

春青稞生物菌肥拌种应用效果研究

边巴卓玛^{1,2}, 宋国英¹ (1. 西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏拉萨 850032; 2. 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 850032)

摘要 为明确生物菌肥与化肥混施的适宜施肥用量, 以“藏青 2000”为材料, 设置 3 个主因子、4 个副因子, 共计 12 个处理, 分析不同施肥处理对青稞干物质及产量的影响。结果表明, 不同施肥处理对产量有极显著影响, 对产量构成因子成穗数、千粒重有显著影响。与对照相比, 45 kg/hm² 生态肥与施氮量 63.0~76.5 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm² 和 K₂O 45 kg/hm² 的养分配施效果最佳, 增产效果明显。

关键词 春青稞; 生物菌肥; 干物质; 产量

中图分类号 S512.3 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2020)21-0165-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.045

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study on Effect of Seeds Dressing with Microbial Fertilizer on Spring Barley

Bianbadrolma^{1,2}, SONG Guo-ying¹ (1. Agricultural Resource and Environment Research Institute of Tibet, Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa, Tibet 850032; 2. State Key Laboratory of Hulled Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement, Lhasa, Tibet 850032)

Abstract In order to determine the appropriate fertilization treatment for mixed application of biological bacterial fertilizer and chemical fertilizer, a field trial was conducted in Tibet by using “Zangqing 2000” as the material. By setting up 3 main factors and 4 sub-factors, totaling 12 treatment levels, effects of different fertilization treatments on dry matter and yield of barley were analyzed. The results showed that different fertilization treatments had extremely significant effect on yield and had significant effect on the number of spikes and 1 000-grain weight. Compared with the control, 45 kg/hm² ecological fertilizer and nitrogen application 63.0~76.5 kg/hm², P₂O₅ 75 kg/hm², and K₂O 45 kg/hm² had the best nutrient distribution application effect, and the yield increase effect was obvious.

Key words Spring barley; Biological bacterial fertilizer; Dry matter; Yield

青稞(*Hordeum vulgare* var. *nudum*)属普通大麦种的裸粒类群, 又称裸大麦。在青藏高原地区栽培历史悠久, 生长在高海拔地区, 具有耐寒、耐旱的特性, 主要分布在西藏、青海、四川和云南等地区, 西藏种植面积较广, 占栽培作物的 60% 以上^[1-2], 为藏区人民的主要口粮。长期以来, 西藏自治区粮食作物种植技术一直停留在传统栽培水平上, 农业生产品种混杂, 栽培技术落后, 田间管理粗放, 广种薄收等。面对当前粮食安全和耕地资源环境双重压力, 实现作物高产、资源高效以及农业生态环境利用与保护已成为西藏自治区现代农业发展的必由之路。

施肥可以有效地补给作物生长发育所需要的养分, 提升作物产量。其中, 氮素对提升作物产量起着重要作用, 适量的施氮量可以促进产量提高, 施用量过多必然会抑制作物的生长发育, 给农业生态环境带来负面影响。李晓欣等^[3]研究表明, 农田土壤长期大量施用氮肥, 会造成 NO₃-N 在土壤中的累积, 造成农田面源污染。李华等^[4]研究表明, 施氮水平在 270~300 kg/hm² 水稻产量随施氮肥量增加而增加。随着施氮量增加, 作物氮素利用率降低, 土壤中残留肥料氮增加。因此, 提高作物产量的同时, 要减少盲目施用氮肥, 最大限度降低氮肥对农业生态系统负面效应, 是非常有必要的。

当前绿色农业发展形势下, 在农业生产中通过利用微生物菌肥来替代一部分化肥, 在小麦^[5-8]、蔬菜^[9-10]、烤烟^[11]、玉米^[12-13] 种植作物上施用效果良好。微生物菌肥又称为细

