

# NP 营养对藏青 2000 产量及籽粒营养品质的影响

卓 玛<sup>1,2</sup>, 曲 航<sup>3</sup>, 马瑞萍<sup>1,2</sup>, 韦泽秀<sup>1,2\*</sup>

(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:** 为了解 NP 营养对藏青 2000 产量及品质的影响, 在西藏自治区农牧科学院 4 号试验地设计了 NP 两元素随机区组试验, 以藏青 2000 为供试青稞品种。分析了藏青 2000 生长状况、产量、产量因子、籽粒营养品质等指标, 研究发现: ①NP 施肥水平对藏青 2000 基本苗影响差异不显著; ②NP 处理对苗期和抽穗期叶绿素含量有显著影响。叶片相对叶绿素含量随 N 水平增加而增加, 随 P 水平增加, 叶片相对叶绿素含量波动变化; ③NP 水平对藏青 2000 株高和生物量积累的影响随取样时间变化趋势类似。拔节期, 是 N 素需求旺盛期, 随 N 素水平增加株高和植株生物量积累显著增加, 孕穗期是 P 需求旺盛期, 随 P 素水平增加株高有增加趋势; ④N 素对藏青 2000 产量及产量因子影响显著; P 素对藏青 2000 穗粒数影响显著, N、P 最优组合为 N225P45、N225P90、N150P0, 产量分别为: 9.58、9.21 和 8.48 t · hm<sup>-2</sup>; ⑤P 素对青稞籽粒品质无显著性影响, N 素对青稞籽粒品质影响显著, 其中, 青稞籽粒中粗蛋白质含量和总氨基酸含量随 N 水平增加而增加; 粗脂肪含量随 N 水平增加而降低。

**关键词:** N; P; 藏青 2000; 相对叶绿素含量; 干物质积累; 产量; 品质

中图分类号: S643 文献标识码: A

## Effects of NP Nutrition on Yield and Grain Nutrition Quality of Spring Barley Zangqing 2000

Zhuoma<sup>1,2</sup>, QU Hang<sup>3</sup>, MA Rui-ping<sup>1,2</sup>, WEI Ze-xiu<sup>1,2\*</sup>

(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:** To study the effect of NP nutrition on yield and quality of Zangqing 2000, a randomized experiment of NP two elements was designed. Zangqing 2000 was the tested crop. The growth status, yield, yield factors and grain nutrition quality of Zangqing 2000 were analyzed. The results showed that: (i) NP supplying level had no significant effect on the basic seedlings of Zangqing 2000; (ii) NP level had significant effect on chlorophyll content at seedling stage and heading stage. Relative chlorophyll content of leaves increased with N level but fluctuated with P level. (iii) The effect of NP level on plant height and biomass accumulation of Zangqing 2000 was similar. At jointing stage, the plant height and biomass accumulation increased significantly with the increasing of N level, but at booting stage, the plant height increased with the increasing of P level; (iv) N had a significant effect on Grain Yield and yield factors of Zangqing 2000; P had a significant effect on grain number per ear of Zangqing 2000, and the optimal combinations of N, P were N225P45, N225P90 and N150P0, with yield of 9.58, 9.21 and 8.48 t · hm<sup>-2</sup> respectively; (v) P had no significant effect on grain nutrition quality of Zangqing 2000. N had significant effect on grain quality of Zangqing 2000. Among them, the crude protein content and total amino acid content increased with the increasing of N level, otherwise the crude fat content decreased with the increasin of N level.

**Key words:** N; P; Zangqing 2000; Relative chlorophyll content; Biomass accumulation; Yield; Nutrition quality

青稞是藏族人民喜爱的主要食物, 其高纤维、高

维生素、低脂肪、低糖、而又富含钙、镁、磷、锌、锰、硒等微量元素的特点, 使其成为当代理想的食疗、保健食品<sup>[1-2]</sup>。也是青藏高原高海拔地区分布最广的农作物品种之一<sup>[3-4]</sup>, 同时, 它还可作为牲畜饲料, 酿造啤酒和青稞酒, 制饴糖和药用的原材料。目前, 青藏高原耕地面积约 43.3 万 hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>, 同时, 青稞也是

收稿日期: 2018-09-12  
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: 卓 玛(1979-), 女, 大学本科, 副研究员, 主要开展土壤生态及作物生理生态研究, E-mail: 64519640@qq.com; \* 为通讯作者: 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。

