



# 矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施对大棚草莓产量和品质的影响

周 丽<sup>1, 2</sup> 高进华<sup>1, 2, 3</sup> 解学仕<sup>1, 2</sup> 宋 艳<sup>1, 2</sup> 吴文涛<sup>1, 2</sup> 王婷婷<sup>1, 2</sup> 曾希柏<sup>1</sup>

1 史丹利农业集团股份有限公司 临沂 276700

2 山东省绿色肥料技术创新中心 临沂 276700

3 蚯蚓测土实验室(山东)有限公司 临沂 276700

**摘 要:** 为改进草莓施肥技术, 优化其施肥结构和用量, 开展了矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施在大棚草莓种植中的应用效果试验。结果表明, 在植株生长指标方面, 与对照(CK)相比, T1 处理(添加 10% 矿源黄腐酸钾+40% 鱼蛋白)、T2 处理(添加 10% 矿源黄腐酸钾+20% 鱼蛋白)、T3 处理(添加 10% 矿源黄腐酸钾+10% 鱼蛋白)、T4 处理(添加 10% 矿源黄腐酸钾)的株高均表现出良好的增长效果, 显著增加 11.82% ~ 6.42%。在产量方面, 与 CK 相比, T1 ~ T4 处理分别显著增产 40.31%、27.91%、23.67% 和 13.16%, T1 处理最佳。在果实品质方面, 与 CK 相比, T1 ~ T4 处理均有利于改善草莓品质, T1 ~ T3 处理均显著优于 T4 处理, 以 T1 处理改善品质效果最佳, 可溶性固形物含量、总糖度、糖酸比、Vc 含量分别显著增加 21.85%、1.28 个百分点、52.78%、4.92%, 总酸度显著降低 0.20 个百分点。综合分析, 矿源黄腐酸钾和鱼蛋白配施不仅可促进草莓生长发育, 还可提高草莓产量和品质。

**关键词:** 矿源黄腐酸钾; 鱼蛋白; 草莓; 产量; 品质

**中图分类号:** TQ444.6<sup>+</sup>3, S668.4 **文章编号:** 1671-9212(2025)03-0043-06

**文献标识码:** A **DOI:** 10.19451/j.cnki.issn1671-9212.2025.03.006

## Effects of Mineral Potassium Fulvate Coupled with Fish Protein on the Yield and Quality of Greenhouse Strawberries

Zhou Li<sup>1, 2</sup>, Gao Jinhua<sup>1, 2, 3</sup>, Xie Xueshi<sup>1, 2</sup>, Song Yan<sup>1, 2</sup>, Wu Wentao<sup>1, 2</sup>, Wang Tingting<sup>1, 2</sup>, Zeng Xibai<sup>1</sup>

1 Stanley Agricultural Group Co. Ltd., Linyi, 276700

2 Shandong Green Fertilizer Technology Innovation Center, Linyi, 276700

3 Q In Soil Texting Lab (Shandong) Co. Ltd., Linyi, 276700

**Abstract:** In order to improve the fertilization technology of strawberry and optimize the fertilization structure and amount, the application effect of mineral potassium fulvate (MPF) and fish protein (FP) in the cultivation of greenhouse strawberries was investigated. The results showed that, compared with the control (CK), T1 treatment (the addition of 10% MPF coupled with 40% FP), T2 treatment (the addition of 10% MPF coupled with 20% FP), T3 treatment (the addition of 10% MPF coupled with 10% FP), T4 treatment (the addition of 10% MPF) all showed good growth-promoting effects in terms of strawberry plant height, with a significant increase of 11.82% ~ 6.42%. Compared with CK, the strawberry yields of T1 ~ T4 treatments were significantly increased by 40.31%, 27.91%, 23.67% and 13.16%, respectively.

[基金项目] 国家重点研发计划项目: 黑土地抗干旱冷害减灾增效关键技术与示范—辽西丘陵区耕地地力与抗干旱能力协同提升关键技术与示范(项目编号 2023YFD1500704); 山东省泰山产业领军人才项目: 耕地健康保育投入品的研制与应用(项目编号 TSRC202306091)。

[收稿日期] 2025-01-03

[作者简介] 周丽, 女, 1980 年生, 高级工程师, 主要从事新型肥料研究开发及肥效试验研究, E-mail: zhouli@shidanli.cn。

T1 treatment was the best. Compared with CK, T1 ~ T4 treatments were beneficial to improve the strawberry quality, and T1 ~ T3 treatments better than T4 treatment, among which the T1 treatment had the most prominent effect on improving the quality, the soluble solids content, total sugar degree, sugar-acid ratio, Vc content significantly increased by 21.85%, 1.28 percentage points, 52.78%, 4.92%, respectively, and the total acidity decreased significantly by 0.20 percentage points. Comprehensive analysis showed that the co-application of MPF and FP could not only promote the growth and development of strawberry, but also improve the yield and quality of strawberry.

