

# 不同海拔下云南田麦产量构成分析

程加省<sup>1</sup>, 于亚雄<sup>1\*</sup>, 王志伟<sup>1</sup>, 杨金华<sup>1</sup>, 胡银星<sup>1</sup>, 程耿<sup>1</sup>, 金代珍<sup>2</sup>, 赵志仙<sup>3</sup> (1. 云南省农业科学院粮食作物研究所/国家小麦改良中心云南分中心, 云南昆明 650205; 2. 文山州种子管理站, 云南文山 663000; 3. 临沧市种子管理站, 云南临沧 677099)

**摘要** [目的]研究不同海拔点云南小麦新品种的性状表现和产量构成。[方法]11个试点分别为德宏、文山、红河、临沧、玉溪、弥渡、保山、楚雄、昆明、大理、丽江, 10份小麦新品种分别为云选二号、宜麦一号、7181-1、昆麦二号、楚麦23-240、凤03-321、1069、044-6、青春55、云选11-12。[结果]海拔2400m的丽江各品种均表现出较高产量, 可作为品种产量潜力测试地。海拔基本相同的试点, 产量存在较大差异。生育期、千粒重、有效穗、成穗率、穗粒数、株高等各性状与海拔均没有呈明显的线性关系, 各主要性状与产量的灰色关联度与海拔均不呈相关关系, 各性状的极值均不在同一海拔, 各海拔点的主要性状与产量的相关性也不一致。[结论]该研究可为今后小麦育种和新品种推广提供参考。

**关键词** 海拔; 主要性状; 产量; 灰色关联度

**中图分类号** S512 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)07-02889-05

## Analysis of Yield Components of Yunnan Irrigated Wheat in Different Altitude

CHENG Jia-sheng et al. (Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences/National Wheat Improvement Center Yunnan Branch, Kunming, Yunnan 650205)

**Abstract** [Objective] The aim was to study character performance and yield components of Yunnan new wheat varieties at different elevation point. [Method] Eleven test points were Dehong, Wenshan, Honghe, Lincang, Yuxi, Midu, Baoshan, Chuxiong, Dali, Lijiang, resp., ten wheat varieties were Yunxuan No. 2, Yimai No. 1, 7181-1, Kumai No. 2, Chumai 23-240, Feng 03-321, 1069, 044-6, Qingchun 55, Yunxuan 11-12. [Result] The results showed that all kinds of wheat varieties showed higher yield in altitude of 2400 meters, it could be used as variety yield potential test point. There was a big difference in yield although at the same altitude. There were not obviously linear relationship between altitude and growth period, 1000-grains weight, effective spike number, spike rate, grain number per spike, plant height, often showed "W" or "V" type change. The grey correlation degree of every main traits and yield had no significant relationship with altitude, extreme value of each trait at different altitudes were not the same altitude, the correlation was inconsistent between the main traits and yield at each altitude. [Conclusion] The study provides a reference for wheat new varieties breeding and population.

**Key words** Altitude; Main characters; Yield; Grey correlation degree

纬度和海拔直接影响温度高低和日照长短, 间接影响到作物的生长发育, 温度随海拔升高而递减的程度, 又因地理位置及地形、地势而不同, 故对作物生长发育影响亦不一样<sup>[1]</sup>。海拔作为重要的地形因子主要对温度影响较大。一般来讲, 温度伴随着海拔升高而降低, 海拔每上升100m, 温度降低约0.6℃, 而且日温差也逐渐增大, 从而对植物生长过程产生影响<sup>[2]</sup>。同时, 海拔高度还会影响降雨和土壤水分的变化, 高海拔区降雨频度和总量较低海拔区大, 但由于温度较低, 其潜在蒸散下降, 气压降低, 导致部分作物气孔关闭加剧, 因此可能大大限制植物的光合作用和生长速度。云南地处云贵高原, 属低纬高海拔地区, 生态环境多样, 立体气候明显, 小麦种植区域地理环境千差万别, 区域内山多坝少, 因此, 根据云南小麦耕作方式的差异, 将云南小麦分为地麦和田麦, 田麦大多是水稻的后作, 一般有排灌条件, 播种期为10月下旬至11月上旬, 次年5月中旬收获, 近年面积约20万hm<sup>2</sup>, 占全省小麦总面积的1/3, 田麦产量稳定, 且较高<sup>[3-4]</sup>, 保证和稳定了云南小麦的产量, 发展云南田麦, 不仅是解决云南坝区的基本口粮的需要, 也是云南的粮食稳定增长、边

