种植风险依然很大,效益与其他作物相比,也没有明显的优势,因而引黄灌区不宜大规模种植。

(4)棉花的区划是建立在温、水因子综合模拟订正的基础上,综合分析的结果,是指导宁夏棉花决策的依据。

参 考 文 献

- 1 刘 静.宁夏棉花霜冻及全生育期热量指标研究.宁夏农林科技,1995,(4):7~9
- 2 马力文.宁夏地膜棉花适宜播种期研究.宁夏农林科技,1996,(1):36~39
- 3 刘 静,翟朝勋,张淑琴.宁夏地膜棉花苗期农业气象条件研究.宁夏农林科技,1997,(2):21~23
- 4 刘 静,翟朝勋,张淑琴.宁夏地膜棉花蕾期农业气象条件研究.宁夏气象,1998,(1):15~18
- 5 于沪宁,李伟光.农业气候资源分析和利用.北京:气象出版社,1985
- 6 赵明生.贺兰山剖面考察热量分析.宁夏气象,1988,(1):55~62

AGROCLIMATIC ANALYSIS AND REGIONALIZATION OF FILM-COVERED COTTON PLANTING IN THE YELLOW-RIVER-IRRIGATED REGION OF NINGXIA

Liu Jing Ma Liwen

(Ningxia Institute of Meteorological Sciences, Yinchuan 750002)

Zhai Chaoxun

(Ningxia Meteorological Bureau, Yinchuan 750002)

Zhang Shuqing

(Pingluo Meteorological Bureau, Pingluo 753300)

Abstract In this paper, statistical models for growing rate, yield and yield percentage prior to frost arrival were established and verified for film-covered cotton crop based on the five-year staging-sowing experiment from 1991 to 1995. Concerned agrometeorological indices were also derived and examined against the real data. Taking climatic data and grid interpolated one in every place of Ningxia from 1961 to 1990 as inputs to the models, growing process of the cotton, yield and yield percentage prior to frost arrival were modelled and their probability distributions were computed and drawn. Finally, the preference degree of planting film-covered cotton was analyzed and regionalized in the Ningxia.

Keywords film-covered cotton, model of growing rate, agrometeorological indices, agroclimatic regionalization