

文章编号: 2096-1618(2017)05-0544-06

# 气象因子对冕宁县苦荞产量的影响研究

王 姝<sup>1</sup>, 秦宁生<sup>2</sup>, 李金建<sup>1</sup>, 朱红秀<sup>3</sup>

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 四川省气象局, 四川 成都 610072; 3. 四川省冕宁县气象局, 四川 冕宁 615600)

**摘要:** 为了解不同气象因子对苦荞影响的时期和强度, 为苦荞高产种植提供气象依据, 根据冕宁县 2013–2014 年苦荞分期播种产量和各个发育期的试验资料, 同期的气象资料, 运用方差分析法, 相关性分析法、积分回归、主成分回归法对产量和气象因子进行分析。得出结论: 试验中 8 月 30 日的播期为最适宜播种期, 该期的各个气象指标可以用于苦荞种植的推广; 开花–成熟期的平均相对湿度与产量的相关系数最高; 影响苦荞产量的主要气候因子是温度和降水, 其中最高平均气温在出苗–分枝期对产量具有最大的正效应, 其次为平均气温在分枝–现蕾期对产量具有较大正效应。

**关键词:** 气象学; 农业气象; 苦荞; 相关性分析; 方差分析; 积分回归; 主成分回归

**中图分类号:** P49

**文献标志码:** A

**doi:** 10.16836/j.cnki.jcuit.2017.05.013

## 0 引言

苦荞在中国历史悠久, 营养丰富, 被誉为“五谷之王”, 是一种重要的药粮兼用<sup>[1]</sup>作物。中国苦荞的种植和产量居世界第一位。早年的古文献中, 李时珍撰《本草纲目》记述: “苦荞性味苦、平、寒、益气力, 续精神, 利耳目, 治脚气, 宽肠健胃”等。1985 年四川凉山科协与北京市粮食科研所以及几家医院合作对苦荞进行化学成分分析, 证明苦荞具有一定的保健药用功能。2001 年上海市疾病预防控制中心和上海医科大学合作, 就苦荞中提取出的苦荞黄酮, 对动物和 II 型糖尿病患者进行实验研究, 证明苦荞营养粉对人体有明显的调节血糖、血脂和保健功能, 以及有明显的降低血清胆固醇的作用。近年来, 国内已开发出多种苦荞食品、饮料、化妆品等系列产品。如苦荞疗效粉、苦荞营养粉、苦荞挂面、苦荞面包、苦荞酒、苦荞醋、苦荞茶、苦荞护肤霜、苦荞护发素等等, 因此, 研究苦荞的适宜播种期, 以及气象要素对苦荞产量的研究对中国的苦荞产业的发展具有良好的意义。

目前, 李昌远等<sup>[2]</sup>已经从选种, 土壤选择, 播种时间, 田间管理, 储仓技术等方面研究了苦荞播种到收割的注意事项。雒晓鹏等<sup>[3]</sup>研究了不同波长的光源对芽期苦荞黄酮合成的影响, 得出可选用 UV-B、LED 蓝光和红光这 3 种组合光通过优化光控条件增加黄酮含

量。谭茂玲等<sup>[4]</sup>研究了水肥耦合对苦荞产量的影响, 得出了最佳的水肥耦合配合比。李月(2013)等<sup>[5]</sup>研究了影响苦荞产量的主要生态因子和农艺性状, 得出海拔、全生育期、株高、生育期均是苦荞高产的最重要影响因素。

对冕宁县 2013–2014 年共 12 期每期 3 重复的苦荞分期播种资料分析不同气象因子的影响下苦荞的产量变化, 这些研究可以有益于选择合适的苦荞适宜播种期, 有益于了解不同气象因子对苦荞影响的时期和强度, 为以后苦荞的推广种植和苦荞种植过程中的趋利避害提供气象依据。

## 1 资料概况与研究方法

### 1.1 资料概况

冕宁县 2013–2014 年苦荞分期播种发育期(播种、出苗、分枝、现蕾、开花、开花盛期、成熟)和产量资料; 同期气象(气温、降水量、日照时数、相对湿度等)资料。资料由冕宁县气象局提供。

在海拔 1770 m 左右, 冕宁县秋荞麦主产区选择一块能代表当地地形、土壤气候、肥力均匀中等或中等偏上水肥条件的田块, 试验地位置于当地气象台站所处海拔高度 < 50 m 并且具有水源排灌保障。

