

文章编号: 1003-8701(2015)04-0021-05

生物菌肥替代氮肥对裸燕麦产量和品质的影响

许永胜¹, 曾昭海¹, 张凯¹, 古燕翔², 郭来春³, 王春龙³, 胡跃高^{1*}

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193; 2. 北京市延庆县种植业服务中心, 北京 102100;
3. 吉林省白城市农业科学院, 吉林 白城 137000)

摘要:为认识生物菌肥拌种及减少一定量氮肥对裸燕麦产量和品质的影响,在吉林白城以裸燕麦(白燕2号)为材料,设置90 kg N·hm⁻²(对照, A1)、67.5 kg N·hm⁻²(A2)、45 kg N·hm⁻²(A3)、22.5 kg N·hm⁻²(A4)、0 kg N·hm⁻²(A5)5个氮素梯度,除A1外,其余均有生物菌肥拌种。结果表明,生物菌肥30 kg·hm⁻²拌种可替代22.5 kg N·hm⁻², A2综合效果较好,其小穗数、千粒重比A1提高5.7%、2.21%,燕麦籽粒产量差异不显著($p>0.05$),籽粒粗蛋白、粗脂肪含量分别提高4.58%、0.22%,与对照相比差异不显著($p>0.05$); A2与对照相比中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量分别降低了1.99%、2.17%,相对饲用价值提高了3.98%;籽粒和秸秆氮磷钾元素含量差异不显著($p>0.05$)。

关键词:燕麦; 生物菌肥; 施氮量; 产量; 品质

中图分类号: S512.6

文献标识码: A

Effects of Bio-Fertilizer Partial Substituting for Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of Oat

XU Yong-sheng¹, ZENG Zhao-hai¹, ZHANG Kai¹, GU Yan-xiang², GUO Lai-chun³,
WANG Chun-long³, HU Yue-gao^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193; 2. Planting Industry Service Center in Yanqing, Beijing 102100; 3. Baicheng Academy of Agricultural Sciences, Baicheng 137000, China)

Abstract: In the study, effects of seed dressing with bio-fertilizer and decreasing nitrogen fertilizer input on the yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) were studied in Baicheng City, Jilin Province. Five treatments were established using oat Baiyan 2 as experimental material, i.e., A1: with 90 kg N·hm⁻² (CK); A2: with 67.5 kg N·hm⁻²; A3: with 45 kg N·hm⁻²; A4: with 22.5 kg N·hm⁻²; A5: without nitrogen fertilizer. Except of A1, others were seed dressed with bio-fertilizer. Results indicated that seed dressing with bio-fertilizer 30 kg·hm⁻² could be the alternative to 22.5 kg N·hm⁻². Treatment A2 showed the best comprehensive effect among five treatments, which had 5.7% larger spikelet number, 2.21% higher thousand seed weight, 3.98% higher the relative feed value, 1.99% lower neutral detergent fiber (NDF) content and 2.17% lower acid detergent fiber content than treatment A1. Also, no obvious difference ($p>0.05$) in grain yield was observed among five treatments. Moreover, compared with treatment A1, treatment A2 increased grain crude protein content and fat content by 4.58% ($p>0.05$) and 0.22% ($p>0.05$), respectively. Furthermore, there was no significant difference ($p>0.05$) in grain and straw nitrogen, phosphorus and potassium contents among five treatments.

Key words: Oat; Bio-fertilizer; Nitrogen Application Rates; Yield; Quality

燕麦是世界重要粮食与饲料作物,裸燕麦蛋白质含量高,氨基酸结构均衡,必需氨基酸含量高,且

收稿日期: 2015-02-27

基金项目: 国家燕麦荞麦产业技术体系(CARS-08-B-1); 国家公益性行业(农业)科研专项(nyhyzx07-009-2)

