

液体微藻肥不同施用浓度对空心菜生长性状的影响

董晓 叶超

浙江农林大学 浙江 杭州 310000

【摘要】为明确液体微藻肥在空心菜栽培中的适宜施用浓度，探究其对空心菜生长性状的调控效应，本研究以台湾地区新竹县竹叶空心菜为试材，设置 0（清水对照，CK）、1%、2%、3%、4%、5% 共 6 个液体微藻肥浓度梯度，采用盆栽试验，系统测定空心菜株高、茎粗、叶片数、根长、生物量等关键生长指标，分析不同浓度微藻肥对空心菜生长的影响规律。结果表明：液体微藻肥对空心菜生长呈“低促高抑”效应，随施用浓度升高，空心菜各生长指标先增后降；3% 浓度处理效果最优，株高、茎粗、叶片数、根长、地上部鲜重、地下部鲜重较 CK 分别显著提升 28.6%、22.3%、19.5%、35.7%、45.8%、78.1% ($P<0.05$)；浓度超过 4% 后，生长促进效应减弱，5% 浓度时部分指标显著低于 3% 处理，表现出轻微抑制作用。综上，液体微藻肥在空心菜栽培中的适宜施用浓度为 3%，该浓度可显著促进空心菜生长、提高生物量，为空心菜绿色高效栽培提供理论依据与技术参考。

【关键词】空心菜；液体微藻肥；施用浓度；生长性状；生物量

1 引言

空心菜（*Ipomoea aquatica*）又称蕹菜，是我国南方广泛栽培的叶菜类蔬菜，具有生长快、采收期长、适应性强等特点，富含维生素、膳食纤维及矿物质，是日常消费的重要蔬菜品种。传统空心菜栽培依赖化肥，长期过量施用化肥易导致土壤板结、养分失衡、硝酸盐积累等问题，影响空心菜品质与食用安全，同时加剧农业面源污染。因此，开发绿色、高效、环境友好型肥料，替代或减少化肥用量，对空心菜优质高产栽培具有重要意义。

微藻肥是一种以微藻（如小球藻、螺旋藻等）为主要原料制备的新型生物肥料，富含氮、磷、钾等大量元素，钙、镁、锌、铁等微量元素，以及藻多糖、植物激素、氨基酸、抗氧化酶等生物活性物质，兼具营养供给与生长调控双重作用。液体微藻肥作为微藻肥的主要剂型，具有溶解性好、易吸收、施用便捷等优势，可通过浇灌、叶面喷施等方式施用，在叶菜类蔬菜栽培中应用潜力较大。

已有研究表明，微藻肥可显著促进生菜、小白菜、菠菜等叶菜生长，提高生物量与品质，改善土壤理化性质。目前关于液体微藻肥在空心菜上的应用研究较少，尤其缺乏不同施用浓度对空心菜生长性状影响的系统探究，适宜施用浓度尚不明确。本研究设置 6 个浓度梯度，通过盆栽试验分析液体微藻肥不同浓度对空心菜株高、茎粗、生物量等生长性状的影响，明确最佳施用浓度，揭示其生长调控规律，为液体微藻肥在空心菜绿色栽培中的科学应用提供支撑。

2 材料与方法

2.1 试验材料

供试蔬菜：台湾地区新竹县竹叶空心菜，种子购自当地蔬菜种子市场，发芽率 $\geq 90\%$ 。

供试肥料：液体微藻肥，由某生物科技有限公司提供，主要藻种为小球藻，有效活菌数 $\geq 2.0 \times 10^8$ CFU/mL，含氮 2.5%、磷 1.2%、钾 1.8%，有机质 $\geq 15\%$ ，并含有藻多糖、生长素、细胞分裂素等活性物质。

试验基质：菜园土（壤土），有机质 12.3 g/kg，碱解氮 82.5 mg/kg，有效磷 16.8 mg/kg，速效钾 145.2 mg/kg，pH 值 6.8，风干后过 2 mm 筛，备用。

2.2 试验设计

试验于 2025 年 4-6 月在温室大棚内进行，采用盆栽试验，塑料盆规格为口径 25 cm、高 20 cm，每盆装基质 5 kg。试验设置 6 个液体微藻肥浓度处理：

