

海拔与积温梯度对春青稞生长的影响

韦泽秀^{1,2}, 卓玛^{1,2}, 曲航³, 马瑞萍^{1,2}

(1. 省部共建青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室, 西藏 拉萨 850002; 2. 西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏 拉萨 850002; 3. 辽宁省农业科学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 积温是农作物对热量的基本需求, 青藏高原温度随海拔变化差异显著。为了解海拔与积温梯度对春青稞生长的影响, 2014 和 2015 年在青藏高原典型气候区, 在青海西宁、西藏林芝、西藏拉萨、西藏日喀则和西藏浪卡子 5 个试验点, 选取 16 个当前广泛种植的育成和当地特色春青稞品种进行试验。对青稞的生长状况、生育期、产量及产量因子进行了调查。研究发现: ①产区、品种和产区与品种的交互作用显著影响青稞的籽粒产量以及千粒重。但是有效穗和穗粒数仅受到产区的影响; ②品种间产量差异较大, 除浪卡子试验点外, 16 个品种在其余试验点均可以适应当地气候条件, 取得稳定产量。其中喜马拉雅 22 产量较高, 藏青 85 和浪卡子紫青稞产量较低; ③浪卡子紫青稞是适应性极强的品种, 在海拔梯度 2300 ~ 4400 m 均可种植且取得相对稳定产量; ④限制产量形成的气候条件主要是灌浆期的气候条件, 高海拔(浪卡子)产量限制因子为灌浆期低温, 另外灌浆期日照时数过低也会导致千粒重低, 影响产量。

关键词: 海拔; 积温; 春青稞; 产量; 产量因子

中图分类号: S512.3 **文献标识码:** A

Effects of Altitude and Accumulated Temperature Gradient on Growth of Spring Highland Barley

WEI Ze-xiu^{1,2}, Zhuoma^{1,2}, QU Hang³, MA Rui-ping^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Tibet Lhasa 850002, China; 2. Institute of Agricultural Resources and Environment Research, TAAAS, Tibet Lhasa 850002, China; 3. Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Liaoning Shenyang 110161, China)

Abstract: Accumulated temperature is the basic heat requirement of crops. Temperature varies significantly with altitude in the Qinghai-Tibet Plateau. To understand the effect of altitude and accumulated temperature on the growth of spring highland barleys, 16 spring highland barleys were cultivated in five experimental sites in 2014 and 2015. The growth condition, yield and yield factors of tested barleys were investigated. The results showed that: (i) The experimental sites, varieties and their interaction significantly affected the grain yield and 1000-grain weight of tested barleys. But the effective panicle and the number of grains per panicle were only affected by the experimental sites. (ii) The yield of the 16 varieties varied greatly. Among them, C1 (Himala 22) had higher yield, C6 (Zang Qing85) and C16 (Longkazi purple highland barley) had lower yield; (iii) C16 was a highly adaptable variety, which could be planted the area from 2300 – 4400 m; (iv) The climatic condition during grain filling was the main yield limiting factor. Such as in high altitude (Longkazi) where low temperature and short sunshine hours during grain filling led to low grain yield.

Key words: Altitude; Accumulated temperature; Spring highland barley; Yield; Yield factors

裸大麦在我国藏区被称作青稞, 作为藏族人民的主食在西藏广泛种植, 同时也是主要牲畜饲料和啤酒和保健品及医药的生产原料^[1]。目前, 青藏高

原是世界上青稞分布和种植面积最大的地区, 是青藏高原藏族同胞的主要粮食^[2], 青稞占西藏栽培大麦的 95 %, 种植面积 12 万 hm^2 , 总产量 62 万 t ^[3], 分别占我国大麦栽培面积和总产量的 20 % 和 30 % (FAOSTAT, 2012)。青稞是青藏高原藏区种植业和粮食生产的支柱, 它为藏区人民的健康和经济发展发挥了重要作用。

温度对作物的发育起着主导作用, 积温是重要

收稿日期: 2018 - 09 - 26

基金项目: 西藏重大科技专项 (XZ201801NA01); 国家科技支撑计划 (2013BAD30B01)