试验小区面积为 10 m<sup>2</sup>, 播种量为 75.0 kg/ha, 3 次重复随机排列。从 7 月 10 日开始播第一期, 每期间

收稿日期: 2016-12-14

基金项目: 中国气象局气象关键技术集成与应用资助项目(CAMGJ2011Z03、CAMGJ2012M43)

隔10 d,共 6 期,即 8 月 30 日为最后一期。具体播种时间为第一期 7 月 10 日、第二期 7 月 20 日、第三期 7 月 30 日、第四期 8 月 10 日、第五期 8 月 20 日、第六期 8 月 30 日。

1.2 研究方法

将产量数据进行方差分析,确定播种期对产量影响的显著性。最后确定适宜播种期及气象指标。将苦荞产量运用去倾的方法计算出气象产量,分别求出不同播种期气象因素与对应气象产量之间的相关系数并进行显著性检验。分析播种-收获期各发育期间的平均气温,最高平均气温,最低平均气温,平均降水量,平均日照时数,平均相对湿度,将它们与气象产量进行积分回归,计算 5 个发育期间的  $a(t)$  值,由  $a(t)$  值的大小判断不同因素不同时期对苦荞产量的影响程度。将播种-收获期的平均气温,总降水量,总日照时数,平均相对湿度,4 个气象因子对苦荞的产量进行主成分回归分析,先进行主成分分析,计算方差贡献率,选出  $m$  个因子作为主成分,在利用  $m$  个主成分和苦荞产量计算主成分回归模型。

2 用方差分析法确定苦乔适宜播种期并分析气象指标

2.1 苦荞的生态习性<sup>[6]</sup>

苦荞即苦荞麦,属蓼科,荞麦属,学名鞑靼荞麦,别名荞叶七、野兰荞、万年荞、菠麦、乌麦、花荞。为一年或多年生草本或半灌木,比甜荞即荞麦的营养价值高出很多。苦荞为短日照作物,喜温暖阴湿气候,生育期间要求0℃以上积温大约在1146.3℃~2103.8℃,在温度处于13℃~33℃时均可以生长发育。在气候方面,前期少雨,温暖,中期湿润,后期清凉有利于苦荞的生长,在阳光充足、昼夜温差大且凉爽的气候最适宜苦荞的生长。当温度低于15℃或者高于30℃,并且天气干燥,或者经常性雨雾、大风天气都不利于开花、授粉和结实。

2.2 确定苦荞适宜播种期

根据冕宁气象局提供的 2013-2014 年,每年 6 期,每年每期 3 重复,两年每期共 6 重复的苦荞分期播种产量数据(表 1),可以发现,播种期的不同对产量是有一定的影响的,但是也可以发现在同一播期的不同重

复中产量有的差异也较大,此外,后一播期不同重复的产量有的比前一播期某些重复产量大,有些比某些重复小。造成这种情况的原因显然是由于土壤的肥力不均,测量产量时存在误差等各种偶然因素的干扰和测量误差的影响等造成的。把这一类误差统称为试验误差,也叫组内误差。所以,需要应用方差分析<sup>[7]</sup>来搞清楚不同播期的产量差异到底是由试验误差产生的还是由于播期不同而必然存在的差异。运用方差分析法来分析播期对产量的影响,进而确认苦荞的适宜播种期。

表 1 2013-2014 年播种期及其重复产量						
播期 (日/月) 重复	10/7	20/7	30/7	10/8	20/8	30/8
1	1.32	1.44	1.43	1.70	1.46	2.23
2	1.27	1.55	1.46	1.85	1.37	1.95
3	1.54	1.62	1.30	1.64	1.69	2.47
4	2.21	2.38	2.48	2.66	3.25	3.93
5	1.90	2.39	2.58	2.14	2.89	3.98
6	1.92	2.29	2.86	2.49	2.89	3.61

计算可得  $F=2.982, F_{0.01} \geq F > F_{0.05}$ ,所以播期对苦荞产量的影响显著,可以用平均产量高的播期作为最适宜的播期。试验的 6 个播期中以第 6 个播期产量最高,即 8 月 30 日的播期为苦荞最适宜的播期,即为第 6 和第 12 播种期,图 1 表示不同发育期各播种期不同气象因素的变化,将其他播种期的气象要素与第 6 和第 12 期气象要素做比较。将产量最高的 2014 年 8 月 30 日播期的各个发育期各个气象要素进行分析总结(表 2),作为苦荞发育期气象指标,便于苦荞在其他地区的推广引种,为高产种植苦荞提供气象依据。