作者简介: 许永胜(1988-),男,在读硕士,主要从事作物栽培与生理研究。

通讯作者: 胡跃高,男,教授, E-mail: huyuegao@cau.edu.cn

富含膳食纤维。裸燕麦的上述特点因社会公众健康问题强化而受到越来越多的关注。生物菌肥又称为生物肥料或微生物肥料^[1],是指一种含有活性微生物的特定制剂,微生物通过一个特殊的微区环境—根际(Rhizosphere)与植物发生相互作用,并通过产生多种生理活性物质、提高植物抗逆性、活化并促进营养元素的吸收等途径,促进植物的生长和品质的改善。燕麦的生长期中,肥料的供应情况对燕麦的生长发育、产量和品质形成具有重要影响。有实验证明,生物菌肥在小麦^[2-3]、蔬菜^[4-5]、大豆^[6]及烤烟^[7]上的应用效果良好,促进产量的提高;韩文星等^[8]报道生物菌肥可明显促进燕麦生长、提高粗蛋白、粗脂肪含量和降低纤维含量;曹丽霞^[9]、陈彩锦^[10]等研究表明生物菌肥可替代25%左右氮肥,并促进燕麦生长;黄鹏等^[11]研究表明,化肥减量15%以内,可以保证小麦稳产;刘峰等^[12]研究表明马铃薯施用微生物酵素菌肥,马铃薯块茎产量稍高于施用化肥产量,对马铃薯品质有明显提高,薯块抗腐烂能力明显提高。而生物菌肥对燕麦品质的影响研究较少。本试验通过设置不同的氮素梯度,结合菌肥拌种,研究裸燕麦籽粒产量、品质的变化,大量元素的积累动态,以期确定生物菌肥有效替代化肥的比例。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与方 法

1.1.1 试验地基本情况

在吉林省白城市农业科学院试验地进行(45°37'N,122°48'E),属温带大陆季风气候,年均日照时数2919.4 h,年均气温4.9℃,无霜期157 d,年均降水量407.9 mm。燕麦生长期(5月~8月)的平均气温为21.5℃,总降水量为420.7 mm。试验田土壤为典型的黑钙土,耕层土壤有机质17.4 g·kg⁻¹、全氮1.2 g·kg⁻¹、速效磷9.4 mg·kg⁻¹、速效钾154.6 mg·kg⁻¹,土壤pH为8.55。试验于2013年5~8月进行。

1.1.2 试验材料

供试裸燕麦(*Avena nuda* L.)品种为白燕2号(Baiyan 2),由吉林省白城市农业科学院提供。生物菌肥由北京六合神州生物工程技术有限公司提供。生物菌肥:有效活菌数≥0.2亿·g⁻¹,有机质≥25%,全氮含量1.6%。

1.1.3 试验方 法

试验设5个氮水平处理,A1(清水拌种+90 kg N·hm⁻²)为对照、A2(菌肥拌种+67.5 kg N·hm⁻²)、A3(菌肥拌种+45 kg N·hm⁻²)、A4(菌肥拌种+22.5 kg N·hm⁻²)、A5(菌肥拌种+0 kg N·hm⁻²),试验重复4次,各小区呈随机区组排列。具体处理见表1。

小区面积20 m²(4 m×5 m),条播,行距为30 cm,播深5 cm,播量为150 kg·hm⁻²。2013年5月9日播种,2013年8月10日收获。

表1 肥料处理

编号	处理	肥料种类及用量
A1	清水拌种+90 kg N·hm ⁻²	生物菌肥拌种,用量为30 kg·hm ⁻² ,使用方法为将
A2	菌肥拌种+67.5 kg N·hm ⁻²	种子润湿,加入生物菌肥拌匀,堆放8~12 h后播种;
A3	菌肥拌种+45 kg N·hm ⁻²	氮肥用尿素,60%的尿素播种前沟施,40%在三
A4	菌肥拌种+22.5 kg N·hm ⁻²	叶期撒施;P、K用硫酸钾和过磷酸钙,每公顷
A5	菌肥拌种+0 kg N·hm ⁻²	P ₂ O ₅ 45 kg、K ₂ O 45 kg,磷肥和钾肥全部基施。

1.2 测定指标与方 法

1.2.1 产量及产量构成因子测定

燕麦收获期,每小区取1 m²,记录有效穗数,收获的种子风干后称重;成熟期各处理取50 cm代表性样段,按大小株和分蘖比例从中取10株测定穗长、小穗数、穗粒数;采取五百粒法获得千粒重。

1.2.2 品质指标测定

植株不同部分烘干样品磨碎过1 mm筛后进行品质分析^[13],采用半微量凯氏定氮法^[14]测定粗蛋白含量,转换系数为6.25;粗脂肪(EE)用索氏

脂肪抽提法测定;采用凡式洗涤法^[15]测定中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF);可消化干物质(digestible dry matter,DDM)、潜在干物质采食量(dry matter intake,DMI)和相对饲用价值(the relative feed value,RFV)的计算公式^[11]分别为DDM(%)=(88.9-0.779ADF)×100%;DMI(%)=120/NDF;RFV(%)=(DDM×DMI)/1.29,其中,相对饲用价值是衡量饲草品质的重要指标。