作者简介: 韦泽秀 (1978 -), 女, 理学博士, 研究员, 主要开展土壤生态及作物生理生态研究, E-mail: weizex7559@126.com。

的农业气候指标之一^[4],常以积温来表示农作物对热量的要求^[5]。西藏海拔差异大,对温度影响显著,主要表现为随着海拔的升高,温度降低,作物生长季短^[6]。另一方面,青藏高原主要气候特征年均温低、生长季气温低、年较差小和日较差大;受印度洋热带海洋季风(西南季风)和干冷西风带的交替控制,导致自藏东南向藏西北的潮湿、湿润、半干旱和干旱的气候变化趋势^[7]。西藏青稞生产受海拔和积温影响显著,但当前关于海拔和积温对青稞生长的影响相关报道较少,本研究通过对当前育成及地方品种在青海西宁、西藏林芝、西藏拉萨、西藏日喀则和西藏浪卡子开展海拔与积温梯度试验,以了解海拔和积温对青稞生长的影响,并找到青稞品种的生长极限及适宜种植区。

1 材料与方法

1.1 试验地点基本情况

2014 年和 2015 年以青藏高原典型气候区,选择青海西宁、西藏林芝、拉萨、日喀则和浪卡子等 5 个试验点,开展海拔与积温梯度试验。由表 1 的多年平均气象数据可知,林芝点全年降水量最高,降水量最高的月份是 6 和 7 月,分别为 125.2 和 133.9 mm。西宁、拉萨和日喀则全年降水量相当,范围在 400.2 ~ 430.4 mm。降水量主要集中在 7 和 8 月。浪卡子降雨量最低仅为 353.3 mm。降雨量同样集中在 7 月和 8 月。日照时数上,拉萨、日喀则和浪卡子日照时数最高,范围在 2992 ~ 3205 h;处于高纬度的西宁日照时数为 2447 h;林芝点最低仅为 2056 h,

仅为拉萨、日喀则和浪卡子总日照时数的 65 % ~ 70 %,其中 6 月和 7 月日照时数最低仅为 147.7 和 153.9 h。浪卡子年积温(> 0 ℃)最低仅为 1465 ℃,其余 4 个产区积温均在 2600 ℃以上^[8]。

1.2 供试材料

在每个试验点,选取 16 个目前广泛种植的青稞育成和当地特色品种:藏青 2000 (C10)、藏青 85 (C6)、藏青 320 (C7)、藏青 25 (C12)、藏青 690 (C14)、藏青 3179 (C13)、喜马拉雅 22 (C1)、喜马拉雅 19 (C3)、06 青 24 (C8)、03014 (C2)、042894 (C4)、20130006 (C5)、20130016 (C15)、042555 (C9)、97011 (C11)、浪卡子紫青稞 (C16) 进行试验,试验于播种前半月灌溉以保证在播种时土壤田间持水量为适宜水平。播种量均为 225 kg/hm² (15 kg/667m²)。行距 25 cm。小区长 5 m,宽 2 m,面积 10 m²,采用完全随机区组试验设计,3 次重复,试验小区总计 48 个。

1.3 测定项目及方法

出苗后,各小区内选取 1 m² 样方,测定基本苗数。在收获期,收获 1 m² 样方,测定其有效穗,并在其中随机选取 10 株青稞,人工脱粒后测定其穗粒数和千粒重。将小区内剩余青稞全部收获测定其产量。

2 结果及分析

2.1 生育期表现

2014 和 2015 年 2 年的试验结果显示,16 个供试青稞品种在西宁、林芝、拉萨、日喀则等 4 个试验

表 1 试验地点经纬度、海拔和多年平均气象数据

地点	纬度	经度	海拔 (m)	日照时数 (h)	年降水量 (mm)	年均气温 (℃)	年平均最高 (℃)	年平均最 低气温 (℃)	>0 ℃ 年积温 (℃)
青海西宁	36°73' N	101°76' E	2309	2447	400.2	13.6	20.9	7.8	2777
西藏林芝	29°04' N	94°20' E	3067	2056	688.1	8.7	16	3.8	3186
西藏拉萨	29°39' N	91°03' E	3662	2992	426.5	8	15.8	1.5	3015
西藏日喀则	29°15' N	88°54' E	3838	3205	430.5	6.5	14.9	-1.2	2608
西藏浪卡子	28°58' N	90°24' E	4482	2915	353.3	2.8	9.7	-3.7	1465

表 2 16 个青稞品种在各试验点的生育期(2015 年)

品种	青海西宁			西藏林芝			西藏拉萨			西藏日喀则			西藏浪卡子		
	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)
C1	4/12	7/28	106	4/3	7/15	113	4/16	7/28	103	5/3	9/6	126	5/15	-	-
C2	4/13	8/2	110	4/3	7/15	113	4/16	8/7	113	5/3	9/6	126	5/15	-	-
C3	4/12	7/30	108	4/3	7/14	112	4/16	7/22	97	5/3	8/30	119	5/15	-	-

