

凉山州春苦荞产量与气候条件的关系及模型研究^①

彭国照¹, 曹艳秋², 阮俊³

1. 中国气象局成都高原气象研究所; 2. 凉山州气象局; 3. 凉山州农业局

摘要: 根据凉山州各县 1999—2011 年春苦荞产量资料, 研究了影响凉山州春苦荞产量形成的主要气象因子和关键时段, 建立了凉山州及冕宁、昭觉等 5 个代表县春苦荞产量的气候生态模型。结果表明: (1) 不同区域气象条件对荞麦产量影响的关键时段不同。凉山全州(区域平均), 气候条件影响的关键时段在荞麦生产的前期和中后期两个时段, 其它各代表县的关键时段有的有 3 个时段, 有的只有 2 个时段或者 1 个时段。(2) 不同时段不同因子对荞麦产量的影响形式不同。荞麦生产的中前期温度与产量呈现正相关, 而后期呈负相关; 日较差的影响在后期, 产量呈抛物线关系; 日照与产量的关系前期为正, 后期为负; 降水量的影响主要在前期, 与产量呈现明显的正相关。(3) 建立的荞麦产量的气候生态模型为气象部门的荞麦气象服务和荞麦产量预测等提供基础。

关键词: 荞麦产量; 气候条件; 关系模型; 凉山州

中图分类号: S162.5⁺

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2014)9-0147-07

荞麦是药食同源的珍贵食品源。子实富含多种功能成分, 在预防和治疗多种“现代文明病”, 增强机体免疫力、改善亚健康状态等方面都有积极的作用。凉山州地处横断山系东北缘, 界于四川盆地和云南省中部高原之间, 100°15′—103°53′E, 26°03′—29°27′N, 特殊的地理位置和气候状况, 为荞麦的生产提供了得天独厚的环境条件^[1-4]。过去, 荞麦只作为一种小宗作物种植, 规模较小。随着城乡人民生活水平的提高和膳食结构的重大变化, 具有营养保健功能的荞麦生产越来越受到人们的重视。特别是近几年来, 荞麦加工产业的快速发展, 对加工原材料的荞麦子实的需求越来越多。因此, 凉山州荞麦已经从小宗作物提升为特色优势作物之一, 并在凉山特色产业、农民脱贫致富等方面发挥了特殊的作用, 在凉山区域经济发展中占有重要地位。作物的生长发育、产量形成与气候条件密切相关, 过去, 专家学者针对气候条件与主要作物如水稻、玉米、小麦、马铃薯等产量的关系、统计模型等都进行了大量的研究, 取得大量的研究成果, 为这些作物高产稳产决策、产量预测等提供了理论基础和科学方法^[5-11]。也有有关专家针对动植物群落与环境因素的相关性进行研究, 确定动植物群落的自然分布特征^[12]。然而, 针对荞麦气候生态规律与模型的研究较少, 虽然杨武德等、郝晓玲等、周乃健等、张益锋等、李灵芝等对荞麦的光时反应、温度对生长发育的影响、微量元素对幼苗的影响及生理指标、光合产物分配规律等进行了试验研究^[13-17], 但这些成果主要针对北方甜荞麦, 并且北方气候环境与南方相差很大, 在凉山州这个比较特殊的气候生态背景下难于直接引用、借鉴。为此, 本文拟利用凉山州荞麦试

① 收稿日期: 2013-08-27

基金项目: 四川省气象局项目(川气课题 2013-开发-08); 中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CAMGJ2012M44)。