疆稳定的需要。

在不同海拔下, 对云南田麦产量构成的分析至今未见报道。为明确不同海拔下云南田麦产量构成的差异, 即不同海拔对云南田麦品种需求的差异, 并为云南田麦品种推广应用提供依据, 笔者对云南省区域试验中的田麦品种在不同海拔下的产量构成差异进行了分析。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 2005~2007年, 以云南省近年选育成的10个优异田麦品种为研究对象, 选取海拔梯度差异较大的11个田麦品种区域试验试点进行统计分析。采用随机区组设计, 3次重复, 小区面积10m<sup>2</sup>, 四周设保护行, 基本苗按225万~270万苗/hm<sup>2</sup>计, 称种(或数种)到行, 播种方式为条播, 播期按当地田麦最佳节令执行, 田间管理及肥水调控略高于当地大田水平。田间观察记载、室内考种、测产按国家小麦区域试验记载标准NY/T 1301-2007《农作物品种区域试验技术规程小麦》执行。

**1.2 分析方法** 数据分析使用DPS数据处理系统<sup>[5]</sup>, 计算各个海拔下的植株高度、生育期、和有效穗、成穗率、穗粒数、千粒重4个主要经济指标与产量的灰色关联度及其变幅。

## 2 结果与分析

### 2.1 海拔与经济性状的关系

**2.1.1 与株高和生育期的关系。**表1显示, 不同海拔间株高差异显著, 但没有呈线性关系, 株高并没有随着海拔的升高而升高或降低。在中海拔1620.0~1667.0m, 株高总体较高。在中海拔1620.0m的玉溪, 总体平均株高和多数品

**基金项目** 重点新产品开发计划项目(2012BB015); 国家小麦现代产业技术体系小麦云南综合试验站(CARS-3-244); 云南省农业科学院麦类育种创新团队(2012HC008)。

**作者简介** 程加省(1980-), 男, 云南宣威人, 助理研究员, 硕士, 从事麦类育种工作, E-mail: cjs2004nx@yahoo.com.cn。\*通讯作者, 研究员, 从事麦类育种工作, E-mail: yyx582@vip.sohu.com。

**收稿日期** 2013-02-16

种株高最高,在高海拔丽江平均株高和大多数品种株高最矮,在低于1 620.0 m时,株高随海拔的降低而呈波浪型变化,但差异较小;当海拔高于1 620.0 m、低于1 945.0 m时,株高随着海拔的升高而降低,1 772.0 m处最矮。

生育期差异显著,达55 d。各品种在高海拔丽江

(2 400.0 m)最长,平均188 d,其次是1 945.0 m的昆明,再次是1 620.0 m的玉溪;在低海拔文山(1 260.0 m)最短,平均133 d。各品种生育期变化趋势基本一致,不随海拔升高而延长,也不完全随海拔的降低而缩短,但表现出在低于1 620.0 m时,生育期总体较短,高于1 620.0 m后总体较长。

表1 不同海拔下株高、生育期统计

试点	海拔//m	株高//cm										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	97.0	86.0	92.0	90.0	96.0	72.0	98.0	77.0	96.0	98.0	90.0
文山	1 260.0	87.0	79.0	86.0	87.0	90.0	80.0	89.0	84.0	86.0	87.0	86.0
红河	1 430.0	87.0	90.0	94.0	97.0	92.0	90.0	100.0	87.0	96.0	102.0	93.0
临沧	1 460.0	96.0	85.0	87.0	81.0	93.0	77.0	98.0	77.0	89.0	94.0	88.0
玉溪	1 620.0	109.0	91.0	100.0	97.0	104.0	98.0	108.0	95.0	106.0	100.0	101.0
弥渡	1 667.0	103.0	88.0	98.0	96.0	101.0	90.0	103.0	88.0	95.0	100.0	96.0
保山	1 670.0	100.0	84.0	92.0	92.0	93.0	86.0	105.0	78.0	94.0	95.0	92.0
楚雄	1 772.0	85.0	78.0	85.0	83.0	83.0	75.0	85.0	78.0	88.0	90.0	83.0
昆明	1 945.0	85.9	82.7	85.2	85.2	85.2	81.5	90.65	73.4	90.0	88.2	84.8
大理	1 998.0	97.0	80.0	89.0	90.0	92.0	84.0	90.0	80.0	90.0	90.0	88.0
丽江	2 400.0	78.0	71.0	81.0	76.0	75.0	68.0	82.0	69.0	81.0	78.0	76.0

