

复合有机生物菌肥对寒旱山区藜麦 生长及产量的影响

王爱民^{1,2}, 王耀^{1,2}, 李良斌^{1,2}, 孙建蓉², 雷成军¹
(1. 天祝藏族自治县农业技术推广中心, 甘肃 天祝 733299;
2. 天祝县高原藜麦研究院, 甘肃 天祝 733299)

摘要: 藜麦具有较高的营养价值, 也是寒旱山区最具发展潜力的农作物之一。为探索藜麦生产中利用复合有机生物菌肥替代化肥的最佳施肥方案, 实现藜麦绿色生产, 以陇黎1号为指示品种, 选用8种不同成分的复合有机生物菌肥, 在不改变天祝寒旱山区藜麦生产施肥水平和方式的前提下, 研究了不同复合有机生物菌肥对藜麦生长及产量的影响。结果表明, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF004 [有机质 $\geq 20\%$, 总养分 $\geq 15\%$ (5-6-4), 中量元素 $\geq 5\%$ (2-1-2), 微量元素 $\geq 2\%$ (Fe+多效唑+Mn+Se), 有效活菌数 CFU ≥ 5 亿个/g, 水分 $\leq 30\%$, 微生物菌种为枯草芽孢杆菌、绿色木霉] 1 800 kg/hm² 时, 藜麦折合产量最高, 为 3 048.94 kg/hm², 较常规施肥(基施尿素 60 kg/hm²、磷酸二铵 285 kg/hm²、硫酸钾 120 kg/hm²) 增产 74.29%, 增产极显著; 株高最高, 为 208.73 cm, 较常规施肥高 5.87 cm; 单株粒重较重, 为 57.98 g, 较常规施肥增加 33.46 g; 单株分枝数较常规施肥少 0.5 个; 生育期与常规施肥相同, 均为 168 d。在天祝寒旱山区藜麦生产中, 建议施用复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF004 1 800 kg/hm², 有利于实现藜麦产量提升。

关键词: 寒旱山区; 藜麦; 复合有机生物菌肥; 生长; 产量

中图分类号: S512.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2023)05-0437-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2023.05.009

Effects of Compound Biological Bacterial Fertilizers on Growth and Yield of Quinoa in Cold and Arid Mountainous Areas

WANG Aimin^{1,2}, WANG Yao^{1,2}, LI Liangbin^{1,2}, SUN Jianrong², LEI Chengjun¹

(1. Agricultural Technology Promotion Centre of Tianzhu Tibetan Autonomous County, Tianzhu Gansu 733299, China;
2. Tianzhu County Plateau Quinoa Research Institute, Tianzhu Gansu 733299, China)

Abstract: Quinoa has high nutritional values and is considered to be one of the best crops with the most development potential in cold and arid mountainous areas. In order to find out the best fertilization plan for replacing chemical fertilizer with compound organic biomicrobial fertilizer so as to realize the green production of quinoa, based on the conventional fertilization level and management of quinoa production in Tianzhu cold and arid mountainous areas, Longli 1 was taken as the experiment variety and 8 organic biomicrobial fertilizers with diverse compositions were applied to study the effects of different compound biological bacterial fertilizers on the the growth and yield of quino. The results showed that basal application of organic fertilizer LNNK2020-FLPF004 [composition listed as organic matter $\geq 20\%$, total nutrients $\geq 15\%$ (5-6-4), medium elements $\geq 5\%$ (2-1-2), trace elements $\geq 2\%$ (Fe+paclbutrazol+Mn+Se), effective viable count CFU ≥ 500 million/g, moisture $\leq 30\%$, microbial species including *Bacillus subtilis* and *Trichoderma viride*] at the rate of 1 800 kg/ha achieved the highest average yield of quinoa which was 3 048.94 kg/ha, it was 74.29% higher compared with that of the conventional fertilization (basal application of urea at 60 kg/ha, diammonium phosphate at 285 kg/ha and potassium sulfate at 120 kg/ha) which showed significant yield increase effect. In this treatment, the highest plant height, i.e., 208.73 cm, was obtained which was 5.87 cm higher than that of the conventional fertilization, the grain weight per plant was relatively heavy, i.e., 57.98 g, which was 33.46 g higher compared with that of the conventional fertilization, the number of branches per plant was 0.5 less than that of the conventional fertilization, and the growth period was the same as the conventional fertilization, i.e., 168 d. Therefore, it is recommended to apply the compound organic fertilizer LNNK 2020-FLPF004 at the rate of 1 800 kg/ha for the quinoa production in Tianzhu cold and arid mountainous areas to achieve yield increase.