作者简介: 彭国照(1958-), 男, 四川遂宁人, 研究员, 主要从事农业气象研究。

验资料和历年产量资料,通过统计分析,探寻影响春苦荞产量的主要气候因子、关键时期,建立其气候生态模型,为凉山州春苦荞生产决策、气候影响评估、产量预测提供技术支撑。

1 资料来源及处理方法

1.1 资料来源

1999—2011年的逐日气象资料来自凉山州气象局,同期荞麦产量和面积资料来自凉山州农业局。

1.2 资料处理方法

1.2.1 凉山州春苦荞有效生长期的确定

根据凉山州农科所 1986—1987 年的分期播种试验^[18]和凉山州气象局 2013 年的分期播种试验,荞麦播种期在 4 月初到 6 月,全生育期的天数在 69~105 d 之间,随着播期推迟,生育期天数缩短,播期每推迟 10 d,全生育期缩短约 3 d。4 月上旬播种,7 月中旬末成熟,5 月下旬末—6 月初播种,需要在 8 月下旬才能成熟。随着播期的推迟,荞麦产量呈现降低的趋势。播期每推迟 10 d,荞麦单产降低约 240 kg/hm²,在 4 月下旬过后播种,荞麦产量都降到 1 200 kg/hm² 以下,已经失去了生产价值,即最迟适宜播期在 4 月中旬前。再结合生产调查,对大区域而言,由于海拔和气候条件的变化,实际播期在地域之间有较大的变化,早在 3 月中、下旬。因此,我们将凉山州春苦荞有效生长期确定为 3 月下旬—7 月中旬。

1.2.2 荞麦气象产量的分离

采用下式将荞麦产量分解成趋势产量和气象产量两部分,即:

$$Y = Y_t + Y_w + \delta \quad (1)$$

式中: Y 为荞麦的单产(kg/hm²), Y_t 为趋势产量(kg/hm²),其包含了品种、栽培技术、肥料、管理等因素影响的总和, Y_w (kg/hm²)为气象产量,主要受气象条件影响, δ 为随机因素影响的产量,具有不确定性,常忽略不计。从而,

$$Y_w = Y - Y_t \quad (2)$$

1.2.3 气象产量与气候因子的关系统计

以凉山全州荞麦单产代表凉山州的平均产量,以春荞麦种植面积稳定在 1 500 hm² 以上的盐源、昭觉等 10 个县的气象资料各要素的平均值代表凉山州的气象要素值;同时,选择种植面积在 2 000 hm² 以上的冕宁、昭觉、普格、西昌、美姑 5 个县作为代表点,从 3 月下旬—7 月中旬期间,按 1 旬、2 旬、3 旬、4 旬、5 旬的时间尺度滑动统计各阶段的气象要素(平均温度、最高温度、最低温度、日照时数、降水量、温度日较差)。平均温度、最高温度、最低温度和温度日较差采用直线和抛物线两种方式,日照时数和降水量以直线和抛物线、对数、指数 4 种方式分别分析全州和各代表县各阶段气象要素与气象产量的关系,研究影响荞麦产量的主要气象因子和关键时段。

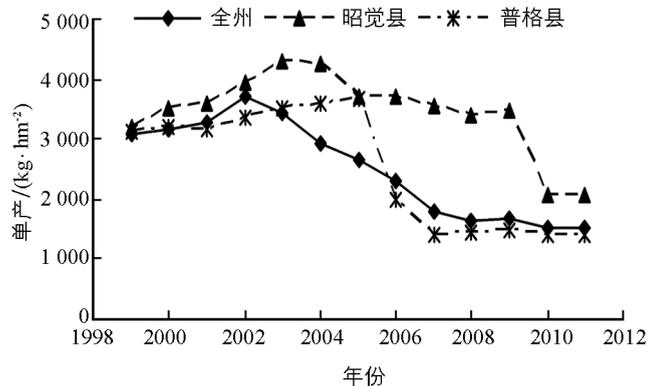


图 1 凉山州及其代表县 1999 年以来春荞麦产量的变化

2 结果分析

2.1 凉山州春苦荞历年产量的变化特征

凉山州全州及其代表县历年荞麦产量的变化情况如图 1。从图 1 看出,从 1999 年到 2003 年,荞麦单产具有逐年增加的趋势,随后则呈现逐年下降的趋势,根据这种趋势,我们采用二次抛物线和三次抛物线进行荞麦趋势产量的模拟试验,即:

$$Y_t = a * t^3 + b * t^2 + c * t + d \tag{3}$$

式中: t 为年代序号, 以 1999 年为 1, 2000 年为 2, 等等. a, b, c, d 为系数. 模拟结果如表 1. 从表 1 看出, 全州平均产量以及普格、美姑、冕宁以三次抛物线模拟结果较好,

