

## 黄腐酸钾对角堇生长及开花特性的影响

何华 李婉 李志敏 李鸣凤\*

武汉生物工程学院 武汉 430345

**摘要:** 以盆栽“果汁冰糕”蓝紫色角堇为试验材料,在常规施肥的基础上,设置5个黄腐酸钾施用量(0、20、40、60和80 mg/盆)处理,研究不同用量黄腐酸钾对盆栽角堇形态指标、光合色素和开花特性的影响,筛选出黄腐酸钾在盆栽角堇上的合理施用量。结果表明,随着黄腐酸钾施用量从0增至40 mg/盆,角堇的株高、分蘖数、叶片面积和单株鲜重均呈显著增加的趋势,增幅分别为33.84%、40.91%、37.60%和25.06%;角堇的叶绿素a含量和类胡萝卜素含量分别显著增加29.27%和36.50%;单朵角堇花面积和单株角堇开花数分别显著增加53.54%和47.95%。黄腐酸钾施用量从0增至60 mg/盆,角堇的花鲜重显著增加90.14%。黄腐酸钾施用量从40 mg/盆增至80 mg/盆,角堇的形态指标和光合色素增幅较小。综上所述,黄腐酸钾在一定的程度上可以促进角堇的生长和开花,从少肥促效角度来看,优先选择黄腐酸钾施用量40 mg/盆为宜。

**关键词:** 黄腐酸钾;角堇;生长;开花

中图分类号: TQ314.1, S682      文章编号: 1671-9212(2024)06-0060-05

文献标识码: A      DOI: 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2024.06.004

Effects of Potassium Fulvate on the Growth and Flowering Characteristics of *Viola cornuta* L.

He Hua, Li Wan, Li Zhimin, Li Mingfeng\*

Wuhan University of Bioengineering, Wuhan, 430345

**Abstract:** In order to screen the most suitable application amount of potassium fulvate for the growth of *Viola cornuta* L., the cultivated variety of “Juice ice cream” with bluish violet was used as the experimental material. Basis on conventional fertilization, five application amounts of potassium fulvate (0, 20, 40, 60, and 80 mg/pot) were used to study the effects of potassium fulvate on morphological indicators, photosynthetic pigments, and flowering characteristics of potted *Viola cornuta* L.. The results showed that as the application amount of potassium fulvate application increased from 0 to 40 mg/pot, the height, tiller number, leaf area and fresh weight of each plant of *Viola cornuta* L. showed a significant increase trend, with increases of 33.84%, 40.91%, 37.60% and 25.06%, respectively. At the same time, the chlorophyll a and carotenoid content of *Viola cornuta* L. significantly increased by 29.27% and 36.50%, respectively. The single flower area and number of flowers per plant significantly increased by 53.54% and 47.95%, respectively. When the application amount of potassium fulvate increased from 0 to 60 mg/pot, the fresh weight of the flowers per plant significantly increased by 90.14%. The application amount of potassium fulvate increased from 40 to 80 mg/pot, and the morphological indicators and photosynthetic pigments of *Viola cornuta* L. showed a relatively small increase. In summary, potassium fulvate could promote the

[基金项目] 湖北省教育厅科学研究计划指导性项目(项目编号 B2022303); 常见蔬菜氮磷钾最佳施肥量及比例研究(校级项目)。

[收稿日期] 2024-07-24

[作者简介] 何华,女,1981年生,副教授,主要从事蔬菜和花卉栽培措施研究。\*通讯作者:李鸣凤,女,讲师/博士, E-mail: 767957740@qq.com。



growth and flowering of *Viola cornuta* L. to a certain extent. The preferred application amount of potassium fulvate was 40 mg/pot, from the perspective of promoting efficiency with less fertilizer.

