

# 尾菜沼液对上海青生长及品质的影响

王 燕, 李纯斌\*

甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2024年5月23日; 录用日期: 2024年7月11日; 发布日期: 2024年7月29日

## 摘 要

以“四月慢”上海青为试验材料, 研究了不同浓度高原夏菜尾菜沼液对上海青生长性状和品质的影响, 以为沼液的资源化利用提供科学依据。试验表明: 上海青各处理在不同生育期的株高、单株鲜质重、根重、茎粗相较于对照组CK均有提高。幼苗期单株鲜质重在T4、T5处理上显著高于CK, 对比CK分别增加了120.18%、105.88%, 不同处理间均不存在显著差异。成长期不同处理对上海青株高、单株鲜质重、根重、茎粗均显著提高, T4处理单株鲜质重、根重、茎粗显著高于CK, 分别提高了109.50%、142.79%、41.11%; T5处理在株高、单株鲜质重、根重、茎粗均显著提高, 分别较CK提高了30.98%、111.30%、113.94%、41.07%。成熟期上海青株高、单株鲜质重、根重、茎粗随着尾菜沼液浓度的降低呈先增加后减少的趋势, 株高、单株鲜质重、根重、茎粗均在T5时达到最大, 较CK分别提高24.61%、129.91%、138.75%、48.86%, 除株高外, 单株鲜质重、根重、茎粗处理间均存在显著差异。叶绿素含量对比CK都有所提高, 相较于CK, T1到T6处理分别增加36.04%、37.67%、43.02%、38.77%、57.97%和28.12%, 不同的处理在叶绿素总含量上不存在显著差。随着沼液浓度的降低, 维生素C含量先升高后降低, T2至T6维生素C含量均显著高于CK, 分别提高了27.58%、44.85%、67.75%、73.56%、51.72%。CK处理可溶性糖含量最低, T5最高, T5对比CK增加了10.65%, 不同处理在可溶性糖含量上存在显著性差异。硝酸盐含量随着沼液浓度的降低而降低, 与CK相比, T6处理显著降低了12.61%。综合比较发现, 本试验中T5 (1:15)处理效果最佳, 由此表明, 沼液施用不仅可以改善上海青品质, 而且可以大量消纳沼液, 但在沼液施用时需要合理选择沼液的用量。

## 关键词

尾菜沼液, 上海青, 生长发育, 品质

# Effects of Tail Vegetable Biogas Slurry on Growth and Quality of Shanghai Cabbage

Yan Wang, Chunbin Li\*

College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu

\*通讯作者。

文章引用: 王燕, 李纯斌. 尾菜沼液对上海青生长及品质的影响[J]. 植物学研究, 2024, 13(4): 462-468.  
DOI: 10.12677/br.2024.134049

## Abstract

“April Slow” Shanghai cabbage was used as the experimental materials, we studied the effect of different concentrations of highland summer vegetable Biogas Slurry on the growth and quality of Shanghai cabbage, with a view to providing a scientific basis for the resource utilisation of biogas slurry. The experiment showed that the plant height, fresh mass weight, root weight and stem thickness of Shanghai cabbage in different fertility periods were improved compared with CK. Seedling fresh weight was significantly higher than that of CK in T4 and T5, with an increase of 120.18% and 105.88% respectively compared with CK, and there was no significant difference between different treatments. Different treatments during the growth period significantly increased the plant height, fresh mass weight, root weight and stem thickness of Shanghai cabbage, T4 was significantly higher than CK in fresh mass weight, root weight and stem thickness, which increased by 109.50%, 142.79% and 41.11%; T5 was significant in plant height, fresh mass weight, root weight and stem thickness, which respectively increased by 30.98%, 111.30%, 113.94% and 41.11%. At maturity, the plant height, fresh mass weight, root weight and stem thickness of Shanghai cabbage showed a trend of increasing and then decreasing with the reduction of the concentration of biogas slurry, and the plant height, fresh mass weight, root weight and stem thickness of Shanghai cabbage reached the maximum at T5, which increased by 24.61%, 129.91%, 138.75% and 48.86%, respectively compared with that of CK, except the plant height, there were significant differences in the fresh mass weight, root weight and stem thickness. Chlorophyll content was increased in all the treatments compared to CK, T1 to T6 treatments increased by 36.04%, 37.67%, 43.02%, 38.77%, 57.97%, and 28.12%, and there was no significant difference between treatments in total chlorophyll content. As the concentration of biogas slurry decreased, vitamin C first increased and then decreased, T2 to T6 vitamin C were significantly higher than CK, increased by 27.58%, 44.85%, 67.75%, 73.56% and 51.72%. The CK had the lowest soluble sugar content, and T5 had the highest, and T5 had an increase of 10.65% comparing with CK. There was a significant difference. Nitrate content decreased with the decrease of the concentration of the digestate, and compared with CK, T6 treatment significantly decreased by 12.61%. Comprehensive comparison showed that T5 (1:15) had the best effect in this experiment, which indicated that the application of biogas slurry can not only improve the quality of Shanghai cabbage, but also can consume a large amount of this, but the amount of this needs to be selected reasonably when applying the biogas slurry.