西藏种植业中第一大作物,常年种植面积近 13.33 万  $\text{hm}^2$ ,占农作物总面积的 60 % 以上,产量占全区粮食作物总产量的 64 % 以上,因此,青稞在西藏的生产地位举足轻重<sup>[6]</sup>。受自然条件和人为等方面因素限制,青稞生产始终处于极端落后的状态,化肥施用缺乏科学性,致使青稞产量低、品质差,肥料利用率低,土壤肥力不断下降,严重制约着当地青稞生产的发展<sup>[7]</sup>。

藏青 2000 是西藏农业科技人员历时 19 年选育研究育成的青稞新品系。近年来在西藏全区推广面积累计接近 13.33 万  $\text{hm}^2$ 。但关于施肥对藏青 2000 产量及品质的影响无相关报道。根据西藏主要施用 NP 元素肥料的施肥特点,本研究设计了 NP 元素对藏青 2000 生长影响的试验,分析其对产量和品质的影响,为藏青 2000 高产优质生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年 4 月 - 2015 年 9 月在西藏农牧科学院 4 号试验地进行 (29°38'34"N,91°2'31"E,海拔 3662 m)。该地区年平均温度为 7.4 °C,年日照时数 3000 h,年降水量为 200 ~ 510 mm,集中在 6 - 9 月份,无霜期 100 ~ 120 d,属高原温带半干旱季风气候。试验地 0 ~ 20 cm 土层土壤质地为砂壤土,有机质含量 19.1  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全氮 1.24  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,碱解氮 103  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全磷 0.702  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,有效磷 29  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,全钾 21.3  $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,速效钾 47  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,pH 7.9。

1.2 试验设计

试验为氮、磷两因素完全随机区组试验,试验氮肥设 4 个水平: 0  $\text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{hm}^{-2}$  (0)、75  $\text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{hm}^{-2}$  (75)、150  $\text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{hm}^{-2}$  (150)、225  $\text{kg} \cdot \text{N} \cdot \text{hm}^{-2}$  (225);磷肥设 5 个水平: 0  $\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$  (0)、45  $\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$  (45)、90  $\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$  (90)、135  $\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$  (135)、180  $\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{hm}^{-2}$  (180)。小区长 5 m,宽 4 m,面积为 20  $\text{m}^2$ ,3 次重复。肥料种类氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙,所

有肥料的 60 % 作为基肥在播种前基施,40 % 于 6 月中旬青稞分蘖盛期至拔节期追施。供试青稞品种为藏青 2000,播种量为 187.5  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,青稞于 2015 年 4 月 23 日人工播种。

1.3 测定项目及方法

播种后记录青稞生育期;每小区选定长势均匀的 1  $\text{m}^2$  样方,统计基本苗,在苗期、分蘖期、灌浆期测定植株叶片叶绿素含量 (SPAD 502, Japan);在每小区 1  $\text{m}^2$  样方外选择长势和样方相近的作物,分别在苗期、分蘖—拔节期、灌浆期、腊熟期测定其株高和生物量,每小区采集 10 株青稞,量其株高,然后置于烘箱内 105 °C 杀青 30 min,70 °C 烘干至恒重;收获前统计选定的 1  $\text{m}^2$  样方中成穗数,并选其中 10 株测定其株高、穗长、穗粒数、收获后测千粒重估算其理论产量;收货 1  $\text{m}^2$  样方,测产。

籽粒送农业部谷物产品质量安全风险评估实验室测定。品质指标测定了水分含量、粗蛋白质、粗脂肪、氨基酸总量。测定方法采用国标法测定。

1.4 数据处理

试验数据采用 Microsoft Excel 2010 和 DPS9.05 软件进行统计分析,LSD 法进行显著差异性检验 ( $P < 0.05$ )。

理论产量 ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) = (成穗数 × 穗粒数 × 千粒重 / 1000 × 10000) / 1000 / 1000 × 0.85

2 结果与分析

2.1 NP 营养对藏青 2000 基本苗的影响

由表 1 可见,NP 施肥水平对藏青 2000 基本苗影响差异不显著。本试验中选用藏青 2000 为供试品种,播种量为 187.5  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,田间土壤墒情和田间环境一致,仅 NP 施肥水平不同,对基本苗影响不显著。田间基本苗情差异不大。