**Key words:** potassium fulvate; *Viola cornuta* L.; growth; flowering

角堇 (*Viola cornuta* L.) 观赏价值很高, 是非常适合盆栽的花卉, 但是盆栽花卉在种植后期极易发生土壤板结和养分流失等现象, 从而降低其观赏价值。黄腐酸是土壤有机质重要成分之一, 为土壤微生物提供了丰富的养分, 进一步提高了土壤中脲酶、碱性磷酸酶、蔗糖酶、过氧化氢酶活性, 加快了土壤中养分的转化, 有助于土壤团聚体的形成和稳定, 促进金银花对养分的吸收<sup>[1]</sup>。黄腐酸钾具有短碳链分子结构和可溶性较强的特点, 可以促进植物根系生长, 提高根系活力, 从而促进植物对土壤养分和水分的汲取<sup>[2]</sup>。邵晓琪<sup>[3]</sup>研究表明, 施用黄腐酸可以促进菊花花径的增加, 延长花期, 从而提高了菊花的观赏价值。大量黄腐酸钾的研究集中于农作物、水果和蔬菜上<sup>[4~7]</sup>, 在盆花生产上应用研究较少。本研究以盆栽角堇为试验材料, 通过角堇的植物形态指标和开花特征来探索角堇最佳的黄腐酸钾施用量, 为今后黄腐酸钾在角堇生产中的应用提供理论支持, 同时也为角堇施肥提供新思路、新方法。

## 1 材料与方

### 1.1 试验时间和地点

试验时间: 2023年10月2日—12月30日(共90天)。

试验地点: 武汉生物工程学院植物园玻璃温室内。

### 1.2 供试材料

#### 1.2.1 供试植物

角堇, 品种为“果汁冰糕”, 蓝紫色, 花苗购买于武汉维尔福生物科技股份有限公司。

#### 1.2.2 供试盆栽基质

盆栽基质用泥炭土和珍珠岩按4:1的比例配制。

#### 1.2.3 供试肥料

生物有机肥(枯草芽孢杆菌、侧孢短芽孢杆菌, 总有效活菌数 $\geq 0.20$ 亿/克, 有机质 $\geq 40.0\%$ , 来源于河北谷实生物有限公司); 复合肥(N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O: 15-15-15, 来源于雅苒国际有限公司); 矿源黄腐酸钾(腐植酸 $\geq 60\%$ 、黄腐酸 $\geq 55\%$ 、K<sub>2</sub>O $\geq 12\%$ , 来源于郑州银之海化工产品有限公司)。

### 1.3 试验设计

试验设5个处理, 每个处理均为在常规施肥基础上增施黄腐酸钾, 不同处理的黄腐酸钾施用量为: 处理1(T0, 对照), 0 mg/盆; 处理2(T20), 20 mg/盆; 处理3(T40), 40 mg/盆; 处理4(T60), 60 mg/盆; 处理5(T80), 80 mg/盆。盆栽基质用量为1 kg/盆, 常规施肥为生物有机肥5 g/盆和复合肥5 g/盆, 均为花苗移栽前基施; 不同施用量的黄腐酸钾统一定容稀释为250 mL后灌施, 施用时期为花苗移栽后。所有处理除施肥差异外各项管理措施均保持一致。

### 1.4 测定指标和方法

(1) 株高、分蘖数及各部位鲜重的测定: 角堇种植90天后, 测定角堇株高、分蘖数及各部位鲜重。

(2) 叶绿素和类胡萝卜素含量的测定: 角堇种植90天后, 角堇的叶片用剪刀剪碎后加入95%的乙醇于黑暗中萃取, 分别测定665、649和470 nm处的吸光度, 计算叶绿素含量和类胡萝卜素含量(以叶片的鲜重计)。

(3) 开花数的测定: 记录角堇从定植到定植后90天的开花数, 前期仅记录开花数量, 定植90天时记录未开放花苞数和开放花朵数的总和。

(4) 叶面积的测定: 角堇种植90天后, 使用叶面积仪(Yaxin-1241, 雅欣理仪)测定单株角堇所有完全展开的叶片面积。

(5) 花面积的测定: 角堇种植90天后, 使用

叶面积仪 (Yaxin-1241, 雅欣理仪) 测定, 每个处理随机选择 5 朵花测定其单朵花面积。

(6) 花青素的测定: 角堇种植 90 天后, 角堇的花瓣用剪刀剪碎后加入 1 mol/L 盐酸乙醇溶液在 60 °C 水浴反复浸提, 分别测定 530、620 和 650 nm 处的吸光度, 计算花瓣的花青素含量。

花青素的光密度值  $OD_{\lambda} = (OD_{530} - OD_{620}) - 0.1 (OD_{650} - OD_{620})$

花青素含量 (nmol/g) =  $(OD_{\lambda}/\varepsilon) \times (V/m) \times 1000$

式中,  $OD_{\lambda}$  为花青素在 530 nm 处的光密度值,  $\varepsilon$  为花青素的莫尔消光系数  $4.62 \times 10^6$ ,  $V$  为提取液总体积,  $m$  为取样质量, 1000 为计算结果换算成 nmol 的倍数。