菌肥料、生物肥料^[14], 是一种含有活性微生物的特定制剂, 其能固定大气中的氮素参与养分转化, 通过固氮、解磷、解钾促进作物对养分的吸收, 改善土壤结构, 提高作物产量。刘生战^[15]研究表明, 在河西平川灌区春小麦上基施生物菌肥 15 kg/hm² 的条件下减少 10% 和 20% 全量化肥有显著的增产效果。韩文星等^[16]研究表明, 菌肥可明显促进燕麦的生长, 菌肥+50% 磷肥处理效果最好。目前, 有关微生物菌肥对西藏大麦作物生理生化特性及增产稳产效果方面研究鲜少。笔者结合当地施肥习惯, 一是探明引进优质菌肥是否适应当地高寒旱作的气候条件以及土壤微生物环境; 二是按一定比例与化肥配施, 研究其对当地作物生长发育、干物质积累和产量及其构成因子的影响, 筛选出适宜的最佳施肥配方, 旨在为生物菌肥与化肥合理配施提供理论依据和技术指导, 在农业生产实践上, 为西藏自治区微生物菌肥研制提供资料 and 理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2019 年 4—9 月在西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所 4 号试验地(91°02′31″E、91°02′31″N)进行。该试验区属高原温带半干旱季风气候, 海拔 3 650 m, 年平均日照时数 3 000 h, 年平均气温 7.5 ℃, 无霜期 100~120 d, 年平均降水量 200~510 mm。播种前在供试土壤田上按“S”法 10 点采集供试耕层土壤, 分析化验土壤基本理化性状, 土壤质地为砂壤, 各样点平均有机质 30.567 g/kg, 全氮 0.912 5 g/kg, 全磷 0.675 3 g/kg, 全钾 6.902 g/kg, 速效氮 0.099 4 g/kg, 速效钾 56.372 mg/kg, 速效磷 9.121 5 mg/kg, pH 8.45。

1.2 供试肥料和品种 供试青稞品种为“藏青 2000”; 供试

基金项目 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自主课题(XZNKY-2019-C007Z02)。

作者简介 边巴卓玛(1981—), 女, 西藏昌都人, 副研究员, 硕士, 从事耕作栽培及早作农业方面的研究。

收稿日期 2020-03-23

氮、磷、钾肥,尿素(含 N 46.4%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)、硫酸钾(含 K₂O 50%);“中合牌”生物菌肥含有多种生物物质,可以激活土壤内的微生物群,具有固氮、解磷和活钾的显著特点,由北京六合神州生物工程有限公司提供。

1.3 试验设计 采用裂区设计,主处理为菌肥拌种量设 3 个水平:清水拌种、45.0 kg/hm²、67.5 kg/hm²;副处理 4 个氮素水平。以 90.0 kg/hm² 为参照,其他处理的用氮量(以纯氮计)为参照的 0、70%、85%,每个处理重复 3 次,试验小区面积 15 m²,各小区完全随机排列(表 1)。氮肥用尿素,P、K 用硫酸钾和过磷酸钙,保证 P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²;其中各处理 40%的尿素随播种一起条施,30%在三叶期随灌溉水(或降水)撒施,30%在孕穗拔节期撒施;磷肥和钾肥全部基施。

表 1 试验设计
Table 1 Experimental design

主处理(菌肥拌种量) Main treatment	副处理+氮素处理 Deputy treatment + nitrogen treatment	处理小区 Treatment plot
A1(清水拌种)	B1+0 kg/hm ²	A1B1
	B2+63.0 kg/hm ²	A1B2
	B3+76.5 kg/hm ²	A1B3
	B4+90.0 kg/hm ²	A1B4
A2(菌肥拌种 45.0 kg/hm ²)	B1+0 kg/hm ²	A2B1
	B2+63.0 kg/hm ²	A2B2
	B3+76.5 kg/hm ²	A2B3
	B4+90.0 kg/hm ²	A2B4
A3(菌肥拌种 67.5 kg/hm ²)	B1+0 kg/hm ²	A3B1
	B2+63.0 kg/hm ²	A3B2
	B3+76.5 kg/hm ²	A3B3
	B4+90.0 kg/hm ²	A3B4

1.4 观测内容与方法

1.4.1 土样采集。每个试验小区都要采集。采集试验地试验前耕作层土样,至少设置 10 个采样点,采样点呈“S”型分布,将多个采样点采集的土样混匀装袋,土样重 2 kg,并将土样风干,标记留存。

1.4.2 干物质测定。大麦生育过程中,分别在苗期、分蘖期、拔节期、齐穗期和成熟期,在每个小区选择 5 株代表性大麦植株,每株以植株为中心,取长 25 cm、宽 16 cm、深 20 cm

土块,先用清水冲洗干净,注意避免丢失根量,用滤纸吸干附着水,将植株按根、茎、叶和穗分部位装袋,于 105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 下烘至恒重,测定其干物质量。

1.4.3 叶片 SPAD 值测定。分别于大麦拔节期、齐穗期和成熟期,从每个小区随机选择 5 株大麦植株,采用 SPAD-502 型叶绿素仪在叶片上部、中部和下部 3 个点分别测定旗叶绿素含量,并计算其平均值。