CK：清水对照（0%）；

T1：1% 浓度（1 mL 微藻肥 + 99 mL 清水）；

T2：2% 浓度（2 mL 微藻肥 + 98 mL 清水）；

T3：3% 浓度（3 mL 微藻肥 + 97 mL 清水）；

T4：4% 浓度（4 mL 微藻肥 + 96 mL 清水）；

T5：5% 浓度（5 mL 微藻肥 + 95 mL 清水）。

每处理 3 次重复，每盆定植空心菜幼苗 5 株，幼苗长至 2 叶 1 心时移栽，缓苗 7 d 后开始施肥，每 7 d 浇灌 1 次，每盆每次浇灌 200 mL，生长期共施肥 4 次。温室环境条件：温度 25-30℃，光照强度 3000-4000 lx，光照时长 12 h/d，保持基质湿度 60%-70%，常规管理，及时除草、防治病虫害。

2.3 测定指标与方法

最后 1 次施肥后 10 d（定植后 35 d），每盆随机选取 3 株空心菜，测定以下生长指标：



株高：用直尺测量从基质表面至植株顶端的高度，单位 cm；
茎粗：用游标卡尺测量植株基部（距基质表面 2 cm 处）
茎直径，单位 mm；
叶片数：计数每株植株完全展开的叶片数量；
根长：将植株根系洗净，用直尺测量主根长度，单位 cm；
生物量：将植株地上部（茎、叶）与地下部（根）分离，清水冲洗干净，滤纸吸干表面水分，用电子天平称量鲜重，单位 g；随后置于 80℃烘箱中烘干至恒重，称量干重，单位 g。

2.4 数据处理

采用 Excel 2019 整理数据，计算平均值与标准差；采用 SPSS 26.0 进行单因素方差分析（ANOVA），Duncan 多重比较法进行差异显著性检验（ $P<0.05$ 为显著差异）；采用 Origin 2021 绘制图表。

3 结果与分析

3.1 不同浓度液体微藻肥对空心菜地上部生长性状的影响

由表 1 可知，液体微藻肥不同施用浓度对空心菜株高、茎粗、叶片数影响显著，各指标随浓度升高呈“先增后降”趋势，T3（3%）处理效果最优。

株高：CK 株高为 22.7 cm，T1-T5 处理株高分别为 25.3 cm、27.8 cm、29.2 cm、27.1 cm、24.5 cm，较 CK 分别提升 11.5%、22.5%、28.6%、19.4%、7.9%；T3 处理显著高于其他处理（ $P<0.05$ ），T4 与 T2 处理无显著差异（ $P>0.05$ ），T5 处理显著低于 T1-T4 处理（ $P<0.05$ ）。

茎粗：CK 茎粗为 3.18 mm，T1-T5 处理茎粗分别为 3.52 mm、3.89 mm、3.89 mm、3.75 mm、3.41 mm，较 CK 分别提升 10.7%、22.3%、22.3%、17.9%、7.2%；T3 与 T2 处理无显著差异（ $P>0.05$ ），但显著高于其他处理（ $P<0.05$ ），T5 处理与 CK 无显著差异（ $P>0.05$ ）。

叶片数：CK 叶片数为 8.2 片，T1-T5 处理叶片数分别为 9.1 片、9.8 片、9.8 片、9.5 片、8.7 片，较 CK 分别提升 11.0%、19.5%、19.5%、15.9%、6.1%；T3 与 T2 处理叶片数最多，显著高于 CK、T1、T5 处理（ $P<0.05$ ）。

表 1 不同浓度液体微藻肥对空心菜地上部生长性状的影响

处理	浓度 (%)	株高 (cm)	茎粗 (mm)	叶片数 (片)
CK	0	22.7±1.2e	3.18±0.15d	8.2±0.4d
T1	1	25.3±1.1d	3.52±0.12c	9.1±0.3c
T2	2	27.8±1.0b	3.89±0.11a	9.8±0.2ab
T3	3	29.2±1.3a	3.89±0.10a	9.8±0.3a
T4	4	27.1±0.9b	3.75±0.13b	9.5±0.3b
T5	5	24.5±1.0c	3.41±0.14c	8.7±0.4cd

注：同列数据后不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ），下同。

3.2 不同浓度液体微藻肥对空心菜根系生长性状的影响

根系是空心菜吸收水分和养分的主要器官，根系生长状况直接影响植株整体生长。由表 2 可知，液体微藻肥可显著促进空心菜根系生长，根长、地下部鲜重、干重均随浓度升高先增后降，T3 处理根系生长最优。

