

植物促生菌 (PGPR) 对青稞生长发育及产量的影响

高 雪, 尼玛扎西*, 刘国一, 谭海运, 谢永春, 马瑞萍, 李 雪

(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/西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏 拉萨 850000)

摘 要:应用大田试验的方法,研究了不同植物促生菌(PGPR)对青稞生长发育和产量的影响。结果表明,PGPR 生物菌肥的施用能改善青稞的各种经济性状,使株高、穗长、千粒重、产量有所增加。施用 PRA 生物菌肥可以显著提高青稞产量,且比施用 PRB 生物菌肥效果好。本文对正确评价 PGPR 生物菌肥提供了有效的参考依据,对于保证青稞增产和促进农业可持续发展起到积极作用。

关键词:PGPR; 青稞; 生长; 产量

中图分类号:S512.3 文献标识码:A

Effects of Plant Growth-promoting Rhizobacteria (PGPR) on Growth and Yield of Highland Barley

GAO Xue, Nimazhaxi*, LIU Guo-yi, TAN Hai-yun, XIE Yong-chun, MA Rui-ping, LI Xue

(State Key Laboratory of Hulless Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Agricultural Resources and Environment, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Science, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract:Field experiments were conducted to study the influence of different PGPR on the growth and yield of highland barley. The results showed that the application of PGPR biological bacterial fertilizer could improve various economic characters. The plant height, length of spike, spike grain number, weight of 1000 grains and yield of barley showed increasing. The application of PRA biological bacterial fertilizer could significantly increase the yield of highland barley, and the effect was better than the application of PRB biological bacterial fertilizer. This paper provides an effective reference for the correct evaluation of PGPR biological bacterial fertilizer, which plays a positive role in ensuring highland barley production and promoting sustainable agricultural development.

Key words:Plant growth-promoting rhizobacteria; Highland barley; Growth; Yield

现代农业生产中,大量农药和化肥的使用,向环境释放了大量的有害物质,带来了诸如土壤质量下降,水体和食品污染等环境问题,对人类的健康及生存环境构成了极大的威胁^[1-2]。随着生物技术等新技术的不断发展,采用植物与微生物相结合的技术来解决土壤、水源和食品污染,以及环境污染修复,减少农药和化肥的使用等方面的研究较多,因其效果好、成本低、安全、不破坏土壤及无再生污染等优越性受到了越来越多的重视和研究,尤其是植物根际促生菌(Plant Growth-promoting Rhizobacteria 简称

PGPR)的研究备受关注,已成为国际上的热门课题^[3-5]。据不完全统计,已有包括假单胞菌和芽孢杆菌等 20 多个属的根际菌具有防病促生、增加作物产量的报道^[6-7]。中国在这方面的研究主要集中在小麦、棉花等作物上,而对 PGPR 的青稞报道尚少。

青稞作为藏区群众的重要农作物之一,就如何提高青稞产量就成为现阶段我们需要重点研究的内容。因此,本次试验通过对 PGPR 生物菌肥的引进,以西藏地区的青稞为研究对象,有针对性的开展适宜于西藏主要农区土壤的高产高效菌肥生产技术研究,建立起一套适宜高效“土壤生物改良”生产体系提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于西藏自治区农牧科学院四号试验地

收稿日期:2019-03-21

基金项目:高原生物有机肥生产应用与示范(Y20X2019540 0004790)

作者简介:高 雪(1989-),女,硕士研究生,助理研究员,研究方向是土壤肥力与耕地质量提升,E-mail: gaoxue365@163.com,*为通讯作者:尼玛扎西(1973-),男,本科,副研究员,研究方向是土壤肥料与植物营养,Tel:13989015858。

进行,地理坐标为: 91°2'31"E, 91°2'31"N,海拔高度约为 3662 m。该地区年平均温度为 7.4 ℃,年平均降雨量 200 ~ 510 mm,集中在 6 - 9 月,无霜期 100 ~ 120 d,全年日照时数 3000 h,属高原温带半干旱季风气候。

