

# 腐植酸叶面肥对糜子产量及品质的影响

董扬 闫锋 赵富阳 侯晓敏 李清泉 王冰雪 周超

黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院 齐齐哈尔 161006

**摘要:** 以黑龙江主栽糜子品种“齐黍1号”为试验材料,采用随机设计,研究不同浓度腐植酸叶面肥(0、200、400、600、800倍液)对糜子农艺性状、产量因子、光合指标及品质指标的影响。结果表明:喷施腐植酸叶面肥可不同程度增加糜子株高、穗长、茎粗、穗重、穗粒重,提高净光合速率、蒸腾速率、籽粒中粗蛋白和粗淀粉含量,降低胞间CO<sub>2</sub>浓度等,以腐植酸叶面肥600倍液表现最为显著,各指标比清水对照分别提高4.3%、12.7%、9.4%、8.5%、10.8%、14.2%、26.5%、4.5%和3.8%,胞间CO<sub>2</sub>浓度降低了65.9 μmol/(m<sup>2</sup>·s);从而改善糜子品质,提高糜子产量,以腐植酸叶面肥600倍液增产效果最好,产量可达5099.1 kg/hm<sup>2</sup>,较对照显著增产7.8%。

**关键词:** 腐植酸叶面肥;糜子;产量;品质

中图分类号: TQ444.6, S516

文章编号: 1671-9212(2024)02-0042-05

文献标识码: A

DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.02.006

Effects of Humic Acid Foliar Fertilizer on Yield and Quality of Broomcorn Millet

Dong Yang, Yan Feng, Zhao Fuyang, Hou Xiaomin, Li Qingquan, Wang Bingxue, Zhou Chao

Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, 161006

**Abstract:** Using “Qishu No.1” in Heilongjiang province as the test material, the effects of different concentrations of humic acid foliar fertilizer (0, 200, 400, 600, 800 times liquid) on agronomic traits, yield factors, photosynthetic and quality indexes of broomcorn millet were studied through random design. The results showed that, the application of humic acid foliar fertilizer increased plant height, ear length, stem diameter, ear weight and grain weight per ear, and increased net photosynthetic rate, transpiration rate, contents of crude protein and crude starch in grain as well, though it reduced intercellular CO<sub>2</sub> concentration of broomcorn millet. The application of humic acid foliar fertilizer 600 times liquid was the most significant. Compared to the control, the above indexes were increased by 4.3%, 12.7%, 9.4%, 8.5%, 10.8%, 14.2%, 26.5%, 4.5% and 3.8%, respectively, and the intercellular CO<sub>2</sub> concentration was decreased by 65.9 μmol/(m<sup>2</sup>·s), which then improved the quality and increase the yield. The yield of humic acid foliar fertilizer 600 times liquid was 5099.1 kg/hm<sup>2</sup>, which was 7.8% higher than that of the control.

**Key words:** humic acid foliar fertilizers; broomcorn millet; yield; quality

糜子具有生育期短、适应性广、抗逆性强等优点<sup>[1]</sup>,是我国北方旱作农业区的主要杂粮作物及饲料作物<sup>[2,3]</sup>。腐植酸叶面肥具有配方多样、吸收率高、

速效性、无残留、施用方式灵活(根灌、叶面喷湿)的优点<sup>[4,5]</sup>。前人关于腐植酸对不同作物的生物学效应做过大量研究,郑继亮<sup>[6]</sup>通过对棉花喷施3个

[基金项目] 财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助(项目编号CARS-07-06B);黑龙江省现代农业杂粮产业技术协同创新推广体系谷糜植保技术协同创新岗位专家项目。

[收稿日期] 2023-12-13

[作者简介] 董扬,女,1982年生,副研究员,从事杂粮作物遗传育种、栽培工作,E-mail: dongyang0717@126.com。



水平腐植酸叶面肥发现,有效果枝数、单株结铃数增多,单铃质量增加;田媛等<sup>[7]</sup>研究发现,在初花期喷施腐植酸叶面肥可提高芝麻的产量和营养价值;卢环等<sup>[8]</sup>对3种红小豆进行叶面喷施腐植酸,发现其产量均有提高;徐际根<sup>[9]</sup>发现1:600倍浓度喷施腐植酸水溶肥,水稻增产增收效果明显;卢丽娟等<sup>[10]</sup>筛选出了影响水稻产量和质量最好的腐植酸叶面肥;皇甫红芳等<sup>[11]</sup>喷施适量腐植酸叶面肥可增加燕麦单株穗数。笔者查阅文献发现腐植酸叶面肥在糜子上的应用研究仍鲜见报道,为了明确腐植酸叶面肥在糜子上的应用效果,本研究以黑龙江主栽糜子品种“齐黍1号”为研究对象,在糜子拔节期和抽穗期分两次进行喷施处理,探究腐植