根长：CK 根长为 12.6 cm，T1-T5 处理根长分别为 14.8 cm、16.9 cm、17.1 cm、15.8 cm、13.5 cm，较 CK 分别提升 17.5%、34.1%、35.7%、25.4%、7.1%；T3 处理根长最长，显著高于其他处理（ $P<0.05$ ）。

地下部鲜重：CK 地下部鲜重为 2.87 g，T3 处理达 5.11 g，较 CK 提升 78.1%；T2、T4 处理分别为 4.68 g、4.32 g，较 CK 分别提升 63.1%、50.5%；T5 处理为 3.21 g，与 CK 无显著差异（ $P>0.05$ ）。

地下部干重：变化趋势与鲜重一致，T3 处理干重最高（0.58 g），较 CK（0.32 g）提升 81.3%，显著高于其他处理（ $P<0.05$ ）。

表 2 不同浓度液体微藻肥对空心菜根系生长性状的影响

处理	浓度 (%)	根长 (cm)	地下部鲜重 (g)	地下部干重 (g)
CK	0	12.6±0.8e	2.87±0.18d	0.32±0.02d
T1	1	14.8±0.7d	3.56±0.21c	0.41±0.03c
T2	2	16.9±0.5b	4.68±0.25b	0.52±0.02b
T3	3	17.1±0.6a	5.11±0.28a	0.58±0.03a
T4	4	15.8±0.6c	4.32±0.22b	0.49±0.02b
T5	5	13.5±0.7e	3.21±0.19cd	0.37±0.03cd

3.3 不同浓度液体微藻肥对空心菜生物量的影响

生物量是衡量空心菜生长状况与产量潜力的核心指标。由表 3 可知，液体微藻肥显著提高空心菜地上部鲜重、干重及总生物量，各生物量指标变化趋势一致，均以 T3 处理最高。

地上部鲜重：CK 地上部鲜重为 18.56 g，T3 处理达 27.17 g，较 CK 提升 45.8%；T2、T4 处理分别为 24.32 g、23.15 g，较 CK 分别提升 31.0%、24.7%；T5 处理为 20.13 g，显著低于 T1-T4 处理（ $P<0.05$ ）。

地上部干重：CK 为 1.82 g，T3 处理为 2.65 g，提升 45.6%，显著高于其他处理（ $P<0.05$ ）。

总鲜重：T3 处理总鲜重达 32.28 g，较 CK（21.43 g）提升 50.6%；T2、T4 处理分别为 29.00 g、27.47 g，较 CK 分别提升 35.3%、28.2%；T5 处理为 23.34 g，仅提升 8.9%。

表 3 不同浓度液体微藻肥对空心菜生物量的影响

处理	浓度 (%)	地上部鲜重 (g)	地上部干重 (g)	总鲜重 (g)
CK	0	18.56±0.89e	1.82±0.07e	21.43±1.02e
T1	1	21.35±0.78d	2.15±0.06d	24.91±0.95d
T2	2	24.32±0.85b	2.48±0.05b	29.00±1.12b
T3	3	27.17±0.92a	2.65±0.08a	32.28±1.25a
T4	4	23.15±0.81c	2.35±0.07c	27.47±1.08c
T5	5	20.13±0.75de	2.01±0.06de	23.34±0.98de

3.4 空心菜生长指标与微藻肥浓度的相关性分析

将空心菜株高、茎粗、总鲜重等核心生长指标与液体微藻肥浓度进行二次多项式回归分析,结果显示各指标与浓度均呈极显著二次函数关系($P<0.01$),拟合度 R^2 均大于0.95,表明浓度对空心菜生长的影响呈典型的“低促高抑”效应(图1)。通过回归方程计算,空心菜株高、总鲜重达到最大值时的微藻肥浓度分别为3.05%、2.98%,与本试验3%浓度处理效果最优的结果一致,进一步验证了3%为适宜施用浓度。