1.2 供试材料

1.2.1 供试土壤 试验地 0 ~ 20 cm 土层土壤质地为砂壤土,河谷潮土,肥力中等偏下,供试土壤的全氮 0.039 %,水解性氮 104 mg · kg⁻¹,全磷 0.075 %,有效磷 30.9 mg · kg⁻¹,全钾 1.59 %,速效钾 49 mg · kg⁻¹,有机质 1.494 %,pH 8.6。

1.2.2 供试肥料 实验所用的 PGPR 生物菌肥菌株由四川农业大学资源与环境学院微生物实验室提供,其中,菌株编号设为: C11,8JW1,SJ48;乳酸菌编号为 134;放线菌编号为: N4;活菌数均 > 108 cfu/mL;本次实验的菌剂组合设为:①PRB: C11 + 8JW1 + SJ48;②PRA: N4 + 134。菌株组合配比(质量比):①PRB: C11: 8JW1: SJ48 = 1: 10: 10;②N4: 134 = 1: 0.5。供试化学肥料是由袁氏生物有限公司提供的尿素、磷酸二铵和氯化钾;供试的有机肥为本项目组 2016 年研制生产的有机肥。

1.2.3 供试作物 青稞,品种为藏青 2000。

1.3 试验设计

本试验为完全随机区组试验,施肥处理共设置 10 个处理,3 次重复(表 1)。条播,小区面积为 24 m²,种子用量为 13 kg/667m²,行距 25 cm²。青稞生长期观察各生育期生长状况,及时防虫治病,常规

管理。

1.4 测定项目与方法

播种后记录青稞的生育期,每小区选定长势均匀的 1 m² 样方,统计基本苗;收获前统计选定的 1 m² 样方中的成穗数,并选其中 10 株测定其株高、穗长、穗粒数、0.5 m² 的株数、收获后测千粒重估算其理论产量;收获 1 m² 样方,测产。2017 年 4 月 26 日播种,2017 年 8 月 30 日收获。

1.5 数据处理

本研究采用 Microsoft Excel 2013 处理所有试验数据,用 IMB SPSS 22 软件进行统计分析、Duncan 新复极差法进行多重比较($P < 0.05$)。

2 结果与分析

由表 2 可知,施肥的 9 个处理与不施肥的处理相比,出苗数均达到了显著差异水平:其中 T1 比 CK 高出 30 株,T6 比 CK 高出 95 株,增幅为 16.48 % ~ 52.19 %。T1、T8、T9 和 T5 虽没有达到显著性差异,但施用全量的复合肥的基本苗要高于施用减量 10 % 的复合肥的处理。T6、T3 和 T2 处理均与其它处理达到了显著性差异。施肥的 9 个处理与不施肥的处理相比,株高均达到了显著差异水平:其中 T3 比 CK 高出 15 cm。T6、T4、T2 和 T3 处理的株高均显著高于其它处理。

青稞的成穗数、穗长、穗粒数、千粒重都是青稞产量的构成因子(表 2)青稞成穗数由大到小在不同的实验处理间表现为: T5 > T8 > T3 > T7 > T2 >

表 1 青稞 PGPR 菌肥试验设计

Table 1 The experimental treatment of PGPR bacterial fertilizer of highland barley

编号	处理内容	施用方法
T1	复合肥(常规)	施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ²
T2	复合肥(常规) + 菌剂 PRB	施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ² ,PRB 800 g/667m ²
T3	复合肥(常规) + 菌剂 PRA	施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ² ,PRA 900 g/667m ²
T4	复合肥(常规) + 有机肥	施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ²
T5	复合肥(常规) + 有机肥 + 菌剂 PRB	施用施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ² ,PRB 800 g/667m ²
T6	复合肥(常规) + 有机肥 + 菌剂 PRA	施用尿素 11.5 kg/667m ² 、磷酸二铵 7.5 kg/667m ² ,氯化钾 1.5 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ² ,PRA 900 g/667m ²
T7	复合肥(减 10 %) + 有机肥	施用尿素 10.35 kg/667m ² 、磷酸二铵 6.75 kg/667m ² ,氯化钾 1.35 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ²
T8	复合肥(减 10 %) + 有机肥 + 菌剂 PRB	施用尿素 10.35 kg/667m ² 、磷酸二铵 6.75 kg/667m ² ,氯化钾 1.35 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ² ,PRB 800 g/667m ²
T9	复合肥(减 10 %) + 有机肥 + 菌剂 PRA	施用尿素 10.35 kg/667m ² 、磷酸二铵 6.75 kg/667m ² ,氯化钾 1.35 kg/667m ² ,有机肥 500 g/667m ² ,PRA 900 g/667m ²
T10	对照:不施肥	不施用任何肥料