1.4.4 产量。收获取样阶段,每个小区选取 3 m² 记载作物的实际产量。

1.5 数据分析 采用 Excel 2007 软件对试验数据进行处理及作图,采用 SPSS 21.0 软件进行方差分析,差异显著性检验采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对植株干物质积累及转运特性的影响 随着生育进程推进,不同氮素水平菌肥拌种处理对植株总干物质动态变化趋势基本一致。自苗期至拔节期先快速增加,至抽穗期达到最高,之后随着植株衰老,根、茎、叶片的干物质积累量下降。穗部干物质积累呈递增趋势,至成熟期达到最高。由表 2 可知,不同施氮量水平下,拌种影响效果大小为 A2>A3>A1(CK),以 A2 处理干物质积累最高,单株总干物质积累量较对照(CK)分别增加了 30.15%、57.37%、28.10%、23.37%。由此可知,施肥处理(A2+B2)可以有效地提高植株总干物质积累。

不同施肥处理对植株干物质积累量无显著影响。单株根、茎、叶干物质占总干物质的比例自苗期至成熟期,其干物质积累量呈先上升后下降的趋势,至成熟期降至最低。根占总干重比例由 11.59%~15.18%降至 3.98%~8.29%;茎占总干重比例由 39.57%~50.70%降至 19.48%~29.12%;叶占总干重比例由 57.39%~60.99%降至 14.42%~31.76%。抽穗期,不同施肥处理对穗部干物质积累量有明显的影响。B2 氮素水平下,A2 菌肥拌种干物质积累最高,较对照增加 72.10%。穗占总干物质比例随着生育进程不断增加,至成熟期达到最大,为 37.98%~52.68%。

表 2 春青稞不同生育阶段主要器官干物质积累变化
Table 2 Dry matter accumulation changes of main organs at different growth stages of barley

主处理 Main treatment	副处理 Deputy treatment	单株根系干重 Root dry weight per plant					单株地上部干重 Above ground dry weight per plant				
		苗期 Seedling stage	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Heading stage	成熟期 Maturity stage	茎 Stem				
							苗期 Seedling stage	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	齐穗期 Full panicle stage	成熟期 Mature stage
A3	B1	0.010 06 ab	0.105 34 a	0.324 66 a	0.669 40 ab	0.444 34 ab	0.016 26 a	0.298 14 a	1.066 00 a	2.459 86 a	1.241 20 a
	B2	0.009 34 ab	0.058 94 a	0.410 00 a	0.645 20 ab	0.351 54 ab	0.016 00 a	0.207 40 a	1.417 34 a	2.600 46 a	1.617 26 a
	B3	0.009 66 ab	0.083 80 a	0.270 66 a	0.567 20 ab	0.371 00 ab	0.017 74 a	0.262 60 a	1.184 66 a	2.668 66 a	1.570 14 a
	B4	0.008 86 ab	0.075 20 a	0.402 66 a	0.569 74 ab	0.557 80 a	0.014 34 a	0.187 34 a	1.562 00 a	2.295 00 a	1.904 60 a
A2	B1	0.009 94 ab	0.084 20 a	0.326 66 a	1.059 00 a	0.452 60 ab	0.018 00 a	0.204 86 a	0.933 34 a	3.623 46 a	1.695 86 a
	B2	0.011 20 a	0.111 66 a	0.348 00 a	0.995 86 a	0.259 86 b	0.017 66 a	0.311 94 a	1.547 34 a	3.523 74 a	1.578 20 a
	B3	0.008 46 ab	0.063 74 a	0.356 00 a	0.773 40 ab	0.355 74 ab	0.017 14 a	0.189 60 a	1.476 00 a	3.138 34 a	1.306 26 a
	B4	0.010 60 ab	0.088 26 a	0.170 00 a	1.070 46 a	0.261 40 b	0.014 20 a	0.345 34 a	1.114 00 a	3.351 60 a	1.554 20 a
A1	B1	0.009 14 ab	0.082 40 a	0.326 66 a	0.294 06 b	0.182 86 b	0.018 06 a	0.295 54 a	0.960 66 a	2.078 00 a	1.337 20 a
	B2	0.007 94 b	0.089 34 a	0.364 66 a	0.500 74 ab	0.155 86 b	0.014 26 a	0.332 74 a	1.526 00 a	2.179 86 a	0.821 46 a
	B3	0.008 60 b	0.100 34 a	0.273 34 a	0.668 06 ab	0.208 14 b	0.018 86 a	0.221 40 a	1.117 34 a	2.990 54 a	1.296 34 a
	B4	0.007 74 b	0.069 60 a	0.242 00 a	0.861 14 ab	0.238 54 b	0.013 66 a	0.201 66 a	0.924 66 a	2.477 34 a	1.240 26 a

