

# 西藏高海拔地区积温与土壤养分对不同青稞新品种(系)产量影响研究初报

关卫星<sup>1</sup>,杨 勇<sup>1</sup>,董凯宁<sup>2</sup>,张思源<sup>1</sup>,罗黎鸣<sup>1</sup>

(1. 西藏自治区农牧科学院农业研究所,西藏 拉萨 850000;2. 四川大学信息管理技术系,四川 成都 610064)

**摘 要:**青稞作为一种籽粒裸露的特殊裸大麦是西藏高海拔地区极为重要的农作物。不同青稞品系的产量和高海拔生态多样性有内在的适应关系,研究气候积温、土壤养分两个维度生态因子对不同青稞品系的产量和质量影响具有重要的社会应用价值和理论价值。本文设计了一套实验,保持其他生态因子不变时,分别研究气候积温、土壤养分单因子变化时对青稞产量和品质的影响。结果显示:①青稞品质指标主要由品种决定,不同积温对青稞品质的影响不显著;②土壤 pH 和有机质含量对青稞品质影响显著;③积温、光照等自然条件对青稞产量的影响显著,土壤环境(pH、有机质)对青稞产量的影响差异不显著。积温和光照条件是影响青稞产量的主要因子,但土壤环境是影响青稞品质的主要因子,积温、光照和土壤环境共同影响青稞的产量和品质,从而影响青稞生产的合理布局。

**关键词:**青稞;生态适应性;新品种;西藏高海拔  
**中图分类号:**S512.3      **文献标识码:**A

## Preliminary Study on Effect of Accumulated Temperature and Soil Nutrients on Yield of New Highland Barley Varieties (lines) in High Altitude Areas of Tibet

GUAN Wei-xing<sup>1</sup>, YANG Yong<sup>1</sup>, ONG Kai-ning<sup>2</sup>, ZHANG Si-yuan<sup>1</sup>, LUO Li-ming<sup>1</sup>

(1. Agricultural Research Institute, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850032, China;2. Sichuan University Information Management System Department, Sichuan Chengdu 610064, China)

**Abstract:** Highland barley, as a kind of special naked barley with naked grains, is a very important crop in high altitude areas of Tibet. There is an internal adaptive relationship between the yield of different highland barley lines and the ecological diversity at high altitude. It has important social application value and theoretical value to study the impact of two ecological factors, climate accumulated temperature and soil nutrient, on the yield and quality of different highland barley lines. A set of experiments was designed to study the effects of climate accumulated temperature and single factor change of soil nutrients on the yield and quality of highland barley. The results showed that: (i) The quality index of highland barley was mainly determined by varieties, and the effect of different accumulated temperature on the quality of highland barley was not significant; (ii) The content of soil pH and organic matter had significant effect on the quality of highland barley; (iii) The natural conditions such as accumulated temperature and light had significant effect on the yield of highland barley, and the effect of soil environment (pH and organic matter) on the yield of highland barley was not significant. Accumulated temperature and light conditions are the main factors affecting the yield of highland barley, but soil environment is the main factor affecting the quality of highland barley. Accumulated temperature, light and soil environment together affect the yield and quality of highland barley, thus affecting the reasonable layout of highland barley production.

**Key words:** Highland barley; Ecological adaptability; New variety; High altitude in Tibet

西藏自然环境脆弱,农业生产条件恶劣,气象条件复杂,农田小气候的调节能力有限,种植区土壤厚

度薄储水能力差,且土壤下层多为碎石砂砾,灌溉时易产生水分和营养元素深层渗漏流失。青稞的生长受到气候、土壤水分和营养元供给条件等多种因素的制约、胁迫<sup>[1]</sup>。因此,有必要研究不同青稞对不同生态因子的适应性表现,得出增产和减产原因,从而使青稞新品种在西藏高海拔地区科学种植与推广。本文从以下两个因素分析不同品种-重点是青

收稿日期:2019-10-12  
基金项目:科技部重点研发项目“高海拔边境地区农牧业关键技术与示范专项-高海拔边境地区青稞绿色增产增效关键技术与集成示范”  
作者简介:关卫星(1970-),男,研究员,主要从事青稞育种及农作物推广工作,E-mail: gwx9559@163.com。