  

试点	海拔//m	生育期//d										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	148.0	150.0	141.0	143.0	150.0	135.0	151.0	150.0	149.0	144.0	146.0
文山	1 260.0	135.0	134.0	136.0	131.0	138.0	129.0	136.0	136.0	132.0	131.0	133.0
红河	1 430.0	159.0	162.0	158.0	155.0	160.0	157.0	159.0	161.0	160.0	159.0	159.0
临沧	1 460.0	154.0	155.0	158.0	156.0	156.0	147.0	159.0	156.0	80.0	154.0	147.0
玉溪	1 620.0	174.0	177.0	176.0	174.0	176.0	171.0	173.0	173.0	175.0	171.0	174.0
弥渡	1 667.0	163.0	167.0	163.0	160.0	164.0	162.0	160.0	164.0	164.0	158.0	162.0
保山	1 670.0	174.0	176.0	174.0	171.0	176.0	160.0	174.0	177.0	168.0	168.0	172.0
楚雄	1 772.0	165.0	165.0	166.0	161.0	164.0	165.0	163.0	164.0	161.0	161.0	163.0
昆明	1 945.0	179.0	179.0	181.0	174.0	180.0	175.0	177.0	181.0	173.0	171.0	177.0
大理	1 998.0	159.0	162.0	155.0	152.0	157.0	154.0	154.0	154.0	156.0	154.0	160.0
丽江	2 400.0	189.0	191.0	189.0	188.0	188.0	188.0	189.0	189.0	186.0	186.0	188.0

2.1.2 与千粒重和穗粒数的关系。由表2可知,平均千粒重在低海拔1 460.0 m的临沧最高,其次是低海拔913.80 m的德宏,在中海拔1 670.0 m的保山最低;千粒重以中海拔玉溪为分水岭,随海拔的升高和降低呈“W”型分布。但品种间存在差异,多数品种以及平均值在低于1 620.0 m海拔时,千粒重随海拔的降低而增加,在高于1 620.0 m时,千粒重以保山

为低谷,随海拔的升高呈“V”型分布。

不同海拔点穗粒数存在较大差异。在海拔较低的不同试点,穗粒数差异较大。穗粒数与海拔没有线性关系,而是以中海拔1 667.0 m的弥渡为分水岭,随海拔的降低和升高呈“V”型分布。多数品种在中海拔1 620.0和1 667.0 m处穗粒数最多,在低海拔1 260.0和1 430.0 m处最少。

表2 不同海拔下千粒重、穗粒数的统计分析

试点	海拔//m	千粒重//g										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	43.0	52.0	60.0	57.0	42.0	47.0	49.0	49.0	46.0	45.0	49.0
文山	1 260.0	41.0	51.0	56.0	55.0	42.0	44.0	49.0	48.0	46.0	45.0	48.0
红河	1 430.0	41.0	54.0	47.0	49.0	47.0	46.0	42.0	48.0	44.0	43.0	46.0
临沧	1 460.0	41.0	50.0	51.0	51.0	42.0	45.0	44.0	46.0	45.0	43.0	46.0
玉溪	1 620.0	51.0	53.0	53.0	51.0	42.0	44.0	54.0	50.0	54.0	48.0	50.0
弥渡	1 667.0	35.0	42.0	49.0	51.0	41.0	44.0	44.0	41.0	37.0	40.0	42.0
保山	1 670.0	38.0	45.0	50.0	45.0	41.0	33.0	48.0	36.0	38.0	38.0	41.0
楚雄	1 772.0	42.0	54.0	50.0	56.0	44.0	45.0	45.0	50.0	47.0	44.0	48.0
昆明	1 945.0	38.2	47.0	47.0	48.2	38.8	41.2	39.7	41.9	39.4	41.0	42.2
大理	1 998.0	35.0	49.0	55.0	53.0	42.0	42.0	50.0	47.0	43.0	43.0	46.0
丽江	2 400.0	39.0	51.0	53.0	51.0	41.0	43.0	44.0	44.0	43.0	44.0	45.0