续表 2 Continued table 2

品种	青海西宁			西藏林芝			西藏拉萨			西藏日喀则			西藏浪卡子		
	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)	出苗	收获	生育期 (d)
C4	4/13	7/30	107	4/2	7/16	115	4/16	7/28	103	5/3	8/30	119	5/15	-	-
C5	4/12	7/29	107	4/3	7/16	114	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C6	4/13	8/2	110	4/3	7/16	114	4/16	8/7	113	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C7	4/12	8/3	111	4/3	7/17	115	4/16	8/7	113	5/3	9/6	126	5/15	-	-
C8	4/11	7/28	107	4/2	7/13	112	4/16	8/7	113	5/3	9/6	126	5/15	-	-
C9	4/13	7/31	108	4/2	7/14	113	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C10	4/13	7/31	108	4/2	7/12	111	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C11	4/13	7/27	107	4/2	7/13	112	4/16	7/25	100	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C12	4/13	8/2	110	4/3	7/12	110	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C13	4/11	7/26	105	4/3	7/15	113	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C14	4/11	7/26	105	4/3	7/15	113	4/16	7/22	97	5/3	9/10	130	5/15	9/22	130
C15	4/11	7/27	105	4/3	7/15	113	4/16	7/28	103	5/3	9/10	130	5/15	-	-
C16	4/11	7/23	101	4/3	7/7	105	4/16	7/20	95	5/3	8/20	110	5/15	9/10	118

表 3 产量和产量构成因子三因素方差分析

年份	地点	产量 (t/hm ²)	有效穗 (No./m ²)	穗粒数 (No./穗)	千粒重 (g)
2014	西宁	4.8 a	390.1 a	45.9 b	46.9 b
	林芝	3.3 c	-	41.5 c	43.3 c
	拉萨	3.9 b	310.2 bc	55.3 a	40.7 d
	日喀则	4.8 a	355.8 b	50.0 b	49.0 a
	浪卡子	-	334.6 c	49.8 b	24.7 e
2015	西宁	4.0 b	285.6 a	63.3 a	50.1 a
	林芝	3.3 c	286.2 a	46.6 bc	39.9 c
	拉萨	4.8 a	287.1 a	49.3 b	40.5 c
	日喀则	4.1 b	265.0 ab	60.6 a	46.8 b
	浪卡子	0.8 d	248.3 b	43.3 c	29.2 d
年份(Year)		ns	* * *	*	ns
地点(Site)		* * *	* *	* * *	* * *
品种(Cultivar)		* * *	* * *	* * *	* * *
Y × S		* * *	* * *	* * *	* * *
Y × C		*	*	*	ns
S × C		* *	ns	ns	* * *
Y × S × C		ns	ns	ns	*

注:同一列相同的字母,表示差异不显著($P < 0.05$),同一列不同的字母,表示差异显著($P < 0.05$);*表明在 $P < 0.05$ 水平下方差分析显著;**在 $P < 0.01$ 水平下显著;***在 $P < 0.001$ 水平下显著;ns不显著,下同。

点均能正常成熟(表 2)。而浪卡子试验点除了 C14 和 C16 2 个品种能成熟外,其他品种在当地统一收获前处于抽穗期或灌浆初期。进一步比较营养生长与生殖生长期发现,西宁、林芝、拉萨、日喀则等试验点 16 个青稞品种的营养生长期在 53 ~ 69 d,而浪卡子试验点 16 个青稞品种平均营养生长期 86 d,说明

浪卡子试验点因为海拔和积温的限制,延长了青稞营养生育期,导致生殖生长期积温不足,不能满足青稞品种的灌浆需求。

2.2 产量和产量构成因子

2014 - 2015 年的试验结果(表 3)表明,年份间差异主要是年份间气候变化导致青稞生长、分蘖、灌

浆的影响,从而影响产量及其产量因子。

试验点、品种与试验点与品种的交互作用显著影响青稞的籽粒产量以及千粒重,而有效穗和穗粒数仅受到试验点的影响,品种与试验点和品种的交互作用对其影响不显著(表 3)。西宁、拉萨、日喀则籽粒产量较高,产量在 3.9~4.8 t/hm²。其次为林芝,浪卡子产量最低(表 3)。

品种间产量差异较大,但大多数没有达到差异显著(图 1),除浪卡子试验点,16 个品种均可以适应当地气候条件,取得稳定产量。其中 16 个品种产量排序后,在各产区中产量较高的品种是 C1,较低品种是 C16,但 C16 品种的优势在于生育期短,在海拔超过 4400 m 的青稞产区也可成熟。