稞新品种(系)(系)在西藏高海拔地区的生态适应性:①气候积温因素,在 4 个高海拔边境县青稞试验田进行了青稞新品种(系)(系)栽培试验;②土壤因素,探索高海拔土壤因子对青稞功能性营养成分的影响,对新品青稞 β-葡聚糖、黄酮含量进行分析<sup>[2]</sup>。实验采用对比法,在进行气候积温因素实验时,土壤因素保持一致;研究土壤因素时,气候积温因素保持一致,这样可以单纯研究出土壤对产量的影响程度。对同一品系实施 2 种不同实验,可以分析出哪个因素对产量的影响最大;对不同品系实施 2 种不同实验,可以分析出每种品系受生态因子影响的强弱程度。

1 材料与方法

1.1 供试材料

以 2018 - 2019 年在西藏高海拔边境地区青稞主产区普兰、措美、拉孜、聂拉木等 4 个县的藏青 2000、藏青 690、喜马拉雅 22 等 3 个新品种/品系青稞和 1 个当地品种 100 份样品为材料,当地品种选取当地的农家青稞如措美黑青稞。

1.2 试验方法

1.2.1 基于产地的测量样本与测量方法 粗蛋白含量采用自动凯氏定氮仪测量,粗纤维含量采用自动纤维仪测定,粗淀粉含量使用自动旋光仪测定,β-葡聚糖含量采用 Megazyme BETA-D 试剂盒测定,黄酮含量采用可见分光光度计测定。

1.2.2 测量样本和测量方法 6 种土壤,4 种品种,在 24 个试验田,藏青 2000,藏青 690,喜马拉雅 22,农家品种有色青稞在每块试验田取样 30 份,共计收集 720 份青稞材料。

数据采用 Excel2016、SPSS 进行统计和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同光照强度对青稞新品种(系)的产量影响分析

由图 1 可见,藏青 2000、藏青 690、喜马拉雅 22 号以及当地品种青稞随日照强度增加产量增加,当日照充足时,产量较高。当日照条件相同时,4 个品

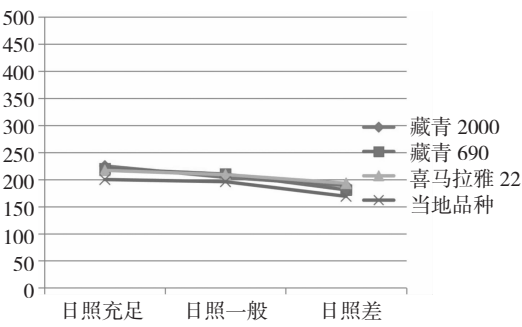


图 1 新品青稞和传统青稞的积温生态适应性产量比  
种间比较,在日照条件充足情况下,青稞产量表现为藏青 2000 > 藏青 690 > 喜马拉雅 22 号 > 当地品种;在日照一般时,青稞产量表现为喜马拉雅 22 号 > 藏青 690 > 藏青 2000 > 当地品种,但喜马拉雅 22 号、藏青 690、藏青 2000 3 个品种青稞产量差异不明显;当日照差时青稞产量表现为喜马拉雅 22 号 > 藏青 2000 > 藏青 690 > 当地品种。由此可见,藏青 2000、藏青 690、喜马拉雅 22 号等品种对光照利用较当地品种强,产量提高。

2.2 不同积温对青稞品质的影响

由表 1 可见,品种和气候积温对青稞品质的影响,气候积温对青稞的粗淀粉、粗纤维、β-葡聚糖含量影响差异显著,对青稞粗蛋白、黄酮含量的影响差异不显著;品种显著影响青稞的粗蛋白、黄酮、β-葡聚糖;气候积温和品种的交互作用对粗淀粉、粗蛋白、粗纤维影响不显著,气候积温和品种的交互作用对黄酮、β-葡聚糖影响显著。青稞的品质主要由品种特性决定,相比品种,气候积温生态条件对青稞品质的影响较小。