2.2 NP 营养对藏青 2000 不同生育期的相对叶绿素含量的影响

叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,是一类含脂的色素家族,位于类囊体膜。叶绿素吸收大部分的红光和紫光但反射绿光,所以叶绿素呈现绿

表 1 NP 处理对藏青 2000 基本苗的影响

	P0	P45	P90	P135	P180	Mean
N0	324.67	310.67	276.33	357.33	295.33	312.87a
N75	330.00	280.00	290.33	267.33	263.67	286.27a
N150	321.33	280.33	313.33	287.33	326.33	305.73a
N225	298.33	321.33	330.00	274.33	245.67	293.93a
Mean	318.58a	298.08a	302.50a	296.58a	282.75a	

注:数据表中相同的字母表示处理间差异不显著 ( $P > 0.05$ );不同的小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 2 NP 处理对藏青 2000 苗期和抽穗期相对叶绿素含量的影响

		P0	P45	P90	P135	P180	Mean
苗期	N0	41.41	41.64	42.14	42.81	41.83	41.97B
	N75	44.93	42.24	42.69	42.66	43.23	43.15A
	N150	45.94	40.00	43.27	42.65	44.03	43.18A
	N225	43.02	43.41	43.17	44.15	43.95	43.54A
	Mean	43.83A	41.82B	42.82AB	43.07AB	43.26A	
抽穗期	N0	41.16	40.51	38.6	35.67	38.81	38.95B
	N75	40.81	39.98	40.1	39.94	38.41	39.85B
	N150	44.32	42.83	42.33	41.9	42.52	42.78A
	N225	46.63	45.78	41	43.41	43.15	43.99A
	Mean	43.23A	42.28AB	40.51B	40.23A	40.72A	

注:数据表中相同的字母表示处理间差异不显著( $P>0.05$ );不同的小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。

色,它在光合作用在的光吸收中起核心作用。N 也是叶绿素的主要成分之一。不同 NP 处理在青稞苗期(5 月 6 日)和抽穗期(6 月 15 日)分别用日本产叶绿素仪 (SPAD-502) 测定了倒二叶相对叶绿素含量。结果见表 2,NP 处理对苗期和抽穗期叶绿素含量有显著影响。其中苗期叶片相对叶绿素含量在 N、P 不同水平间差异显著( $P<0.05$ ),但 N、P 交互作用间无显著行差异。其中随 N 水平增加,相对叶绿素含量增加,N2、N3、N4 水平间相对叶绿素含量无显著性差异,它们与 N1 处理间差异显著( $P<0.05$ )。P 水平对叶片相对叶绿素含量的影响表现为:P1>P5>P4>P3>P2;青稞抽穗期藏青 2000 叶片相对叶绿素含量在 N 水平间差异极显著( $P<0.01$ ),在 P 水平间差异显著( $P<0.05$ ),但 N、P 交互作用间无显著行差异。其中随 N 水平增加,相对叶绿素含量增加,N3、N4 水平间相对叶绿素含量无显著性差异,它们与 N1、N2 处理间差异显著( $P<0.05$ )。P 水平提高叶片相对叶绿素含量有降低趋势,但 P4、P3、P5 间叶片相对叶绿素含量无显著差异。

