

文章编号:1006-7639(2005)-01-0058-05

甘肃省蚕豆气候生态条件及适生种植区划研究

姚玉璧^{1,2}, 邓振镛¹, 王毅荣², 李巧珍², 张秀云²

(1.中国气象局兰州干旱气象研究所 甘肃 兰州 730020; 2.甘肃省定西市气象局, 甘肃 定西 743000)

摘要:在分析蚕豆栽培气候生态适应性的基础上,建立蚕豆气候产量模式,采用气候变量进行 EOF 分解分析,确定蚕豆种植气候生态适生种植区划指标,应用模糊聚类分析划分出蚕豆 5 类适生种植气候生态区,并提出甘肃蚕豆气候生态资源开发利用途径。

关键词:甘肃省;蚕豆;气候生态;种植区划

中图分类号:S162.5

文献标识码:A

引言

蚕豆别名胡豆、寒豆、佛豆、罗汉豆等,原产西南亚一带。是人类栽培最古老的农作物之一。据《太平御览》记载,“张骞使外国得胡豆归”,说明我国种植蚕豆已有两千多年的历史。甘肃地处丝绸故道,蚕豆自古代西域传入我国,甘肃是种植最早的地区之一,全省种植面积达 5~6 万 hm^2 ,平均单产为 2 250~3 000 kg/hm^2 ,最高单产为 4 500~5 250 kg/hm^2 。

鲜嫩的蚕豆种子,含蛋白质 12%、脂肪 0.6%、碳水化合物 15.4%、矿质元素 1.9%等,是营养丰富的理想蔬菜。干种子约含蛋白质 25%,脂肪 0.5%~1.7%,纤维 6.0%~7.0%,碳水化合物 47%~60%,灰分 2.5%~3.0%,还含有较丰富的磷和一定的钙、铁等矿物质元素及维生素 B₁、B₂、尼克酸等。蚕豆蛋白质和脂肪的含量仅次于黄豆,而高于其它豆类,氨基酸含量高于谷类。

蚕豆是喜凉、喜光的长日照作物。宜在土层深厚、肥沃保水的土壤里栽培。蚕豆根瘤固氮能力很强,可以增加土壤肥力,提高接茬作物的产量。为此,分析蚕豆的气候生态适应性,建立蚕豆气候产量模式,进行适生种植区划,对于气候资源的利用和蚕豆产业化开发意义重大。

1 气候生态适应性

蚕豆是耐寒性较强的作物,对温度反应敏感。据分期播种试验资料分析,气温稳定通过 0℃为适播指标,一般在 3 月中旬播种,8 月中下旬成熟,全生育期 150 d 左右,要求 $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 2 000℃左右^[1]。发芽最低温度 2~4℃,发芽至出苗能耐 -8℃左右低温。分枝期适宜温度 7~9℃,有效分枝数直接影响产量高低,温度过高,则主茎生长快,有效分枝数减少。开花期适宜温度 12~16℃,蚕豆是无限花序,适宜的温度有利于延长开花结荚时间,增加结荚数。结荚期适宜温度 15~18℃,统计临夏蚕豆结荚期气温(7月)与蚕豆百粒重的关系为: $y=203.98-3.57T_7$, $r=-0.673$,经检验为显著相关^[2]。百粒重随着结荚期气温升高而下降,温度过高、过湿易使蚕豆早衰落叶,光合积累减少,百粒重下降。乳熟成熟期适宜温度 16~20℃。

蚕豆是长日照作物。开花结荚期要求“干花湿荚”,即开花期需要较多日照,结荚鼓荚期则要求湿润。结荚后期灌浆至成熟期需充足的光照,如果阴雨天气多,蚕豆贪青徒长,易倒伏,百粒重下降。

蚕豆全生育期耗水量 400 mm。其中播种—出苗为 52 mm,出苗—开花为 86 mm,开花—结荚为 77 mm,结荚—成熟为 185 mm^[1]。5~6 月开花—结荚期需水量较大,供需矛盾突出,属需水关键期。

2 气候生态条件对产量的影响

收稿日期:2004-07-30;改回日期:2004-10-14

基金项目:甘肃省科技攻关计划“西北干旱成因及其应用”(CGS012-A45-118)项目,干旱气象科学研究基金(IAM200414)共同资助

作者简介:姚玉璧(1962-),男,甘肃定西市人,高级工程师,主要从事应用气象和气候研究。

分别选取冷凉阴湿区蚕豆主产地和海拔高度 2 136 m)、岷县(海拔高度 2 315 m)代表站,应用 1980~1999 年蚕豆产量及相应同步气象观测资料,采用气候产量分离法分离出历年气候产量序列^[3],进行积分回归分析^[4],其积分回归方程均通过 $\alpha = 0.10$ 信度检验。