### 1.5 数据分析

采用 Excel 和 SPSS17.0 软件进行数据处理与分析, 采用 LSD 法进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 黄腐酸钾对角堇株高和分蘖数的影响

由图 1 可知, 随着黄腐酸钾施用量的增加, 角堇的株高呈现不断增加的趋势。相比 T0 处理, T20 ~ T80 处理后角堇的株高均显著增加, 增长率依次为 23.29%、33.84%、46.91%、52.61%; T80 处理后角堇的株高最高, 达 15.10 cm; T40、T60 和 T80 处理角堇的株高无显著差异。

由图 2 可知, 随着黄腐酸钾施用量的增加, 角堇的分蘖数呈现不断增加的趋势。相比 T0 处理, T20 ~ T80 处理后角堇的分蘖数均显著增加, 增长率依次为 18.18%、40.91%、68.18%、77.27%; T0 与 T40、T60、T80 处理差异达到显著水平; T80 处理后角堇的分蘖数最多 (7.8 个), 与 T60 处理差异不显著, 与 T20、T40 处理差异达到显著水平; T60 与 T40 处理差异不显著, 与 T20 处理差异达到显著水平; T20 和 T40 处理之间无显著差异。

### 2.2 黄腐酸钾对角堇叶片面积和叶片色素的影响

角堇完全展开的叶片面积和叶片色素含量与光合作用效果存在一定联系, 可直观地了解黄腐酸

钾对角堇光合特性的影响。由表 1 可知, 随着黄腐酸钾施用量的增加, 角堇的叶片面积、叶绿素 a 含量和类胡萝卜素含量均呈不断增加的趋势, 而各处理之间叶绿素 b 含量无显著变化。相比 T0 处理, T40 处理后角堇的叶片面积、叶绿素 a 含量和类胡萝卜素含量分别显著增加 37.60%、29.27% 和 36.50%; T40、T60 和 T80 处理后角堇叶片面积、叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和类胡萝卜素含量之间均无显著差异。表明适量增施黄腐酸钾可以增加叶片面积和叶片色素含量, 从而提高角堇的光合效率, 促进角堇生长。

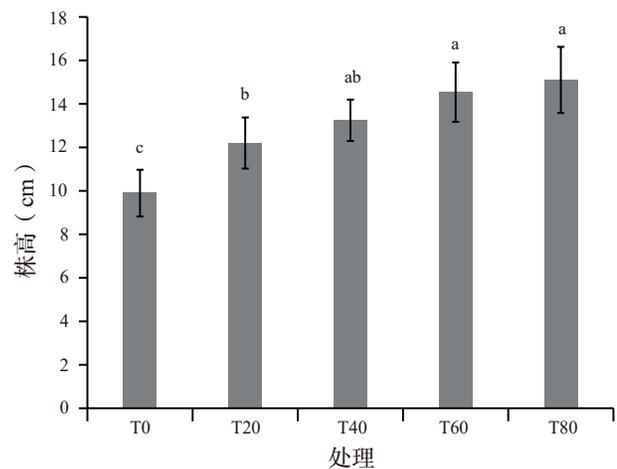


图 1 黄腐酸钾对角堇株高的影响

Fig.1 Effects of potassium fulvate on the plant height of *Viola cornuta* L.

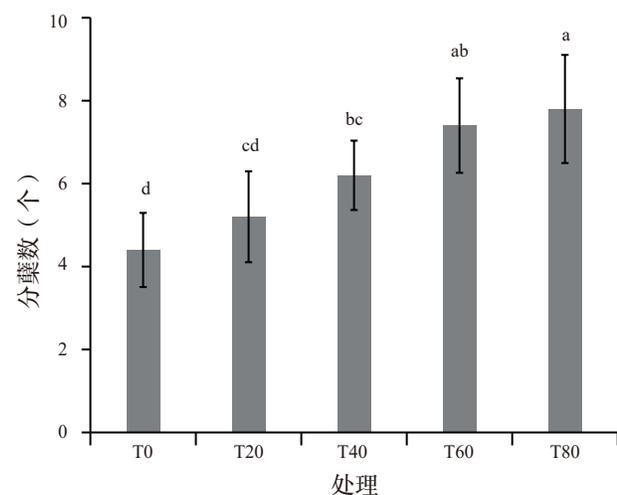


图 2 黄腐酸钾对角堇分蘖数的影响

Fig.2 Effects of potassium fulvate on tiller number of *Viola cornuta* L.



表1 黄腐酸钾对角堇叶片面积和叶片色素的影响

Tab.1 Effects of potassium fulvate on leaf area and leaf pigments of *Viola cornuta* L.