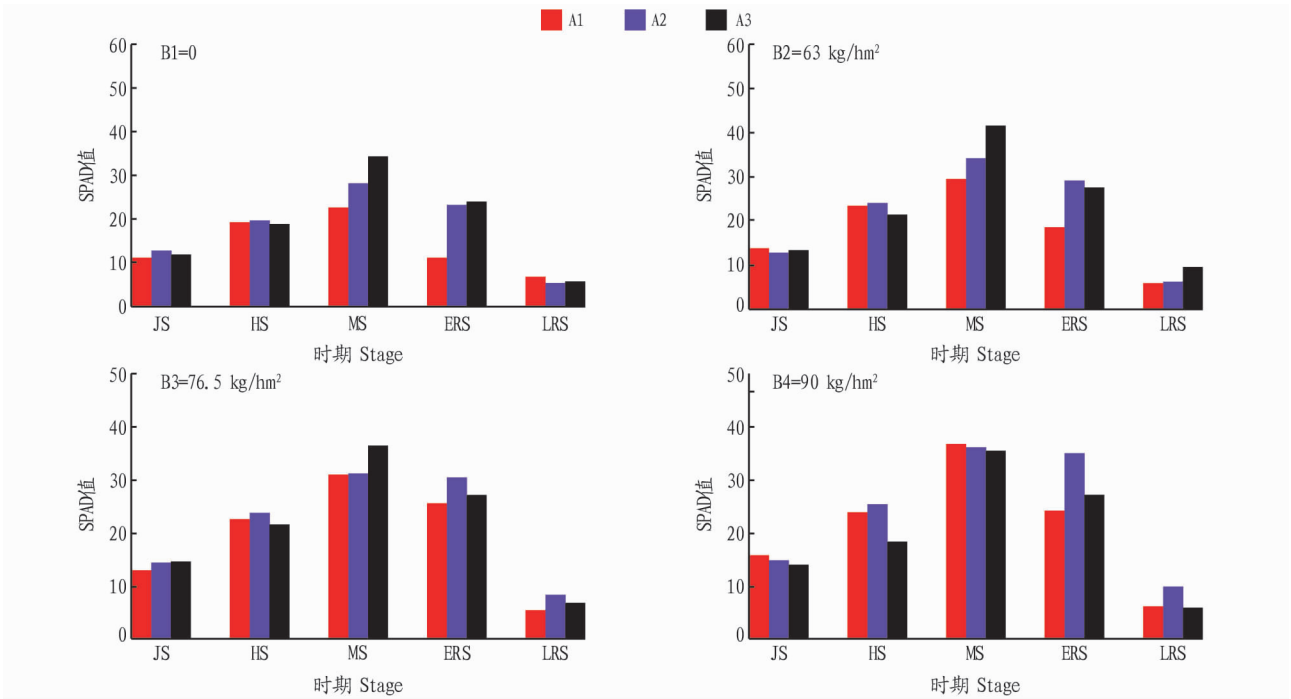
接下表

续表 2								
主处理 Main treatment	副处理 Deputy treatment	单株地上部干重 Above ground dry weight per plant/g						
		叶 Leaf					穗 Panicle	
		苗期 Seedling stage	分蘖期 Tillering stage	拔节期 Jointing stage	齐穗期 Full panicle stage	成熟期 Mature stage	齐穗期 Full panicle stage	成熟期 Mature stage
A3	B1	0.052 80 a	0.630 80 a	1.076 66 a	2.020 26 ab	1.358 46 ab	1.367 66 abc	2.801 06 a
	B2	0.048 26 ab	0.370 74 a	1.047 34 a	3.158 34 ab	1.059 60 b	1.848 14 ab	3.164 66 a
	B3	0.054 14 a	0.536 46 a	0.980 00 a	2.058 26 ab	0.861 14 b	0.758 60 c	3.040 66 a
	B4	0.043 74 ab	0.383 74 a	1.297 34 a	2.534 74 ab	1.277 86 ab	1.159 94 abc	2.983 74 a
A2	B1	0.045 26 ab	0.448 20 a	1.098 66 a	3.449 40 a	1.091 46 b	1.316 66 abc	2.736 26 a
	B2	0.044 94 ab	0.606 66 a	1.685 34 a	2.677 00 ab	1.106 40 b	2.086 80 a	3.215 80 a
	B3	0.040 74 ab	0.392 14 a	1.493 34 a	2.489 54 ab	2.129 34 a	1.619 80 abc	2.321 86 a
	B4	0.045 60 ab	0.655 00 a	0.913 34 a	2.579 26 ab	1.059 46 b	1.821 74 ab	2.907 20 a
A1	B1	0.045 74 ab	0.532 46 a	0.992 66 a	1.009 40 b	0.712 26 b	0.884 86 bc	2.359 26 a
	B2	0.033 66 b	0.596 06 a	1.674 00 a	1.570 86 ab	0.564 46 b	1.212 54 abc	2.372 74 a
	B3	0.046 74 ab	0.455 06 a	1.168 00 a	1.995 14 ab	0.776 40 b	0.896 94 bc	2.491 20 a
	B4	0.036 80 b	0.365 40 a	0.949 20 a	3.279 00 ab	0.739 06 b	1.277 06 abc	2.469 00 a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平上差异显著
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