2.1 热 量

热量是作物生长发育必不可少的气候条件。由图 1 可见,和政气温 $a(t)$ 值 5 月上旬至 6 月中旬、7 月中旬至 8 月中旬气温对蚕豆产量形成为正贡献,说明热量不足。其中 5 月中旬、8 月上旬旬平均温度每增加 1°C ,产量增加 $20\sim 30\text{ kg/hm}^2$ 。和政蚕豆生长发育在 5 月中旬至 6 月中旬为开花—结荚期,该地该时段旬平均气温 $11\sim 14^{\circ}\text{C}$,与蚕豆开花—结荚期最适宜温度相比较略低;7 月中旬至 8 月中旬是灌浆成熟期,旬平均气温 16°C 左右,与最适宜温度相比较略低,故 5 月上旬至 6 月中旬、7 月中旬至 8 月中旬 2 个时段气温限制着蚕豆产量形成。而其余时段热量条件适宜。

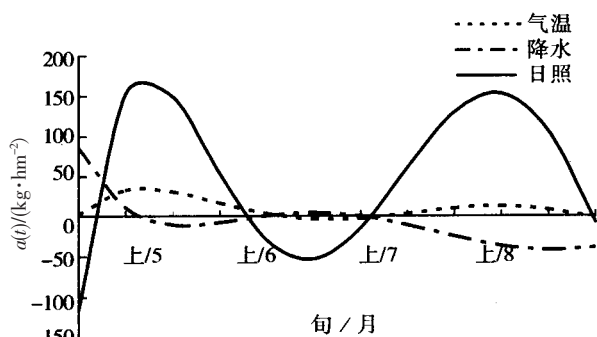


图 1 和政蚕豆气候产量积分回归曲线

Fig.1 The integral regression of climatic yield of soybean in Hezheng county

由图 2 可见,岷县 5 月上旬至 7 月上旬气温对蚕豆产量形成为负贡献,即热量盈余。其中 6 月上中旬旬平均温度每增加 1°C ,减产 $60\sim 70\text{ kg/hm}^2$ 左右。7 月中旬至 8 月下旬气温对蚕豆产量形成为正贡献,说明热量不足。其中 8 月上旬旬平均温度每增加 1°C ,产量增加 $30\sim 40\text{ kg/hm}^2$ 。其余时段热量条件适宜。岷县气温对蚕豆产量形成的影响表现为蚕豆生长发育前期热量盈余,中期热量不足,后其热量适宜。

综上所述,和政、岷县 6 月下旬至 7 月上旬热量条件适宜蚕豆生长发育,对蚕豆开花—结荚期及产量形成有利。

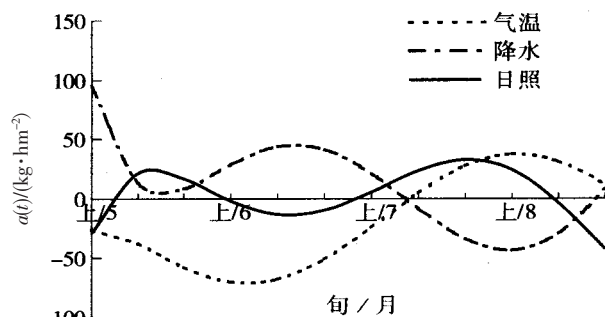


图 2 岷县蚕豆气候产量积分回归曲线

Fig.2 The integral regression of climatic yield of soybean in Minxian county

2.2 降 水

由图 1 可见,和政降水 $a(t)$ 值 5 月上旬对蚕豆产量形成为正贡献,该地该时段易出现少雨略旱,对蚕豆苗期生长有负影响。5 月上旬降水量每增加 1 mm ,产量增加 $80\sim 90\text{ kg/hm}^2$ 。7 月上旬之后降水对蚕豆产量形成呈负贡献,其中 8 月中旬降水量每增加 1 mm ,减产 $30\sim 40\text{ kg/hm}^2$ 左右;7 月上旬之后蚕豆灌浆成熟积累干物质,该地 7~8 月降水量 240 mm 左右,大于蚕豆该生育期需水量,易使蚕豆贪青徒长、倒伏,影响百粒重。而 5 月中旬至 7 月上旬蚕豆开花—结荚期降水适宜,极有利于蚕豆产量形成。