**Key words:** mineral potassium fulvate; fish protein; strawberry; yield; quality

草莓 (*Fragaria ananassa* Duch.) 果实水分充盈, 营养丰富, 享有“水果皇后”的美誉。在农业现代化进程加速、经济和科技协同发展的新时代, 大棚种植已成为草莓规模化、高效化生产的必然趋势<sup>[1]</sup>。作为高附加值经济作物, 草莓的产量与品质直接影响种植效益, 而肥料的科学合理施用是实现高产优质目标的关键技术环节<sup>[2]</sup>。

生物刺激素作为一类新型功能性农业投入品, 在促进作物生长、提升作物产量、改善农产品品质等方面发挥着重要作用, 涵盖腐植酸类<sup>[3]</sup>、氨基酸类、海藻酸类、壳寡糖类、鱼蛋白类<sup>[4~6]</sup>等。其中, 黄腐酸是腐植酸中分子量更小、活性更好、更容易被作物吸收的组分, 具有改良土壤结构、提高肥料利用率、增强作物抗性、促进作物生长、改善作物品质等作用; 矿源黄腐酸钾作为黄腐酸的钾盐形态, 其促根抗逆、提质增产的效果得到普遍认可, 因此广泛应用于农业生产<sup>[7, 8]</sup>。鱼蛋白作为一类新型生物刺激素, 近年来已成为农业领域研究的新热点<sup>[9]</sup>。然而, 鲜有将矿源黄腐酸钾和鱼蛋白组合应用研究。基于此, 本研究开展了矿源黄腐酸钾单独施用或与鱼蛋白配施对草莓产量和品质的田间试验, 探究不同配比组合的应用效果, 以期优化草莓施肥技术、提升产业效益提供理论依据与实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试肥料

矿源黄腐酸钾为市售产品, 购于河南黑色生态科技有限公司, 其腐植酸含量 55%, 黄腐酸含量 53%, 氧化钾含量 150 g/L, pH 9.9。

鱼蛋白为市售产品, 液体, 其腐植酸含量 201 g/L, 游离氨基酸含量 119 g/L, 酸溶蛋白含量 240 g/L, 低聚肽含量 235 g/L, 氮含量 80 g/L, 磷含量 13 g/L, 钾含量 28 g/L, 氯含量 8.0 g/L, 有机质含量 390 g/L, pH 7.1, 购于纷享鲜农业科技(山东)集团有限公司。

纯硫基复合肥 (18-18-18)、平衡型大量元素水溶肥 (19-19-19)、高钾型大量元素水溶肥 (13-7-40), 均由史丹利农业集团股份有限公司生产提供。

### 1.2 供试作物

草莓, 品种为“丰香”。

### 1.3 试验设计

试验地点: 山东省临沂市临沭县史丹利测土配方试验基地温室大棚。该大棚种植年限为 10 年, 大棚体长 70 m、宽 7 m、脊高 3 m, 土壤类型为潮土。施肥前进行基础土样的采集并对供试土壤的基本理化性质进行了检测, 结果见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性状

Tab.1 Basic physical and chemical properties of the tested soil

| 有机质<br>(g/kg) | 碱解氮<br>(mg/kg) | 速效磷<br>(mg/kg) | 速效钾<br>(mg/kg) | pH   | 交换性酸<br>(cmol/kg) | 电导率<br>(mS/cm) | 容重<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 全盐量<br>(g/kg) |
|---------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------|----------------|----------------------------|---------------|
| 11.31         | 99.7           | 60.6           | 155.9          | 7.21 | 1.10              | 0.50           | 1.50                       | 4.12          |



大棚草莓采用起垄栽培方式，垄长 12 m，垄距 0.8 m，垄顶宽 0.4 m；每垄种 2 行草莓，行距 0.2 m，株距 0.2 m，单垄定植 120 株，每亩合计定植 6000 株，于 2024 年 8 月 9 日进行幼苗移栽。