Key words: Cold and arid mountainous area; Quinoa; Compound biological bacterial fertilizer; Growth; Yield

收稿日期: 2022-10-07; 修订日期: 2023-03-25

作者简介: 王爱民(1972—), 女, 甘肃民勤人, 正高级农艺师, 主要从事经济作物栽培技术及病虫害防治研究与示范推广工作。Email: gszwam@163.com。

通信作者: 王耀(1970—), 男, 甘肃古浪人, 推广研究员, 主要从事经济作物栽培技术及病虫害防治研究与示范推广工作。Email: tznjzx@126.com。

藜麦(*Chenopodium quinoa* Willd)属于藜科藜属植物,原产于安第斯山脉地区^[1-4],其籽粒是一种无麸质的伪谷物,与传统谷物相比,藜麦均衡含有9种必需氨基酸,富含维生素、矿物质和膳食纤维等多种营养物质,被联合国粮农组织推荐为人类最适宜的完美全营养食品^[4],极适合乳糜泻患者和麸质过敏人群食用^[5-7]。藜麦具有耐寒、耐旱、耐瘠薄和耐盐碱等特性,可适应不同类型的土壤和气候条件^[8]。近年来,世界各国开始竞相发展藜麦产业^[9-10]。目前,国内的藜麦品种多为半野生种,产量较低,为了获得更高的产量,施用化肥已经成为几十年来的常规做法^[11],但化肥的广泛使用造成了环境污染、害虫抗性发展和食品安全性下降等严重的并发问题。随着农业可持续发展的需要,利用有机肥部分替代化肥的研究日益增多^[12]。有机肥对土壤有机质含量、pH缓冲作用、持水性和养分保持能力均有利,且当有机肥或化肥提供相同的全部养分时作物产量相同,有机肥替代化肥可确保未来可持续的粮食安全,恢复土壤肥力和结构特性,并减少化肥对环境的影响,以实现可持续集约化引领现代农业发展^[13-14]。我们于2021年选用8种不同成分复合有机生物菌肥,在不改变天祝寒旱山区藜麦生产施肥水平和方式的前提下,研究了不同复合有机生物菌肥对

藜麦生长及产量的影响,以探索在藜麦生产中利用复合有机生物菌肥替代化肥的最佳施肥方案,旨在为藜麦大田生产中利用复合有机生物菌肥提供科学依据,为寒旱山区藜麦产业绿色发展提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在天祝县松山镇藜香村产业园试验基地(东经103°4'22"、北纬37°0'13",海拔2622m)进行。当地为大陆性高原季风气候,年均太阳辐射总量为130kJ/cm²,年均总日照时数4434h,年均气温-2℃,年均相对湿度为35%~65%,年均降水量265.5mm。试验地前茬为黑小麦,土质为粘土,土壤质地为中壤^[15],水浇地,地势平坦,肥力差。

1.2 供试材料

指示藜麦品种为陇黎1号,由天祝县高原藜麦研究院提供。供试复合有机生物菌肥为“绿色瑞奇”牌有机生物菌肥,分别为LNNK2020-FLPF001、LNNK2020-FLPF002、LNNK2020-FLPF003、LNNK2020-FLPF004、LNNK2020-FLPF005、LNNK2020-FLPF006、LNNK2020-FLPF007、LNNK2020-FLPF008,均由甘肃绿能农业科技股份有限公司生产,供试复合有机生物菌肥种类及配比见表1。供试尿