从岷县降水 $a(t)$ 值曲线可见,5 月上旬至 7 月中旬、8 月下旬后降水量对蚕豆产量形成为正贡献,说明降水不足。其中 5 月上旬降水量每增加 1 mm ,产量增加 $90\sim 100\text{ kg/hm}^2$;6 月中旬降水量每增加 1 mm ,产量增加 $30\sim 40\text{ kg/hm}^2$ 。7 月中旬至 8 月中旬降水对蚕豆产量形成呈负贡献,即降水盈余,其中 8 月上旬降水量每增加 1 mm ,减产 $30\sim 40\text{ kg/hm}^2$ 左右。7 月中旬至 8 月中旬是灌浆成熟期,降水过多不利于干物质的积累和产量形成。

2.3 光 照

阳光直接参与生物圈的光合作用,是作物生长最本质的要素。由图 1 可见,和政日照时数对蚕豆产量的积分回归影响系数 $a(t)$ 曲线呈“两峰一谷”型波动变化,5 月中旬至 6 月中旬、7 月上旬至 8 月下旬 2 时段内日照对蚕豆产量形成呈正贡献,日照不足。其中 5 月中旬、8 月上旬日照时数每增加 1 h ,蚕豆产量增加 $140\sim 150\text{ kg/hm}^2$ 。5 月上旬、6 月下旬日照对蚕豆产量形成呈负贡献,即日照过多。

从岷县日照 $a(t)$ 值曲线可见,岷县日照时数对蚕豆产量的积分回归影响系数 $a(t)$ 曲线也呈“两峰一

谷”型波动变化,5月中旬至6月上旬、7月上旬至8月中旬2时段内日照对蚕豆产量形成呈正贡献,日照不足。其中5月中旬、7月下旬日照时数每增加1 h,蚕豆产量增加20~30 kg/hm²。5月上旬、6月中下旬、8月中下旬日照对蚕豆产量形成呈负贡献,即日照过多。

3 气候产量模式

气候产量模式可为作物产量估算提供重要信息,同时,可分析影响产量形成的气候生态因子。在相关分析的基础上,将气象要素值进行标准化处理,采用逐步回归方法建立气候产量模式。

$$\text{和政 } y = -0.60 + 196.25R + 149.70T_8 + 127.76S_7 \quad (1)$$

$F=4.70$ 通过 $\alpha=0.05$ 的检验。

其中 y 为蚕豆气候产量 单位 kg/hm²; R 为4月下旬降水量; T_8 为8月气温; S_7 为7月日照时数;

$$\text{岷县 } y = -22.53 - 152.15T_6 + 116.85S_7 \quad (2)$$

$F=4.17$ 通过 $\alpha=0.05$ 的检验。

y 为蚕豆气候产量 (单位 kg/hm²); T_6 为6月气温; S_7 为7月日照时数;

4 气候生态区划因子的选取

在蚕豆气候生态条件综合分析的基础上,选取蚕豆主产区22个代表站点的10个气候变量作为指标,组成22×10的原始数据阵,对原始数据阵进行归一化处理,使各气候变量处于同一量纲,得到标准化数据阵。

应用 EOF 分解,计算得到特征根和特征向量,衡量各气候因子在气候生态区划中贡献的大小,用前几个特征向量反映要素场的基本特征^[5~7]。第1主分量方差贡献率30.6%,第2主分量方差贡献率28.1%,第3主分量方差贡献率21.6%,前3个主分量的方差贡献率已达到80.3%。说明前3个主分量基本能代表原要素场的特征。

由表1可见,第1主分量的特征向量以降水的绝对值最大,反映出水分条件是影响陇中蚕豆生长发育和自然分布的最重要因素。第2主分量的特征向量与日照时数的关系密切,表明光照条件是保证蚕豆高产优质的重要因素。

表1所列10个指标变量公共因子上的荷载平方和表明,5月平均气温、5~9月降水量、6~7月日照时数3个因子在公共性上有代表性,在蚕豆生长

表1 前3个主分量对应的特征向量及各变量荷载平方和

Tab.1 The first 3 loading vector variances from EOF

主成份	I	II	III	荷载平方和	分量来源
特	0.21	0.03	0.30	0.67	年降水量
	0.20	-0.04	0.28	1.40	5月降水量
	0.19	-0.02	0.23	0.09	6月降水量
征	0.18	0.03	0.29	2.93*	5~9月降水量
	-0.06	0.14	-0.26	1.72	年平均气温
向	-0.08	0.17	-0.28	3.30*	5月平均气温
	-0.09	0.15	-0.28	1.63	6~7月平均气温
量	-0.07	0.14	-0.25	1.04	≥0℃积温
	-0.15	0.22	-0.15	1.94	5~9月日照时数
	-0.13	0.23	-0.16	2.19*	6~7月日照时数