试验采用随机区组设计，以每两垄作为一个小区，各小区间采用地膜防渗隔离。试验设 5 个处理，每个处理 3 次重复。各处理按配方添加量配置成有机水溶肥，试验处理方案见表 2。

表 2 试验处理方案  
Tab.2 Test treatment scheme

| 处理        | 配方添加量 (%) |     | 腐植酸含量<br>(g/L) |
|-----------|-----------|-----|----------------|
|           | 矿源黄腐酸钾    | 鱼蛋白 |                |
| 对照 (CK)   | 0         | 0   | 0              |
| 处理 1 (T1) | 10        | 40  | 136.0          |
| 处理 2 (T2) | 10        | 20  | 95.4           |
| 处理 3 (T3) | 10        | 10  | 75.3           |
| 处理 4 (T4) | 10        | 0   | 55.2           |

2024 年 8 月 9 日，施用底肥纯硫基复合肥，用量为 20 kg/667 m<sup>2</sup>；后续分别于 9 月 6 日、27 日和 10 月 15 日（间隔 20 天左右），分 3 次冲施不同配比的矿源黄腐酸钾和鱼蛋白有机水溶肥，每次用量为 5 L/667 m<sup>2</sup>。日常冲肥管理：9 月 16 日，开始冲施平衡型大量元素水溶肥，每隔 15 天冲施 1 次，冲施 2 次后，与高钾型大量元素水溶肥交替冲施，后期全部冲施高钾型大量元素水溶肥。具体冲施顺序为：平衡、平衡、高钾、平衡、高钾、高钾、高钾。其中，平衡型大量元素水溶肥共计冲施 3 次，高钾型大量元素水溶肥共计冲施 4 次，每次用量均为 5 kg/667 m<sup>2</sup>。

1.4 指标测定

1.4.1 生长指标测定

茎粗：开花坐果期之前，9 月 10 日左右现蕾期，在每个小区随机选取 10 株草莓植株，采用游标卡尺分别测量茎粗（茎基部靠近地面的部位）。

株高：采用直尺测量从草莓植株基部与土壤表面的交界处至植株的最高点（一般为生长点或最高叶片的顶端）的垂直距离，每株测量 3 次，取平均值。

单叶鲜重：9 月底 10 月初，果实膨大期，采用精度为 0.01 g 的电子天平称量叶鲜重。选取具有代表性的草莓叶片（一般在植株中间部分选取，尽

量保证所采叶片的生长状态一致，以减少误差），从叶柄基部完整剪下，保证叶片完整，随机选取多个叶片进行称量，计算单叶鲜重。

叶绿素相对含量（SPAD 值）：9 月底 10 月初，果实膨大期，采用 SPAD-502Plus 叶绿素含量测定仪进行 SPAD 值测量，每个小区随机选取 10 株草莓功能叶进行原位测量，每个叶片测量 3 次，取平均值。

单株结果数及单果重：随机选取 20 株草莓，统计各株已经成熟、正在发育以及即将成熟的果实总数，再除以样本数量，得到草莓单株结果数的平均值；然后选取一部分具有代表性的果实进行称重，计算出平均单果重。

单株产量：拉秧后统计每个处理的实际单株产量。

1.4.2 品质指标测定

10 月 28 日，采收第一穗果，并对果实品质指标进行测定。

可溶性固形物含量：采用 PAL-1 手持式数显糖度计测定。

总糖度：采用斐林试剂法测定。

总酸度：按照 GB/T 12456—2008《食品中总酸的测定》标准测定，计算糖酸比。

Vc 含量：采用 2, 6- 二氯酚酚滴定法测定。

### 1.5 数据分析

采用 Excel 2010 软件进行数据整理, 采用 SPSS19.0 软件进行方差分析和显著性 ( $P < 0.05$ ) 分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施对草莓生长发育的影响

由表 3 可知, 在草莓株高方面, 与 CK 相比, T1 ~ T4 处理的株高均呈现显著增长态势, 分别显著增加 11.82%、10.81%、10.1% 和 6.42%, 且 T1 ~ T3 处理表现显著优于 T4 处理。在草莓茎粗、单叶鲜重、SPAD 值方面, T1 ~ T4 处理与 CK 相比均无显著差异, 且 T1 ~ T4 处理间也无显著差异。