2.2 不同施肥处理对植株叶片 SPAD 的影响 由图 1 可知, 大麦青稞旗叶叶片的叶绿素相对含量呈先上升至乳熟期达到峰值, 之后随着植株光合作用而快速下降。不同氮素水平下菌肥拌种处理对植株叶绿素相对含量的影响不显著。蜡熟—末期 B1 施氮量 (B1 = 0 kg/hm²) 拌种效果不显著。A3、A2 拌种效果处理较对照叶绿素相对含量分别减少 14.14%、19.42%; B2 施氮量 (B2 = 63 kg/hm²) 拌种效果大小

为 A2>A3>A1 (CK), A2、A3 拌种处理较对照分别增加了 65.68%、8.20%; B3 施氮量 (B3 = 76.5 kg/hm²) 拌种效果大小为 A3>A2>A1 (CK), A3、A2 拌种处理较对照分别增加了 59.16%、30.15%。B4 施氮量 (B4 = 90 kg/hm²) 拌种效果大小为 A2>A1>A3。A2 拌种处理较对照叶绿素相对含量分别增加了 63.12%。由此可见, 不同施氮水平下菌肥拌种处理的叶片叶绿素相对含量较高, 可以有效地促进作物的光合作用。



注: JS 为拔节期; HS 抽穗期; MS 为乳熟期; ERS 腊熟初期; LRS 腊熟末期
Note: JS. Jointing stage; HS. Heading stage; MS. Milking stage. ERS. Early wax ripening stage; LRS. End of waxing

图 1 不同施肥处理对青稞旗叶叶片 SPAD 的影响

Fig. 1 Effects of different fertilization treatments on SPAD of highland barley flag leaf

2.3 不同施肥处理对青稞产量及其构成因素的影响 从表 3 可以看出, 不同施肥处理下青稞产量及其产量构成因素存在明显差异。其中, 主处理菌肥拌种对产量有极显著影响,

对产量构成因子成穗数、千粒重有显著影响。副处理施氮量对产量有显著影响, 对产量构成因子成穗数有极显著影响。二者的交互作用对产量影响不显著, 对成穗数有显著影响。

菌肥拌种处理对产量影响大小为 A2>A3>A1, A2 菌肥拌种情况下,施氮量影响大小为 B3>B2>B4>B1。不同氮素水平菌肥拌种处理下,青稞籽粒产量达显著差异,最终表现为 A2B3 处理下产量最高,较对照增产 33.4%。

表 3 不同施肥处理对青稞产量及其构成因素的影响
Table 3 Effects of different fertilization treatments on yield and its components of barley

主处理 Main treatment	副处理 Deputy treatment	穗粒数 Kernels per spike	成穗数 Spike number//穗/m ²	千粒重 1 000-kernel weight//g	产量 Yield//kg/hm ²
A3	B1	49.00 ab	236.44 cd	49.97 ab	3 384.35 b
	B2	46.33 ab	228.44 cd	49.79 b	4 357.30 ab
	B3	47.00 ab	274.67 abc	49.93 ab	3 979.90 ab
	B4	46.33 ab	254.22 bc	49.79 b	4 273.75 ab
A2	B1	44.67 ab	252.44 bc	50.04 ab	3 605.40 ab
	B2	53.33 a	229.33 cd	49.96 ab	4 799.20 a
	B3	48.33 ab	307.56 ab	50.23 a	4 811.30 a
	B4	51.00 a	329.78 a	50.09 ab	4 713.80 a
A1	B1	44.33 ab	183.11 d	49.87 ab	3 102.05 b
	B2	48.33 ab	276.44 abc	49.98 ab	3 866.90 ab
	B3	41.00 b	233.78 cd	50.03 ab	3 080.10 b
	B4	50.33 a	283.56 abc	49.78 b	3 648.55 ab
F 值 F-value	主处理	1.627	3.604 *	4.23 *	7.528 * *
	副处理	1.820	5.968 * *	1.60	3.782 *
	主处理×副处理	1.420	2.690 *	0.66	0.436