发育过程中,上述3个因子影响较大。这一结论与气候条件分析结果相吻合。

5 气候生态适生种植区划

5.1 适生种植区划指标

根据气候生态条件和 EOF 分解综合分析,≥0℃积温、5月平均气温、5~9月降水量3个因子与蚕豆空间分布和生长发育关系密切,在蚕豆生长发育过程中影响大,确定为甘肃省蚕豆气候生态适生种植区划指标,并进行模糊聚类分析。聚类结果,取 $\lambda=0.98$,则分成5个区,各气候区指标见表2。

表2 甘肃省蚕豆气候生态适生种植区划指标

Tab.2 The index of suitable planting division for soybean in Gansu province

分 区	≥0℃积温 (℃)	5月气温 (℃)	5~9月降水量 (mm)
最适宜种植区 I)	2 500~2 800	11.0~13.0	450~510
适宜种植区 II)	2 200~2 500	9.0~11.0	410~510
次适宜种植区(III)	2 500~3 000	13.0~14.0	380~510
可种植区(IV)	3 000~3 500	14.0~15.0	350~380
	1 900~2 200	7.5~9.0	400~510
不宜种植区(V)	<1 900 或 >3 500	<7.5 或 >15.0	<350 或 >510

5.2 分区评述

适生种植区域主要集中在甘肃中部,主要分布在青藏高原的边坡地带和洮岷山区的半山区以及河西地区沿祁连山浅山灌区。

5.2.1 最适宜种植区

本区包括和政、康乐、张家川等地海拔 2 000~2 200 m 的冷凉阴湿区,该区域 5 月平均气温 11.0~13.0℃,5~9 月降水量 450~510 mm,6~7 月日照时数>450 h,年平均气温 5.0~6.0℃,≥0℃积温 2 500~2 800℃。分枝至开花期和开花至结荚期气温适宜,极有利于产量形成,且生育期降水充沛,光照充足,是蚕豆优质高产区域。该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率在 10%~25%之间。

另外,河西的民乐、肃南、山丹、永昌、古浪等县海拔 2 000~2 200 m 地带的冷凉灌区亦是蚕豆栽培最适宜气候生态区。

5.2.2 适宜种植区

本区主要包括岷县、卓尼、临夏、渭源、漳县等地海拔 2 200~2 500 m 的冷寒阴湿区,该区域 5 月平均气温 9.0~11.0℃,5~9 月降水量 410~510 mm,6~7 月日照时数>400 h,年平均气温 4.5~5.0℃,≥0℃积温 2 200~2 500℃。分枝至结荚期气温适宜,有利于产量形成,生育期降水量能够满足蚕豆的生理需求,光照较充足,产量较高,品质较优,适宜大面积种植。该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率在 6%~20%之间。

5.2.3 次适宜种植区

本区主要包括西和、华亭、庄浪、广河、定西、通渭、陇西等地海拔 1 800~2 000 m 的温凉半湿润区,该区域 5 月平均气温 13.0~14.0℃,5~9 月降水量 380~410 mm,6~7 月日照时数>390 h,年平均气温 6.0~7.0℃,≥0℃积温 2 500~3 000℃。分枝至结荚期气温偏高,降水偏少,蚕豆生育期前期易受干旱危害,产量较低,品质较差。该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率在 2%~5%之间。

5.2.4 可种植区

本区包括临洮、灵台、西峰、正宁、清水、宕昌、会宁、榆中、永登等地海拔 1 400~1 800 m 的温和半湿润区和夏河、临潭、迭部等地海拔 2 500~2 700 m 的高寒阴湿区。

海拔 1 400~1 800 m 的温和半湿润区,5 月平均气温 14.0~15.0℃,5~9 月降水量 350~380 mm,6~7 月日照时数>380 h,年平均气温 7.0~9.0℃,≥0℃积温 3 000~3 500℃。蚕豆开花至结荚期气温高,降水少,湿度小,产量低,品质差。该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的 2%以下。