接下表

续表 2

试点	海拔//m	穗粒数										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	53.0	43.0	44.0	37.0	48.0	39.0	49.0	48.0	47.0	50.0	46.0
文山	1 260.0	44.0	35.0	35.0	33.0	32.0	33.0	36.0	36.0	34.0	33.0	35.0
红河	1 430.0	35.0	34.0	39.0	36.0	33.0	32.0	43.0	43.0	30.0	28.0	35.0
临沧	1 460.0	55.0	42.0	43.0	37.0	44.0	39.0	50.0	54.0	43.0	46.0	45.0
玉溪	1 620.0	47.0	59.0	58.0	46.0	51.0	50.0	53.0	50.0	51.0	47.0	51.0
弥渡	1 667.0	56.0	53.0	57.0	43.0	56.0	54.0	52.0	57.0	51.0	52.0	53.0
保山	1 670.0	45.0	37.0	47.0	42.0	42.0	40.0	40.0	39.0	38.0	43.0	41.0
楚雄	1 772.0	49.0	31.0	42.0	39.0	39.0	34.0	42.0	43.0	36.0	37.0	39.0
昆明	1 945.0	47.6	48.5	51.7	47.6	44.7	46.1	52.9	45.8	44.2	44.5	47.3
大理	1 998.0	41.0	36.0	39.0	37.0	37.0	41.0	36.0	39.0	41.0	36.0	38.0
丽江	2 400.0	41.0	35.0	42.0	41.0	36.0	37.0	41.0	40.0	38.0	43.0	39.0

**2.1.3 与有效穗和成穗率的关系。**由表 3 可知,同一品种在不同海拔间有效穗变幅较大,同一海拔不同品种间差异较大,各品种间的最高有效穗和最低有效穗差异较大。1 143.0 m 的红河最低,2 400.0 m 的丽江最高,随着海拔的升高,有效穗变化总体呈“W”型。在 1 772.0 ~ 2 400.0 m,有效穗数变化呈“V”型,在低于 1 430.0 m 时,有效穗数随海拔的降低而增加;除 1 998.0 m 的大理外,在高于 1 620.0 m 时,有效穗随

海拔的升高而增加。

成穗率在低海拔 1 430.0 m 处最高,在 1 998.0 m 的大理最低,最高和最低处相差 32 个百分点。在海拔低于 1 460.0 m 时,成穗率随海拔的升高而增加,且总体上成穗率高于海拔 1 430.0 m 处的。当海拔高于 1 430.0 m 后,成穗率与海拔没有线性关系,海拔相当的各试点成穗率存在较大差异;同一海拔,各品种间成穗率差异也较大。

表 3 不同海拔有效穗和成穗率统计分析

试点	海拔//m	有效穗//万穗/hm <sup>2</sup>										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	368.0	362.0	316.0	326.0	421.0	413.0	314.0	340.0	371.0	363.0	359.0
文山	1 260.0	324.0	335.0	327.0	299.0	315.0	317.0	328.0	318.0	316.0	319.0	320.0
红河	1 430.0	272.0	269.0	269.0	265.0	263.0	269.0	270.0	266.0	265.0	260.0	267.0
临沧	1 460.0	374.0	366.0	365.0	357.0	431.0	422.0	327.0	368.0	400.0	394.0	380.0
玉溪	1 620.0	387.0	311.0	335.0	380.0	343.0	383.0	378.0	312.0	360.0	298.0	349.0
弥渡	1 667.0	383.0	338.0	356.0	342.0	354.0	382.0	356.0	347.0	381.0	382.0	362.0
保山	1 670.0	349.0	386.0	321.0	352.0	386.0	436.0	387.0	365.0	353.0	368.0	370.0
楚雄	1 772.0	377.0	452.0	368.0	317.0	416.0	462.0	348.0	377.0	299.0	355.0	377.0
昆明	1 945.0	460.0	495.0	477.0	422.0	570.0	534.0	439.0	456.0	518.0	507.0	488.0
大理	1 998.0	380.0	387.0	311.0	309.0	390.0	431.0	357.0	327.0	345.0	345.0	358.0
丽江	2 400.0	443.0	616.0	485.0	552.0	584.0	550.0	412.0	476.0	554.0	502.0	517.0