酸叶面肥对糜子农艺性状、产量因子、光合指标及品质指标的影响,并明确最佳喷施浓度,为本地区糜子生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2021年5月—9月在黑龙江省齐齐哈尔市富拉尔基区全合台村进行,试验地点属于中温带大陆性季风气候,年降水量415 mm,年均温度3.2℃,活动积温2900℃。

试验地土壤类型为碳酸盐黑钙土,具体理化性质见表1。

表1 土壤基础养分含量  
Tab.1 Soil basic nutrient content

土层 (cm)	有机质 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)	pH
0 ~ 20	32.64	70.1	23.16	96.35	7.8

### 1.2 试验材料

供试作物:糜子 (*Panicum miliaceum* L.),品种“齐黍1号”,由黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院育成的品种,糯性,生育期为115 d左右,需要 $\geq 10$ ℃活动积温2400℃,具有高产、优质、抗病等优点。

供试肥料:腐植酸水溶肥料,购自陕西鼎天济农腐殖酸制品有限公司,500 mL瓶装(腐植酸 $\geq 80$  g/L、N $\geq 140$  g/L、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> $\geq 20$  g/L、K<sub>2</sub>O $\geq 40$  g/L)。

### 1.3 试验设计

试验采用随机区组设计,设5个处理,分别为稀释200倍液(B1)、稀释400倍液(B2)、稀释600倍液(B3)、稀释800倍液(B4)、清水对照(CK)。

每个处理设3次重复,每个小区为6行区,行长4 m,小区面积为15.6 m<sup>2</sup>。分别在糜子拔节期和开花期进行喷施处理,于下午5点左右的无风雨天气喷施叶片正反两面,每公顷用量为60 kg。各处理定植密度均为45万株/hm<sup>2</sup>,田间管理同大田生产。

### 1.4 测定内容及方法

#### 1.4.1 农艺性状及产量构成指标

于乳熟期在每个处理中间4行中选取长势均匀的植株10株,测定株高、穗长、茎粗(基部第2节间的粗度),在完熟期测定穗重、穗粒重、千粒重,并对小区测产。

#### 1.4.2 光合指标的测定

于第二次施药7天后在每个处理中选取具有代表性的植株10株,选取方法与1.4.1一致,选晴朗无风天气上午使用GH-10型植物光合测定仪(山东万象科技有限公司)测定倒二叶的净光合速率、蒸腾速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度,测定位置为叶片中部。

#### 1.4.3 品质指标

糜子成熟后对其籽粒进行品质检测,粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定<sup>[12]</sup>;粗淀粉含量采用酸水解法测定<sup>[13]</sup>;粗脂肪含量采用索氏抽提法测定<sup>[14]</sup>。

### 1.5 数据统计

用Microsoft Excel 2019、SPSS19.0软件进行数据统计及单因素Duncan方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对糜子农艺性状的影响

由表2可知, 经过不同浓度腐植酸叶面肥喷施处理后糜子的株高、穗长、茎粗与CK相比均有不同程度提高。喷施腐植酸叶面肥后糜子株高的变化范围为159.3 ~ 164.2 cm, B3处理显著高于其他处理, 比CK高4.3%, 株高依次B3>B2>B4>B1>CK; 穗长变化范围为45.2 ~ 49.7 cm, B3处理显著高于其他处理, 比CK高12.7%, 穗长依次B3>B2>B4>B1>CK; 茎粗变化范围为10.8 ~ 11.6 mm, B3处理显著高于其他处理, 比CK高9.4%, 茎粗依次B3>B4>B2>B1>CK。综上所述可以看出, B3处理对糜子农艺性状的改善程度最高, 效果最显著。

### 2.2 不同处理对糜子产量因子的影响

由表3可知, 除了千粒重这一指标外, 不同处理均能够显著改善糜子的产量因子, 不同处理后糜子的穗重、穗粒重、产量与CK相比均有显著提高。喷施腐植酸叶面肥后糜子穗重的变化范围为19.2 ~ 20.5 g, B3处理显著高于其他处理, 比CK高8.5%, 穗重依次B3>B2>B1>B4>CK; 穗粒重变化范围为10.6 ~ 11.3 g, B3处理显著高于其他处理, 比CK高10.8%, 穗粒重依次B3>B2>B4>B1>CK; 各处理间千粒重未表现出显著差异; 产量变化范围为4773.9 ~ 5099.1 kg/hm<sup>2</sup>, 增产幅度为3.4% ~ 10.4%, B3处理显著高于其他处理, 产量依次B3>B2>B4>B1>CK。综上所述可以看出, B3处理对糜子产量性状的改善程度最高, 效果最显著。

