



不同时期喷施腐植酸水溶肥对谷子生长发育的影响

闫 锋¹ 董 扬¹ 赵富阳¹ 侯晓敏¹ 李清泉¹ 赵 蕾¹ 范国权²

1 黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院 齐齐哈尔 161006

2 黑龙江省农业科学院经济作物研究所 哈尔滨 150086

摘 要: 以谷子育成品种“嫩选 18”为试验材料,采用随机区组设计,分别于苗期(S1)、拔节期(S2)、抽穗期(S3)、灌浆期(S4)叶面喷施腐植酸水溶肥(600 倍液),研究其对谷子各生长指标的影响。结果表明:与不喷施腐植酸水溶肥处理(CK)相比,S1、S2 处理可显著提高谷子株高、穗长、茎粗;各喷施时期处理均可显著提高谷子穗重、穗粒重,显著改善光合指标。S1 处理对谷子品质指标影响不显著,随着喷施时期后移,谷子籽粒品质改善效果越显著。与 CK 相比,各处理均可以显著增产,增产幅度为 7.3%~12.5%,但是各处理的增产机理并不一致,S1、S2 处理的增产作用主要是通过增加穗长实现,而 S3、S4 处理的增产作用主要是通过增加千粒重实现。综上,S2 处理增产效果最好且籽粒品质优于 CK。

关键词: 腐植酸水溶肥;谷子;生长发育

中图分类号: TQ444.6, S515 **文章编号:** 1671-9212(2024)03-0021-05

文献标识码: A **DOI:** 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.03.004

Effects of Humic Acid Water-soluble Fertilizer Application at Different Periods on Growth of Foxtail Millet

Yan Feng¹, Dong Yang¹, Zhao Fuyang¹, Hou Xiaomin¹, Li Qingquan¹, Zhao Lei¹, Fan Guoquan²

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

2 Industrial Crops Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, 150086

Abstract: The effects of humic acid water-soluble fertilizer (600 times liquid) on the growth indexes of foxtail millet were studied by using the cultivated foxtail millet variety “Nenxuan 18” as experimental material in a random block design at seedling stage (S1), jointing stage (S2), heading stage (S3) and filling stage (S4), respectively. The results showed that, compared to the treatment without the application of humic acid (CK), the treatment S1 and S2 increased significantly the plant height, ear length and stem diameter of foxtail millet. All fertilizer treatments increased significantly the grain weight, grain weight per ear and the photosynthetic indexes. The effects of the treatment S1 on grain quality indexes was not significant, and the improvement of grain quality was more and more significant with the delay of application period. Compared to CK, the other treatments all could increase significantly the yield with the range from 7.3% to 12.5%, though the yield-increased mechanism of each treatment was not consistent. The treatment S1 and S2 was mainly achieved by increasing the number of grains per spike, while the treatment S3 and S4 was mainly achieved by increasing the thousand grain weight. In conclusion, the treatment S2 exhibited the best yield increase effect and better grain quality than CK.

[基金项目] 国家现代农业产业技术体系资助(项目编号 CARS-07-06B)。

[收稿日期] 2024-01-11

[作者简介] 闫锋,男,1982 年生,副研究员,从事杂粮作物遗传育种工作,E-mail: yanfeng6338817@126.com。

Key words: humic acid water-soluble fertilizer; foxtail millet; growth

谷子 (*Panicum miliaceum* L.) 起源于中国, 种植历史已经超过一万年^[1]。目前, 谷子种植区域主要分布在我国黄河流域以北地区, 近几年种植面积稳定在 150 万公顷左右^[2], 黑龙江谷子种植面积相对较小, 约 5 万公顷, 主要集中在黑龙江中西部地区。干旱是黑龙江中西部地区频发的气象灾害, 多年生产实践证明, 遇到干旱年份谷子仍然可以获得较好的产量, 同时由于谷子生育期短, 也常被当作救灾的作物之一^[3, 4]。目前, 谷子生产上施肥仍以化肥为主, 且过量施肥情况时有发生, 造成土壤盐碱化、板结、肥料利用率低等问题。适度降低化肥投入量, 增施有机底肥或生物质叶面肥对响应国家“双减”政策、减轻环境污染意义重大^[5, 6]。