3 苦荞分期播种产量差异的相关性分析

作物产量的大小是受到自然因素和非自然因素影响的结果,而这些自然和非自然的因素大体可分气象条件和地区社会经济技术影响两个重要部分。为了研究粮食产量和气候要素之间的关系,必须将地区社会经济技术等人为因素从产量中剔除,则余下的产量变化就可以用气候变化来解释。地区社会经济技术因素包括了种子品种、施肥质量、农田排灌、病虫害处理、经营管理等因素对产量的影响,它表征了在当时的社会生产水平下,其他条件正常是所能达到的产量。文中采用去倾<sup>[8]</sup>处理的方法,即第  $i$  期的气象产量为第  $i$  期与第  $i-1$  期实际产量的差值。

计算出 12 个播期同一个发育期分别所对应时间段的日平均气温、总降水量、总日照时数、平均相对湿度。再计算 12 个播期的日平均气温、总降水量、总日照时数、平均相对湿度与对应气象产量的相关系数(表 3),

并使用  $t$  检验<sup>[8]</sup>( $\alpha=0.05$ ) 对相关系数进行显著性检验如表 4。对播种-出苗、出苗-分枝、分枝-现蕾、现蕾-开花、开花-播种各个发育期分别进行分析如下。

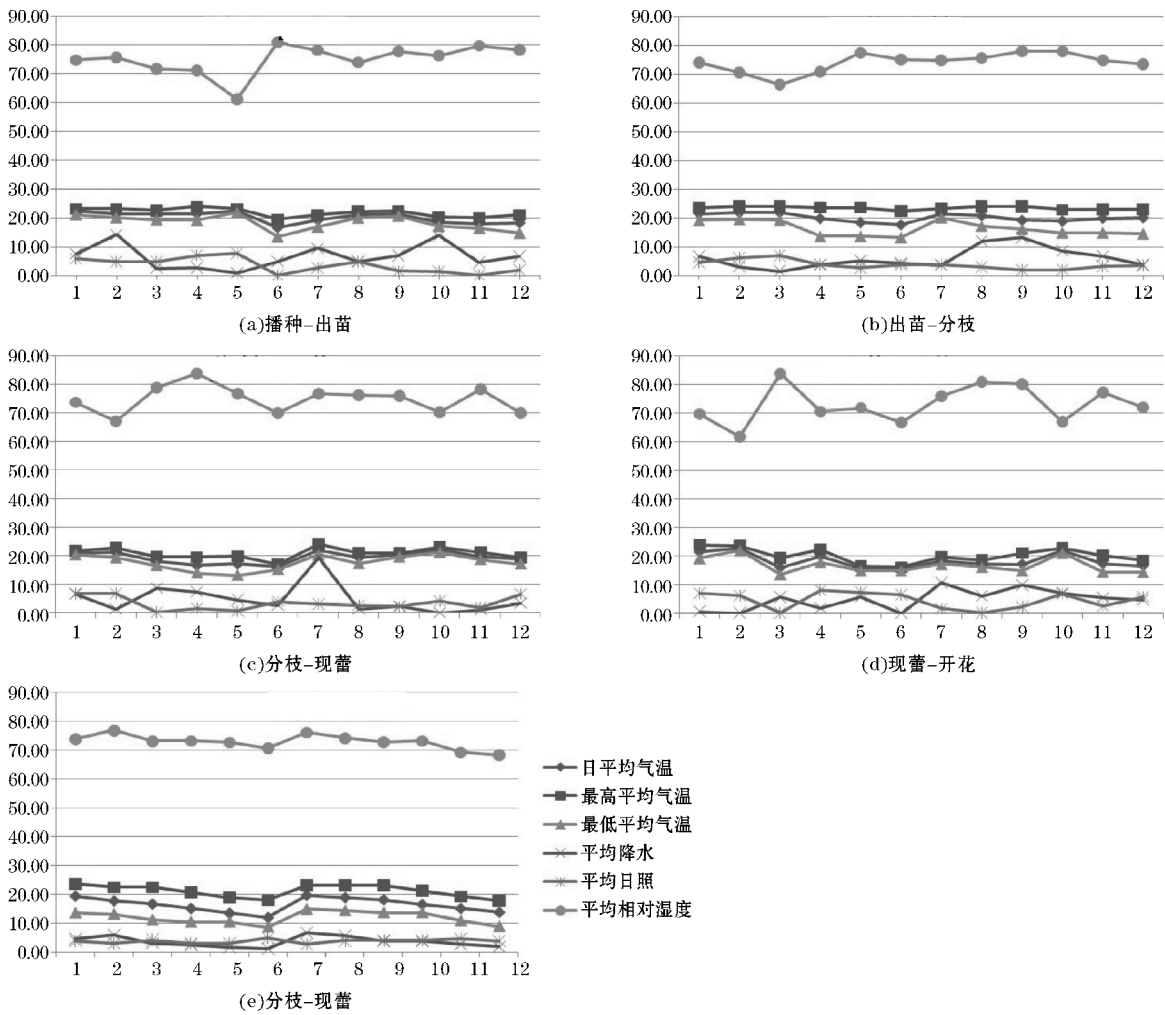


图 1 不同发育期各播种期不同气象因素的变化

表 2 苦荞各发育期气象要素指标

发育期	播种-出苗	出苗-分枝	分枝-现蕾	现蕾-开花	开花-成熟	播种-成熟
时间/月. 日	8.30-9.4	9.5-9.28	9.29-10.2	10.3-10.10	10.11-11.15	8.30-11.15
平均气温/℃	18.3	20.1	18.6	16.5	13.7	16.6
平均气温变化范围/℃	14.8~21.0	14.4~23.0	17.1~19.2	14.3~18.4	8.9~17.7	8.9~23.0
最高气温/℃	27.9	30.3	27.9	25.1	24.1	30.3
最低气温/℃	13.1	11.0	13.4	7.8	5.6	5.6
降水量/mm	39.4	88.0	13.8	37.8	62.3	241.3
日照时数/h	11.2	85.0	26.7	46.7	134.8	304.4