品种、品种和试验点的交互作用对于有效穗并无显著影响,16 个品种有效穗保持在 234~314 株/m²(图 2a)。可能是因为试验选用统一的 15 kg/667m² 播量,其基本苗数无显著差异,施肥、灌溉、除草等田间管理也都保持一致,因此最终有效穗数也无显著差异。在各产区内,品种间差异显著而品种和试验点无交互作用,品种穗粒数主要是其遗传属

性决定的(图 2b)。20130006、藏青 85 和 20130016 为多粒型青稞品种(55~60 No./穗),而藏青 320、042555 和藏青 2000 为少粒型青稞品种(40~45 No./穗)。品种和试验点的交互作用对千粒重有极显著差异,说明品种千粒重一方面是产区气候因素差异所导致,另一方面是遗传因素(图 2c)。其中千粒重最高为 20130016、藏青 320、藏青 2000 等大粒品种。97011 和藏青 25 通常为小粒品种。

5 个产区产量和产量构成因子皮尔森相关性检验,产量和有效穗($P<0.001$)与千粒重($P<0.01$)显著正相关,另外有效穗与千粒重显著正相关($P<0.01$),而有效穗和穗粒数显著负相关($P<0.05$,表 4)。

3 小 结

通过 2014-2015 年 2 年的试验研究和分析发现,不同海拔与积温梯度的试验点,因为区域差异,光、温、水环境不同,对青稞有效穗数和穗粒数产生影响,从而影响产量;限制产量形成的主要气候条件是灌浆期的气候条件,千粒重主要由作物的品种特