## Keywords

Tail Vegetable Biogas Slurry, Shanghai Cabbage, Growth, Quality

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高原夏菜特色农业产业已成为兰州市农村经济的重要支柱产业, 在调整农业种植结构、增加农民收入、为推动农村发展起到了很大作用[1]。随着农业产业结构调整步伐的推进, 2022 年全市蔬菜种植面积累计达到 94.7 万亩, 产量达到 215.06 万吨, 同时导致尾菜废弃物不断增加, 规模化、集约化的种植使

得尾菜废弃物在局限的空间聚集,产生大量农业污染物,造成病毒、真菌的传播,甚至引起传染性疾病。因此找到快速、简便、无害化的方式处理尾菜,成为提高蔬菜产业健康发展、资源化解解决农业固体废弃物、保护生态环境迫切需要解决的问题。

尾菜含水率高( $\geq 90\%$ ),有机物和营养成分丰富,非常适宜厌氧消化处理,可以为产地尾菜提供高性能处理。沼液作为农业污染物厌氧发酵的产物,如果不经处理直接排放,超过土地承载力的极限,会严重污染周边土壤和水体等,还可能导致农业温室气体的排放增加,沼液含氮、磷、钾、锌、铁等多种的大量元素、微量元素及有机质,这些物质满足了植物生长需要,其速效性强、养分可利用率高,病原微生物的存活量少[2],目前最主要的沼液利用方式就是沼液肥用,如何安全、高效利用沼液,增加其肥效功能,建成农业和种植循环可持续发展道路,是未来沼液农用的重点突破方向。目前对高原夏菜尾菜沼液的研究报道不多,本研究通过不同浓度高原夏菜尾菜沼液对上海青的种植试验,探索不同浓度高原夏菜尾菜沼液对上海青生长性状和品质的影响,以期为沼液的资源化利用提供科学依据,拓展尾菜沼液农田消纳途径,构建“尾菜处理 + 沼肥回用 + 生态种植”的特色循环链,实现农业绿色发展和尾菜集约化处理利用良性循环。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 位置及供试材料研究区概况

试验地点位于兰州市榆中县定远镇镇蒋家营村试验田( $103.96^{\circ}\text{E}$ ,  $36.01^{\circ}\text{N}$ , 海拔: 1707 m)。日光充足,干旱少雨,年平均气温  $6.6^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 140 d 左右,年降水量 300~400 mm,多集中在 7~9 月,蒸发量 1343.1 毫米。年日照时数 2562.5 小时。土壤类型为黄绵土, pH 值为 8.32,具有较低的全氮、有效磷和速效钾含量。

### 2.2. 试验材料

供试上海青品种为四月慢,种子来源于甘肃省武威市祥林种苗有限责任公司。供试沼液由兰州新苏生态能源有限公司提供,该沼气工程使用高原夏菜尾菜作为主要发酵原料,沼液经过 40 天的曝气静置处理,并使用 4 层纱布过滤。沼液原液的理化性质包括 pH 值为 7.78,全磷含量 0.531 g/L,全氮含量 1.037 g/L,有机质含量 10.43 g/L。

### 2.3. 试验方法

试验设置一个对照组(CK)和六个不同沼液浓度的处理组,每个处理重复 3 次: T1 (沼液:水 = 1:3)、T2 (沼液:水 = 1:6)、T3 (沼液:水 = 1:9)、T4 (沼液:水 = 1:12)、T5 (沼液:水 = 1:15)和 T6 (沼液:水 = 1:18)。