腐植酸水溶肥作为一种多功能、无公害肥料, 与传统肥料相比, 具有配方多样、吸收率高、速效性等优点^[7]。前人关于腐植酸对不同作物的生物学效应做过大量研究, 并且在红小豆^[8]、甘蓝^[9]、

水稻^[10]、燕麦^[11]等作物上取得了良好的应用效果。但腐植酸水溶肥在谷子上的应用研究较少, 为了明确腐植酸水溶肥对谷子的应用效果, 本研究以谷子新品种“嫩选 18”为对象, 在苗期、拔节期、抽穗期、灌浆期进行喷施处理, 探究不同生育时期腐植酸水溶肥对谷子农艺指标、产量指标和光合指标的影响, 进而明确最佳喷施时期, 为本地区谷子生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2023 年 5 月—9 月在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院农业科技创新园区 (123° 45′ E, 47° 15′ N) 进行。试验地点属于中温带大陆性季风气候, 活动积温为 2900 °C, 5 月—9 月降水量为 387 mm。试验地块的土壤类型为碳酸盐黑钙土, 具体养分状况见表 1。

表 1 供试土壤基础养分含量
Tab.1 Basic nutrient content of tested soil

土层 (cm)	有机质 (g/kg)	全氮 (g/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
0 ~ 20	31.85	1.41	22.70	303.72

1.2 试验材料

供试作物为谷子育成品种“嫩选 18”, 登记编号: GDP 谷子 (2023) 230034。

供试腐植酸水溶肥, 购自潍坊绿科生物科技有限公司, 液体 50 g 袋装 (腐植酸 ≥ 30 g/L、 $N+P_2O_5+K_2O \geq 200$ g/L)。

1.3 试验设计

采取随机区组设计, 共设置 5 个处理, 分别在谷子苗期 (S1)、拔节期 (S2)、抽穗期 (S3)、灌浆期 (S4) 喷施稀释 600 倍的腐植酸水溶肥, 以不喷施腐植酸水溶肥为对照 (CK), 每小区喷液量 300 mL。每个处理小区面积为 19.5 m² (3.9 m × 5 m), 6 行区, 3 次重复, 各处理定植密度均为

40 万株 /hm², 施磷酸二铵 (N-P₂O₅-K₂O 18-46-0) 450 kg/hm² 作为底肥, 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、产量性状指标的测定

于乳熟期在每处理中间 4 行中随机选取 10 株, 测定株高、穗长、穗粗、节数、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

于乳熟期在每处理选取有代表性的植株 10 株, 选晴朗无风天气上午使用 GH-10 型植物光合测定仪 (山东万象环境科技有限公司) 测定倒二叶的净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度, 测定位置



为叶片中部。

1.4.3 品质性状指标的测定

于蜡熟期收取各处理籽粒用于品质指标测定，粗蛋白含量采用凯氏定氮法测定^[12]；粗淀粉含量采用酸水解法测定^[13]；粗脂肪含量采用索氏抽提法测定^[14]。

1.5 数据统计

采用 SPSS 26.0 软件进行数据统计及方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对谷子农艺性状的影响

由表 2 可知，不同处理对谷子农艺性状影响不同。不同生育时期喷施腐植酸水溶肥后，谷子穗粗和节数与 CK 无显著差异。株高的变化范围为 134.8 ~ 140.1 cm，其中 S3、S4 处理与 CK 差异不显著；S2 处理株高最高，显著高于其他处理，