表1 供试复合有机生物菌肥种类及配比

配方编号	各成分组成						
	有机质 /%	总养分	中量元素	微量素	有效活菌数 /(亿个/g)	水分 /%	微生物 菌种
LNNK2020- FLPF001	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为5-6-4)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	枯草芽孢杆菌、 胶冻样芽孢杆菌
LNNK2020- FLPF002	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为5-6-4)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	绿色木霉、哈茨 木霉
LNNK2020- FLPF003	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为5-6-4)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	胶冻样芽孢杆 菌、哈茨木霉
LNNK2020- FLPF004	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为5-6-4)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	枯草芽孢杆菌、 绿色木霉
LNNK2020- FLPF005	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为4-9-2)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	枯草芽孢杆菌、 胶冻样芽孢杆菌
LNNK2020- FLPF006	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为4-9-2)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	绿色木霉、哈茨 木霉
LNNK2020- FLPF007	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为4-9-2)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	胶冻样芽孢杆 菌、哈茨木霉
LNNK2020- FLPF008	≥20	≥15% (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O为4-9-2)	≥5% (B-Zn-Ca为2-1-2)	≥2% (Fe+多效唑+Mn+Se)	CFU≥5	≤30	枯草芽孢杆菌、 绿色木霉

素(N 46%)由甘肃刘家峡化工集团有限责任公司生产, 磷酸二铵(N-P₂O₅ 为 18-46)由云南云天化股份有限公司生产, 硫酸钾(K₂O 50%)由青海盐湖钾肥股份有限公司生产。

1.3 试验方法

试验共设 9 个处理, 分别为处理 A, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF001; 处理 B, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF002; 处理 C, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF003; 处理 D, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF004; 处理 E, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF005; 处理 F, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF006; 处理 G, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF00; 处理 H, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF008; 处理 I (CK), 常规施肥 (基施尿素 60 kg/hm²、磷酸二铵 285 kg/hm²、硫酸钾 120 kg/hm²)。处理 A、B、C、D、E、F、G、H 施肥量均为 1 800 kg/hm², 均与处理 I (CK) 纯养分量水平相同。试验随机区组排列, 3 次重复, 小区面积为 30.24 m²(5.40 m × 5.60 m), 小区间距为 50 cm。各处理均在覆膜前结合整地按试验设计用量施肥, 然后及时覆膜, 每小区覆 3 幅黑色地膜, 膜幅宽 1.45 m, 膜与膜间距为 40 cm, 每膜播种 4 行。覆膜后用点播器按行距 40 cm、株距 30 cm 播种, 每穴 5~8 粒, 播种量为 3 750 g/hm²。播种深度应在 2~3 cm。苗高约 6~8 cm 时 (6 叶期) 进行第 1 次间苗, 每穴选留 2~3 株, 用湿土封口。苗高 10~12 cm 时 (8~12 叶期) 定苗, 每穴选留 1 株健壮苗。其他田间管理措施同当地大田。

1.4 测定项目

按照甘肃省农作物区域试验田间记载标准记载藜麦播种期、出苗期、孕穗期、开花期、灌浆期、成熟期、收获期、生育期, 收获前每小区随机抽取 10 株按照甘肃省农作物区域试验室内考种项目和标准进行室内考种, 测定株高、分枝数、单株粒重等指标, 收获时按小区单收计产。

1.5 数据处理

用 Excel 软件对试验数据进行整理, 用 DPS 7.5 软件对数据进行统计分析, 用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 生育期

从表 1 可看出, 施用不同有机肥对藜麦生育期影响甚微。各处理的出苗期、孕穗期、开花期、灌浆期均相同。成熟期以处理 A 和处理 H 最早, 均为 10 月 12 日, 较处理 I(CK) 提前 2 d; 其次是处理 E, 为 10 月 13 日, 较处理 I(CK) 提前 1 d; 其余处理均于 10 月 14 日成熟。处理 A 和处理 H 生育期最短, 为 166 d, 较处理 I(CK) 缩短 2 d; 处理 E 次之, 生育期为 167 d, 较处理 I(CK) 缩短 2 d; 其余处理的生育期相同, 均为 168 d。可见, 不同处理对藜麦出苗期、孕穗期、开花期、灌浆期无影响, 但对成熟期、生育期有一定影响, 但影响不明显。

2.2 主要农艺性状

由表 3 可见, 不同处理的藜麦株高为 190.08~208.73 cm, 其中以处理 D 的最高, 为 208.73 cm, 较处理 I(CK) 高 5.87 cm; 处理 E 最矮, 为 190.08 cm, 较处理 I(CK) 矮 12.78 cm; 其余处

表 2 不同处理的藜麦物候期及生育期

处理	播种期 /(日/月)	出苗期 /(日/月)	孕穗期 /(日/月)	开花期 /(日/月)	灌浆期 /(日/月)	成熟期 /(日/月)	收获期 /(日/月)	生育期 /d
A	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	12/10	19/10	166
B	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168
C	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168
D	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168
E	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	13/10	19/10	167
F	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168
G	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168
H	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	12/10	19/10	166
I(CK)	29/4	11/5	14/7	28/7	11/8	14/10	19/10	168