试验小区净面积为  $20\text{ m}^2$  ( $4\text{ m} \times 5\text{ m}$ ),各小区为独立的滴灌单元,小区间设田埂,田埂宽 0.25 m、高 0.25 m,株间距和行间距均为 20 cm,覆盖塑料薄膜作为隔离以防渗漏,试验区周围保留宽 1.5 m 以上的保护行。所有处理按照每  $667\text{ m}^2$  施用腐熟的有机肥 2000 kg、三元复合肥 20 kg 作基肥,上海青追肥量以当地农民的习惯施用量为准,灌溉施肥时间与农户灌溉施肥时间一致,每次的灌溉量上限为 90% FC。

### 2.4. 测定项目与方法

试验于 2023 年 8 月 17 日开始,2023 年 10 月 7 日结束,在上海青的各生育期分别采样,并测定上海青的生长性状(株高、单株鲜质重、根重、茎粗、叶绿素)及品质(维生素 C、硝酸盐、可溶性糖)。株高、茎粗、生物量、根重用标准尺和电子天平测定。采用分光光度法(NY/T 3082-2017)测定叶绿素。采用 2,6-二氯酚酚滴定法(GB/T 6195-1986)测定维生素 C。紫外分光光度法(NY/T 1279-2007)测定硝酸盐。采用铜

还原碘量法(NY/T 1278-2007)测定可溶性糖。

2.5. 数据分析

采用 Excel 2010 进行数据整理, 以及基于 TOPSIS 法的综合评价指标评价排序, 采用 SPSS24.0 软件进行实验数据统计分析, 采用 OriginPro 2021b 软件作图。

3. 结果与分析

3.1. 不同尾菜沼液浓度对上海青生长性状的影响

由表 1 可知, 上海青各处理在不同生育期的株高、单株鲜质重、根重、茎粗相较于对照组 CK 均有提高。幼苗期 T4、T5 处理的单株鲜质重显著高于 CK, 相较于 CK, 分别增加了 120.18%、105.88%, 不同处理间均不存在显著性差异。成长期不同处理在株高、单株鲜质重、根重、茎粗对比 CK 均显著提高, T4 处理在单株鲜质重、根重、茎粗上显著高于 CK, 分别提高了 109.50%、142.79%、41.11%; T5 处理在株高、单株鲜质重、根重、茎粗均显著提高, 对比 CK 分别提高了 30.98%、111.30%、113.94%、41.07%。

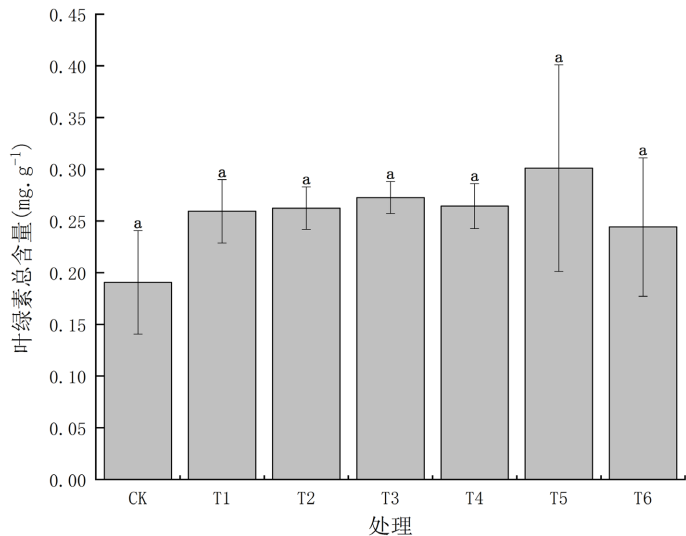
Table 1. Effects of different concentrations of tail vegetable biogas slurry on the growth of Shanghai cabbage  
表 1. 不同尾菜沼液浓度对上海青生长的影响