表2 不同处理下糜子的农艺性状

Tab.2 Agronomic characteristics of broomcorn millet under different treatments

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	茎粗 (mm)
B1	159.3bc	45.2c	10.8c
B2	161.9b	47.5b	11.0b
B3	164.2a	49.7a	11.6a
B4	160.1b	46.3b	11.2b
CK	157.5c	44.1c	10.6c

注: 同列数据中不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

表3 不同处理下糜子的产量因子

Tab.3 Yield factors of broomcorn millet under different treatments

处理	穗重 (g)	穗粒重 (g)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
B1	19.4c	10.6c	5.8a	4773.9c
B2	19.6b	11.0b	6.0a	4942.2b
B3	20.5a	11.3a	5.9a	5099.1a
B4	19.2b	10.8c	5.9a	4814.7c
CK	18.9d	10.2d	5.8a	4618.5d

### 2.3 不同处理对糜子光合指标的影响

由表4可知, 不同处理均能够不同程度改善糜子的光合特性, 除B1处理的净光合速率, 不同腐植酸叶面肥处理后糜子的净光合速率、蒸腾速率与CK相比均显著提高, 胞间CO<sub>2</sub>浓度显

著降低。喷施腐植酸叶面肥后糜子净光合速率的变化范围为17.0 ~ 18.5 μmol/(m<sup>2</sup>·s), B3处理显著高于其他处理, 比CK高14.2%, 净光合速率依次B3>B2>B4>B1>CK; 蒸腾速率变化范围为3.6 ~ 4.3 mmol/(m<sup>2</sup>·s), B3处理显著高



于其他处理,比CK高26.5%,蒸腾速率依次B3>B2>B4>B1>CK;胞间CO<sub>2</sub>浓度变化范围为206.0~246.5 μmol/(m<sup>2</sup>·s),CK处理下的浓度

最高,显著高于其他处理,各处理下糜子胞间CO<sub>2</sub>浓度依次CK>B4>B1>B2>B3。综上所述, B3处理对糜子光合指标的有益影响最大,效果最显著。

表4 不同处理下糜子的光合指标

Tab.4 Photosynthetic indexes of broomcorn millet under different treatments

处理	净光合速率 [μmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	蒸腾速率 [mmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	胞间CO <sub>2</sub> 浓度 [μmol/(m <sup>2</sup> ·s)]
B1	17.0bc	3.6c	245.7b
B2	17.6b	3.9b	223.3c
B3	18.5a	4.3a	206.0d
B4	17.3b	3.8b	246.5b
CK	16.2c	3.4d	271.9a

#### 2.4 不同处理对糜子品质指标的影响

由表5可知,不同处理均能够显著改善糜子籽粒的品质,粗蛋白含量与CK相比均有不同程度提高,粗淀粉、粗脂肪含量与CK相比均显著提高。喷施腐植酸叶面肥后糜子粗蛋白含量的变化范围为15.8%~16.4%,B2、B3、B4处理间差异不显著,但显著高于CK、B1,以B3处理最高,比CK高4.5%,籽粒粗蛋白含量依次B3>B2>B4>B1>CK;粗淀粉含量的变化范围为

66.3%~67.5%,B2、B3、B4处理间差异不显著,但显著高于CK、B1,以B2处理最高,比CK高3.8%,粗淀粉含量依次B2>B4>B3>B1>CK;粗脂肪含量的变化范围为3.1%~3.4%,B2、B3处理间差异不显著,但显著高于CK、B1、B4,以B2处理最高,比CK高13.3%,粗淀粉含量依次B2>B3>B4=B1>CK。综上所述, B2处理对糜子品质的有益影响最大,其次为B3处理,且2个处理间无显著差异。

表5 不同处理下糜子的品质指标

Tab.5 Quality indexes of broomcorn millet under different treatments

处理	粗蛋白含量	粗淀粉含量	粗脂肪含量
B1	15.8b	66.3b	3.1b
B2	16.1a	67.5a	3.4a
B3	16.4a	66.8a	3.3a
B4	16.0a	67.4a	3.1b
CK	15.7b	65.0c	3.0c

### 3 讨论与结论

本研究结果表明,适宜浓度腐植酸叶面肥能显著改善糜子农艺性状及产量性状,施用浓度过高或过低对糜子农艺性状、产量性状的改良效果均有不同程度下降。这一结果符合Bertrand生物剂量规律,即适量浓度生物剂量的施用,对植物的生长有促进效应,过量施用则影响植物的生长<sup>[15]</sup>。本研究中