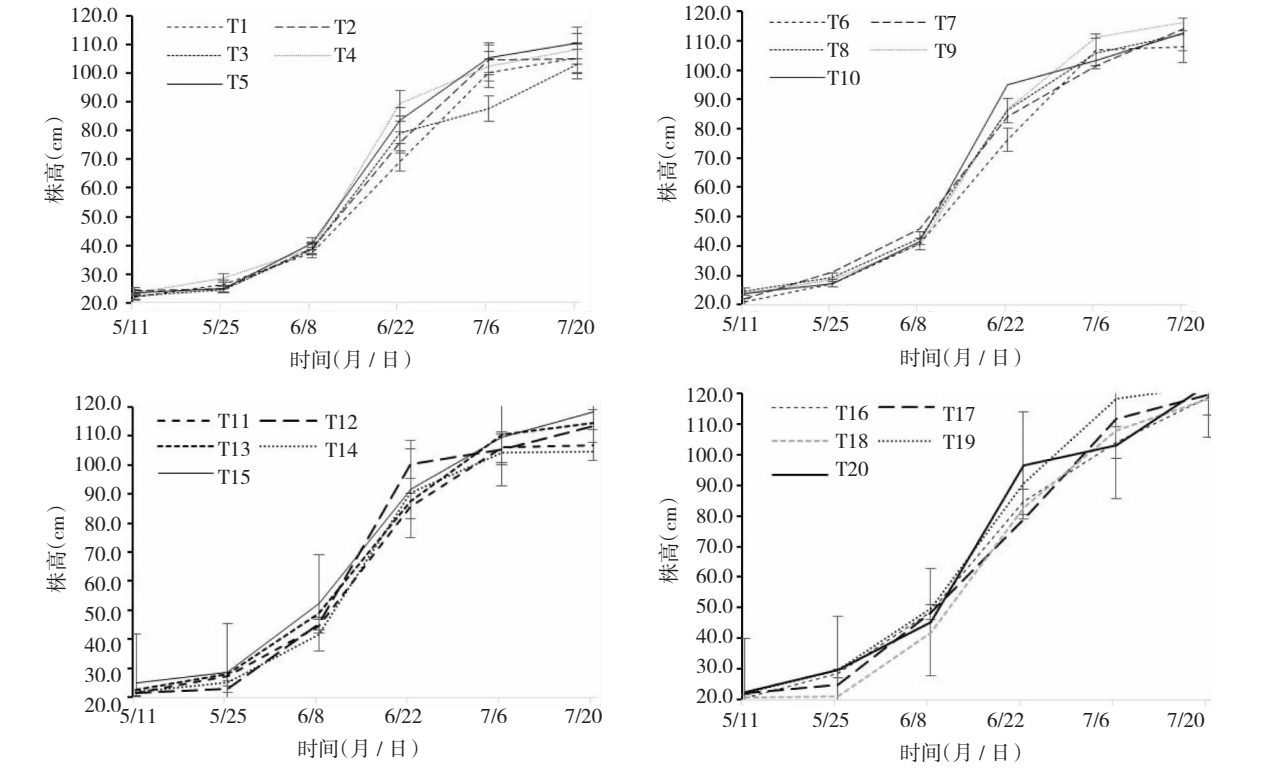


图 1 NP 营养对藏青 2000 株高的影响

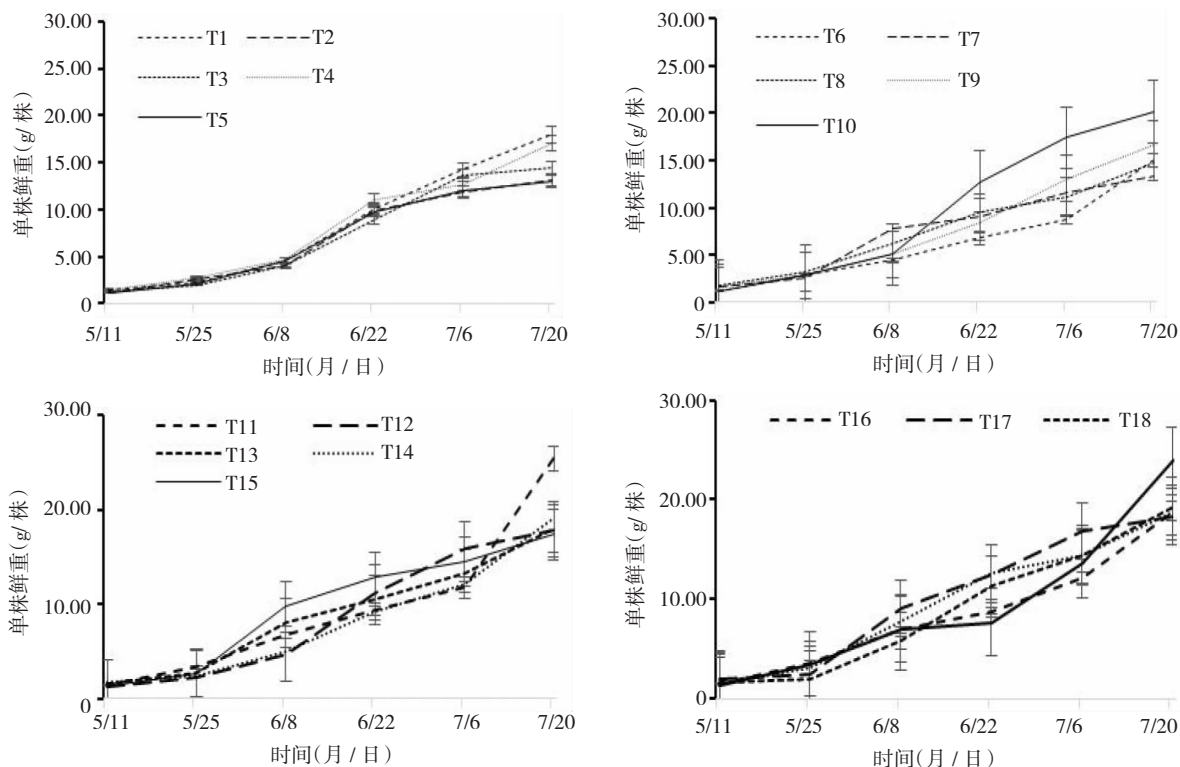


图 2 NP 营养对藏青 2000 单株鲜重的影响

### 2.3 NP 营养对藏青 2000 不同生育期株高及生物量积累的差异

从藏青 2000 苗期(5 月 11 日)至灌浆期(7 月 20 日)每 14 d 取样测定其株高和生物量积累,结果见图 1,藏青 2000 株高与生物量积累相关系数 0.932,达到极显著水平。表明,NP 水平对藏青 2000 株高和生物量积累的影响随取样时间变化趋势类似。5 月 11 日至 6 月 8 日,青稞主要为苗期和分蘖期,株高和植株生物量积累缓慢,在施肥水平间差异小;6 月 8 日后青稞进入拔节期,株高和植株生物量积累迅速,持续到 7 月 6 日,青稞抽穗完成,随 N 素水平增加株高和植株生物量积累显著增加。在 6 月 22 日孕穗期青稞随 P 素水平增加株高有增加趋势,表明该生育期青稞对 P 需求较大。7 月 6 至 22 日,青稞灌浆期株高和生物量积累增加缓慢。

### 2.4 NP 营养对藏青 2000 产量及产量因子的影响

NP 营养对藏青 2000 产量及产量因子的影响结果见表 3,藏青 2000 成穗数 19.71 ~ 27.13 万株/667m<sup>2</sup>,N 水平对藏青 2000 成穗数有显著性差异( $P < 0.05$ ),成穗数在 N 水平间表现为:N225 > N150 > N75 > N0;P 水平对藏青 2000 成穗数影响多重比较发现 P135 > P45 > P180 > P90 > P0,其中 P135 与其他处理间差异显著( $P < 0.05$ ),P45 与其他处理间差异显著( $P < 0.05$ ),P180、P90、P0 三水平间无显著性差异( $P > 0.05$ )。NP 交互作用对藏青 2000 成