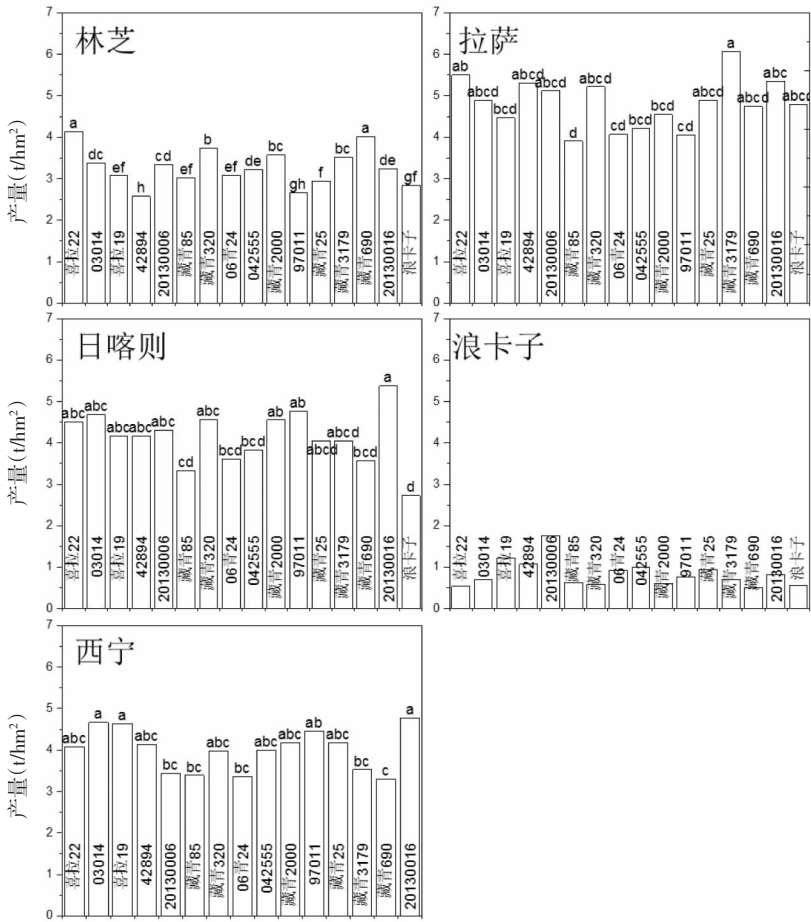


图 1 不同青稞品种的产量差异

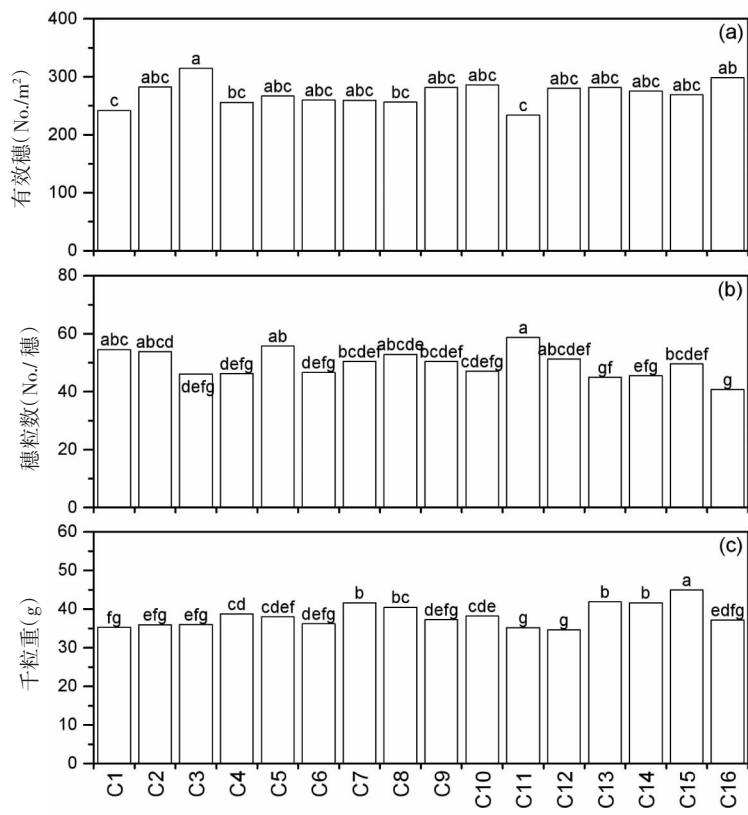


图 2 不同青稞品种的产量构成因子差异

表 4 产量和产量构成因子相关性分析

	产量	千粒重	有效穗
产量	-	-	-
千粒重	0.625***	-	-
有效穗	0.264**	0.208**	-
穗粒数	-0.164ns	0.157ns	-0.183*

性决定,但灌浆期日照时数和温度也将影响作物能否正常灌浆或灌浆的程度,从而影响千粒重和产量。如高海拔的浪卡子县主要是灌浆期低温,使多数青稞品种不能完成灌浆或灌浆受阻;另外林芝地区灌浆期日照时数过低也会导致千粒重低,影响产量。千粒重主要由灌浆期日照时数和温度决定。西宁和日喀则在灌浆期日照时数和温度较为适宜,形成了较高的千粒重,分别为 50.1 和 46.8 g。而林芝和拉萨较为相似,在灌浆期日照时数少影响了灌浆进程,千粒重仅为 39.3~40.4 g。浪卡子因其灌浆期低温导致灌浆期延长,在 9 月 20 日收获,供试的 16 个品种,除浪卡子紫青稞已完全成熟,早熟品种灌浆基本完成,大多数品种处于灌浆中期,极易遇到霜降,基本不能成熟,因此平均千粒重仅为 29.1 g。因此,浪卡子点多数青稞品种不能成熟主要是灌浆期低温导

致灌浆受阻。

供试的 16 个春青稞品种除浪卡子试验点外均可适应当地气候条件,取得稳定产量。其中喜马拉雅 22 产量较高,藏青 85 和浪卡子紫青稞产量较低;浪卡子紫青稞是适应性极强的品种,在海拔梯度 2300~4400 m 均可种植且取得相对稳定产量。

参考文献:

[1] 尼玛扎西. 青稞与高原地区的食物保障、优势与作用[J]. 西藏农业科技, 1998, 20(2): 20-25.

[2] 雷豪清. 饲料作物 - 青稞与其相应的气候生态条件分析[J]. 青海草业, 1996(1).

[3] 西藏自治区统计局、国家统计局西藏调查队·西藏统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2012.

[4] 胡毅, 李萍, 杨建功, 等. 应用气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2005.

[5] 段运怀, 章庆辰, 孔令凯, 等. 我国农业气候资源与种植制度的热、量条件区划[J]. 中国农业科学, 1981, 14(3): 57-65.

[6] 郭淑青, 齐威, 王玉林, 等. 青藏高原东缘海拔对植物种子大小的影响[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 50-58.

[7] 苏大学, 薛世明, 周汝筠. 西藏自治区草地资源[M]. 北京: 科学出版社, 1994.

[8] 杜军, 杨志刚, 石磊, 等. 近 50 年西藏冷暖冬的气候变化特征[J]. 地理学报, 2011, 66(7): 885-894.