表 1 凉山州及代表县荞麦趋势产量模拟式系数

	a	b	c	d	R^2
全州	6.779 7	-152.1	790.96	2 312.8	0.967 9
昭觉		-39.66	445.49	2 753.1	0.870 2
普格	8.091 3	-188.5	1 041.4	1 952.7	0.845 4
美姑	6.095 1	-128.4	623.33	2 446.7	0.739 4
冕宁	9.386 4	-184.2	529.77	4 819	0.619 9
西昌		-8.309	64.080 1	2 137.3	0.741 9

而昭觉、西昌以二次抛物线模拟结果较好. 结合(2)式和(3)式, 计算得到凉山全州及其代表县的气象产量(如图 2). 从图 2 看出, 近 10 多年来气象产量的变化幅度多在 -400~400 (kg/hm²) 之间, 普格县的变化幅度较大. 虽然各县之间有一定差异, 但总体而言, 变化趋势相近. 气象产量为正, 说明当年气象条件对荞麦生长发育和产量形成有利, 反之亦然.

2.2 凉山州春苦荞产量与气候条件的关系

2.2.1 气候因子对荞麦气象产量影响的关键时段

通过不同函数处理, 分析全州和各代表县各阶段气象要素与气象产量的关系, 筛选出各要素通过 $p=0.05$ 以上显著性检验的时段作为该因子影响荞麦产量的关键时段, 结果如表 2.

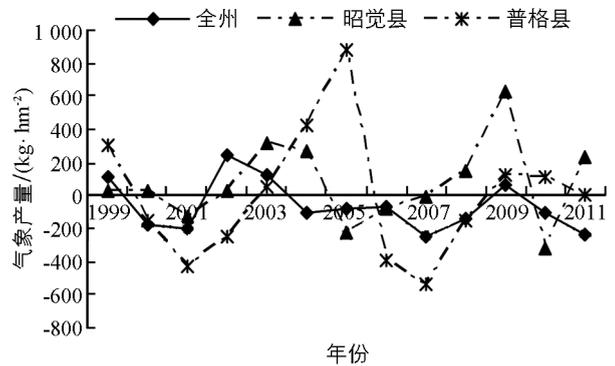


图 2 凉山州及其代表县 1999 年以来春苦荞气象产量变化

表 2 各地各气候因子对荞麦产量影响的关键时段

	平均温度	最高温度	最低温度	日较差	日照时数	降水量
凉山全州	中/4-下/4**	中/4-下/4***, 上/7**	下/4-中/5***, 中/6-下/6**	中/6-上/7**	上/7**, 下/3-上/4**	下/3**
冕宁	中/6-上/7**	中/6**, 上/7-中/7**	中/6**	下/3-上/4***	中/4-下/4**, 下/6-中/7**	下/4-中/5**, 下/6-中/7**
昭觉	上/7**, 中/4-下/4**	上/7**	中/4-下/4***, 上/7-中/7**	中/7*	上/7**	中/5-下/5**
美姑	下/3-中/4***, 上/5-下/6**	下/3-中/4***, 上/5-下/6**	下/3-中/4**	下/3-中/4***, 中/5-上/6**	下/3-中/4***, 下/5**	上/4-中/4***, 中/7**
西昌	中/6-上/7***, 下/5**	中/7***	中/7***, 下/5-上/6**	中/7***, 中/6**	中/7**	下/5-中/6*
普格	中/5-下/6**	上/4**, 中/5-上/6***	中/5-下/6***	中/5-下/6***	中/5-下/6**	下/5-上/6***

注: *, **, *** 分别表示通过 $p=0.10, 0.05$ 和 0.01 的显著性检验, 以下相同.

从表 2 看出, 不同区域、不同因子对荞麦产量影响的关键时段不同. 对于全区域(凉山州)来说, 气候条件影响的关键时段有两段, 一段在荞麦生产的前期(上/4-下/4), 一段在荞麦生产的中后期(中/6-上/7); 冕宁影响的关键时段有 3 个时段, 分别是前期(下/3-中/4), 中期(中/4-中/5), 后期(中/6-中/7); 昭觉影响的关键时段主要在中前期(中/4-上/5)和后期(上/7-中/7); 美姑在前期(下/3-中/4)和中