1.2.3 植株大量元素含量测定

全N:H₂SO₄-H₂O₂消煮后用微量凯氏定氮仪测定;全P:H₂SO₄-H₂O₂消煮后用钒钼黄比色法测定;

全 K: $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮后用火焰分光光度计法测定。

1.3 数据处理

试验数据均用 Excel 2007 整理并作图,用 SAS 9.0 对数据进行统计分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 对燕麦产量及产量构成因素的影响

表 2 可知, A2 和 A1 相比, 籽粒产量虽然降低了 5.38%, 由显著性分析可知籽粒产量差异不显著 ($p > 0.05$)。A1 和 A3、A4、A5 相比, 各处理对燕麦籽粒产量的影响差异显著 ($p < 0.05$); A2 和 A3、

A4、A5 相比, 各处理对燕麦籽粒产量的影响差异显著 ($p < 0.05$); A3、A4、A5 相比, 燕麦籽粒产量差异不显著 ($p > 0.05$)。由燕麦产量组成可知, A2 和 A1 相比, 穗长、小穗数、千粒重分别增加了 3.6%、5.7%、2.21%, 有可能是菌肥影响了小穗数、千粒重, 进而造成不同处理间燕麦籽粒产量无差异。A5 和 A1 相比, 籽粒产量降低了 31.1%。可知生物菌肥不能完全替代氮肥, 生物菌肥 $30 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (含氮 1.6%) 拌种可替代 $22.5 \text{ kg N} \cdot \text{hm}^{-2}$, 这与前人的研究结果基本一致^[6]。

2.2 对燕麦籽粒粗蛋白和粗脂肪含量的影响

由表 3 可知, 氮肥施用量对燕麦籽粒中粗蛋

表 2 不同处理对燕麦产量及产量构成因素的影响

处理	穗长(cm)	小穗数(个/穗)	穗粒数(粒/穗)	穗数(10^4 穗· hm^{-2})	千粒重(g)	籽粒产量($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
A1	21.53a	24.67a	40.35a	415.32a	24.40a	4026.67a
A2	22.30a	26.07a	39.70a	412.10a	24.94a	3810.00a
A3	22.23a	23.50a	34.54b	399.00a	23.40a	3038.33b
A4	21.10a	18.43b	35.67b	410.96a	20.15b	2929.00b
A5	15.81b	17.61b	34.20b	406.25a	20.10b	2773.89b

注: 列表中同一列内不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著, 下同

白含量有显著影响。提高氮肥施用量使燕麦籽粒粗蛋白含量增加, 粗脂肪含量呈降低趋势。A2 和 A1 相比, 粗蛋白含量和粗脂肪含量分别增加了 4.58%、0.22%, 由显著性分析可知粗蛋白和粗脂肪含量差异不显著 ($p > 0.05$)。A3、A4、A5 相比, 粗脂肪含量差异不显著 ($p > 0.05$); A3、A4、A5 和 A1 相比, 粗脂肪含量分别增加 0.33%、0.22%、

1.77%。

2.3 对燕麦秸秆品质的影响

相对饲用价值是衡量牧草品质的重要指标。由表 4 可知, 生物菌肥拌种可降低燕麦秸秆中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量。A2 和 A1 相比, 中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量分别降低了 1.99%、2.17%, 由显著性分析可知 ADF 含量差异显著 ($p < 0.05$); A3、A4、A5 分别和 A1 相比, 燕麦秸秆 ADF 含量差异不显著 ($p > 0.05$); A5 和 A1 相比, 中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量分别降低了 1.18%、1.10%。A3、A4、A5 分别和 A1 相比, 可消化干物质、潜在干物质采食量、相对饲用价值差异不显著 ($p > 0.05$); A2 和 A1 相比, 相对饲用价值提高了 3.98%, 由显著性分析可知相对饲用价

表 3 不同处理下燕麦籽粒粗蛋白和粗脂肪含量

处理	粗蛋白含量	粗脂肪含量
A1	16.16a	9.06a
A2	16.90a	9.08a
A3	14.75b	9.09a
A4	14.97b	9.08a
A5	13.21c	9.22a