其中不同积温对藏青 2000 和当地青稞品种品质的影响,结果见表 2 ~ 3,不同积温对藏青 2000 粗淀粉含量、黄酮、β-葡聚糖影响不显著,但积温对藏青 2000 粗蛋白和粗纤维影响差异显著,其中藏青 2000 在聂拉木县(积温 2500 ℃)环境粗蛋白含量最高且显著高于拉孜和普兰,措美(< 积温 3000 ℃)、拉孜(< 积温 2800 ℃)粗纤维含量较普兰和聂拉木显著高。

积温对当地青稞品质的影响(表 3),不同积温梯度对当地青稞粗淀粉和黄酮含量的影响差异不显著,积温梯度对粗蛋白、粗纤维、β-葡聚糖含量影响

表 1 品种和积温对青稞品质的影响

	粗淀粉	粗蛋白	粗纤维	黄酮	β-葡聚糖
品种 Cultivar	ns	*	ns	**	*
积温 Site	*	ns	*	ns	*
S × C	ns	ns	ns	*	*

注: \* 表明在  $P < 0.05$  水平下方差分析显著; \*\* 在  $P < 0.01$  水平下显著;ns 不显著,下同。

表 2 积温差异对藏青 2000 青稞品质的影响

产地	普兰大于 10℃ 有效积温 3300 ℃	措美大于 10℃ 有效积温 3000℃	拉孜大于 10℃ 有效积温 2800℃	聂拉木大于 10℃ 有效积温 2500 ℃
粗淀粉	70. 13a	69. 79a	71. 82a	68. 41a
粗蛋白	13. 08b	14. 24bc	10. 73a	15. 86c
粗纤维	2. 51a	3. 79b	3. 76b	2. 84a
黄酮	0. 24a	0. 21a	0. 23a	0. 23a
β-葡聚糖	4. 83a	5. 03a	5. 02a	4. 22a

注:相同字母标明一行数据差异不显著( $P>0.05$ );不同字母标明一行数据间差异显著( $P<0.05$ )。

表 3 积温差异对当地青稞品质的影响

产地	普兰大于 10℃ 有效积温 3300 ℃	措美大于 10℃ 有效积温 3000℃	拉孜大于 10℃ 有效积温 2800℃	聂拉木大于 10℃ 有效积温 2500 ℃
粗淀粉	73. 46a	71. 14a	69. 13a	70. 37a
粗蛋白	14. 19b	10. 23a	15. 01b	13. 86b
粗纤维	4. 02a	4. 97b	3. 98a	3. 67a
黄酮	0. 19a	0. 17a	0. 15a	0. 16a
β-葡聚糖	4. 43b	4. 23b	3. 02a	3. 18a

注:相同字母标明一行数据差异不显著( $P>0.05$ );不同字母标明一行数据间差异显著( $P<0.05$ )。

有显著差异,其中当地青稞品种在拉孜(积温 2800℃)和普兰(积温 3300℃)粗蛋白质含量显著高于措美和聂拉木试验点青稞含量;青稞品种在措美(积温 3000℃)粗纤维含量显著高于其他 3 个试验点;青稞品种在普兰(积温 3300℃)、措美(积温 3000℃)β-葡聚糖含量显著高于拉孜和聂拉木试验点青稞 β-葡聚糖含量。

由表 2~3 可见,藏青 2000 与当地青稞品质指标分析,在相同的环境条件下,藏青 2000 粗淀粉含量和粗纤维含量较当地品质下降,但黄酮、β-葡聚糖含量较当地品种的含量明显提高。新品种青稞明显优于传统青稞品质。

2.3 土壤养分对青稞品质的影响分析

为探明高原土壤因子对青稞功能性营养成分的影响,对西藏高海拔边境普拉、拉孜、聂木拉、措美 4 县,选取弱碱土壤,弱酸土壤,pH 中性土壤,有机质贫瘠土壤,有机质丰富土壤,有机质中性土壤这 6 种土壤试验田,对藏青 2000 青稞的 β-葡聚糖含量与黄酮含量和产量进行分析。试验田土壤样品采集在

4 个县试验田进行采样时,随机采集耕作层土壤样品,送回实验室风干后磨,测定土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、pH 值、有机质等理化指标,根据 pH 值、有机质划分实验田土壤分类。