期(上/5—下/6);西昌在中期(下/5—中/6)和后期(中/7);普格在中期(中/5—下/6)。

2.2.2 气候因子与荞麦气象产量的关系

根据直线、抛物线、对数、指数函数统计结果分析,气候条件对荞麦产量的影响主要表现为直线和抛物线两种形式,下面以全州(凉山州)气象产量和代表站平均气象要素为例进行分析。

1) 温度的影响

荞麦是喜温作物,其生长发育需要较高的温度条件,但不同生育时期对温度条件的要求有所不同。据有关试验研究^[19],苦荞种子在 $7\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时便可萌发, $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时出苗率达到 90% 以上;荞麦播种后 20 d, 苗期最适温度为 $15\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 开花至籽粒形成期则以 $18\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 为宜, 盛花期内如遇低温阴雨多雾天气, 将影响荞麦的传花授粉以及籽粒的正常形成。

通过统计,荞麦生长中前期温度(最高温度和平均温度:中/4—下/4,最低温度:下/4—中/5)与荞麦气象产量呈现显著的正相关关系,随着温度的升高气象产量具有增加的趋势(如图 3),说明生长的中前期热量条件略显不足,温度升高有利于荞麦的生长发育和产量形成。而 7 月上旬的最高温度与荞麦气象产量具有显著的负相关关系,由于 7 月上旬的最高温度都在 $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上了,接近或超过籽粒形成所要求的适宜温度的上限,因而随着最高温度的升高,产量呈现下降的趋势。

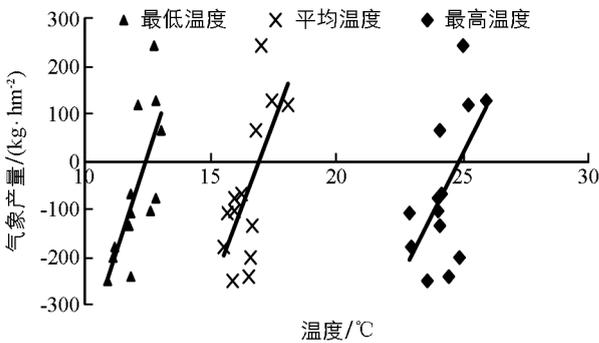


图 3 关键期温度与荞麦气象产量的关系

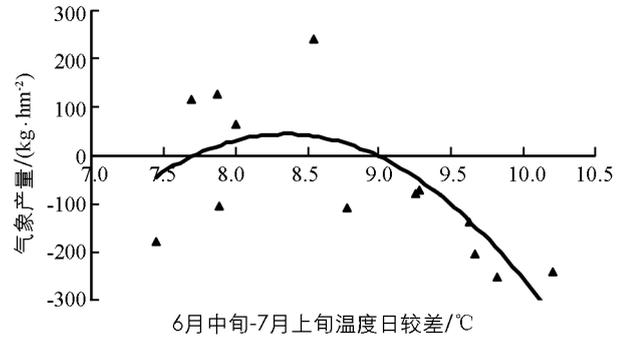


图 4 温度日较差与荞麦气象产量的关系

2) 温度日较差的影响

6 月中—7 月上旬温度日较差对荞麦产量的影响呈现较好的抛物线关系(如图 4),在日较差小于 $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下,随着日较差的增大,荞麦气象产量有增加的趋势,而当日较差在 $8.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上的情况下,随着日较差的增大,荞麦产量呈下降趋势。对凉山州全州荞麦产区而言,6 月中旬—7 月上旬正值荞麦籽粒灌浆成熟阶段,日较差大表明白天温度相对较高,有利于荞麦的光合作用,生产更多的光合产物,而夜间温度相对较低,对荞麦的呼吸消耗有一定的抑制作用,从而使整体光合产物积累增加;但当日较差进一步增大,白天温度往往过高,对荞麦光合作用和干物质的积累产生抑制作用,使产量降低。

3) 日照时数的影响

荞麦是喜光作物,光照条件的好坏直接影响到荞麦群体的生长状态和产量的高低。通过统计分析,荞麦气象产量与荞麦生长前期(下/3—上/4)的日照时数成正相关(如图 5A),日照多,产量高。这主要是荞麦生产的前期处于苗期,日照多,荞麦苗的生长状态良好,苗齐苗壮,能够为后期荞麦正常生长发育奠定良好的基础。而荞麦产量与荞麦生产的后期(上/7)的日照时数呈负相关(如图 5B),日照多,反而使产量降低。这种结果和上述所分析的同期最高温度、温度日较差的作用一致,由于在同一时期温度、日照时数和日较差具有良好的正相关。