平均相对湿度/%	78.2	73.6	70.0	71.9	68.1	71.1
相对湿度范围/%	72-85	63-86	62-79	68-77	52-81	52-86
气候积温/℃	109.8	482.0	74.4	132.1	493.6	1291.9
活动积温/℃	109.8	482.0	74.4	132.1	475.0	1273.3

表 3 各发育期气象因子与气象产量的相关系数				
	日平均气温	总降水量	总日照时数	平均相对湿度
播种-出苗	-0.506	-0.238	-0.486	0.548
出苗-分枝	-0.256	0.119	0.113	0.007
分枝-现蕾	-0.387	-0.426	0.112	-0.182
现蕾-开花	-0.293	-0.341	0.313	-0.092
开花-成熟	-0.457	-0.356	0.448	-0.681

表 4 气象因子与气象产量相关系数的显著性检验				
	日平均气温	总降水量	总日照时数	平均相对湿度
播种-出苗	1.760	0.736	1.668	1.964
出苗-分枝	0.793	0.359	0.341	0.020
分枝-现蕾	1.260	1.413	0.338	0.556
现蕾-开花	0.921	1.089	0.988	0.278
开花-成熟	1.541	1.141	1.503	2.789

由上面的分析可发现,不同发育期与不同的气象因子的相关性是不同的。其中,相关性最高的是开花-成熟期的平均相对湿度,其次是播种-出苗期的平均相对湿度,通过了显著性检验。其次为播种-出苗期的日平均气温,播种-出苗期的总日照时数,开花-成熟期的日平均气温。而与总产量相关性最低的是出苗-分枝期的平均相对湿度。

#### 4 运用积分回归数学模型分析气象因子对苦荞气象产量的影响

积分回归<sup>[9]</sup>是利用了正交函数具有的收敛快的特点,即能够只通过前面几项就相当精确地拟合给定的函数。它的主要思想是利用正交多项式把较多的自变量化为较少的自变量,然后用一般多元回归分析方法求解。采用积分回归的数学模式,计算苦荞生育期内各个气象要素对苦荞气象产量的影响程度。 $a(t)$ 为时间 $t$ 的正交多项式的线性函数,可以从 $a(t)$ 的数值大小看出哪个气象变量的哪个时段对依变量的影响是最大的。