比 CK 高 4.1%；S1 次之。穗长变化范围为 25.2 ~ 26.9 cm，其中 S3、S4 处理与 CK 差异不显著；S2 处理穗长最高，显著高于其他处理，比 CK 高 6.3%；S1 次之。茎粗变化范围为 9.0 ~ 9.9 mm，其中 S3、S4 处理与 CK 差异不显著；S1 处理茎粗最高，显著高于其他处理，比 CK 高 8.8%；S2 次之。

2.2 不同处理对谷子产量性状及产量的影响

由表 3 可知，不同处理对谷子产量性状影响不同。不同生育时期喷施腐植酸水溶肥后，谷子穗重、穗粒重和产量与 CK 相比均显著提高。穗重、穗粒重和产量的变化趋势基本一致，均表现为 S2 处理最高，显著高于其他处理及 CK，而 S1、S3、S4 处理之间差异不显著；各处理的产量较 CK 的增产幅度为 7.3% ~ 12.5%。千粒重的变化趋势与其他几个产量因子不同，S3、S4 处理的千粒重最高，均为 3.4 g，显著高于其他处理及 CK；S1、S2 处理的千粒重与 CK 差异不显著。

表 2 不同处理对谷子农艺性状的影响

Tab.2 Effects of different treatments on agronomic characters of foxtail millet

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	节数	茎粗 (mm)
S1	137.5 ± 8.4b	26.0 ± 1.5b	3.3 ± 0.2a	12.4 ± 0.3a	9.9 ± 0.4a
S2	140.1 ± 6.3a	26.9 ± 1.4a	3.4 ± 0.1a	12.0 ± 0.5a	9.4 ± 0.2b
S3	134.8 ± 7.5c	25.2 ± 0.7c	3.4 ± 0.3a	12.4 ± 0.6a	9.0 ± 0.3c
S4	135.0 ± 4.0c	25.3 ± 1.0c	3.3 ± 0.2a	12.2 ± 0.5a	9.1 ± 0.3c
CK	134.6 ± 5.8c	25.3 ± 0.9c	3.3 ± 0.1a	12.1 ± 0.4a	9.1 ± 0.3c

注：同列不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著，下同。

表 3 不同处理对谷子产量性状及产量的影响

Tab.3 Effects of different treatments on yield characters and yield of foxtail millet

处理	穗重 (g)	穗粒重 (g)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
S1	17.8 ± 1.0b	14.3 ± 0.7b	3.2 ± 0.1b	5655.0 ± 246.1b
S2	18.9 ± 0.7a	15.2 ± 0.5a	3.2 ± 0.1b	5927.6 ± 275.8a
S3	18.0 ± 0.8b	14.5 ± 0.6b	3.4 ± 0.1a	5723.4 ± 202.0b
S4	17.9 ± 0.9b	14.6 ± 0.6b	3.4 ± 0.2a	5779.2 ± 197.4b
CK	17.1 ± 0.6c	13.7 ± 0.4c	3.2 ± 0.1b	5269.1 ± 263.6c

2.3 不同处理对谷子光合指标的影响

由表 4 可知，不同处理均能够显著改善谷子的光合特性。不同生育时期喷施腐植酸水溶肥后，

谷子净光合速率、蒸腾速率均较 CK 显著提高，随着喷施时期后移光合指标改善越显著。谷子净光合速率的变化范围为 16.5 ~ 17.6 μmol/(m²·s)，

其中 S4 处理的净光合速率最高, 显著高于 S1、S2 处理及 CK, 但与 S3 处理之间差异不显著, 比 CK 高 10.0%; 谷子蒸腾速率变化范围为 3.4 ~ 3.9 mmol/(m²·s), 其中 S4 处理蒸腾速率最高,

显著高于 S1、S2 处理及 CK, 但与 S3 处理之间差异不显著, 比 CK 高 25.8%; 谷子胞间 CO₂ 浓度的变化范围为 97.3 ~ 121.7 μmol/(m²·s), 其中 CK 的胞间 CO₂ 浓度最高, 显著高于其他处理。