表 4 不同处理对燕麦秸秆品质的影响

处理	中性洗涤纤维含量	酸性洗涤纤维含量	可消化干物质	潜在干物质采食量	相对饲用价值
A1	65.97 a	53.45a	47.26 b	1.82 a	66.64 b
A2	64.66 a	52.29b	48.16 a	1.86 a	69.29 a
A3	64.88 a	53.79a	46.99 b	1.85 a	67.38ab
A4	65.33 a	52.95 ab	47.65 ab	1.84 a	67.87 ab
A5	65.19 a	52.86 ab	47.73 ab	1.84 a	68.11 ab

值差异显著($p < 0.05$)。

2.4 对燕麦秸秆和籽粒大量元素含量的影响

由表5可知,生物菌肥可以替代部分氮肥,且有助于磷、钾元素的吸收。燕麦籽粒和秸秆氮含量随着施氮量增加而逐渐增加,增施氮肥有利于燕麦籽粒和秸秆氮含量的提高;燕麦籽粒和秸秆磷、钾含量随着施氮量增加而逐渐减少,增施氮肥不利于燕麦籽粒和秸秆磷、钾元素的吸收。A2

与A1相比,燕麦秸秆和籽粒中氮元素含量分别降低了16.86%、2.33%,差异不显著($p > 0.05$)。钾元素能使植株茎秆健壮,有利于抗倒伏。A2、A3、A4、A5分别和A1相比,秸秆中钾元素含量分别提高了8.76%、14.35%、17.99%、51.91%。

3 讨论与结论

表5 不同处理下燕麦籽粒和秸秆大量元素含量

%

处理	秸秆			籽粒		
	N	P	K	N	P	K
A1	0.593a	0.017bc	1.073b	2.530ab	0.296bc	0.338a
A2	0.493ab	0.020bc	1.167b	2.471ab	0.298bc	0.329a
A3	0.430b	0.013c	1.227b	2.643a	0.310ab	0.345a
A4	0.390b	0.023b	1.266b	2.355b	0.288c	0.376a
A5	0.283c	0.037a	1.630a	2.109c	0.335a	0.349a

生物菌肥又称为细菌肥料、生物肥料或微生物肥料,是一种含有活性微生物的特定制剂,在农业生产应用中,能获得特定的肥料效应^[17]。在这种肥料效应的产生过程中,制剂中的活性微生物发挥着关键作用^[18]。活性微生物改善植物的微生态环境(物理的、化学的和生物的环境),在植物根部形成优势菌落,发挥其生物屏障的作用和改善植物营养条件的功能^[19-20]。大量研究结果来看,微生物肥料和化肥、有机肥等混合施用,比传统施肥增产的报道占98%,其中增产幅度超过5%的报道占87.4%,超过10%的报道占56.6%。刘生战^[21]在小麦上的试验结果表明,基施生物菌肥能增加穗长、穗粒数,提高小麦产量;杨丽娜^[22]、杨富等^[16]研究表明生物菌肥拌种+75%化肥可以提高燕麦小穗数和籽粒产量;崔曾杰等^[23]研究表明,盐碱地增施生物菌肥,水稻生长发育及产量均优于正常施肥处理。本研究在生物菌肥拌种及减氮22.5 kg N·hm⁻²下,与对照相比,燕麦籽粒产量差异不显著($p > 0.05$),千粒重和小穗数有所增加,与前人研究基本一致。

土壤微生物是土壤生态系统的重要组成部分,施用生物菌肥可以改良土壤微生物区系和提高土壤微生物活性,从而调节土壤微生态平衡,能使土壤微生物区系向健康的方向发展,促进植物营养吸收,改善作物品质,增强作物对土传病害的抵抗力^[24-28]。范作伟等^[29]研究表明生物有机肥对改善土壤环境、维持土壤有机质平衡有一定的积极作用。本研究在生物菌肥拌种及减氮下,

与对照相比,籽粒粗蛋白含量降低、粗脂肪含量升高,这与韩文星等^[8]研究一致,进一步印证了燕麦是喜氮作物。与对照相比,A2中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)含量分别降低了1.99%、2.17%,相对饲用价值有所提高,这与韩文星的研究结果一致。介晓磊等^[30]研究表明,增施生物有机肥能增加烤烟烟叶中的钾含量,菌肥拌种与对照相比,秸秆和籽粒P、K元素含量有所增加,这与贾豪语等^[31]在花椰菜上的研究基本一致;目前尚未有关于生物菌肥对燕麦大量元素影响的相关报道,进一步的深入研究尚需继续进行。