处理	叶片面积 (cm <sup>2</sup> /株)	叶绿素 a (mg/kg)	叶绿素 b (mg/kg)	类胡萝卜素 (mg/kg)
T0	42.87 ± 7.95c	990.72 ± 80.21b	322.14 ± 32.78a	220.70 ± 66.85b
T20	51.42 ± 9.41bc	1193.40 ± 151.44ab	344.41 ± 187.34a	286.73 ± 65.18ab
T40	58.99 ± 8.75ab	1280.69 ± 74.47a	390.27 ± 167.66a	301.26 ± 61.47a
T60	65.39 ± 8.05a	1292.25 ± 120.39a	400.60 ± 125.65a	302.70 ± 24.98a
T80	67.44 ± 11.72a	1285.12 ± 354.80a	400.83 ± 53.32a	314.57 ± 33.47a

### 2.3 黄腐酸钾对角堇开花特征的影响

由表2可知,在单朵花面积方面,相比T0处理,T20~T80处理角堇单朵花面积增长率依次为20.81%、53.54%、59.19%、57.58%;其中,T0与T2处理无显著差异,与T40、T60、T80处理差异均达到显著水平;T60处理角堇单朵花面积最大,与T40、T60、T80处理之间均无显著差异。在开花数方面,随着黄腐酸钾施用量的增加,单株角堇开花数呈现不断增加的趋势,增长率依次为26.94%、47.95%、61.19%、62.10%,T40~T80与T0处理差异达显著水平;其中T80处理的角堇开花数最多,累积可达71朵/株。在花鲜重方面,T0处理与T20和T40处理无显著差异,与T60和T80处理差异达显著水平,但是持续增施黄腐酸钾至T80处理单株角堇花鲜重与T60处理无显著差异。

花青素的存在使花朵表现为红、红紫、紫和蓝色,本研究试验材料为蓝紫色的角堇。由表2还可以看出,随着黄腐酸钾施用量的增加,角堇的花青素含量呈现不断增加的趋势,而花青素含量越高,角堇花朵颜色越深。相比T0处理,T20~T80处理后角堇的花青素含量分别显著增加20.89%、

34.67%、38.22%、40.44%,但T40、T60、T80处理之间角堇花青素含量无显著差异。表明适量增施黄腐酸钾至T40处理,可以通过增加花面积、开花数和花青素含量,从而提高角堇的观赏价值。

### 2.4 黄腐酸钾对角堇各部位鲜重的影响

由表3可知,相比T0处理,黄腐酸钾处理单株鲜重均有增加,T20~T80增长率依次为13.87%、25.06%、44.64%、48.02%;T40、T60、T80处理差异达到显著水平。随着黄腐酸钾施用量的增加,角堇的单株鲜重呈现不断增加的趋势。其中,单株鲜重以T80处理最重,与T60处理差异不显著,与T20、T40处理差异达到显著水平;T60处理与T20、T40处理差异达到显著水平;T20、T40处理之间无显著差异。

由表3还可以看出,相比T0处理,T40处理后角堇根和叶的鲜重分别显著增加35.56%和26.49%;T60处理后角堇茎和花的鲜重分别显著增加21.89%和90.14%;T60和T80处理间角堇根、茎、叶和花的鲜重无显著差异。表明增施黄腐酸钾可以促进角堇的生长,持续增加用量促长效果不明显,因此推荐施用量为40~60mg/盆。

表2 黄腐酸钾对角堇开花特征的影响

Tab.2 Effects of potassium fulvate on flowering characteristics of *Viola cornuta* L.

处理	花面积 (cm <sup>2</sup> /朵)	开花数 (朵/株)	花鲜重 (g/株)	花青素 (nmol/kg)
T0	4.95 ± 0.77b	43.80 ± 12.13b	0.71 ± 0.25b	2.25 ± 0.18c
T20	5.98 ± 0.33b	55.60 ± 10.26ab	0.76 ± 0.22b	2.72 ± 0.19b
T40	7.60 ± 1.29a	64.80 ± 12.32a	0.90 ± 0.21b	3.03 ± 0.39ab
T60	7.88 ± 1.35a	70.60 ± 9.56a	1.35 ± 0.26a	3.11 ± 0.46ab
T80	7.70 ± 0.07a	71.00 ± 16.81a	1.21 ± 0.22a	3.16 ± 0.09a