穗数影响显著,其中表现最好的 3 个处理为 N225P45、N225P135、N150P135。

藏青 2000 穗粒数 36.47 ~ 70.53 粒/穗,NP 水平对藏青 2000 穗粒数影响表现为:N 水平对藏青 2000 穗粒数有极显著性差异( $P < 0.01$ ),穗粒数在 N 水平间表现为:N225 > N150 > N75 > N0;P 水平对藏青 2000 穗粒数影响有显著差异( $P < 0.05$ ),多重比较发现 P45 > P90 > P0 > P180 > P135,其中 P45 与 P0、P180、P135 处理间差异显著( $P < 0.05$ ),P90 与其 P45、P0 处理间差异不显著( $P > 0.05$ ),与 P180、P135 水平间显著性差异( $P < 0.05$ )。NP 交互作用对藏青 2000 穗粒数影响显著,其中表现最好的 3 个处理为 N225P90、N225P45、N150P0。

千粒重是影响作物产量的重要农艺性状,藏青 2000 千粒重 44.62 ~ 50.18 g/千粒,NP 水平对藏青 2000 千粒重影响表现为:N 水平对藏青 2000 千粒重有极显著性差异( $P < 0.01$ ),千粒重在 N 水平间表现为:N225 < N150 < N75 < N0;P 水平对藏青 2000 千粒重影响无显著差异( $P > 0.05$ ),多重比较发现 P0 > P180 > P45 > P90 > P135。NP 交互作用对藏青 2000 千粒重影响显著,其中表现最好的三个处理为 N0P180、N0P135、N0P0。