使用 12 期的苦荞产量与对应气象资料进行积分回归分析。苦荞从播种到收获大约为 80 天,按发育期分为播种-出苗、出苗-分枝、分枝-现蕾、现蕾-开花、开花-成熟,5 个发育期间,计算各发育期间的平均气温( $\bar{T}$ )、最高平均气温( $\bar{T}_M$ )、最低平均气温( $\bar{T}_m$ )、平均降水量( $\overline{RR}$ )、平均日照时数( $\bar{L}$ )、平均相对湿度( $\bar{f}$ ),通过积分回归可算出它们各自的 $a(t)$ 值,绘为图形如图 2 和图 3 所示。

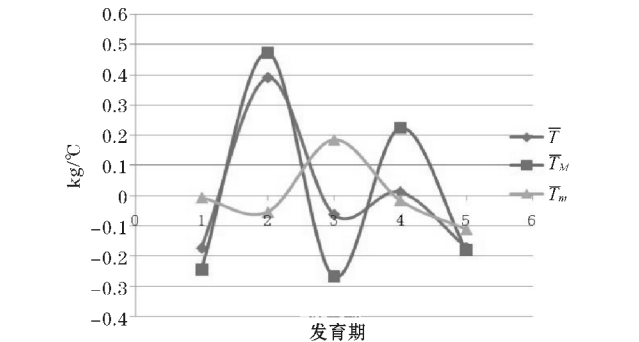


图 2 1-5 个发育期间平均气温、最高平均气温、最低平均气温的 $a(t)$ 曲线

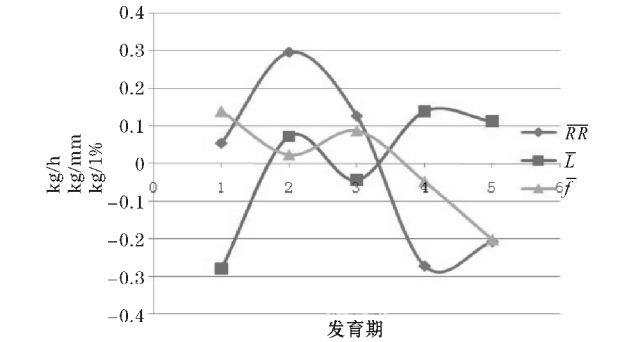


图 3 1-5 个发育期间平均降水量,平均日照时数,平均相对湿度的 $a(t)$ 曲线

由图 2 和图 3 可以看出各个气象要素在不同时间对气象产量的正负效应和影响程度,分析正负效应最大值可得到表 5。

表 5 气象要素对气象产量的正负效应				
气象要素	正效应		负效应	
	发育期	$a(t)$ 最大值	发育期	$a(t)$ 最大值
$\bar{T}/^{\circ}\text{C}$	出苗-分枝	0.389	播种-出苗	-0.172
$\bar{T}_M/^{\circ}\text{C}$	出苗-分枝	0.472	分枝-现蕾	-0.268
$\bar{T}_m/^{\circ}\text{C}$	分枝-现蕾	0.184	开花-成熟	-0.110
$\overline{RR}/\text{mm}$	出苗-分枝	0.296	现蕾-开花	-0.271
$\bar{L}/\text{h}$	现蕾-开花	0.139	播种-出苗	-0.280
$\bar{f}/\%$	播种-出苗	0.139	开花-成熟	-0.202

由表 5 可以看出,影响苦荞产量最大的气象要素是温度,其次是降水,然后是日照和相对湿度。其中,最高平均气温的 $a(t)$ 最大,正效应最大值在出苗-分枝期,最大值为0.472 kg/°C,负效应最大值在分枝-现蕾期,为-0.268 kg/°C;平均气温的 $a(t)$ 正效应最大值在出苗-分枝期,最大值为0.389 kg/°C,负效应的最大值在出苗-分枝期,为-0.172 kg/°C;平均降水量的正效应 $a(t)$ 最大值在分枝-现蕾期,最大值为0.296 kg/mm,负效应 $a(t)$ 最大值在播种-出苗期, $a(t)$ 值为-0.271 kg/mm。平均日照时数具有较大的负效应 $a(t)$ 值,为-0.280 kg/h。

通过多个气象因子与苦荞气象产量的积分回归统



计分析,初步可认为影响苦荞产量的主要气候因子是温度其次是日照。

5 气象因子对苦乔产量影响的主成分回归分析<sup>[10]</sup>

对播种-收获期的日平均气温( $\bar{T}$ )、总降水量( $RR$ )、总日照时数( $L$ )、平均相对湿度( $\bar{f}$ )对苦荞产量的影响进行主成分回归分析,计算出因子之间的相关系数见表 6。