### 2.2 矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施对草莓品质的影响

由表 4 可知, 在草莓可溶性固形物含量方面,

与 CK 相比, T1 ~ T4 处理均有显著提高, 以 T1 处理表现最好, 比 CK 显著增加 21.85%; T2 和 T3 处理次之, 二者与 T1、T4 处理间有显著差异, 但 T2、T3 处理间无显著差异。总糖度指标变化与可溶性固形物含量表现一致, 总酸度表现则相反。具体来看, 与 CK 相比, T1 ~ T4 处理的总糖度显著增加 0.11 ~ 1.28 个百分点, 总酸度显著降低 0.10 ~ 0.20 个百分点。在草莓糖酸比和 Vc 含量方面, 与 CK 相比, T1 ~ T3 处理分别显著增加 38.48% ~ 52.78%、2.39% ~ 4.92%, T4 处理与 CK 无显著差异。综合各项指标来看, 单独施用矿源黄腐酸钾或与鱼蛋白配施都有利于改善草莓品质, 显著提升草莓甜度, 二者配施处理 (T1 ~ T3 处理) 表现均显著优于单独施用黄腐酸钾 (T4 处理); 其中, T1 处理在提高草莓甜度、改善口感效果最为突出, 使草莓在风味和营养品质上均达到最佳水平。

表 3 不同处理对草莓生长发育的影响

Tab.3 Effects of different treatments on growth and development of strawberry

| 处理 | 株高 (cm)       | 茎粗 (cm) | 单叶鲜重 (g)     | SPAD 值        |
|----|---------------|---------|--------------|---------------|
| CK | 29.60 ± 0.29c | 0.82a   | 6.30 ± 0.05a | 62.10 ± 0.11a |
| T1 | 33.10 ± 0.02a | 0.83a   | 6.80 ± 0.07a | 64.50 ± 0.12a |
| T2 | 32.80 ± 0.05a | 0.83a   | 6.60 ± 0.21a | 64.20 ± 0.05a |
| T3 | 32.60 ± 0.08a | 0.82a   | 6.50 ± 0.10a | 64.10 ± 0.03a |
| T4 | 31.50 ± 0.07b | 0.82a   | 6.30 ± 0.12a | 64.00 ± 0.04a |

注: 同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同。

表 4 不同处理对草莓品质的影响

Tab.4 Effects of different treatments on quality of strawberry

| 处理 | 可溶性固形物 (%)    | 总糖度 (%)      | 总酸度 (%)      | 糖酸比    | Vc (mg/100 g)  |
|----|---------------|--------------|--------------|--------|----------------|
| CK | 9.20 ± 1.19d  | 7.17 ± 1.21d | 0.90 ± 0.21d | 7.90d  | 68.56 ± 12.02d |
| T1 | 11.21 ± 1.12a | 8.45 ± 1.18a | 0.70 ± 0.18a | 12.07a | 71.93 ± 11.32a |
| T2 | 10.83 ± 1.10b | 7.92 ± 1.04b | 0.70 ± 0.04b | 11.31b | 70.20 ± 10.67b |
| T3 | 10.66 ± 1.10b | 7.66 ± 1.05b | 0.70 ± 0.03b | 10.94c | 70.26 ± 10.55c |
| T4 | 10.53 ± 1.12c | 7.28 ± 1.03c | 0.80 ± 0.02c | 9.10d  | 69.19 ± 10.36d |

### 2.3 矿源黄腐酸钾与鱼蛋白配施对草莓产量的影响

由表 5 可知, 在单株结果数方面, 与 CK 相比, 仅 T1 处理表现出显著差异, 较 CK 显著增加

18.75%。在草莓的单果重方面, 与 CK 相比, T1 ~ T4 处理分别显著增加 18.15%、13.69%、9.93% 和 6.51%, 但 T1 和 T2 处理间差异不显著。在单株产



量方面，与 CK 相比，T1 ~ T4 处理分别显著增产 40.31%、27.91%、23.67% 和 13.16%，且 T1 处理单株产量最高，较其他处理差异均显著，T2 和 T3 处理间差异不显著。综合单果重和单株产量，矿源黄腐酸钾单独使用或与鱼蛋白配施均对草莓产量提

升具有促进作用，且二者配施增产效果更好；其中 T1 处理单果最重，单株产量最高，与 CK 相比，增产幅度高达 40.31%，比单独施用黄腐酸钾增产 23.98%，表明二者配施处理在提高草莓单株产量方面具有更突出的优势。