由表 4 可见,土壤 pH 和有机质环境对藏青 2000 粗淀粉、粗蛋白、粗纤维含量的影响不显著,但土壤 pH 和有机质对藏青 2000 青稞 β-葡聚糖含量的影响:研究表明,β-葡聚糖与土壤因子的相关性显著。藏青 2000 β-葡聚糖在中性土壤中显著高于弱酸性土壤和弱碱性土壤;藏青 2000 β-葡聚糖含量随土壤有机质含量增加而增加。

由表 5 可见,土壤因子对青稞黄酮含量的影响:藏青 2000 在酸性土壤、强碱性土壤逆境环境下,黄酮含量较高,在中性、弱碱条件下,黄酮含量最低。

2.4 土壤环境对青稞产量的影响分析

由图 2 可见,藏青 2000、藏青 690、喜玛拉 22 号和当地青稞品种在中性土壤中产量显著高于在弱碱性土壤和弱酸性土壤环境;4 个品种产量随有机质丰富度增加,产量增加;在弱碱性环境和弱酸性环

表 4 土壤环境对藏青 2000 青稞品质的影响

土壤	弱碱土壤	弱酸土壤	pH 中性土壤	有机质贫瘠土壤	有机质丰富土壤	有机质中性土壤
粗淀粉	70. 24a	69. 33a	71. 15a	68. 41a	69. 08a	70. 70a
粗蛋白	13. 18a	14. 25a	13. 73a	15. 17a	14. 24a	14. 24a
粗纤维	2. 94a	3. 39a	3. 56a	2. 94a	3. 36a	3. 25a
β-葡聚糖	2. 83a	3. 03b	4. 52c	3. 22b	5. 73e	5. 03d

注:相同字母标明一行数据差异不显著( $P>0.05$ );不同字母标明一行数据间差异显著( $P<0.05$ )

表 5 土壤差异对藏青 2000 青稞品质的影响

土壤	弱碱土壤	弱酸土壤	pH 中性土壤	强碱土壤
粗淀粉	69.88a	70.42a	70.01a	68.99a
粗蛋白	15.01a	14.65a	14.76a	14.77a
粗纤维	3.04a	3.12a	3.36a	2.99a
黄酮	0.17a	0.28b	0.15a	0.26b

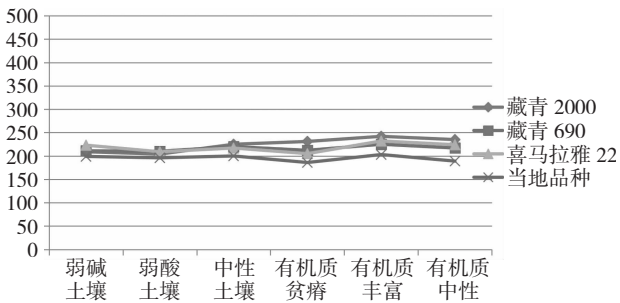


图 2 新品青稞和传统青稞的土壤生态适应性产量对比  
境,4 个品种产量表现为:喜马拉雅 22 号 > 藏青 690 > 藏青 2000 > 当地品种,但品种间差异不显著;在中性土壤环境 4 个品种产量表现为:藏青 2000 > 藏青 690 > 喜马拉雅 22 号 > 当地品种;随土壤有机质丰富度变化,4 个品种产量均表现为藏青 2000 > 藏青 690 > 喜马拉雅 22 号 > 当地品种,但有有机质丰富度增加,品种间差异扩大。由此可见,3 个新品种青稞对土壤环境的养分利用率更高,在相同环境条件下产量较当地品种提高。

2.5 积温和土壤对产量的影响分析

采用方差分析法分析积温、土壤对产量的影响差异程度,方差简称 ANOVA,又称变异数分析,用于 2 个样本均数差别的显著性检验,可对青稞产量数据差异性进行评价。方差分析通过分析研究不同积温、土壤来源的变异对产量总变异的贡献大小,从而确定可控因素对研究结果 - 也即产量 - 影响力的大小。进行方差分析需要数据满足以下两个基本前提:各观测变量总体要服从正态分布,各观测变量的总体满足方差齐。现实研究中,数据多数情况下无法到达理想状态,如正态图基本上呈现出钟形,则说明数据基本可接受为正态分布,此时也可使用方差分析进行分析。