| 生育期 | 处理 | 株高(cm)                     | 单株鲜质重(g)                    | 根重(g)                     | 茎粗(mm)                    |
|-----|----|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 幼苗期 | CK | 9.34 ± 0.86 <sup>a</sup>   | 2.14 ± 0.87 <sup>b</sup>    | 0.048 ± 0.05 <sup>b</sup> | 2.704 ± 1.50 <sup>b</sup> |
|     | T1 | 9.35 ± 1.76 <sup>a</sup>   | 4.00 ± 1.88 <sup>ab</sup>   | 0.13 ± 0.08 <sup>ab</sup> | 3.70 ± 0.69 <sup>ab</sup> |
|     | T2 | 10.04 ± 0.75 <sup>a</sup>  | 4.25 ± 1.07 <sup>ab</sup>   | 0.13 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 3.76 ± 0.52 <sup>a</sup>  |
|     | T3 | 10.05 ± 1.79 <sup>a</sup>  | 4.20 ± 1.75 <sup>ab</sup>   | 0.13 ± 0.08 <sup>ab</sup> | 3.82 ± 1.09 <sup>a</sup>  |
|     | T4 | 10.11 ± 1.31 <sup>a</sup>  | 4.72 ± 2.01 <sup>a</sup>    | 0.15 ± 0.11 <sup>a</sup>  | 3.94 ± 0.49 <sup>a</sup>  |
|     | T5 | 9.77 ± 2.45 <sup>a</sup>   | 4.41 ± 1.86 <sup>ab</sup>   | 0.19 ± 0.04 <sup>ab</sup> | 4.30 ± 0.65 <sup>a</sup>  |
|     | T6 | 9.67 ± 2.57 <sup>a</sup>   | 4.04 ± 2.33 <sup>ab</sup>   | 0.13 ± 0.09 <sup>ab</sup> | 3.48 ± 0.65 <sup>ab</sup> |
| 成长期 | CK | 14.14 ± 0.96 <sup>b</sup>  | 11.5 ± 1.91 <sup>d</sup>    | 0.41 ± 0.14 <sup>c</sup>  | 5.26 ± 1.1 <sup>b</sup>   |
|     | T1 | 14.34 ± 1.04 <sup>b</sup>  | 12.91 ± 0.87 <sup>cd</sup>  | 0.54 ± 0.12 <sup>c</sup>  | 5.45 ± 0.82 <sup>b</sup>  |
|     | T2 | 15.50 ± 1.58 <sup>b</sup>  | 14.67 ± 3.31 <sup>cd</sup>  | 0.51 ± 0.19 <sup>c</sup>  | 6.05 ± 1.75 <sup>ab</sup> |
|     | T3 | 15.98 ± 1.31 <sup>b</sup>  | 16.17 ± 3.18 <sup>bc</sup>  | 0.61 ± 0.18 <sup>bc</sup> | 6.93 ± 2.1 <sup>ab</sup>  |
|     | T4 | 16.46 ± 2.21 <sup>ab</sup> | 24.09 ± 5.87 <sup>a</sup>   | 1.01 ± 0.33 <sup>a</sup>  | 7.43 ± 0.62 <sup>a</sup>  |
|     | T5 | 18.52 ± 0.93 <sup>a</sup>  | 24.30 ± 3.58 <sup>a</sup>   | 0.89 ± 0.17 <sup>a</sup>  | 7.43 ± 0.71 <sup>a</sup>  |
|     | T6 | 16.30 ± 2.78 <sup>ab</sup> | 19.94 ± 2.11 <sup>ab</sup>  | 0.83 ± 0.18 <sup>ab</sup> | 7.08 ± 1.04 <sup>ab</sup> |
| 成熟期 | CK | 15.89 ± 1.96 <sup>b</sup>  | 25.31 ± 7.89 <sup>d</sup>   | 1.12 ± 0.38 <sup>c</sup>  | 7.79 ± 0.88 <sup>b</sup>  |
|     | T1 | 18.07 ± 2.23 <sup>ab</sup> | 34.58 ± 11.05 <sup>cd</sup> | 1.44 ± 0.32 <sup>bc</sup> | 8.65 ± 1.89 <sup>b</sup>  |
|     | T2 | 18.34 ± 1.84 <sup>ab</sup> | 43.71 ± 8.74 <sup>bc</sup>  | 1.77 ± 0.76 <sup>bc</sup> | 8.62 ± 1.88 <sup>b</sup>  |
|     | T3 | 18.45 ± 2.35 <sup>ab</sup> | 47.78 ± 7.66 <sup>ab</sup>  | 1.93 ± 0.67 <sup>b</sup>  | 9.13 ± 1.51 <sup>b</sup>  |
|     | T4 | 18.50 ± 1.63 <sup>ab</sup> | 47.85 ± 13.61 <sup>ab</sup> | 1.91 ± 0.54 <sup>b</sup>  | 9.06 ± 1.8 <sup>b</sup>   |
|     | T5 | 19.80 ± 2.71 <sup>a</sup>  | 58.19 ± 15.42 <sup>a</sup>  | 2.67 ± 1.08 <sup>a</sup>  | 11.6 ± 2.6 <sup>a</sup>   |
|     | T6 | 16.21 ± 3.1 <sup>b</sup>   | 36.99 ± 10.2 <sup>bcd</sup> | 1.49 ± 0.4 <sup>bc</sup>  | 7.83 ± 0.74 <sup>b</sup>  |