注: 同列不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

3 结论与讨论

干物质积累是作物光合作用产物的最终形态,其合理的分配可以提高作物产量。张睿等^[17]通过不同施肥水平对小麦生物菌肥拌种后发现,化肥量不减或减少 33%情况下,用生物菌肥拌种可以显著提高各器官干物质积累,资源利用率显著提高;化肥量减半或不用化肥,生物菌肥拌种不利于植株及各营养器官干物质积累。张敏等^[18]研究表明,菌肥中的微生物分泌植物生长激素促进植株生长,尤其可以促进根系生长。该试验结果发现,菌肥拌种地下根系干物质 ($F=5.859, P=0.009<0.01$) 差异极显著,其影响作用大小为 A2>A3>A1(CK)。地上部根、茎、叶片的干物质累积量,不同施氮量水平下,菌肥拌种影响效果以 A2 处理干物质积累最高,单株总干物质累积量较对照分别增加了 30.15%、57.37%、28.10%、23.37%。由此可见,菌肥拌种可以促进根系的营养生长,增加根系干物质积累。与对照相比,可以有效地提高植株总干物质积累,这与前人的研究结果基本一致。

研究表明,生物菌肥在一定程度上起着辅助、替代化肥施用的作用,化肥与生物肥合理配施对提高农业生产能力有显著的效果。许永胜等^[19]研究表明不同施氮量与菌肥拌种可显著提高燕麦产量,菌肥 30 kg/hm² 拌种可替代 22.5 kg/hm², 综合效果较好,其小穗数、千粒重比对照提高 5.70%、2.21%。张瑞华等^[20]研究表明,肥料配施后生物产量变化与配施的养分结构和数量有关,在等量 N、P、K 养分占总养分量 2/3 以上,配施生态肥其生物产量比单施 N、P、K 要高,同时也比传统施用氮、磷肥的生物量高。曹佳霖等^[21]研究表明小麦施用生物菌肥作基肥,不同施氮水平能有效地提高肥料利用率,降低小麦纯氮用量,可有效改善小麦的农艺性状,提高作物产量。

研究表明,采用微生物菌肥与化肥配施的方式对作物性状、干物质积累情况及产量具有一定影响,其影响大小及水平因地域条件不同而有所差异。该试验结果表明,拌种处理较不拌种处理干物质积累量、叶片叶绿素相对含量均有显著提升;不同氮素水平下菌肥拌种对产量有极显著影响,对产量构成因子成穗数、千粒重有显著影响。与对照相比,45 kg/hm² 生态肥(A2)与施氮量 63.0~76.5 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm² 和 K₂O 45 kg/hm² 的养分配施效果最佳,增产效果明显。

参考文献

[1] 卢良恕. 中国大麦学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 119-130.
[2] 苟安春. 重新认识青稞生产的重要性[J]. 大麦科学, 2004(3): 6-9.
[3] 李晓欣, 胡春胜, 程一松. 不同施肥处理对作物产量及土壤中硝态氮累积的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 39-42.
[4] 李华, 徐长青, 李世峰, 等. 不同氮肥管理对机插水稻产量及氮肥利用的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(5): 39-41.
[5] SHAHAROONA B, NAVEED M, ARSHAD M, et al. Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. Applied microbiology biotechnology, 2008, 79(1): 147-155.
[6] 夏光利, 毕军, 张昌爱, 等. 有机生物活性肥料对冬小麦生长的影响试验研究[J]. 中国农学通报, 2004, 20(4): 185-187.
[7] 张睿, 刘党校, 戴开军, 等. 不同肥力水平下微生物菌肥拌种对小麦生长发育及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(2): 77-79.
[8] 魏峰, 侯祥保, 魏琳娜. 几种微生物肥料在小麦上的施用效果[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(1): 90, 112.
[9] 王明友, 李光忠, 杨秀凤, 等. 微生物菌肥对保护地黄瓜生育及产量、品质的影响研究初报[J]. 土壤肥料, 2003(3): 38-41.
[10] ADESEMOYE A O, TORBERT H A, KLOEPPER J W. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers [J]. Microbial ecology, 2009, 58(4): 921-929.
[11] 王豹祥, 李富欣, 张朝辉, 等. 应用 PGPR 菌肥减少烤烟生产化肥的施用量[J]. 土壤学报, 2011, 48(4): 813-822.
[12] 朱云娜, 刘建国. 生物菌肥在玉米栽培上的效果[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(28): 11354-11356.