表 2 PGPR 生物菌肥对青稞生长发育及产量的影响

Table 2 Effects of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on the growth and yield of highland barley

处理	出苗数 (株)	株高 (cm)	成穗数 (株/m ²)	穗长 (cm)	穗粒数 (个)	千粒重 (g)	产量 (kg/667m ²)
T1	212 cd	96 ab	236 a	7.03 bc	59 abc	47.83 ab	159.06 c
T2	268 ab	100 a	251 a	8.17 a	60 abc	46.76 ab	236.60 b
T3	251 ab	102 a	253 a	7.73 b	64 ab	49.36 ab	302.76 a
T4	242 bc	100 a	248 a	8.37 a	67 a	50.49 a	299.91 a
T5	221 cd	94 ab	280 a	7.60 ab	62 abc	46.45 ab	242.06 b
T6	277 a	99 a	234 a	7.65 ab	55 c	39.76 c	319.63 a
T7	239 bc	95 ab	254 a	7.77 ab	57 bc	47.67 ab	240.31 b
T8	213 cd	95 ab	261 a	8.13 a	61 abc	43.99 bc	234.62 b
T9	215 cd	98 ab	239 a	7.63 ab	60 abc	47.92 ab	238.74 b
T10	182 d	87 b	231 a	6.10 c	40 d	44.90 b	119.10 c

注:不同小写字母表示施肥不同处理之间差异显著($P<0.05$).

表 3 PGPR 生物菌肥对青稞产量与其因子的相关性分析($n=30$)

Table 3 Correlation analysis of PGPR biological bacterial fertilizer on yield and factors of highland barley ($n=30$)

产量		产量构成因子				
		株高	穗粒数	穗长	成穗数	千粒重
产量	1	0.550 **	0.162	0.585 **	0.578 **	-0.379 *
株高		1	0.125	0.295	0.443 *	-0.368 *
成穗数			1	0.073	0.063	-0.303 *
穗长				1	0.714 **	-0.003
穗粒数					1	-0.232
千粒重						1

注: * 表示 $P<0.05$ 显著差异性水平; ** 表示 $P<0.01$ 极显著差异性水平。

T4 > T9 > T1 > T6 > T10,但差异不显著。T8、T2 和 T4 处理的青稞穗长显著高于 T1 和 T10 的处理,但与其它处理没有达到显著性差异水平。其中,施 PRB 菌肥的处理比对照高出 15.25 %。T7、T9、T6、T5 和 T3 处理与对照相比达到显著性水平。T4 的穗粒数明显高于 T7、T6 和 T10 处理。其 T1 ~ T9 处理的穗粒数也显著高于对照处理。植物促生菌对青稞千粒重在不同处理间也表现出不同的差异:其它 9 个处理的千粒重显著高于 T6 处理。

本实验结果表明,复合肥与 PGPR 生物菌肥共同施用的青稞基本苗要比单施复合肥、复合肥与有机肥共同施用的青稞基本苗高。复合肥与 PGPR 生物菌肥共同施用的青稞株高要比单施复合肥、复合肥与有机肥共同施用的青稞的株高要高。而且施用 PRA 的生物菌肥比施用 PRB 的生物菌肥对青稞株高影响更显著。相对于 PGPR 生物菌肥对青稞成穗数、穗长、穗粒数、千粒重的影响,PGPR 生物菌肥对青稞产量的影响表现出较强的规律性。T6、T3 和 T4 处理的产量明显高于其它处理。T1 和 T10 处理