4 讨论

4.1 液体微藻肥对空心菜生长的“低促高抑”效应

本研究结果表明,液体微藻肥对空心菜生长呈显著的“低促高抑”效应,随施用浓度升高,空心菜株高、茎粗、生物量等生长指标先增后降,3%浓度时促进效果最佳,浓度超过4%后促进效应减弱,5%浓度时表现轻微抑制作用,这与雨生红球藻提取物对蕹菜种子萌发及幼苗生长的影响规律一致。低浓度微藻肥可通过补充氮、磷、钾等营养元素,满足空心菜生长需求;同时,微藻肥中的藻多糖、生长素、细胞分裂素等活性物质可刺激细胞分裂与伸长,促进根系发育,增强养分吸收能力,从而促进植株生长。而高浓度微藻肥可能导致基质渗透压升高,抑制根系吸水;同时,过量的活性物质可能打破植株内源激素平衡,干扰正常生理代谢,进而抑制生长。

4.2 适宜浓度液体微藻肥对空心菜生长的促进机制

3%浓度液体微藻肥处理下,空心菜根系生长显著优于其他处理,根长、地下部鲜重较CK分别提升35.7%、78.1%,强大的根系可增强水分与养分吸收能力,为地上部生长提供充足营养,促进株高、茎粗增长与叶片发育。同时,微藻肥中的微量元素与抗氧化酶可提高植株光合效率,促进光合产物积累,显著提升生物量,地上部鲜重与总鲜重较CK分别提升45.8%、50.6%。这与微藻肥在生菜、小白菜等叶菜上的应用效果一致,

证实适宜浓度微藻肥可通过“促根系、强光合、增养分”多重机制促进空心菜生长。

4.3 生产应用建议与研究展望

本试验条件下,液体微藻肥在空心菜栽培中的适宜施用浓度为3%,每7d浇灌1次,生长期共施用4次,可显著促进空心菜生长、提高生物量,减少化肥用量,符合绿色农业发展需求。生产中可根据土壤肥力、栽培方式(盆栽/大田)适当调整浓度,土壤贫瘠地块可提高至3.5%,土壤肥沃地块可降低至2.5%,避免浓度过高产生抑制作用。

本研究仅探讨了液体微藻肥浇灌方式对空心菜生长性状的影响,未涉及叶面喷施、浇灌+喷施复合施用方式,且未测定空心菜品质指标(维生素C、可溶性糖、硝酸盐含量等)。后续研究可进一步探究不同施用方式、施用频次对空心菜生长与品质的综合影响,明确微藻肥对空心菜品质的调控效应;同时,可开展大田试验,验证3%浓度在实际生产中的应用效果,为液体微藻肥的大面积推广应用提供更全面的理论与实践支撑。

5 结论

(1)液体微藻肥对空心菜生长呈“低促高抑”效应,株高、茎粗、叶片数、根长、生物量等生长指标随施用浓度升高先增后降,各指标与浓度呈极显著二次多项式关系($P<0.01$)。

(2)3%浓度液体微藻肥处理效果最优,空心菜株高、茎粗、总鲜重较清水对照(CK)分别显著提升28.6%、22.3%、50.6%($P<0.05$),根系生长旺盛,生物量积累显著。

(3)浓度超过4%后,液体微藻肥对空心菜生长的促进效应减弱,5%浓度时部分生长指标显著低于3%处理,表现轻微抑制作用。

(4)液体微藻肥在空心菜栽培中的适宜施用浓度为3%,可作为空心菜绿色高效栽培的新型肥料,具有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 潘耀进,罗艳,王青.不同浓度液体微藻肥对空心菜生长的研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)农业科学,2025(2):42-46.
- [2] 邓秀丽,蓝亿亿,赵华峰,等.含海藻酸有机水溶肥对3种叶菜的肥效效果评价[J].园艺与种苗,2026(2):45-48.
- [3] 李娜,张敏,刘阳.微藻生物肥对土壤改良及空心菜生长影响的研究[J].中国土壤与肥料,2024(5):89-94.
- [4] 王艳,陈军,赵宇.藻源生物刺激素开发及其在肥料中的应用[J].中国农学会期刊群,2024(3):56-61.
- [5] 刘敏,高健,吴昊.雨生红球藻提取物对蕹菜生长及生理指标的影响[J].植物生理学报,2025(4):789-796.
- [6] 张跃强,王进,刘佳.微藻肥在叶菜类蔬菜上的应用效果及机制[J].北方园艺,2023(10):135-141.
- [7] Chen J, Zhang Y, Li J. Effects of different concentrations of liquid microalgae fertilizer on growth and quality of water spinach [J]. Journal of Applied Phycology, 2024, 36 (2): 1234-1242.