  

试点	海拔//m	成穗率//%										
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	平均
德宏	913.8	66.0	48.0	55.0	50.0	52.0	76.0	51.0	62.0	57.0	51.0	57.0
文山	1 260.0	81.0	64.0	79.0	66.0	64.0	73.0	58.0	68.0	60.0	65.0	68.0
红河	1 430.0	74.0	68.0	70.0	67.0	68.0	73.0	71.0	74.0	67.0	69.0	70.0
临沧	1 460.0	55.0	51.0	61.0	56.0	59.0	65.0	41.0	49.0	56.0	48.0	54.0
玉溪	1 620.0	50.0	44.0	45.0	56.0	48.0	50.0	49.0	44.0	45.0	43.0	47.0
弥渡	1 667.0	52.0	52.0	52.0	51.0	52.0	57.0	52.0	52.0	52.0	53.0	52.0
保山	1 670.0	49.0	50.0	44.0	48.0	48.0	60.0	39.0	53.0	46.0	39.0	47.0
楚雄	1 772.0	68.0	73.0	87.0	49.0	57.0	74.0	53.0	64.0	56.0	51.0	63.0
昆明	1 945.0	56.5	49.4	53.8	46.7	46.1	58.6	44.8	51.1	57.3	47.9	51.2
大理	1 998.0	47.0	44.0	35.0	35.0	31.0	52.0	33.0	38.0	39.0	32.0	38.0
丽江	2 400.0	53.0	54.0	49.0	47.0	53.0	49.0	43.0	47.0	56.0	53.0	50.0

**2.1.4 与产量的关系。**由表 4 可知,产量不随海拔的升高而有规律地增加或减低,平均产量在 2 400.0 m 的丽江最高,其次是中海拔 1 667.0 m 的弥渡,再次是低海拔 913.8 m 的德宏,最低产量在 1 430.0 m 的红河,为 4 239 kg/hm<sup>2</sup>。总体上,低海拔的文山、红河及中海拔的保山、高海拔的大理产量较

低。在海拔差异较小的各试点,产量差异较大,且不同品种间的最高产和最低产试点海拔有差异,最高产品种是 7181-1 在 1 667.0 m 的弥渡,产量达 8 766 kg/hm<sup>2</sup>,最低产量是云选 11-12 在 1 430.0 m 的红河,其产量为 2 985 kg/hm<sup>2</sup>。各品种产量在不同海拔点变幅较大,且品种与品种间的最高

表4 不同海拔产量统计分析

kg/hm<sup>2</sup>

试点	海拔//m	不同品种产量										平均
		云选二号	宜麦一号	7181-1	昆麦二号	楚麦 23-240	凤 03-321	1069	044-6	青春 55	云选 11-12	
德宏	913.8	7 937.0	7 192.0	7 289.0	6 025.0	7 583.0	6 404.0	6 122.0	6 679.0	6 818.0	7 204.0	6 925.0
文山	1 260.0	5 080.0	5 201.0	5 585.0	4 115.0	4 651.0	4 635.0	4 650.0	4 980.0	4 685.0	4 400.0	4 798.0
红河	1 430.0	3 952.0	4 819.0	4 751.0	4 486.0	3 836.0	3 720.0	4 767.0	5 605.0	3 467.0	2 985.0	4 239.0
临沧	1 460.0	6 243.0	5 744.0	6 668.0	5 142.0	6 670.0	6 038.0	5 603.0	6 128.0	5 958.0	5 648.0	5 984.0
玉溪	1 620.0	6 680.0	6 283.0	7 734.0	6 597.0	6 605.0	6 608.0	6 582.0	6 722.0	5 832.0	5 367.0	6 501.0
弥渡	1 667.0	7 043.0	6 614.0	8 766.0	6 632.0	7 176.0	8 699.0	7 248.0	6 965.0	6 596.0	7 703.0	7 344.0
保山	1 670.0	6 483.0	6 075.0	7 085.0	5 360.0	6 367.0	5 228.0	6 992.0	4 226.0	4 650.0	5 583.0	5 805.0
楚雄	1 772.0	6 104.0	6 746.0	6 956.0	6 015.0	7 114.0	6 378.0	6 188.0	6 338.0	6 094.0	5 918.0	6 385.0
昆明	1 945.0	6 815.0	6 002.0	7 177.0	5 958.0	6 818.0	6 729.0	5 565.0	6 955.0	6 213.0	6 032.0	6 426.0
大理	1 998.0	5 880.0	5 255.0	6 078.0	4 605.0	5 103.0	7 107.0	5 195.0	5 398.0	5 124.0	4 732.0	5 448.0
丽江	2 400.0	7 069.0	7 136.0	8 029.0	6 794.0	7 551.0	8 429.0	7 379.0	6 604.0	7 561.0	7 406.0	7 396.0