表 5 不同处理对草莓产量的影响  
Tab.5 Effects of different treatments on yield of strawberry

| 处理 | 单株结果数 (个)      | 单果重 (g)       | 单株产量 (g)        | 折合产量 (kg/ 亩)      | 增产率 (%) |
|----|----------------|---------------|-----------------|-------------------|---------|
| CK | 16.00 ± 0.10b  | 29.20 ± 0.05d | 467.20 ± 73.01d | 2803.20 ± 171.54d | —       |
| T1 | 19.00 ± 0.20a  | 34.50 ± 0.07a | 655.50 ± 56.61a | 3933.00 ± 134.62a | 40.31   |
| T2 | 18.00 ± 0.20ab | 33.20 ± 0.21a | 597.60 ± 45.92b | 3585.60 ± 131.32b | 27.90   |
| T3 | 18.00 ± 0.10ab | 32.10 ± 0.10b | 577.80 ± 38.98b | 3466.80 ± 137.54b | 23.65   |
| T4 | 17.00 ± 0.20ab | 31.10 ± 0.10c | 528.70 ± 43.24c | 3172.20 ± 167.75c | 13.16   |

3 结果与讨论

从草莓生长发育上看，与 CK 相比，T1 ~ T4 处理的株高分别显著增加 11.82%、10.81%、10.13% 和 6.42%，T1 ~ T3 处理的表现显著优于 T4 处理；在草莓的茎粗、单叶鲜重、SPAD 值上，各处理间均无显著差异。从草莓品质上看，T1 处理的可溶性固形物含量、总糖度、糖酸比和 Vc 含量均显著优于 CK，其中，可溶性固形物含量显著增加 21.85%、总糖度显著增加 1.28 个百分点、总酸度显著降低 0.20 个百分点、糖酸比显著增加 52.78%、Vc 含量显著增加 4.92%。从草莓产量上看，矿源黄腐酸钾单独施用或和鱼蛋白配施均具有增产效果，且二者配施增产效果更好；与 CK 相比，T1 ~ T4 处理分别显著增产 40.31%、27.91%、23.67% 和 13.16%，其中 T1 处理单果最重，单株产量最高，与其他处理差异均显著，增产效果最好，应用前景广阔，值得推广。综合考虑草莓果实外观、产量和品质指标，矿源黄腐酸钾单独施用或和鱼蛋白配施均有利于促进草莓的生长发育，且二者配施效果更优。特别是 T1 处理，在优化果实外观、提升营养风味及显著增产方面表现卓越，不仅大幅提升了草莓商品价值，更展现出良好的应用前景，具备较高的推广价值。

已有研究表明，施用黄腐酸钾或鱼蛋白在草莓种植中展现出独特的应用潜力。杨小奎<sup>[10]</sup>研究发现，黄腐酸钾能够显著提高草莓各个器官对氮素的征调能力，且与无机肥配施有利于提高草莓的单果重和产量。本试验中，单独施用黄腐酸钾可使草莓单株产量和亩产量提高 13.16%，果实品质指标也优于对照，且可溶性固形物含量、总糖度、总酸度与 CK 差异达显著水平。丛汝霞<sup>[11]</sup>通过对比研究发现，黄腐酸钾与鱼蛋白对草莓产量影响差异不显著，但鱼蛋白在改善草莓品质上更具优势。翟晓芳等<sup>[12]</sup>研究表明，鱼蛋白肥料可以使草莓糖度提高 11.11 个百分点，同时产量提高 12.93%，且随着鱼优蛋白施用量的增加，促进作用增强。谷旭琳<sup>[13]</sup>的研究进一步表明，鱼蛋白肥料不仅可以促进温室草莓生产苗根系发达，提高光合作用，促进草莓生长，有利于花芽分化，草莓叶片翠绿发亮，病害减少，果型好，还能促使果实提早成熟 5 天左右，而且草莓品质大幅度改善，糖度提高 1 个百分点以上，适口性好，同时产量提高 18%。本试验创新性地将黄腐酸钾与鱼蛋白配施，使草莓糖度提高了 1.28 个百分点，单株结果数提高了 18.75%，产量增加了 40.31%，显著优于谷旭琳<sup>[13]</sup>和翟晓芳等<sup>[12]</sup>单独施用鱼蛋白肥料，充分说明二者协同作用通过互补增效机制，全面促进植物的生长发育，实现提