的青稞产量显著低于其它处理。实验结果说明,施用 PRA 生物菌肥可以显著提高青稞产量,且比施用 PRB 生物菌肥效果好。但施用有机肥与施用 PRB 生物菌肥的效果一样,他们之间青稞产量没有达到显著性差异。

对 10 个处理下产量和产量构成因子进行相关分析发现,表 3 表明,青稞的产量与穗长、成穗数呈极显著正相关关系;与千粒重呈负相关关系。青稞株高与成穗数呈正相关关系,与千粒重呈负相关关系。青稞成穗数与千粒重呈负相关关系。青稞穗长与成穗数呈显著正相关关系。

3 讨论与结论

近年来,国内外研究表明,植物根际促生菌大多数可以固定空气中的氮气^[8-10],一些 PGPR 菌剂还兼具溶解土壤中不能被植物直接吸收利用的磷素、分泌植物生长调节物质(如 IAA 和 GA 等)、促进植物根系和矿物质吸收、增强植物抗病性等功能^[11-15]。就本实验而言,PGPR 生物菌肥的施用能

改善青稞的各种经济性状,使株高、穗长、千粒重、产量有所增加。施用 PRA 生物菌肥可以显著提高青稞产量,且比施用 PRB 生物菌肥效果好。

参考文献:

- [1]袁仲,杨继远. 农药化肥污染与食品安全[J]. 农产品加工, 2009(7): 67-69.
- [2]范家豪,李桂花,夏奇峰,等. 农药化肥科学使用对农产品质量安全的影响[J]. 南方农业, 2018(2): 149-151.
- [3]胡江春,薛德林,马成新,等. 植物根际促生菌(PGPR)的研究与应用前景[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1963-1966.
- [4]Bhattacharyya P N, Jha D K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2012, 28(4): 1327-1350.
- [5]Khan N, Bano A, Shahid M A, et al. Interaction between PGPR and PGR for water conservation and plant growth attributes under drought condition[J]. Biologia, 2018, 73(11): 1083-1098.
- [6]常慧萍,邢文会,夏铁骑,等. 根际促生细菌的筛选及其对小麦幼苗的促生作用[J]. 河南农业科学, 2016, 45(12): 52-57.
- [7]王国基. 根际促生专用菌肥研制及其对玉米促生作用的研究[D]. 甘肃: 甘肃农业大学, 2014.
- [8]郑娜,柯林峰,杨景艳,等. 来源于污染土壤的植物根际促生细

- 菌对番茄幼苗的促生与盐耐受机制[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(1): 47-52.
- [9]崔薇薇. 植物根际促生菌的研究进展[J]. 辽宁农业科学, 2010(2): 35-39.
- [10]Barriuso J, Pereyra M T, Garcia J A L, et al. Screening for putative PGPR to improve establishment of the symbiosis *Lactarius deliciosus-pinus* sp. [J]. Microbial Ecology, 2005, 50(1): 82-89.
- [11]袁辉林. 植物促生菌培养优化及作用机理研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2011.
- [12]Shoghikalkhoran S, Ghalavand A, Modarressanavy S A M, et al. Integrated fertilization systems enhance quality and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) [J]. Journal of Agricultural Science & Technology, 2018, 15(2): 1343-1352.
- [13]Saleem A R, Brunetti C, Khalid A, et al. Drought response of *Mucuna pruriens* (L.) DC. inoculated with ACC deaminase and IAA producing rhizobacteria[J]. Plos One, 2018, 13(2): 19-28.
- [14]黄智华,崔永和,计思贵,等. 云南烤烟根际土壤 PGPR 菌株的筛选与鉴定[J]. 中国烟草科学, 2017, 38(5): 18-23.
- [15]刘晔,刘晓丹,张林利,等. 花生根际多功能高效促生菌的筛选鉴定及其效应研究[J]. 生物技术通报, 2017, 33(10): 125-134.