4) 降水量的影响

从图 6 看出,荞麦气象产量与 3 月下旬的降水量呈现显著的正相关关系,荞麦气象产量随着 3 月下旬降水量的增加而增加(15 mm 以下)。荞麦根系不发达,喜湿润的环境条件,抗旱能力较弱。水分对于荞麦

的生长发育具有巨大的作用, 尤其在荞麦播种出苗期, 水分不足, 荞麦种子不能正常萌动, 发芽和出苗受到严重的影响, 造成缺苗少苗, 植株瘦小, 不能形成高产的苗架基础. 而在凉山州, 一般情况下, 4 月底之前处于干季, 降水很少, 春旱发生频率普遍在 60% 以上, 常由于严重的春旱, 发芽出苗困难, 缺苗、缺窝严重, 致使基本苗不足而减产. 当然, 水分过多, 造成荞麦种子的厌气性发酵, 种子霉烂, 同样出现缺苗现象, 影响荞麦产量. 因此荞麦播种后要保证土壤水分适当极为重要.

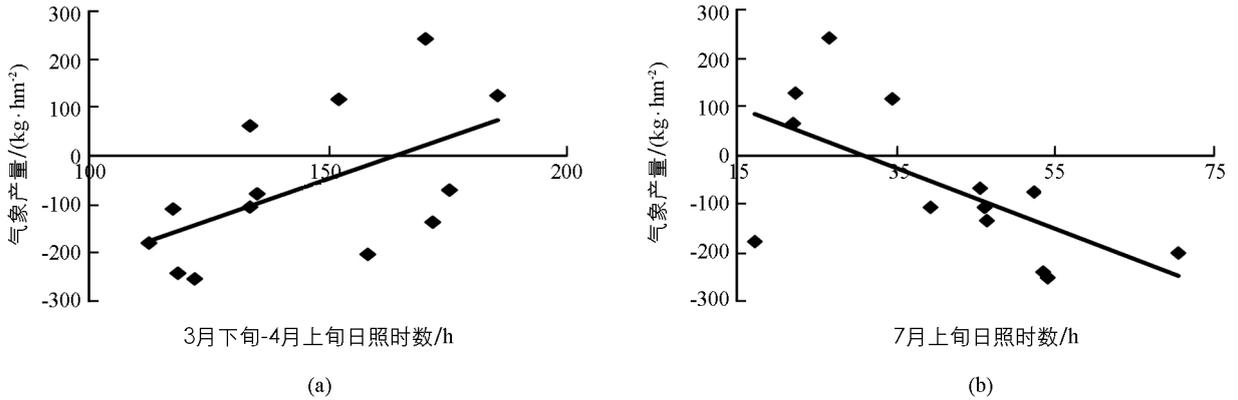


图 5 关键期日照时数与荞麦产量的关系

2.3 凉山州春苦荞产量与气候条件的综合模型

以上气候生态因子对荞麦产量的影响规律和关键时期均为对单因子的分析, 为了考虑各因子的综合影响, 为气象业务服务部门开展荞麦气象服务和荞麦气象产量预测提供技术基础, 很有必要建立各荞麦产量的综合气象模型. 由于同一时期的日照时数、温度日较差之间存在较显著的相关性, 独立性较差, 或者有些因子虽与荞麦产量的单相关统计较显著, 但综合而言, 贡献率较低, 因此采用逐步回归分析方法分别建立凉山州以及昭觉、冕宁、美姑、西昌、普格各县的气象产量综合模型如下:

凉山州:

$$Y_w = 81.9362 * Q_{中/4-下/4} + 76.1001 * Qm_{下/4-中/5} - 38.7611 * Dc_{中/6-上/7} + 11.0955 * R_{下/3} - 2056.02$$

$$R = 0.903 \quad F(4, 8) = 8.807^{***}$$

冕宁:

$$Y_w = 602.517 * QM_{上/6-中/6} + 82.224 * Qm_{下/3-中/4}^2 + 0.088 * S_{下/6-中/7}^2 - 19840.436$$

$$R = 0.893 \quad F(3, 9) = 11.836^{***}$$

昭觉:

$$Y_w = 174.733 * Q_{中/4-上/5} - 108.248 * Q_{上/7} - 286.411$$

$$R = 0.804 \quad F(2, 10) = 9.133^{***}$$

美姑:

$$Y_w = 16.396 * Q_{上/4-中/4} + 157.101 * Dc_{下/3-中/4} - 0.050 * R_{中/4-上/5}^2 - 2233.632$$

$$R = 0.926 \quad F(3, 9) = 18.115^{***}$$

西昌:

$$Y_w = 40.322 * Qm_{下/5} - 52.747 * Dc_{中/6} - 166.909$$

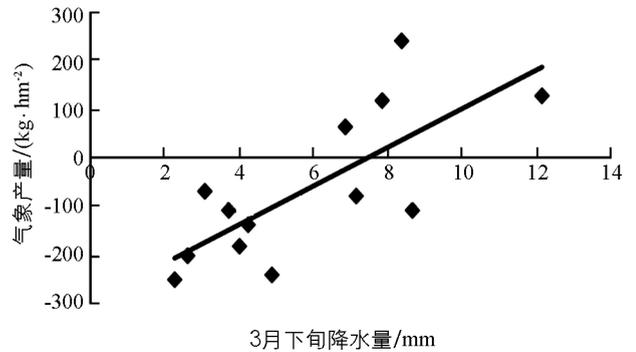


图 6 关键期降水量与荞麦产量的关系

$$R = 0.796 \quad F(2, 10) = 8.671^{***}$$

普格:

$$Y_w = 294.965 * Q_{m \text{ 中/5-上/6}} - 3.701 * S_{\text{中/5-下/5}} - 2.055 * R_{\text{中/5-上/6}} - 4162.943$$

$$R = 0.854 \quad F(3, 9) = 8.106^{***}$$

以上各式中, Q, QM, Qm, Dc, R, S 分别表示平均温度(°C)、最高温度(°C)、最低温度(°C)、温度日较差(°C)、降水量(mm)和日照时数(hr), 符号下标表示时间段(旬/月). 各模式均达到 1% 的显著性检验水平. 从以上各式可以看出, 逐步回归建立的综合模型所选择的气象因子和前面单因子关键期分析基本是一致的, 但有一些关键期分析的因子并没有在模式中, 有的还选择了其它的因子, 且因子时段也不一致. 另外不同地域所选择的因子和时段也都有较大差别, 这种情况说明, 各地气候条件和生产条件的不一致.

3 小结与讨论

1) 利用凉山州荞麦生产社会产量经过趋势处理后, 分离出来的气象产量, 通过对荞麦气象产量的统计分析得出, 不同区域气象条件对荞麦产量影响的关键时段不同. 凉山全州(区域平均), 气候条件影响的关键时段在荞麦生产的前期和中后期两个时段, 其它各代表县的关键时段则不尽相同, 有的有 3 个时段, 有的只有 2 个时段, 普格只有中期一个时段.

2) 在荞麦生长的中前期, 温度与荞麦气象产量存在显著的正相关, 随着温度的升高产量呈增加的趋势; 而在生产后期, 最高温度与产量呈显著的负相关, 最高温度升高, 产量降低. 生产后期的温度日较差与产量呈抛物线关系, 当日较差较小时, 随着日较差增大产量增加, 而当日较差较大时, 随着日较差增大产量降低; 日照与产量的关系前期为正, 后期为负; 降水量的影响主要在前期, 与产量呈现明显的正相关.

3) 在荞麦气象产量与气象条件分析的基础上, 采用逐步回归分析方法, 分别建立了凉山州及其代表荞麦产量的气候生态综合模型, 为气象部门的荞麦气象服务和荞麦产量预测等提供基础.