表 6 气象因子相关分析				
	$\bar{T}$	$RR$	$L$	$\bar{f}$
$\bar{T}$	1.000	0.588	-0.212	0.548
$RR$	0.588	1.000	-0.632	0.869
$L$	-0.212	-0.632	1.000	-0.682
$\bar{f}$	0.548	0.869	-0.682	1.000

从表中可以看出,除了总日照时数与日平均气温之间的相关系数相对较小外,其他气象因素之间相关性都很高。对 4 个气象要素进行主成分分析得到各个成分的方差贡献率如表 7 所示。

表 7 主成分提取分析			
主成分	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	2.8108	70.27	70.27
2	0.7945	19.86	90.13
3	0.2672	6.68	96.81
4	0.1275	3.19	100.00

由表 7 可以看出,第一个主成分的贡献率为 70.27%,第二个主成分的贡献率为 19.8%,于是第一个与第二个主成分的累计贡献率达到 90.13% > 80%,因此可选择前两个因素做主成分。对选出的 2 个主成分进行载荷分析,如表 8 所示。

表 8 主成分载荷		
	1	2
$\bar{T}$	0.4049	-0.7740
$RR$	0.5599	-0.0225
$L$	-0.4544	-0.6287
$\bar{f}$	0.5623	0.0717

表 8 可以看出,日平均气温,总日照时数在第 2 个主分量有较高的载荷,总降水量和总降水量结合主成分 1,2 也可以反映这两个因素的主要信息,因此,这 2 个主成分基本上可以反映 5 个因素的指标信息。结合特征值将 2 个主成分表示为:

$F_1=0.4049Z_1+0.5599Z_2-0.4544Z_3+0.5623Z_4$

$F_2=-0.7740Z_1-0.0225Z_2-0.6287Z_3+0.0717Z_4$   
以  $F_1,F_2$  为自变量,产量标准化值为因变量进行线性回归分析,建立回归方程:

$F=-0.054 F_1+0.442 F_2$

将  $F_1,F_2$  代入上式得:

$F=-0.3640Z_1-0.0402Z_2-0.2533Z_3+0.0013Z_4$

得到主成分回归模型:

$y=-0.4573x_1-0.0006x_2-0.0141x_3+0.0023x_4+19.0944$

6 结束语

利用冕宁县 2013-2014 两年每年 6 期共 12 期,每期 3 重复的苦荞种植试验资料 and 对应时间日平均气温,日最高气温,日最低气温,降水量,日照时数和日平均相对湿度 6 种气象要素的资料,通过方差分析,相关分析,积分回归和主成分回归分析等方法,研究了各个发育期气象要素对苦荞产量的影响时期和影响程度,苦荞的适宜播种期等,得出以下结论:

(1)运用方差分析法,分析播种期是否对苦荞的产量有显著的影响,分析结果  $F=2.982, F_{0.01} \geq F > F_{0.05}$ ,表明播期对苦荞产量的影响显著,因此我们就可以通过产量的大小选择最适宜播种期,得出 8 月 30 日的播期是苦荞最适宜的播种期的结论。

(2)运用去倾的方法将产量转化为气象产量,苦荞生长过程 5 个发育期间 4 个气象因素与气象产量的相关性分析只有开花-成熟期的平均相对湿度,播种-出苗期的平均相对湿度达到显著性水平,相关性最高,相关系数通过  $\alpha=0.05$  的显著性检验。

(3)通过积分回归计算得出影响苦荞产量的主要气候因子是温度和降水,日照和相对湿度对气象产量的影响较小。其中,最高平均气温的  $a(t)$  最大,正效应最大值在出苗-分枝期,最大值为 0.472 kg/℃,负效应最大值在分枝-现蕾期,为 -0.268 kg/℃;平均气温的  $a(t)$  正效应最大值在出苗-分枝期,最大值为 0.389 kg/℃,负效应的最大值在出苗-分枝期,为 -0.172 kg/℃;平均降水量的正效应  $a(t)$  最大值在分枝-现蕾期,最大值为 0.296 kg/mm,负效应  $a(t)$  最大值在播种-出苗期, $a(t)$  值为 -0.271 kg/mm。平均日照时数具有较大的负效应  $a(t)$  值,为 -0.280 kg/h。