产量因子体现的是藏青 2000 群体和个体对产量的影响,产量作为综合指标在 NP 水平间表现为:N 水平对藏青 2000 产量影响差异显著( $P < 0.05$ ),

表 3 NP 营养对青稞产量及产量因子的影响

N 水平	P 水平	成穗数 (万株/667m <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g/千粒)	理论产量 (t·hm <sup>-2</sup> )
N0	P0	19.69j	36.47l	49.41ab	4.46h
	P45	21.76efgh	43.47ij	48.90abc	5.89fg
	P90	19.71j	39.00kl	49.08abc	4.79h
	P135	21.73efgh	45.60ghi	49.43ab	6.13efg
	P180	20.33ij	44.67hij	50.18a	5.79fg
N75	P0	21.20fghi	48.33fg	47.04cdef	6.06efg
	P45	20.62hij	54.27de	48.81abc	6.96cd
	P90	20.91ghi	48.33fg	49.28ab	6.26ef
	P135	22.27cdef	41.40jk	47.78bcde	5.57g
	P180	21.87cdefg	55.53de	48.14abcd	7.27c
N150	P0	22.98bcd	59.40bc	48.95abc	8.48b
	P45	21.58efgh	53.80de	44.62g	6.60de
	P90	21.80defgh	48.00gh	44.84g	5.97fg
	P135	23.96b	51.93ef	44.72g	7.13cd
	P180	23.00bc	44.27ij	45.98efg	5.84fg
N225	P0	20.76ghij	56.67cd	46.56defg	6.86cd
	P45	27.13a	60.87b	46.27defg	9.58a
	P90	22.53cde	70.53a	44.78g	9.21a
	P135	26.45a	53.00e	45.12fg	7.91b
	P180	20.96ghi	52.40e	44.96fg	6.23ef

注:每一列相同的字母表示处理间差异不显著( $P>0.05$ );不同的小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。

产量随 N 水平增加而提高;P 水平对产量的影响表现为波动变化,其中 P45 处理产量显著高于其他 P 水平处理;NP 交互作用对藏青 2000 产量的影响极显著,最优组合为 N225P45、N225P90、N150P0,产量分别为:9.58、9.21 和 8.48 t·hm<sup>-2</sup>。

**2.5 NP 营养对藏青 2000 籽粒品质的影响**

NP 营养对藏青 2000 籽粒品质的影响,测定了籽粒粗蛋白质含量、粗脂肪含量、粗淀粉含量、总氨基酸含量。结果见表 4,青稞籽粒中青稞籽粒中粗蛋白质含量、粗脂肪含量、粗淀粉含量、总氨基酸含量随 P 素水平变化无显著行差异,青稞籽粒中青稞籽粒中粗蛋白质含量、粗脂肪含量、总氨基酸含量随 N 素水平变化差异显著( $P<0.05$ );其中,粗蛋白质含量和总氨基酸含量随 N 水平增加而增加;粗脂肪含量随 N 水平增加而降低;淀粉含量随 N 素水平和 P 素水平变化差异不显著( $P>0.05$ )且无统一规律,可能是淀粉含量主要由作物的品种或遗传特性决定。

表 4 NP 营养对藏青 2000 品质的影响

品质指标		P0	P45	P90	P135	P180	Mean
粗蛋白质(干基,%)	N0	9.19	9.6	9.64	10.48	9.18	9.62b
	N75	9.74	9.15	10.74	9.87	9.57	9.81ab
	N150	10.49	9.66	9.70	9.78	9.47	9.82ab
	N225	10.72	10.39	10.39	9.76	10.70	10.39a
	Mean	10.04a	9.70a	10.12a	9.97a	9.73a	
粗脂肪(干基,%)	N0	2.47	2.48	2.39	2.51	2.45	2.46a
	N75	2.30	2.40	2.50	2.41	2.37	2.40ab
	N150	2.43	2.36	2.44	2.42	2.29	2.39ab
	N225	2.37	2.35	2.28	2.30	2.37	2.33b