表 6 积温差异对不同青稞产量影响显著性差异数据

样品	积温		
	A1(日照充足)	A2(日照一般)	A3(日照差)
藏青 2000	225	204	189
藏青 690	220	210	181
喜马拉雅 22	217	209	193
当地品种	200	196	169

最后采用显著性水平来描述积温、土壤对产量影响的显著性,显著性水平是在进行假设检验时事先确定一个可允许的作为判断界限的小概率标准。检验中,依据显著性水平大小把概率划分为二个区间,小于给定标准的概率区间称为拒绝区间,大于这个标准则为接受区间。

先研究积温(记为因子 A)对产量的影响,在日照充足,日照一般,日照较弱(A1,A2,A3)3 种积温水平下,对 4 种青稞产量进行测量(表 6)。

分别计算组内均方和组间均方,也即获得方差后,构造统计量  $F = MSA/MSE$  也就是组间均方/组内均方,采用方差齐性检验判断数据波动情况是否一致。若  $P$  值呈现出显著性( $P < 0.05$ )则说明,不同组别数据波动不一致。测定结果显示,不同气候积温对青稞产量的显著性水平。也即可以理解为温度变化对产量有显著影响,日照充足温度高时,产量提升。产量变化事件属于拒绝区间,拒绝原假设而认为积温不同时产量有显著性差异。

研究土壤(记为因子 B)对产量的影响,在弱碱土壤,弱酸土壤,中性土壤,有机质贫瘠土壤,有机质丰富土壤,有机质中性土壤(B1,B2,B3,B4,B5,B6)6 种土壤水平下,对 4 种青稞产量进行测量,数据如表 7。

分别计算组内均方和组间均方,也即获得方差后,仍然采用方差齐判断数据波动是否一致。若  $P$  值呈现出显著性( $P < 0.05$ )则说明,不同组别数据波动不一致。测定结果显示,不同土壤对青稞产量的显著性差异水平。也即可以理解为土壤变化对产量影响不太显著,土壤养分变化时,产量变化不明显。也即产量变化事件属于接受区间,原假设成立,土壤养分不同时产量无显著性差异。可见,土壤因素比积温因素对产量的影响力小。

3 讨论与结论

通过 2018 - 2019 年在西藏高海拔边境地区青稞主产区普兰、措美、拉孜、聂拉木等 4 个县的藏青 2000、藏青 690、喜马拉雅 22 等 3 个新品种/品系青稞和 1 个当地品种不同积温、不同光照强、不同土壤



表 7 土壤差异对不同青稞产量影响显著性差异数据

样品	土壤					
	B1 (弱碱土壤)	B2 (弱酸土壤)	B3 (中性土壤)	B4 (有机质贫瘠)	B5 (有机质丰富)	B6 (有机质中性)
藏青 2000	209	204	225	231	242	235
藏青 690	211	210	220	212	225	217
喜马拉雅 22	223	209	217	205	232	224
当地品种	199	196	200	186	203	189

pH、有机质环境等影响的分析发现,青稞品质指标主要由品种特性决定,不同积温对青稞淀粉含量、黄酮和  $\beta$ -葡聚糖含量的影响不显著,但不同积温影响青稞粗蛋白质含量和粗纤维含量;土壤 pH 和有机质含量对青稞粗淀粉、粗蛋白、粗纤维含量品质影响不显著,但土壤 pH 和有机质对青稞黄酮和  $\beta$ -葡聚糖含量影响差异显著;积温、光照等自然条件对青稞产量的影响显著,土壤环境(pH、有机质)对青稞产量的影响差异不显著。4 个品种比较,藏青 2000、藏

青 690、喜马拉雅 22 号 3 个新品种产量较当地品种有较大幅度提高。

综合分析,新品种应该在积温条件高、光照充足的环境能发挥新品种的增产潜力,取得较高的产量;且积温和光照是影响青稞产量的主要环境因子;在弱酸和强碱环境青稞黄酮含量提高,在土壤有机质丰富环境下,获得较高的  $\beta$ -葡聚糖含量。应该根据实际生产需要选择适宜的环境条件。