产和最低产变幅均较大。

**2.2 主要性状与产量的灰色关联度分析** 由表5可知,各海拔主要性状与产量的关联度均不同,关联度与海拔的变化没有呈现明显的线性关系。海拔相近的玉溪(1 620.0 m)、弥渡(1 667.0 m)、保山(1 670.0 m)各性状与产量的相关性基本一致,但海拔相当的低海拔红河(1 430.0 m)、临沧(1 460.0 m)以及高海拔的昆明(1 945.0 m)、大理(1 998.0 m)各性状与产量的相关性差异较大。

在913.8 m处,关联度最大的是生育期,最小的是千粒重;在1 260.0 m的文山点,各性状与产量的关联度均较大,最大的是千粒重,最小的是株高,除株高外,各性状的变幅较小;在海拔1 430.0 m的红河,生育期、有效穗、成穗率与产量的关联度较小,穗粒数的最大,性状间的差异较大。在1 460.0 m的临沧,各性状与产量的关联度均较大,最大的是千粒重,其次是成穗率,最小的是穗粒数。在海拔1 620.0 m的玉溪,各性状与产量的关联度变幅较大,且株高、有效穗、穗粒数与产量的关联度较小,最大的是生育期,最小的是有效穗。在海拔1 667.0 m的弥渡,关联度最高的是有效穗,为0.452 0,最小的是穗粒数,为0.297 4,其余各性状的关联度基本相同。在海拔1 670.0 m的保山,各性状的关联度均较小,最小的是株高,为0.263 2,最大的是千粒重,为0.366 1。在海拔1 772.0 m的楚雄,各性状间关联度相对较小,变幅较大,最大的是生育期,关联度达0.446 5,最小的是成穗率,关联度为0.222 5。在海拔1 945.0 m的昆明,各性状间关联度变幅较大,达0.184 3,最大的是成穗率,最小的是株高。在海拔1 998.0 m的大理,各性状与产量的关联度均较大,最大的是穗粒数,达0.459 9。在高海拔2 400.0 m的丽江,性状间变幅较小,最大的是生育期,最小的是有效穗。

生育期与产量的关联度在海拔913.8 m处最大,其次是海拔1 772.0 m处,最小在1 430.0 m的红河,生育期与产量的关联度不随海拔的增高而延长或缩短。株高与产量的关联度在海拔1 460.0 m的临沧最高,海拔1 945.0 m的昆明最低,在海拔高于1 772.0 m时株高与产量的关联度随海拔的升高而变大。有效穗与产量的关联度在1 667.0 m处最大,在2 400.0 m处最小,有效穗与产量的关联度与海拔不呈线性关系,相同海拔下不同试点的关联度也存在较大差异。成

穗率与产量的关联度在1 460.0 m处最大,在1 772.0 m处最小,在<1 430.0、1 667.0~1 772.0、>1 945.0 m时,成穗率与产量的关联度随海拔的升高而降低,基本处于同一水平面的关联度存在较大差异。穗粒数与产量的关联度最大在1 998.0 m的大理,最小在2 400.0 m的丽江,除大理外,在海拔低于1 620.0 m时高于中高海拔1 620.0~1 670.0 m,产量与穗粒数的相关性基本一致,中海拔和高海拔的相关性均较低。千粒重与产量的关联度以1 460.0 m的临沧最大,2 400.0 m的丽江最小,在海拔1 620.0~1 772.0 m,千粒重随海拔的升高而变大。