参考文献:

- [1] 冯佰利, 姚爱华, 高金峰, 等. 中国荞麦优势区域布局与发展研究 [J]. 中国农学通报, 2005, 21(3): 375-377.
- [2] 王安虎, 夏明忠, 蔡光泽, 等. 四川野生荞麦资源地理分布的调查研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(8): 9-123.
- [3] 王安虎, 邓建平. 四川省凉山地区苦荞产业的生产优势与发展对策 [J]. 杂粮作物, 2005, 25(2): 119-120.
- [4] 罗定泽, 赵佐成, 周明德, 等. 苦荞麦(*Fagopyrum tataricum*)栽培居群的聚类分析和主成分分析 [J]. 四川师范大学学报: 自然科学版, 2000, 23(3): 272-276.
- [5] 邱新法, 曾 燕. 影响我国冬小麦产量的气象因子研究 [J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(4): 575-578.
- [6] 季彪俊. 影响水稻产量因子的研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2005, 27(5): 579-583.
- [7] 罗 清, 刘晓迎. 凉山州马铃薯气象产量模型研究 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2011, 36(5): 114-118.
- [8] 彭国照. 四川盆地杂交中稻生产决策系统及气象模型研究 [J]. 西南农业大学学报, 2003, 25(2): 180-184.
- [9] 彭国照, 张虹娇, 阮 俊. 川西南山地马铃薯品质的气候生态关系模型研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2011, 33(9): 6-11.
- [10] 徐承香, 黎道洪, 梅 杰. 贵州大水洞和马狼洞内动物群落结构与部分环境因子的相关性研究 [J]. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2010, 28(2): 1-9.
- [11] 王海珠, 马 浩, 李钠钾, 等. 不同施氮量对云烟 87 光合、呼吸以及产、质量的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(3): 22-27.
- [12] 吕长文, 唐道彬, 赵 勇, 等. 不同淀粉质量分数甘薯光合特性及其与产量的关系研究 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(1): 28-35.
- [13] 杨武德, 郝晓玲, 杨 玉. 荞麦光合产物分配规律及其与结实率关系的研究 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(8): 934-938.

- [14] 郝晓玲, 毕如田. 不同荞麦品种光反应差异及光时与植株生物量的数量关系 [J]. 山西农业大学学报, 1992, 12(1): 1-3.
- [15] 周乃健, 郝晓玲, 王建平. 光时和温度对荞麦生长发育的影响 [J]. 山西农业科学, 1997, 25(1): 19-23.
- [16] 张益锋, 何平, 李桂强, 等. 光强对金荞麦幼苗部分生理指标和生物量的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2010, 32(4): 6-11.
- [17] 李灵芝, 李海平. 微量元素锌对苦荞种子萌发及生理特性的影响 [J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2008, 30(3): 80-84.
- [18] 李文利, 李发良. 荞麦分期播种试验简结 [J]. 西昌农业科技, 1990, 6: 8-10.
- [19] 林汝法. 中国荞麦 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.

A Study on the Relational Model of Spring Buckwheat Yield and Climatic Conditions in Liangshan Prefecture

PENG Guo-zhao¹, CAO Yan-qiu², Ruan Jun³

1. Institute of Plateau Meteorology, China Meteorological Administration, Chengdu 610072, China;

2. Meteorological Bureau of Liangshan Prefecture, Xichang Sichuan 615000, China;

3. Agriculture Bureau of Liangshan Prefecture, Xichang Sichuan 615000, China

Abstract: According to the spring buckwheat yield data of Liangshan Prefecture from 1999 to 2011, the main climatic factors and the critical periods influencing spring buckwheat yield were studied, and climatic models of spring buckwheat yield for Liangshan Prefecture and 5 representative counties in it were established. The results showed that the critical periods in which the weather conditions influenced buckwheat yield differed with different regions. There were different forms with different times and different factors on buckwheat yield. Temperature was correlated with buckwheat yield positively in the early and middle growth periods of the crop and negatively in its late growth period. The daily range had its influence mainly in the late growth period. Sunshine was associated with yield positively in the early stage and negatively in the late growth stage. Precipitation had a positive effect, especially in the early growth stage of the crop. Climatic and ecological models of buckwheat yield were established in this study for meteorological departments to be used in their service of buckwheat yield forecast.

Key words: spring buckwheat yield; climate factor; relational model; Liangshan prefecture

责任编辑 陈绍兰