续表 4

品质指标		P0	P45	P90	P135	P180	Mean
粗淀粉(干基,%)	Mean	2.39a	2.40a	2.40a	2.41a	2.37a	
	N0	64.03	62.72	62.44	59.69	63.55	62.49a
	N75	61.70	59.73	62.04	61.97	57.61	60.61a
	N150	62.56	64.07	60.96	62.68	63.75	62.80a
	N225	61.74	61.32	61.99	62.84	61.16	61.81a
	Mean	62.51a	61.96a	61.86a	61.80a	61.52a	
氨基酸总量(干基,%)	N0	9.13	9.77	9.24	10.28	9.23	9.53a
	N75	10.37	9.43	9.73	9.84	9.18	9.71a
	N150	9.77	8.99	10.65	9.75	9.55	9.74a
	N225	10.55	10.08	9.93	9.35	10.34	10.05a
	Mean	9.95a	9.57a	9.89a	9.81a	9.81a	

注:数据表中相同的字母表示处理间差异不显著( $P>0.05$ );不同的小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ )。

3 结论与讨论

叶片是植物进行光合作用主要的器官,叶片中的叶绿素是光合反应中吸收光能的主要色素,叶绿素含量的多少在一定程度上反映了叶片光合作用能力的强弱<sup>[6]</sup>。因为氮素是叶绿素的主要成分,施氮能促进植物叶片叶绿素的合成<sup>[8-9]</sup>。本研究中苗期和抽穗期青稞叶片相对叶绿素含量随 N 水平增加而提高。

青稞苗期和分蘖期植株生物量积累缓慢,在施肥水平间差异小;青稞拔节期,株高和植株生物量积累迅速,随 N 素水平增加株高和植株生物量积累显著增加,是 N 素需求旺盛期。孕穗期青稞随 P 素水平增加株高有增加趋势,标明该生育期青稞对 P 需求较大。

N 素对藏青 2000 产量及产量因子影响显著;P 素对藏青 2000 穗粒数影响显著,对成穗数和千粒重影响差异不显著;N、P 交互作用对藏青 2000 产量及产量因子影响显著,最优组合为 N225P45、N225P90、N150P0,产量分别为:9.58、9.21 和 8.48 t·hm<sup>-2</sup>。这与王少仁,关树森,刘国一等<sup>[10-12]</sup>研究结果相符合,拉萨河流域土壤严重缺氮,青稞施用氮肥具有显著增产作用。

NP 营养对藏青 2000 籽粒品质的影响,N 素对青稞籽粒品质影响显著,P 素对青稞籽粒品质无显著性差异。其中,青稞籽粒中粗蛋白质含量和总氮

含量随 N 水平增加而增加;粗脂肪含量随 N 水平增加而降低。这与前人研究结果一致,青稞施用氮肥可以显著提高粗蛋白质含量。

参考文献:

[1] 马得泉. 中国西藏大麦遗传资源[M]. 北京:中国农业出版社, 2000: 32-64.

[2] 刘翠花,张红锋,李菊,等. AM 真菌对西藏青稞抗旱性影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5): 979-982.

[3] 蔡成勇,朱首军,周军. 湟源县青稞立地土壤肥力特性与配方肥研制方案[J]. 陕西林业科技,2009(2):53-57.

[4] 张莹,姚拓,张德罡,等. 高寒地区联合固氮菌肥对青稞的促生效应研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(3): 708-713.

[5] 杨有霖. 不同播种量和肥料用量对青稞籽粒产量的影响[J]. 湖北农业科学,2012,51(8): 1536-1538.

[6] 胡单,杨永红. 不同施氮量对冬青稞幼苗光合色素、生物量及产量的影响[J]. 安徽农业科技,2011,39(24): 14561-14563.

[7] 李云祥,陈殿民. 甘南高寒地区青稞 NP 配施效应及效益研究[J]. 土壤通报,1998,29(1):23-25.

[8] 李天才,陈桂琛,周国英. 青海野生椭圆叶花锚中微量元素特征[J]. 现代中药研究与实践, 2006,20(3): 50-51.

[9] 冯伟,李晓,王永华,等. 小麦叶绿素荧光参数叶位差异及其与植株氮含量的关系[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 657-664.

[10] 王少仁,夏培楨. 拉萨河流域的地力与西藏青稞氮肥利用[J]. 土壤肥料,1994(3):16-21.

[11] 关树森. 西藏耕作土壤钾素肥力的现状[J]. 西藏农业科技, 2002,24(3):30-33.

[12] 刘国一,尼玛扎西,宋国英,等. 西藏一江两河地区青稞生产土壤养分限制因子分析[J]. 中国农业气象,2014,35(3): 276-280.