注：表中不同小写字母代表处理间差异显著(P < 0.05), 下同)。

成熟期上海青株高、单株鲜质重、根重、茎粗随着尾菜沼液浓度的降低呈现先增加后减少的趋势,株高、单株鲜质重、根重、茎粗均在 T5 时达到最大,对比 CK,分别提高 24.61%、129.91%、138.75%、48.86%,除株高外,单株鲜质重、根重、茎粗在不同处理间均有显著性差异。

由图 1 可知,施用尾菜沼液后,上海青中叶绿素含量相比于 CK 都有所提高,T1 到 T6 处理叶绿素含量(mg/g)平均值分别为 0.2593、0.2624、0.2726、0.2645、0.3011、0.2442,较 CK 分别增加 36.04%、37.67%、43.02%、38.77%、57.97%和 28.12%,T5 处理含量最高,不同的处理在叶绿素总含量上不存在显著差。



**Figure 1.** Effect of different concentrations of tail vegetable biogas slurry on the total chlorophyll content of Shanghai cabbage

**图 1.** 不同尾菜沼液浓度对上海青叶绿素总含量的影响

### 3.2. 不同尾菜沼液浓度对上海青品质的影响

由图 2 可知,不同尾菜沼液浓度对上海青品质都有显著影响。随着尾菜沼液浓度的降低,维生素 C 含量呈先升高后降低的趋势,对比 CK,T2 至 T6 处理的维生素 C 含量均显著升高,分别提高了 27.58%、44.85%、67.75%、73.56%、51.72%,T5 处理最优(图 2(a))。可溶性糖以 T5 处理最高,CK 最低,T5 对比 CK 增加了 10.65%,可溶性糖含量不同的处理间有差异显著(图 2(b))。上海青硝酸盐含量随着沼液浓度的降低而降低,CK、T1、T2、T3、T4、T5、T6 在硝酸盐含量(mg/kg)的均值分别为 311.30、288.95、288.53、286.95、280.32、277.83、272.06,与 CK 相比,T6 处理显著降低了 12.61% (图 2(c))。