本研究在试验条件下得出如下结论:菌肥拌种与67.5 kg N·hm⁻²配合,与对照相比综合效果较好,有利于燕麦籽粒和秸秆品质的改善。

参考文献:

- [1] 姜成林,徐丽华.微生物资源开发与利用[M].北京:中国轻工业出版社,2001:16-17.
- [2] Shaharoon 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.
- [3] 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):6-7.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 桂凤仁,杨春,费凤艳,等.MI生物有机肥在大豆上应用效果的研究[J].吉林农业科学,2006,31(2):42-43,61.

- [7] 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.
- [8] 韩文星,姚拓,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.
- [9] 曹丽霞,赵世锋,张立军,等.微生物菌肥拌种配合追施不同施量化肥对张家口燕麦生长与产量的影响[J].河北农业科学,2013,17(2):44-46.
- [10] 陈彩锦,穆兰海,剡宽江,等.微生物菌肥对宁夏南部山区燕麦生长的影响[J].现代农业科技,2014(1):19-20.
- [11] 黄鹏,王海东,杨育川,等.河西绿洲灌区春小麦配施生物菌肥对化肥减量的效应[J].中国农学通报,2013,29(30):91-95.
- [12] 刘峰,王凤,王中伟,等.保罗微生物酵素菌肥在马铃薯上的应用效果[J].吉林农业科学,2011,36(4):31-32.
- [13] 毛思帅,M. Robiul Islam,胡跃高,等.保水剂和施肥量对沙地燕麦生产的影响[J].麦类作物学报,2011,31(2):308-313.
- [14] 陈智慧,史梅,王秋香,等.用凯氏定氮法测定食品中的蛋白质含量[J].新疆畜牧业,2008(5):22-24.
- [15] 王建英,郑先哲,董航飞.干燥条件对苜蓿品质的影响[J].东北农业大学学报,2010,41(3):125-129.
- [16] 杨富,李荫藩,王慧,等.微生物菌肥拌种及减少化肥用量对燕麦生长的影响[J].中国农学通报,2014,30(3):135-138.
- [17] 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.
- [18] 包建中.中国的白色农业[M].北京:中国农业出版社,1999:86-113.
- [19] 吴海燕,孙淑荣,刘春光,等.白色农业(微生物农业)与农业可持续发展[J].微生物学杂志,2006,26(1):89-92.
- [20] 张敏,王兆玉.微生物肥料的发展前景[J].北方园艺,2004(5):6-7.
- [21] 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.
- [22] 杨丽娜,赵桂琴,侯建杰.播期、肥料种类及其配比对燕麦生长及产量的影响[J].中国草地学报,2013,35(4):47-51.
- [23] 崔曾杰,耿艳秋,邵玺文,等.生物菌肥对盐碱地水稻生长发育及产量的影响[J].吉林农业科学,2013,38(5):32-35.
- [24] Kennedy A C, Smith K L. Soil Microbial diversity and the sustainability of agricultural soils[J]. Plant and Soil, 1995, 170(1): 78-86.
- [25] Garland J L, Mills A L. Classification and characterization of heterotrophic microbial communities on the basis of patterns of community-level sole-carbon-source-utilization[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1991, 57(8): 2351-2359.
- [26] Doran J W, Sarrantonio M, Liebig M A. Soil health and sustainability[J]. Advances in Agronomy, 1996(56): 1-54.
- [27] Mahfouz S A, Sharaf-Eldin M A. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel(*Foeniculum vulgare* Mill.)[J]. International Agrophysics, 2007, 21(4): 361-366.
- [28] Badran F S, Safwat M S. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization[J]. Egyptian Journal of Agricultural Research, 2004, 82(2): 247-256.
- [29] 范作伟,吴海燕,张国辉,等.磁性生物肥料在玉米上的施用效果试验[J].吉林农业科学,2008,33(5):30-32,41.
- [30] 介晓磊,王镇,化党领,等.生物有机肥对土壤氮磷钾及烟叶品质成分的影响[J].中国农学通报,2010,26(1):109-114.
- [31] 贾豪语,张国斌,郁继华,等.化肥与生物肥配施对花椰菜产量和养分吸收利用的影响[J].甘肃农业大学学报,2013,48(5):36-42.

(责任编辑:王昱)