价值越高,营养指南建议的 P/S 比值应高于 0.5^[22]。该研究中,半刺厚唇鱼肌肉中 P/S 比值达 0.73,超过一般的淡水鱼类,说明半刺厚唇鱼肌肉具有较高的脂肪酸营养价值。

具有重要生理功能的高度不饱和脂肪酸(HUFA)主要有二十碳四烯酸(又称花生四烯酸,AA)、二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA)^[23],它是细胞膜的重要组成部分,对于维持生物膜的正常生理功能具有重要作用^[24],同时在鱼类的个体发育、生长与存活、色素沉积、应激和免疫,及视力和神经系统中也起着重要作用^[25]。DHA 是半刺厚唇鱼肌肉中高度不饱和脂肪酸的重要组成部分,其相对含量达到 7.90%,占高度不饱和脂肪酸总量的 76.70%,显著高于圆口铜鱼(1.95%)^[16]、铜鱼(3.04%)^[16]、长薄鳅(4.41%)^[16]、大菱鲆(4.90%)^[26]、胭脂鱼(5.49%)^[27]、鳊鱼(6.4%)^[28]和暗纹东方鲀(6.4%)^[17]等鱼类,与唇鲮(7.85%)^[18]相当,但低于兰州鲇(12.77%)^[29]和条石鲷(16.86%)^[30]等。

已有研究表明,动物体内的不饱和脂肪酸(UFA)的含量在肉质风味上起着非常重要的作用,尤其是高含量的多不饱和脂肪酸(PUFA)能显著增加香味,同时在一定程度上反映肌肉的多汁性^[31]。该研究表明,半刺厚唇鱼肌肉中 UFA 相对含量高达 63.90%,U/S(Σ UFA/ Σ SFA)的比值达到 2.15,PUFA 的相对含量达 21.60%,说明半刺厚唇鱼具有较高的脂肪酸营养价值和优良的肉质风味。

4 结论

半刺厚唇鱼是一种脂肪酸含量丰富、营养价值较高的优质淡水鱼类,其肌肉中含有丰富的不饱和脂肪酸,特别是 DHA、EPA 和 AA 等高度不饱和脂肪酸。在半刺厚唇鱼自然资源日益枯竭的背景下,该研究对正确认识、评价半刺厚唇鱼的营养价值,种质资源的合理开发利用及配合饲料研制等具有重要参考价值。

参考文献

- [1] 《福建鱼类志》编写组. 福建鱼类志:上卷[M]. 福州:福建科学技术出版社,1984:337-338.
- [2] 秦志清,樊海平,林建斌,等. 不同开口饵料对半刺厚唇鱼仔鱼摄食、生长与成活的影响[J]. 水产学杂志,2020,33(1):33-37.
- [3] 秦志清. 饥饿对半刺厚唇鱼(*Acrossocheilus hemispinus*)仔鱼早期发育的主要影响[J]. 集美大学学报(自然科学版),2015,20(4):241-248.
- [4] 秦志清,樊海平,薛凌展,等. 半刺厚唇鱼人工繁育技术研究[J]. 福建农业学报,2017,32(5):486-490.
- [5] 林建斌,梁萍,秦志清,等. 野生与养殖半刺厚唇鱼肌肉营养成分比较分析[J]. 中国饲料,2017(22):27-30.
- [6] 梁萍,秦志清,林建斌,等. 饲料中不同蛋白质水平对半刺厚唇鱼幼鱼

生长性能及消化酶活性的影响[J]. 中国农学通报,2018,34(2):136-140.