表 4 不同处理对谷子光合指标的影响

Tab.4 Effects of different treatments on photosynthesis indexes of foxtail millet

处理	净光合速率 [μmol/(m ² ·s)]	蒸腾速率 [mmol/(m ² ·s)]	胞间 CO ₂ 浓度 [μmol/(m ² ·s)]
S1	16.5 ± 0.7c	3.4 ± 0.2c	114.0 ± 5.0b
S2	16.9 ± 0.5b	3.5 ± 0.3b	103.5 ± 4.7c
S3	17.4 ± 0.8a	3.8 ± 0.2a	99.1 ± 3.3d
S4	17.6 ± 0.3a	3.9 ± 0.1a	97.3 ± 3.8d
CK	16.0 ± 0.4d	3.1 ± 0.1d	121.7 ± 5.1a

2.4 不同处理对谷子品质性状的影响

由表 5 可知, 不同处理对谷子品质性状影响不同, 整体表现为随着喷施时期后移品质性状改善越显著。不同生育时期喷施腐植酸水溶肥后, 谷子籽粒粗蛋白含量的变化范围为 10.6% ~ 11.7%, 其中 S2、S3、S4 处理的粗蛋白含量显著高于 CK, 分别比 CK 高 4.8%、8.6%、11.4%; S1 处理籽粒粗蛋白含量与 CK 差异不显著; 各处理籽粒粗蛋白含量依次为 S4 > S3 > S2 > S1 > CK。籽粒粗淀粉含量的变化范围为 64.4% ~ 67.2%, 其中 S3、S4

处理籽粒粗淀粉含量显著高于 CK, 分别比 CK 高 2.5%、4.7%, S1、S2 处理籽粒粗淀粉含量与 CK 差异不显著; 各处理籽粒粗淀粉含量依次为 S4 > S3 > S2 > S1 > CK; S1、S2 处理籽粒粗淀粉含量与 CK 差异不显著。籽粒粗脂肪含量的变化范围为 3.5% ~ 3.9%, 其中 S2、S3、S4 处理籽粒粗脂肪含量显著高于 CK, 分别比 CK 高 2.9%、5.7%、11.4%; S1 处理籽粒粗脂肪含量与 CK 差异不显著, 各处理籽粒粗脂肪含量依次为 S4 > S3 > S2 > S1=CK。

表 5 不同处理对谷子品质性状的影响

Tab.5 Effects of different treatments on quality characters of foxtail millet

%

处理	粗蛋白	粗淀粉	粗脂肪
S1	10.6 ± 0.6d	64.4 ± 3.7c	3.5 ± 0.3d
S2	11.0 ± 0.4c	64.6 ± 3.0c	3.6 ± 0.2c
S3	11.4 ± 0.3b	65.8 ± 2.1b	3.7 ± 0.2b
S4	11.7 ± 0.6a	67.2 ± 4.0a	3.9 ± 0.1a
CK	10.5 ± 0.5d	64.2 ± 2.9c	3.5 ± 0.2d

3 讨论

农艺性状和产量性状是评判谷子对喷施浓度响应最直观的指标, 也是农业生产中最受关注的指标。本研究结果表明, 各处理节数、穗粗较 CK 差异不显著, S1、S2 处理株高、穗长、茎粗较 CK

显著提高, 其中 S2 处理的株高、穗长均显著高于 S1 处理, 而茎粗却显著低于 S1 处理, 这表明在谷子生育早期喷施腐植酸水溶肥有利于增强谷子抗倒伏能力; 随着喷施时期后移, S3、S4 处理对谷子农艺性状的改善作用并不显著, 这可能是因为抽穗期和灌浆期, 谷子的各农艺性状已经固定, 难以