表3 黄腐酸钾对角堇各部位鲜重的影响

Tab.3 Effects of potassium fulvate on various parts fresh weight of *Viola cornuta* L.

g/株

处理	根鲜重	茎鲜重	叶鲜重	花鲜重	单株鲜重
T0	2.84 ± 0.23c	2.01 ± 0.21b	3.02 ± 0.45b	0.71 ± 0.25b	8.58 ± 0.61c
T20	3.25 ± 0.10bc	2.14 ± 0.14ab	3.62 ± 0.50ab	0.76 ± 0.22b	9.77 ± 0.63bc
T40	3.85 ± 0.50ab	2.16 ± 0.16ab	3.82 ± 0.49a	0.90 ± 0.21b	10.73 ± 0.48b
T60	4.29 ± 0.85a	2.45 ± 0.41a	4.32 ± 0.66a	1.35 ± 0.26a	12.41 ± 1.95a
T80	4.48 ± 0.39a	2.57 ± 0.23a	4.44 ± 0.43a	1.21 ± 0.22a	12.70 ± 0.56a

### 3 讨论与结论

光合作用是植物体内极为重要的代谢过程,叶绿素含量变化直接影响着光合作用的进行。张元等<sup>[8]</sup>研究表明,施用黄腐酸可以提高红花种子的发芽率,促进叶绿素合成。唐登明等<sup>[9]</sup>研究表明,施用黄腐酸后可促进仙客来的叶片生长,提高叶绿素含量,增强光合作用。本试验中,相比T0处理,T40处理角堇叶片面积、叶绿素a含量和类胡萝卜素含量分别显著增加37.60%、29.27%和36.50%,说明黄腐酸钾促进了角堇的光合面积和叶片色素含量的增加,进而有利于提高角堇的光合效率。根系是连接植物和土壤的纽带,对植物的生长发育起着重要作用。张宗彩等<sup>[10]</sup>研究发现,质量浓度40 mg/L的矿源黄腐酸钾可以较好地促进水培绿萝根系和叶的生长。本试验中,相比T0处理,T40处理角堇根鲜重增加35.56%,说明40 mg/盆的矿源黄腐酸钾对可以角堇根系生长具有显著的促进作用。黄腐酸钾肥料的钾具有“品质元素”的称号,对于植物的生殖生长来说显得十分重要。唐登明等<sup>[9]</sup>研究表明,施用黄腐酸可促进仙客来的花蕾数量增加。本试验中,在常规施肥的基础上,相比T0处理,T40处理单朵角堇花面积、单株角堇花朵数和花青素含量均显著增加,表明黄腐酸钾不仅促进了角堇花朵数的增加,还增加了单朵角堇花面积,同时使得蓝紫色角堇花颜色有加深的趋势,观赏价值更高。黄腐酸钾对角堇开花特征影响还呈现出低施用量促进,高施用量不变的趋势。

本试验中,相比T0处理,T40、T60和T80处理角堇根鲜重、茎鲜重、叶鲜重、单株鲜重、株

高、分蘖数均有不同程度的增加。对比T40、T60和T80处理之间角堇的各项生长指标均可有效促进角堇的生长,除花鲜重、单株鲜重和分蘖数外,其他指标均未达到显著差异。综合成本考虑,在常规施肥(生物有机肥5 g/盆和复合肥5 g/盆)基础上,以黄腐酸钾施用量40 mg/盆效果最佳,有利于促进角堇的生长发育,提高其观赏价值。但是,施用黄腐酸钾是否会影响花卉的花期和其他性状还需要进一步研究与验证。

### 参考文献

- [1] 鞠龙泰. 黄腐酸肥料对“华金六号”金银花土壤养分状况及花蕾品质影响的研究[D]. 山东中医药大学硕士学位论文, 2018.
- [2] 谷明轩, 刘凤珍, 孙伟, 等. 黄腐酸通过调控花生根系形态及活力促进幼苗生长[J]. 花生学报, 2023, 52(1): 63 ~ 71.
- [3] 邵晓琪. 腐植酸对菊花两种主要观赏品种形态、生理及花期的调控作用[D]. 河南师范大学硕士学位论文, 2014.
- [4] 俞丹萍, 孙萍, 周坚, 等. 黄腐酸钾作为基肥在葡萄上施用效果的研究[J]. 现代园艺, 2022, 45(18): 1 ~ 3.
- [5] 候小琴, 王莹, 余贝, 等. 黄腐酸钾提高水稻秧苗耐盐性的作用途径分析[J]. 中国水稻科学, 2024, 38(4): 409 ~ 421.
- [6] 段祥坤, 王建玉, 王志鹏. 黄腐酸钾对甜瓜新品系“14-64”养分吸收、分配和产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2023(4): 146 ~ 154.
- [7] 卢运艳, 张广忠, 徐勤政, 等. (下转第89页)