理较处理 I(CK)高 -7.05 ~ 3.82 cm。单株分枝数为 0.9 ~ 2.3 个, 其中以处理 A 最多, 为 2.3 个, 较处理 I(CK)多 0.2 个; 处理 C 最少, 为 0.9 个, 较处理 I(CK)少 1.2 个; 其余处理较处理 I(CK)少 0.1 ~ 0.6 个。单株粒重为 24.52 ~ 63.41 g, 其中以处理 B 最重, 为 63.41 g, 较处理 I(CK)增加 38.89 g; 其次是处理 H, 为 58.52 g, 较处理 I(CK)增加 34.00 g; 其余处理较处理 I(CK)增加 9.94 ~ 33.46 g。表明不同配比复合有机生物菌肥均能促进藜麦形成良好的株型, 促进有效分枝和营养生长, 为产量增加打下基础。

表 3 不同处理的藜麦主要农艺性状

处理	株高 /cm	单株分枝数 /个	单株粒重 /g
A	195.81	2.3	47.68
B	204.62	1.8	63.41
C	200.97	0.9	48.21
D	208.73	1.6	57.98
E	190.08	1.9	34.46
F	205.69	1.5	51.14
G	201.34	1.6	49.20
H	206.68	2.0	58.52
I(CK)	202.86	2.1	24.52

2.3 产量

由表 4 可知, 不同处理的藜麦折合产量为 1 686.51~3 048.94 kg/hm², 其中以处理 D 最高, 为 3 048.94 kg/hm², 较处理 I(CK)增产 74.29%; 处理 H 次之, 为 2 919.97 kg/hm², 较处理 I(CK)增产 66.92%; 处理 B 居第 3 位, 为 2 681.88 kg/hm², 较处理 I(CK)增产 53.31%; 处理 F 折合产量最低, 为 1 686.51 kg/hm², 较处理 I(CK)减产 3.59%; 其

表 4 不同处理的藜麦产量

处理	小区平均产量 / (kg/30.24 m ²)	折合产量 / (kg/hm ²)	较CK增产 /%	产量位次
A	5.78	1 911.38 eE	9.26	6
B	8.11	2 681.88 cC	53.31	3
C	6.82	2 255.29 dD	28.92	5
D	9.22	3 048.94 aA	74.29	1
E	6.89	2 278.44 dD	30.25	4
F	5.10	1 686.51 fF	-3.59	9
G	5.34	1 765.87 fF	0.94	7
H	8.83	2 919.97 bAB	66.92	2
I(CK)	5.29	1 749.34 fF		8

余处理均较处理 I(CK)增产, 增产幅度为 0.94% ~ 30.25%。对产量进行方差分析的结果表明, 各区组间差异不显著($F=0.58 < F_{0.05}=4.46$), 各处理间差异显著($F=9.46 > F_{0.01}=8.65$)。进一步进行多重比较可知, 处理 D 与处理 H 差异显著, 与其余处理差异均极显著; 处理 H 与其余处理差异均极显著; 处理 B 与其余处理也差异均极显著; 处理 C 和处理 E 差异不显著, 但二者与其余处理差异均极显著; 处理 A 与处理 F、处理 G、处理 I(CK)均差异极显著, 处理 F、处理 G、处理 I(CK)间差异均不显著。

3 讨论与结论

作物产量是由基因和环境等多种因素共同控制的数量性状, 施肥是改善作物营养和产量的重要农业措施, 也是改变土壤成分的重要手段。过量施用化肥可降低土壤细菌群落的多样性指数、丰富度指数和均匀度指数^[16]。研究表明, 有机肥和化肥配合施用有利于稳定细菌群落的多样性, 细菌群落指数随有机肥比例的增加而增加, 而无机肥对真菌群落也有稳定作用^[12]。本试验表明, 在天祝寒旱山区, 基施复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF004 [有机质 ≥ 20%, 总养分 ≥ 15%(5-6-4), 中量元素 ≥ 5%(2-1-2), 微量素 ≥ 2%(Fe+多效唑+Mn+Se), 有效活菌数 CFU ≥ 5 亿个/g, 水分 ≤ 30%, 微生物菌种为枯草芽孢杆菌、绿色木霉]1 800 kg/hm² 时, 藜麦折合产量最高, 为 3 048.94 kg/hm², 较常规施肥(基施尿素 60 kg/hm²、磷酸二铵 285 kg/hm²、硫酸钾 120 kg/hm²)增产 74.29%; 株高最高, 为 208.73 cm, 较常规施肥高 5.87 cm; 单株粒重较重, 为 57.98 g, 较常规施肥增加 33.46 g; 单株分枝数低于常规施肥, 较常规施肥少 0.5 个; 生育期与处理 I(CK)相同, 均为 168 d。