增长。不同生育时期喷施腐植酸水溶肥谷子籽粒产量均高于 CK，但是通过分析试验数据可以发现，不同处理增产效果不同，S1、S2 处理穗长显著高于 CK，而千粒重与 CK 差异不显著，这说明前期喷施腐植酸水溶肥的增产作用主要是通过增加穗长实现的；S3、S4 处理千粒重显著高于 CK，而穗长与 CK 差异不显著，这说明后期喷施的增产作用主要是通过增加千粒重实现的。这与张素梅等^[15]在谷子上的研究结果具有相似性。

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^[16]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。孟丽霞^[17]研究认为，喷施腐植酸叶面肥 30 d 后，烤烟的光合指标与 CK 差异显著。张沁怡等^[18]研究发现，腐植酸肥料可显著提高水稻抽穗期净光合速率、气孔导度及蒸腾速率，降低胞间 CO₂ 浓度。本研究发现不同生育时期喷施腐植酸水溶肥后，谷子的光合指标较 CK 有不同程度地改善，随着喷施时期推移改善效果越显著，这可能是由于腐植酸叶面肥具有速效性，待到乳熟期测定光合指标时，前期喷施处理的肥力效果已经大大减弱。本研究结果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，由于只进行了一年试验且参试谷子品种单一，本研究结果是否具有科学性、普遍性尚需进行后续试验加以验证。

前人研究发现，腐植酸叶面肥可显著改善作物品质。项国栋等^[19]研究发现，腐植酸叶面肥可显著提高甘蓝 Vc、可溶性糖、可溶性固形物含量，并降低硝酸盐含量。董向阳等^[20]认为，腐植酸叶面肥能够显著提高大蒜鳞茎中 Vc 和可溶性蛋白的含量，同时降低硝酸盐含量。本研究结果表明，S3、S4 处理谷子籽粒粗蛋白、粗淀粉、粗脂肪含量均显著高于 CK，与前人研究结果一致。随着喷施时期后移，谷子籽粒品质改善效果越显著，这可能是由于随着喷施时期推移，腐植酸水溶肥肥力主要作用于生殖生长，而前期处理的肥力主要用于营养生长，这点可以由农艺性状和产量性状的结果得以佐证。

4 结论

从增产效果来看，与 CK 相比，不同生育时期喷施腐植酸水溶肥可使谷子显著增产，增产幅度为 7.3% ~ 12.5%，其中拔节期喷施腐植酸水溶肥的增产效果最好且籽粒品质优于 CK。

参考文献

- [1] 刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系 [M]. 北京: 中国农业科学与技术出版社, 2011.
- [2] 刘猛, 刘斐, 赵宇, 等. 河北省杂粮生产现状及生产布局展望 [J]. 农学学报, 2021, 11 (3): 93 ~ 100.
- [3] 马金丰, 李志江, 董晓杰. 黑龙江省谷子机械化精量播种农机农艺配套栽培技术 [J]. 黑龙江农业科学, 2020 (7): 155 ~ 157.
- [4] 董扬. 23 个谷子品种在黑龙江省西部地区的引种试验 [J]. 黑龙江农业科学, 2020 (9): 8 ~ 13.
- [5] 闫锋, 董扬, 赵富阳, 等. 腐植酸叶面肥对谷子农艺性状及理化指标的影响 [J]. 腐植酸, 2023 (5): 43 ~ 47.
- [6] 赵丽洁, 赵海燕, 韩根兰, 等. 氮肥配施有机肥对谷子品质的影响 [J]. 作物杂志, 2023 (6): 224 ~ 232.
- [7] 中华人民共和国农业部. 含腐植酸水溶肥料: NY 1106—2010[S]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [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] 项国栋, 邹德乙. 不同浓度腐植酸叶面肥对甘蓝产量与品质的影响 [J]. 腐植酸, 2017 (2): 37 ~ 40.
- [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 (下转第 41 页)