激马铃薯块茎生长和品质方面,与50%、75%和对照(100%不含HA的推荐化肥用量)相比,同时施用HA和100%NPK更有效。

Canellas等和Olivares等综述了HS与植物促生菌在不同作物上混合施用的基本机理和益处,并证明了在田间试验条件下,内生固氮菌与HS混合施用可使玉米增产65%、番茄增产87.1%。这些发现与本研究结果一致。在田间试验条件下,HA和PGPR混合施用效果最好,马铃薯的生长、块茎产量和养分含量提高的最多。此外,本研究结果表明,混合施用(枯草芽孢杆菌OSU-142,巨大芽孢杆菌M3)和HA比单一施用更能有效提高马铃薯产量,这可能与这些菌株具有固定氮和溶解磷的能力以及产生较高水平的IAA,从而促进根系伸长和侧根发育有关。

此外,HS通过诱导根系吸收表面积的增加,特别是侧根的萌发,直接影响植物生长。Olivares等报道了HS和PGPR共同诱导植物形态改变最为突出,包括促进侧根萌发。虽然没有实验数据证明HS和PGPR是否影响叶片叶绿素含量和光合能力,但显然二者的作用方式可能部分归因于N吸收/同化和IAA生长调节植物激素的活性。Canellas等报道,细菌和HA的组合随着HA浓度的增加,净光合速率增加,并且*Herbaspirillum seropedicae*可以在体外产生IAA植物激素。Chi等报道,接种不同种类的PGPR,水稻植株光合速率、气孔导度、蒸腾速率、水分利用效率、旗叶面积均有所增加,IAA和赤霉素等生长调节激素的积累水平也有所提高。因此,将HS和PGPR的益处结合起来,可能会提供更高的植物性能和养分吸收能力,最终使植物长势良好、健壮和健康。

本研究中,M3OSUH400处理对马铃薯生长、块茎产量和品质的影响最大,株高增加71.7%,

块茎重量增加118.8%,工业用块茎产量提高294.3%,块茎总产量提高140.3%,块茎长增加35.1%,块茎比重增加1.31%,块茎干物质、淀粉和蛋白质含量分别提高18.3%、24.6%和48.6%。另一方面,与对照相比,M3OSUH600处理对提高块茎中P、K、Mg、Fe、Zn、Mn等养分含量也最有效,分别提高了82.1%、51.1%、79.3%、90.2%、69.4%和91.6%。

许多研究也报道了PGPR和HA对不同作物生长、养分吸收和产量的协同效应。Baldatto等证明,菠萝的生长受到*Burkholderia*菌株的影响,与未接种的植株相比,该菌株与HA混合施用可进一步提高植株的茎、根生物量和养分含量。本研究结果与上述研究以及Schoebitz等的研究结果一致,微生物菌群和HA混合施用增加了蓝莓植株对N和K的吸收和生长,与对照相比,茎干重增加了50%,根干重增加了43%。

#### 4 结论

综上所述,芽孢杆菌菌株和HA混合施用可促进马铃薯植株生长,提高块茎大小、重量和品质,显著提高马铃薯产量。尽管对照处理的块茎总产量较低(28.3 t/ha),但混合施用使马铃薯产量增加了约140%,这与芽孢杆菌菌株和单施HA处理的增产幅度相当。在HA存在的情况下,马铃薯植株对细菌接种反应显示出更高的稳定性和一致性,这表明HA是一种有前途的生物技术工具,能够改善马铃薯的生长性能并增强其对田间条件的适应能力。

#### 致谢和参考文献(略)

译自: *Sustainability*, 2019, 11: 3417。

(上接第64页)矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施在番茄上的应用效果[J].腐植酸,2023(3):46~50.

[8] 张元,冯琼,杨小方,等.黄腐酸对盐胁迫下红花种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].河南农业科学,2015,44(11):24~27.

[9] 唐登明,于永军.黄腐酸对仙客来生长及花蕾形成的影响[J].江苏农业科学,2014,42(12):233~234.

[10] 张宗彩,肖朋,高进华,等.矿源黄腐酸钾对水培绿萝生根发芽影响的研究[J].肥料与健康,2021,48(3):67~71.