在黄土高原半干旱区农业系统, 土壤氮素的有效性对藜麦的生长和发育至关重要^[17-18]。本试验发现, 施用含有枯草芽孢杆菌、绿色木霉的复合有机生物菌肥 LNNK2020-FLPF004 和 LNNK2020-FLPF008 时, 藜麦折合产量均高于其他施肥处理, 而施用 LNNK2020-FLPF004 的藜麦产量较施用 LNNK2020-FLPF008 的藜麦高, 可能是因为其氮、磷、钾比例更为适宜。因此, 建议在寒旱

山区藜麦生产中, 施用复合有机生物菌肥 LNNK 2020-FLPF004 1 800 kg/hm², 有利于实现藜麦产量提升。

参考文献:

- [1] 孙小东, 杨振常, 李榕鑫, 等. 陇中旱作区藜麦引种比较试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(8): 54-57.
- [2] 黄杰, 刘文瑜, 杨发荣, 等. 不同藜麦品种在东乡半干旱区的适应性表现[J]. 甘肃农业科技, 2022, 53(6): 46-50.
- [3] 雷成军, 王耀, 李良斌, 等. 不同地膜覆盖栽培对寒旱山区藜麦生长发育的影响[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(3): 226-228.
- [4] 丁德志, 雷成军, 王耀, 等. 不同藜麦品种(系)在寒旱山区的种植表现[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(4): 323-325.
- [5] 审申, 符宏奎, 聂博岩, 等. 藜麦营养成分及其代餐市场前景分析[J]. 农业科学, 2022, 12(2): 30-34.
- [6] 肖正春, 张广伦. 藜麦及其资源开发利用[J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(2): 62-66.
- [7] 魏爱春, 杨修仕, 么杨, 等. 藜麦营养成分及生物活性研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(15): 272-276.
- [8] 刘瑞芳, 负超, 刘庆生, 等. 安阳地区藜麦种植常见问题探讨[J]. 中国种业, 2015(3): 36-37.
- [9] 任贵兴, 杨修仕, 么杨. 中国藜麦产业现状[J]. 作物杂志, 2015, 2015(5): 1-5.
- [10] 王黎明, 马宁, 李颂, 等. 藜麦的营养价值及其应用前景[J]. 食品工业科技, 2014, 35(1): 381-384.
- [11] 邓妍, 王娟玲, 王创云, 等. 生物菌肥与无机肥配施对藜麦农艺性状、产量性状及品质的影响[J]. 作物学报, 2021, 47(7): 1383-1390.
- [12] 沈其荣. 有机肥和化肥长期配合施用对土壤及不同粒级供氮特性的影响[J]. 土壤学报, 2004(1): 87-92.
- [13] 王琰, 曹丽华, 杨国华. 有机肥替代化肥对作物产量和土壤肥力的影响[J]. 现代农业科技, 2019, 50(20): 42-43.
- [14] 龚雪蛟, 秦琳, 刘飞, 等. 有机类肥料对土壤养分含量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(4): 1403-1416.
- [15] 聂战声, 王爱民. 天祝藏族自治县耕地质量评价[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2015: 9-21.
- [16] 刘平静, 肖杰, 孙本华, 等. 长期不同施肥措施下土壤细菌群落结构变化及其主要影响因素[J]. 植物营养与肥料学报, 2020, 26(2): 307-315.
- [17] 李斌, 陈满霞, 马萌萌, 等. 沿海地区氮肥形态对藜麦生长和单株籽粒干质量的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(23): 1002-1302.
- [18] 庞春花, 贺笑, 张永清, 等. 氮肥与腐殖酸配施对藜麦根系抗旱生理效应及产量的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(3): 184-188.