(4)将气象因素与苦荞产量进行主成分回归分析,得到苦荞产量的主成分回归模型  $y=-0.4573x_1-0.0006x_2-0.0141x_3+0.0023x_4+19.0944$ 。 $x_1$  为日平均气温, $x_2$  为总降水量, $x_3$  为总日照时数, $x_4$  为平均相对湿度,可用此式估计日平均气温,总降水量,总日照时数,平均相对湿度不同时的苦荞产量。

## 参考文献:

- [1] 张仲仁,陈鹏. 苦荞叶肉细胞原生质体的分离纯化及瞬时转化[J]. 西北植物学报,2016(36):183-189.
- [2] 李昌远,李长亮,何荣芳等,昆明地区苦荞生态栽培技术[J]. 现代农业科技,2015(19):63-64.
- [3] 雒晓鹏,卜星星,赵海霞,等. LED光源对芽期苦荞黄酮合成的影响[J]. 食品科学,2015(3):86-89.
- [4] 谭茂玲,贾晓凤,蔡晓曼,等. 水肥耦合对苦荞产量的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版),2015(4):331-335.
- [5] 李月,石桃雄,黄凯丰,等. 苦荞生态因子及农艺性状与产量的相关分析[J]. 西南农业学报,2013(1):35-41.
- [6] 李昌远,李长亮,何荣芳,等. 昆明地区苦荞生态栽培技术[J]. 现代农业科技,2015(19):63-64.
- [7] 中国科学院数学研究所统计组. 方差分析[M]. 北京:科学出版社,1977:8-14.
- [8] Nicholls N, Increased Australian wheat yield due to recent climate trends[J]. Nature, 1997, 387:484-485.
- [9] 屠玉璞,王俊德,丁裕国,等. 气象应用概率统计学[M]. 北京:气象出版社,1984:279-289.
- [10] 员玉良,盛文溢,H. Schumann. 基于主成分回归的茎直径动态变化预测[J]. 农业机械学报,2015(1).
- [11] Parmoon G, Moosavi S A, Akbari H, et al. Quantifying cardinal temperatures and thermal time required for germination of *Silybum marianum* seed[J]. The Crop Journal, 2015, 66(2):145-151.
- [12] Naydovich V A, Popova T N. Effect of meteorological factors on the seed yield of alfalfa in the droughty Volga Region[J]. Russian Agricultural Sciences, 2015, 41(4):211-215.
- [13] Westengen O T, Brysting A K. Crop adaptation to climate change in the semi-arid zone in Tanzania: the role of genetic resources and seed systems[J]. Agriculture & Food Security, 2014, 3(1):1-12.
- [14] Zuo J L, Lin-Chu X U, Gong C, et al. The Relational Analysis between Meteorological Factors and the Variation Law of Fresh Seed Yield in *Camellia oleifera* Clones[J]. China Forestry Science & Technology, 2009.
- [15] K. R. Manjunath, M. B. Potdar, N. L. Purohit. Large area operational wheat yield model development and validation based on spectral and meteorological data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(15):3023-3038.

## Study on the Effect of Meteorological Factors on the Yield of Tartary Buckwheat in Mianning County

WANG Shu<sup>1</sup>, QING Ning-sheng<sup>2</sup>, LI Jin-jian<sup>1</sup>, ZHU Hong-xiu<sup>3</sup>

(1. College of Atmosphere Sciences Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Meteorological Bureau of Sichuan Province, Chengdu 610072, China; 3. Meteorological Bureau of Mianning County, Mianning 615600, China)

**Abstract:** The purpose is to understand the effects of meteorological factors on the period and intensity of buckwheat, and provide the meteorological basis for the high yield of Tartary buckwheat planting. Based on the test data of yield and various developmental stages, and the meteorological data over the same period from 2013 to 2014 in Mianning. Moreover, we have used variance analysis, correlation statistical analysis, integral regression and principal component regression method. The conclusion are as follows: August 30 of sowing date is the most suitable sowing period, and the various meteorological index can be for the promotion of tartary buckwheat seeding; the correlation coefficient of the meteorological yield and the average relative humidity in the flowering stage to maturity stage was the highest one; main climate factors affecting yield of tartary buckwheat are temperature and precipitation, and the highest average temperature has the greatest positive effect on yield in emergence stage to tillering stage, while the average temperature has the greater positive effect on the yield.

**Keywords:** aerography; agro-meteorological; tartary buckwheat; correlate analysis; variance analysis; integral regression; principal components regression