- [7] 薛凌展,樊海平,秦志清. 半刺厚唇鱼和日本沼虾“太湖 1 号”混养试验[J]. 科学养鱼,2018(1):37-38.
- [8] 秦志清,樊海平,林建斌,等. 半刺厚唇鱼水泥池养殖技术[J]. 科学养鱼,2018(9):41-42.
- [9] 秦志清,杜全新,樊海平,等. 8 种常用渔药对半刺厚唇鱼幼鱼的急性毒性[J]. 福建农业学报,2016,31(2):125-128.
- [10] 秦志清,樊海平,薛凌展,等. 半刺厚唇鱼嗜酸性卵甲藻病的防治[J]. 科学养鱼,2017(4):64-65.
- [11] 杭晓敏,唐涌灏,柳向龙. 多不饱和脂肪酸的研究进展[J]. 生物工程进展,2001,21(4):18-21.
- [12] 吴凌涛,林晨,王李平,等. 十种淡水鱼脂肪酸组成及其营养价值分析[J]. 食品工业,2017,38(8):269-271.
- [13] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量 Chinese DRIs[M]. 北京:中国轻工业出版社,2000:35-37.
- [14] 邴旭文,蔡宝玉,王利平. 中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国水产科学,2005,12(2):211-215.
- [15] 常青,熊邦喜,龙良启,等. 3 种规格池养鳊鱼的粗脂肪与脂肪酸测定[J]. 华中农业大学学报,1996,15(6):584-589.
- [16] 刘军,胡兵,李惠,等. 长江水系中 5 种野生鱼类肌肉脂肪酸的研究[J]. 大连水产学院学报,2008,23(6):489-492.
- [17] 顾曙余,赵清良,赵强,等. 野生与养殖暗纹东方鲀(*Fugu obscurus*)脂肪酸组成和含量的初步研究[J]. 南京师大学报(自然科学版),1999,22(2):74-77,82.
- [18] 安苗,姜海波,姜志强,等. 唇鲮肌肉中营养成分分析与品质评价[J]. 大连水产学院学报,2010,25(1):88-92.
- [19] 邴旭文,张宪中. 斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J]. 中国海洋大学学报,2006,36(1):107-111.
- [20] 黄海,杨宁,张希. 淡水石斑鱼含肉率和肌肉营养成分分析[J]. 水产科技情报,2012,39(2):87-91.
- [21] 张升利,孙向军,张欣,等. 长吻鮠含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 大连海洋大学学报,2013,28(1):83-88.
- [22] Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization(FAO/WHO). Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation[R]. Rome:Food and Agriculture Organization, 1994:49-55.
- [23] 谢帝芝,王树启,游翠红,等. 鱼类高度不饱和脂肪酸合成的影响因素及其机理[J]. 中国水产科学,2013,20(2):456-466.
- [24] XIAO Y F,KE Q G,WANG S Y,et al. Single point mutations affect fatty acid block of human myocardial sodium channel α subunit Na^+ channels[J]. Proc Natl Acad Sci USA,2001,98(6):3603-3611.
- [25] SARGENT J R,TOCHER D R,BELL J G. The lipids. Fish nutrition[M]. 3rd ed. San Diego:Academic Press,2002.
- [26] 王远红,吕志华,郑桂香,等. 大菱鲆的营养成分分析[J]. 营养学报,2003,25(4):438-440.
- [27] 林郁葱,龚媛,龚世园,等. 野生和人工养殖胭脂鱼肌肉营养成分的比较[J]. 淡水渔业,2011,41(6):70-75.
- [28] 祖丽亚,罗俊雄,樊铁. 海水鱼与淡水鱼脂肪中 EPA、DHA 含量的比较[J]. 中国油脂,2003,28(11):48-50.
- [29] 邱小琮,赵红雪,王远吉,等. 兰州鲇肌肉营养成分分析及营养价值评价[J]. 水产科学,2008,27(8):407-410.
- [30] 胡玲玲,李加儿,区又君,等. 条石鲷肌肉营养成分分析及评价[J]. 华南农业大学学报,2010,31(3):71-75.
- [31] 姜琳琳,苏捷. 鱼肉风味品质的研究进展[J]. 水利渔业,2008,28(4):19-20,24.
- [17] 张睿,刘党校,刘新伦. 冬小麦应用生物菌肥拌种效果试验[J]. 陕西农业科学,2001(1):6-8.
- [18] 张敏,王正银. 生物有机肥料与农业可持续发展[J]. 磷肥与复肥,2006,21(2):58-59.
- [19] 许永胜,曾昭海,张凯,等. 生物菌肥替代氮肥对裸燕麦产量和品质的影响[J]. 吉林农业科学,2015,40(4):21-25.
- [20] 张瑞华,罗天成,李英,等. 生态肥与化肥配施对小麦生长发育及产量的效应研究[J]. 西安文理学院学报(自然科学版),2007,10(2):19-23.
- [21] 曹佳霖,吴光明,殷文. 小麦施用生物菌肥试验研究[J]. 上海农业科技,2005(1):93-94.

(上接第 168 页)

- [13] 张桂花,赵中亭,樊廷安. 988 生物菌肥对夏玉米生长、产量及品质的影响[J]. 山东农业科学,2010(7):68-69.
- [14] VAN SOEST P J,ROBERTSON J B,LEWIS B A. Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber,and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition[J]. Journal of dairy science,1991,74(10):3583-3597.
- [15] 刘生战. 艾力特生物菌肥与氮磷化肥配施对春小麦产量的影响[J]. 甘肃农业科技,2003(5):41-42.
- [16] 韩文星,姚石,席琳乔,等. PGPR 菌肥制作及其对燕麦生长和品质影响的研究[J]. 草业学报,2008,17(2):75-84.