不同腐植酸叶面肥处理间千粒重差异不显著,而穗粒重与产量在不同处理间表现出一致的显著性,穗重也以600倍液腐植酸叶面肥喷施浓度处理的糜子产量增长最为显著,这说明产量提升主要通过穗粒重和穗重来实现。张素梅等<sup>[16]</sup>研究发现,腐植酸主要通过千粒重提高谷子产量,与本研究结果有一定差异,这可能是物种差异引起的。

前人关于腐植酸肥料对不同作物光合指标的

影响不尽相同。刘伟等<sup>[17]</sup>研究认为腐植酸水溶肥可以显著提高小麦的光合速率,降低气孔导度和蒸腾速率。本研究发现不同腐植酸叶面肥喷施处理后糜子的净光合速率与清水对照相比有不同程度提高,蒸腾速率显著提高,胞间CO<sub>2</sub>浓度显著降低。与前人研究结果有相同也有差异,这可能是因为不同作物对腐植酸肥料的响应不同。

前人研究发现腐植酸叶面肥可显著改善作物品质,赵海燕等<sup>[18]</sup>认为喷施腐植酸叶面肥可显著提高小麦籽粒蛋白质含量和湿面筋含量。本研究结果表明不同浓度腐植酸叶面肥喷施处理后糜子的粗蛋白含量与清水对照相比有不同程度提高,粗淀粉和粗脂肪含量显著提高,与前人研究结果一致。

从农艺性状及产量性状上来看,600倍液腐植酸水溶肥喷施浓度处理与清水对照相比可显著提高糜子产量;从光合指标来看,600倍液腐植酸水溶肥喷施浓度处理下的糜子光合指标最好。从品质性状来看,400倍液和600倍液腐植酸水溶肥喷施处理与清水对照相比均能提高籽粒品质,其中400倍液处理表现更好,但是与600倍液处理并没有形成显著差异。综合考虑600倍液喷施处理为最佳方法。本试验为一年结果,仅供参考,如需大面积推广应用尚需继续试验予以验证重现性。

## 参考文献

- [1] 董扬. 糜子萌芽期耐冷种质资源综合评价体系构建[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(21): 82 ~ 89.
- [2] 柴岩, 万富世. 中国小杂粮产业发展报告[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [3] 张盼盼, 冯佰利, 王鹏科, 等. 干旱条件下糜子叶片衰老与保护酶活性变化[J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(2): 99 ~ 103, 108.
- [4] 秦猛, 刘丽华, 郑桂萍, 等. 不同叶面肥及施用时期对水稻穗部性状及产量、品质的影响[J]. 河南农业科学, 2020(9): 20 ~ 26.
- [5] 王苗, 李艳红, 张殿凯, 等. 腐植酸肥料应用研究进展[J]. 应用化工, 2022, 51(7): 2052 ~ 2056.
- [6] 郑继亮. 喷施含腐植酸水溶肥料对棉花生长及产量的影响[J]. 肥料与健康, 2021, 48(1): 34 ~ 35, 60.
- [7] 田媛, 刘卫星, 李丰, 等. 不同叶面肥对芝麻农艺性状和产量结构的影响[J]. 乡村科技, 2020(11): 111 ~ 114.
- [8] 卢环, 王成, 曾玲玲, 等. 施用腐植酸对红小豆生长和产量的影响[J]. 腐植酸, 2022(6): 21 ~ 27.
- [9] 徐际根. 不同叶面肥在水稻上试验效果初报[J]. 栽培与耕作, 2023, 43(1): 93 ~ 95, 100.
- [10] 卢丽娟, 徐曙, 于洪喜, 等. 穗期喷施叶面肥对水稻产量和品质的影响[J]. 大麦与谷类科学, 2020, 37(1): 46 ~ 50.
- [11] 皇甫红芳, 杨富, 李刚. 喷施含腐植酸叶面肥对燕麦产量及品质的影响[J]. 农业科技通讯, 2021(11): 169 ~ 172.
- [12] 国家市场监督管理总局, 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [13] 国家市场监督管理总局, 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准 食品中淀粉的测定: GB 5009.9—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [14] 国家市场监督管理总局, 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 食品安全国家标准 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [15] Djanaguiraman M, Devi D D, Shanker A K, et al. Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence[J]. Plant and Soil, 2005, 272(1 ~ 2): 77 ~ 86.
- [16] 张素梅, 张瑞栋, 李靖涛, 等. 腐植酸钾对谷子产量和品质的影响[J]. 山西农业科学, 2014, 42(9): 968 ~ 970.
- [17] 刘伟, 刘景辉, 萨如拉, 等. 腐植酸水溶肥料对水分胁迫下小麦光合特性及产量的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(3): 196 ~ 200.
- [18] 赵海燕, 甘淳丹, 兰汝佳, 等. 喷施新型腐植酸型叶面肥对小麦旗叶抗氧化和产量及品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 2018, 41(4): 685 ~ 690.