不同海拔下各经济性状与产量关联度的变幅由大到小依次为是成穗率、有效穗、生育期、穗粒数、千粒重、株高,成穗率、有效穗、生育期、穗粒数与产量关联度的变幅分别是0.241 7、0.229 3、0.222 0、0.207 4,千粒重、株高与产量关联度的变幅较小,分别达0.196 2和0.176 0。

表5 主要性状与产量的关联度

试点	海拔//m	生育期	株高	有效穗	成穗率	穗粒数	千粒重
德宏	913.8	0.457 4	0.357 0	0.450 1	0.422 3	0.406 6	0.329 9
文山	1 260.0	0.426 3	0.299 6	0.429 6	0.356 5	0.408 1	0.432 4
红河	1 430.0	0.235 4	0.349 5	0.244 2	0.225 5	0.435 8	0.333 1
临沧	1 460.0	0.442 7	0.406 4	0.438 4	0.464 2	0.330 9	0.545 6
玉溪	1 620.0	0.412 0	0.274 0	0.258 2	0.366 9	0.295 3	0.322 9
弥渡	1 667.0	0.338 2	0.341 4	0.452 0	0.406 1	0.297 4	0.363 7
保山	1 670.0	0.348 6	0.263 2	0.324 9	0.350 5	0.295 9	0.366 1
楚雄	1 772.0	0.446 5	0.267 1	0.411 4	0.222 5	0.309 3	0.377 7
昆明	1 945.0	0.339 5	0.230 4	0.237 9	0.414 7	0.335 9	0.297 1
大理	1 998.0	0.377 4	0.310 3	0.376 0	0.365 8	0.459 9	0.356 7
丽江	2 400.0	0.384 3	0.369 0	0.222 7	0.284 2	0.252 5	0.236 2
变幅	1 486.2	0.222 0	0.176 0	0.229 3	0.241 7	0.207 4	0.309 4

### 3 结论与讨论

在中海拔株高最高,在高海拔株高变矮,在低海拔株高无明显变化规律,可能是由于随着海拔高度的增加,太阳光波中的短波增加,抑制细胞伸长,从而降低株高<sup>[6]</sup>。而低海拔太阳辐射差异较小,同时纬度可能也对株高起到一定的作用<sup>[7]</sup>,导致株高无规律变化。生育期在中低海拔较短,在中高海拔较长。一般地,海拔高度每增加100.0 m,气温降低0.6℃左右,由于气温降低,小麦为满足积温的需要而延长生

育期<sup>[8]</sup>。多数品种以及平均值在低于 1 620.0 m 海拔时,千粒重随海拔的降低而增加,在高于 1 620.0 m 时,千粒重以保山为低谷,随海拔的升高而呈“V”型分布。有效穗数在低于 1 430.0 m 时,随海拔的降低而增加;在高于 1 620.0 m 时,有效穗随海拔的升高而增加。在海拔低于 1 460.0 m 时,成穗率随海拔的升高而增加,且总体上成穗率高于海拔 1 430.0 m 以上的。当海拔高于 1 430.0 m 后,成穗率与海拔不呈线性关系,海拔差异较小的各试点成穗率存在较大差异。同一海拔,各品种间成穗率差异较大。有效穗、成穗率受品种遗传因素影响,同时受当地小气候影响,特别是各试验点湿度、温度、风速等。产量不随海拔的增高而增加或降低,低海拔的文山、红河及中海拔的保山、高海拔的大理总体产量较低,各品种产量在不同海拔点变幅较大,且品种与品种间的最高产和最低产变幅均较大。可能由于云南各地气候存在小气候,各地平均最低气温高低不一,使得昼夜温差随海拔的变化而变化,影响小麦的净光合速率和夜间呼吸速率,从而导致产量不随海拔的变化而呈规律变化<sup>[9]</sup>。此外,试验地点的土壤类型、肥力水平、栽培措施等都会对产量的变化产生一定影响。

各海拔点主要性状与产量的关联度均不同,关联度与海拔的变化没有呈现明显的线性关系。海拔相近的中海拔各性状与产量的相关性基本一致,但海拔相当的低海拔和高海拔各性状与产量的相关性差异较大。不同海拔下各经济性性状与产量关联度的变幅差异较大。海拔的变化对温度、湿