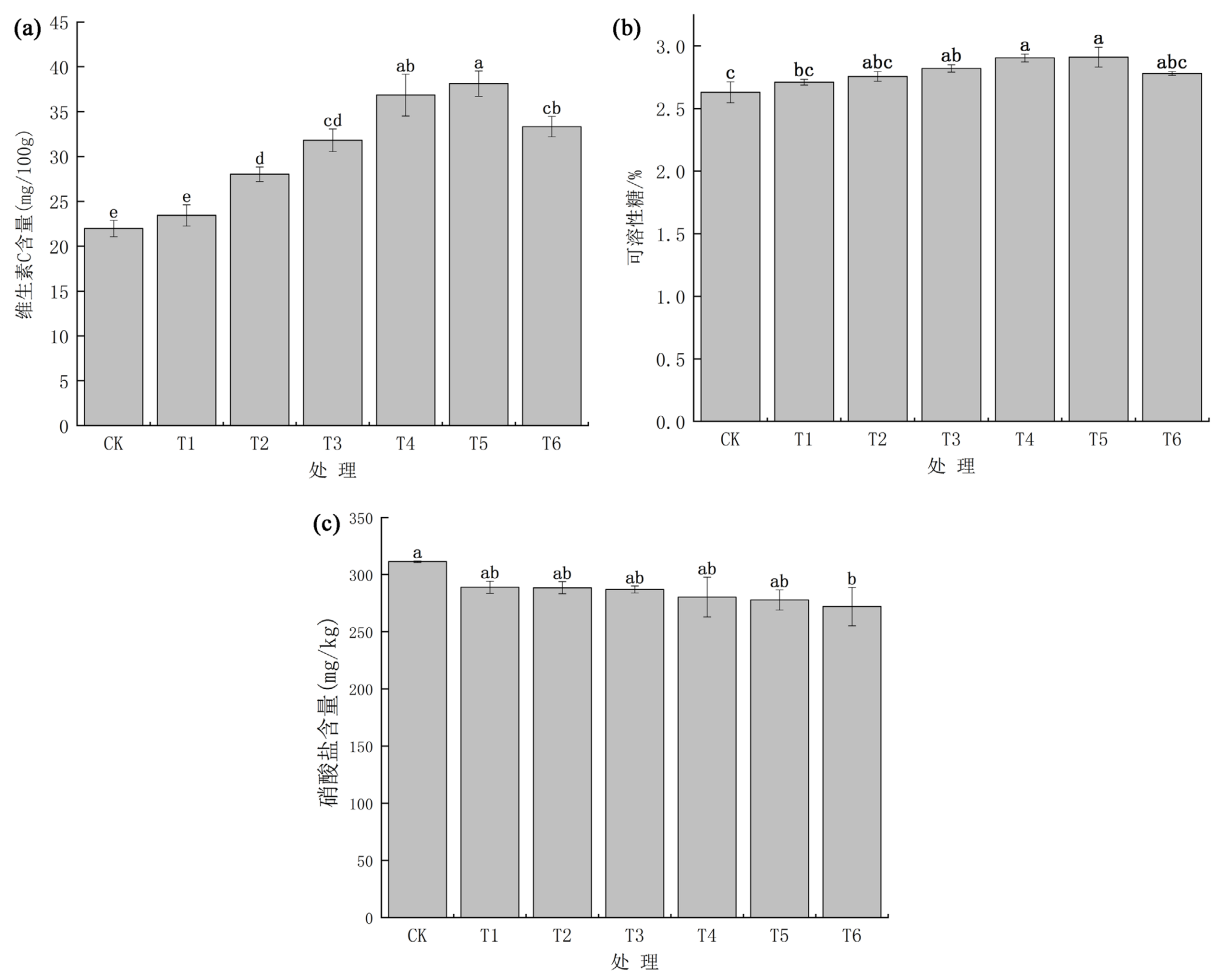
### 3.3. 基于 TOPSIS 方法的上海青综合效益评价

采用 TOPSIS 评价方法来探究施用不同浓度尾菜沼液对上海青生长状况及品质进行评价,可为提高上海青营养生长提供科学依据,合理有效的使用尾菜沼液。基于熵权法的 TOPSIS 法综合评价指标及其排序如表 2 所示,从总体评价排序可以看出,T5 处理最优,T4 处理次之,说明沼液灌溉施肥浓度以 1:12 和 1:15 最优,使得上海青的生长性状和品质达到最优水平。

## 4. 讨论

### 4.1. 不同尾菜沼液浓度对上海青生长性状的影响

沼液中营养元素都是以速效养分形式存在,对作物生长发育起直接的营养作用。吴冬青等[3]以“四



**Figure 2.** Effect of different concentrations of tail vegetable biogas slurry on the quality of Shanghai cabbage  
**图 2.** 不同尾菜沼液浓度对上海青品质的影响

**Table 2.** Comprehensive evaluation indicators of the TOPSIS method and their ordering  
**表 2.** TOPSIS 法综合评价指标及其排序

| 处理 | 正理想解距离(D+) | 负理想解距离(D-) | 综合得分指数     | 排序 |
|----|------------|------------|------------|----|
| CK | 0.99973782 | 0          | 0          | 7  |
| T1 | 0.76225435 | 0.35416396 | 0.31723231 | 6  |
| T2 | 0.58324619 | 0.51330374 | 0.46810795 | 5  |
| T3 | 0.45393305 | 0.61661474 | 0.57598058 | 3  |
| T4 | 0.32457654 | 0.81214458 | 0.71446247 | 2  |
| T5 | 0.15615996 | 0.93632161 | 0.85705941 | 1  |
| T6 | 0.57892863 | 0.56032704 | 0.49183608 | 4  |

季快菜一号”为试材，研究了不同沼液添加量对快菜生长和生理特性的影响。结果表明，在营养液中添加一定量的沼液，对快菜植株营养物质的含量、产量有明显提高作用。本试验表明，施用不同浓度尾菜沼液的上海青，在株高、单株鲜质重、根重、茎粗、叶绿素上均高于 CK 处理组，上海青幼苗期株高、单株鲜质重在 T4 处理组表现最优，根重、茎粗在 T5 处理组表现最优；成长期株高、单株鲜质重、茎粗