- [4] 杜鹏祥, 龚建英, 韩雪, 等. 蔬菜废物高温堆肥作为黄瓜育苗基质的生物毒性评估[J]. 北方园艺, 2014(24): 168 ~ 172.
- [5] 匡恩俊, 迟凤琴, 宿庆瑞, 等. 3种腐熟剂促进玉米秸秆快速腐解特征[J]. 农业资源与环境学报, 2014(5): 432 ~ 436.
- [6] 杨笑莹, 辛寒晓, 孙国科, 等. 不同腐熟剂对堆肥腐植酸含量及肥力的影响[J]. 腐植酸, 2021(5): 21 ~ 29.
- [7] Jusoh M L C, Manaf L A, Latiff P A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality[J]. Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering, 2013, 10(1): 17.
- [8] Sun C Y, Wei Y B, Kou J N, et al. Improve spent mushroom substrate decomposition, bacterial community and mature compost quality by adding cellulase during composting[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 299(25): 126928.
- [9] 温国琴. 土壤中纤维素分解菌的分离与产酶条件测定[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版), 2022, 40(2): 106 ~ 108, 151.
- [10] 罗超文. 白星花金龟幼虫与不同菌剂联合处理小麦和玉米秸秆的效果研究[D]. 山东农业大学硕士学位论文, 2023.
- [11] 秦雪丽. 水稻秸秆快速降解的应用基础研究[D]. 浙江大学硕士学位论文, 2019.
- [12] 蔡瑞, 张帅, 崔欣雨, 等. 添加高温堆料对青藏高原羊粪堆肥有机成分降解及酶活性的影响[J]. 中国畜牧兽医, 2022, 49(7): 2831 ~ 2841.
- [13] Kato K, Miura N. Effect of matured compost as a bulking and inoculating agent on the microbial community and maturity of cattle manure compost[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(9): 3372 ~ 3380.
- [14] Tian W, Li L Z, Liu F, et al. Assessment of the maturity and biological parameters of compost produced from dairy manure and rice chaff by excitation-emission matrix fluorescence spectroscopy[J]. Bioresource Technology, 2012, 110: 330 ~ 337.
- [15] Hu T, Wang X, Zhen L, et al. Effects of inoculating with lignocellulose-degrading consortium on cellulose-degrading genes and fungal community during co-composting of spent mushroom substrate with swine manure[J]. Bioresource Technology, 2019, 291: 121876.
- [16] Zhao Y, Zhao Y, Zhang Z, et al. Effect of thermo-tolerant actinomycetes inoculation on cellulose degradation and the formation of humic substances during composting[J]. Waste Management, 2017, 68: 64 ~ 73.
- [17] Jing H, Nengmin Z, Yansheng X, et al. The microbial mechanisms of enhanced humification by inoculation with *Phanerochaete chrysosporium* and *Trichoderma longibrachiatum* during biogas residues composting[J]. Bioresource Technology, 2022, 351: 126973.

(上接第 25 页) 食品中淀粉的测定: GB 5009.9—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

- (上接第 25 页) 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] 张素梅, 张瑞栋, 李靖涛, 等. 腐殖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.
- [16] 刘伟, 刘景辉, 萨如拉, 等. 腐殖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.
- [17] 孟丽霞. 腐殖酸钾对烤烟主要生理指标及钾含量的影响[D]. 云南农业大学硕士学位论文, 2009.
- [18] 张沁怡, 李文蔚, 阳晶, 等. 腐殖酸对水稻剑叶光合特性、必需元素和产量的影响及其相关性研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2015, 30(2): 185 ~ 191.
- [19] 项国栋, 邹德乙. 不同浓度腐殖酸叶面肥对甘蓝产量与品质的影响[J]. 腐殖酸, 2017(2): 37 ~ 40.
- [20] 董向阳, 王翼飞, 余进洋, 等. 含腐殖酸复合肥对大蒜产量和品质的影响[J]. 肥料与健康, 2022, 49(5): 52 ~ 54.