度、日照、风速等均有影响,以及播种期和品种类型不同,小麦各性状在不同海拔的表现不一致<sup>[10]</sup>,对产量的贡献也不一致。

不同品种由于适应性不同产量构成因素不同,在不同海拔的产量构成不同,今后应加大品种的广适性试验,以便该品种发挥出更大的应用价值。该研究仅以海拔为主要研究对象,没有充分考虑气候、土壤等因素,研究具有一定的局限性,今后应综合考虑其他影响因子,提高研究结果的可参考性。

## 参考文献

- [1] 吴东兵,曹广才,强小林,等.生态高度与小麦品质的关系[J].麦类作物学报,2003,23(2):47-51.
  - [2] 吴姝,张树源,沈允钢.昼夜温差对小麦光合特性的影响[J].西北植物学报,1998,18(1):103-109.
  - [3] 程加省,于亚雄,杨金华,等.旱地小麦品种抗旱性的生理生化指标分析及评价[J].大麦与谷类科学,2007(3):30-32.
  - [4] 程加省,于亚雄,勾宇宏,等.云南旱地小麦品种的抗旱性研究[J].云南农业大学学报,2007,22(1):13-16.
  - [5] 唐启义.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.
  - [6] 李家修,张成琦,赵致,等.纬度和海拔对我国西南高原地区小麦生长发育的影响[J].贵州农学院学报,1993,12(2):7-19.
  - [7] 曹广才,吴东兵,李家修,等.纬度和海拔对小麦生长发育的影响[J].西南农业学报,1993(2):1-11.
  - [8] 王力,李凤霞,徐维新,等.青海高原不同海拔高度区小麦生长对气候变暖的响应[J].气候变化研究进展,2011,7(5):324-329.
  - [9] 程士斌,赵阳林,盛守龙,等.春小麦穗分化不同阶段对小穗数的影响[J].现代农业科技,2010(22):62-63.
  - [10] 谭亚玲,洪汝科,陈金凤,等.海拔高度对不同水稻品种生长的影响研究[J].种子,2009(7):27-30.
- 
- (上接第 2869 页)
- [47] HUIJS H,GERATS A,KREIKE M,et al. Genetic control of dihydroflavonol 4-reductase gene expression in *Petunia hybrida*[J]. Plant Journal, 1994,6(3):295-310.
  - [48] JOHNSON E T,YI H,SHIN B,et al. Cymbidium hybrid a dihydroflavonol 4-reductase does not efficiently reduce dihydrokaempferol to produce orange pelargonidin-type anthocyanins[J]. Plant Journal,1999,19(1):81-85.
  - [49] PETIT P,GRANIER T,LANGLOIS B,et al. Crystal structure of grape dihydro flavonol 4-reductase, a key enzyme in flavonoid biosynthesis[J]. Journal of Molecular Biology,2007,368(1):1345-1357.
  - [50] ROSATI C,CADIC A,DURON M,et al. Molecular characterization of t heanthocyanidin synthase gene in *Forsythia intermedia* reveals organ-specific expression during flower development[J]. Plant Science,1999,149:73-79.
  - [51] CARLO R,PHILIPPE S,DIETER T,et al. Engineering of flower color in *forsythia* by expression of two independently-transformed dihydroflavonol-4-reductase and anthocyanidin synthase genes of flavonoid pathway[J]. Molecular Breed,2003,12:197-208.
  - [52] NAKATSUKA T,NISHIHARA M,MISHIBA K,et al. Two different mutations are involved in the formation of white flowered gentian plants[J]. Plant Science,2005,169:949-958.
  - [53] WELLMANN F,GRIESSER M,SCHWAB W,et al. Anthocyanidin synthase from *Gerbera hybrida* catalyzes the conversion of (+)-catechin to cyanidin and a novel procyanidin[J]. FEBS Letters,2006,580:1642-1648.
  - [54] 刘仕芸,黄艳岚,张树珍.植物花青素生物合成中的调控基因[J].植物生理学通讯,2006,42(4):747-754.
  - [55] DOONER H K,WECK E,ADAMS S,et al. A molecular genetic analysis of insertions on the bronze locus in maize[J]. Molecular Genetics,1985,200:240-246.
  - [56] LI H J,ZHOU X M,ZHANG W Q. Effect of Enhanced Ultraviolet-B Radiation on Photosynthetic Pigments and Flavonoids in the Leaves of Grapevine[J]. Agricultural Science & Technology,2011,12(12):1849-1852.