海拔 2 500~2 700 m 的高寒阴湿区,5 月平均气温 7.5~9.0℃,5~9 月降水量 400~510 mm,6~7 月日照时数 390~400 h,年平均气温 3.5~4.5℃,≥0℃积温 1 900~2 200℃。蚕豆开花至结荚期气温低,成熟期降水多,日照少,产量低,品质差。

5.2.5 不宜种植区

本区包括河西地区大部、陇东南部及其它区域海拔 1 400 m 以下及海拔 2 700 m 以上地区。海拔 1 400 m 以下区域蚕豆生育期气温高,降水少,湿度小,不适宜蚕豆生长发育。2 700 m 以上地区蚕豆生育期气温低,降水偏多,日照不足,≥0℃积温少,气候条件不能满足蚕豆生长发育需要。

6 蚕豆气候生态开发利用

(1) 甘肃中部海拔在 2 000~2 500 m 区域内的冷凉高寒阴湿区,包括临夏州大部、甘南州和定西市的部分区域,气温适宜,降水适中,日照充足,气候生态条件适宜蚕豆生长发育,所产蚕豆粒大饱满,色白色鲜,无蚕豆象危害,无污染,适口性好,且平均单产高于全国单产 169.5%,历来以“西北蚕豆”而著称,1983 年,被农牧渔业部评为优质产品^[8],该区域 1990 年前后蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率在 15%~25%之间,其中和政、康乐、岷县等地达 20%~28%之间,区域内蚕豆种植面积达 3~4 万 hm²,总产量达 7~12 万 t。近年来因经济效益下滑,种植面积逐年回落,到 2000 年该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率降到 8%~10%之间。但该区域发展蚕豆的生态气候资源优势十分突出,若能找准市场切入点,可发展建设全省优质蚕豆生产基地,申报绿色食品品牌,并进行产业化开发,如将蚕豆加工成青蚕豆罐头、五香蚕豆、盐浸蚕豆、怪味蚕豆、莲花蚕豆等,蚕豆粉可加工成糕点、面包、粉丝、甜酱、酱油等,进行蚕豆淀粉系列开发,延长蚕豆产业开发链,形成系列开发产品,从而逐步发展成为该区域支柱产业。

(2) 蚕豆栽培次适宜气候生态区主要分布在黄土高原山川梁峁区,蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的百分率在 2%~5%之间,蚕豆种植在根瘤固氮肥地和作物倒茬中有重要作用,可和其他作物轮茬或间作套种,以提高产量。宜发展青食蚕豆系列产品及家畜饲料型蚕豆,但不宜大面积种植。

(3) 蚕豆可种植气候生态区主要分布在温和半湿润区,蚕豆开花至结荚期气温偏高,降水偏少,湿

度偏小,产量低,品质差。该区域蚕豆种植面积占粮食作物种植总面积的 2% 以下,不宜推广种植。

参考文献:

- [1] 邓振镛. 干旱地区农业气象研究[M]. 北京:气象出版社,1999. 156- 160.
- [2] 蔺海明,王安林. 甘肃省高寒阴湿区高效持续农业理论与技术[M]. 兰州:甘肃人民出版社,1998.28- 29.
- [3] 姚玉璧. 青稞产量周期回归双重分析预报方法[J]. 甘肃气象, 1992,3:28- 30.
- [4] 冯定原. 农业气象预报和情报方法[M]. 北京:气象出版社, 1988.101- 120.
- [5] 姚玉璧,朱国庆,李巧珍,等. 陇中高寒阴湿区蚕豆气候区划[J]. 中国农业气象,2002,23(1):35- 37.
- [6] 杨文坎,李湘阁.越南北方气候与气候生产力变化的研究[J]. 南京气象学院学报,2003,26(4):504- 515.
- [7] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京:气象出版社, 1999.115- 131.
- [8] 赵曙煜.甘肃名优特产资源及开发利用[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1991.53- 54.

Study on the Eco-climatic Condition and Suitable Planting Division of Soybean in Gansu Province

YAO Yu-bi^{1,2}, DENG Zhen-yong¹, WANG Yi-rong², LI Qiao-zhen², ZHANG Xiu-yun²

(1. Institute of Arid Meteorology,CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Dingxi Meteorological Bureau, Dingxi 743000, Gansu, China)

Abstract: Based on analysis of eco-climatic applicability for soybean in Gansu province, the climatic yield model was established. The planting division index was given with EOF method, the 5 types of suitable planting division were presented by fuzzy clustering analysis, and the way to enhance utilizing efficiency of eco-climatic resource for soybean was put forward.

Keywords: Gansu province; soybean; eco-climate; planting division