在 T5 处理组表现最优, 根重在 T4 处理组表现最优; 成熟期株高、单株鲜质重、根重、茎粗均在 T5 处理组表现最优。

叶绿素含量反映了植物体内营养状况, 叶绿素在植物光合作用的反应中吸收光能并参与原初反应, 植物叶片中叶绿素含量直接决定着光合效率[4], 叶绿素含量降低会影响上海青叶片光合性能和干物质的积累, 从而导致减产[5]。本试验中, 对比 CK, 不同处理叶绿素含量都有所提高, T5 叶绿素含量最高, 较 CK 增加了 57.97%, 表明 T5 处理为植物提供了更高的光合作用效率和更好的植物健康状况。

## 4.2. 不同尾菜沼液浓度对上海青品质的影响

施用不同浓度尾菜沼液对上海青品质均具有改善作用, 但对不同品质指标影响不同。本研究表明上海青的维生素 C 含量随着沼液浓度的降低呈现先升高后降低的趋势, T5 处理最优, 较 CK 处理显著增加了 73.56%。可溶性糖以 CK 处理最低, T5 处理最高, T5 处理较 CK 处理增加了 10.65%, 表明适量的沼液浓度能够改善上海青维生素 C、可溶性糖含量, 提高上海青品质。蔬菜中硝酸盐含量的高低可用来评价蔬菜的食用安全性, 蔬菜中硝酸盐含量与营养品质成负相关。从研究可以看出, 尾菜沼液对上海青硝酸盐的含量都有降低作用, 硝酸盐的含量随着沼液浓度的降低呈现明显降低趋势, T6 处理最低, 较 CK 处理降低了 12.61%。由此可知, 沼液可以增加上海青生产性状和品质, 而且施用过多沼液会降低上海青的维生素 C 和增加硝酸盐含量。前人研究表明, 沼液有效促进油菜的生长, 同时沼液处理均能降低油菜中硝酸盐和总酸的含量[6], 和本试验结果一致。

## 5. 结论

沼液是含有多种氨基酸和大量的微量元素, 是一种全量养分肥料, 也是速缓兼备的有机肥料。本研究表明施用不同浓度尾菜沼液的上青, 在株高、单株鲜质重、根重、茎粗、叶绿素上均高于 CK 处理组, 上海青幼苗期株高、单株鲜质重在 T4 处理组表现最优, 根重、茎粗在 T5 处理组表现最优; 成株期株高、单株鲜质重、茎粗在 T5 处理组表现最优, 根重在 T4 处理组表现最优; 成熟期株高、单株鲜质重、根重、茎粗均在 T5 处理组表现最优; T5 处理维生素 C、可溶性糖含量最高, 维生素 C 含量随着沼液浓度的降低呈升高后降低的趋势, 硝酸盐的含量随着沼液浓度的降低而降低, 不同处理(T1 到 T6)对比 CK 处理在维生素 C、可溶性糖、硝酸盐含量上均存在显著性差异。基于 TOPSIS 方法对上海青综合效益评价指标排序为: T5 > T4 > T3 > T6 > T2 > T1 > CK, T5 (1:15)处理效果最佳, 使得上海青的生长性状和品质达到最优水平。由此表明, 沼液施用不仅可以改善上海青品质, 而且可以大量消纳沼液, 但在沼液施用时需要合理选择沼液的用量。进一步为沼液水肥一体化应用提供科学依据, 为沼液资源化利用提供技术支撑, 促进农业生产的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 于威, 郑全皓, 景彩虹, 等. 兰州市高原夏菜产业发展现状、存在问题及对策[J]. 长江蔬菜, 2022(13): 1-4.
- [2] 孙启玉, 江霞. 沼渣、沼液在大棚黄瓜上的应用技术[J]. 基层农技推广, 2014, 2(12): 24.
- [3] 吴冬青, 刘明池, 李明, 武占会. 沼液营养液对快菜生长和生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2012(8): 27-29.
- [4] 杜彩艳, 鲁海燕, 熊艳竹, 等. 连续两年沼液与化肥配施对桃生长及土壤理化性质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2023, 25(8): 165-175.
- [5] 王瑞, 李奕林, 喻敏, 等. 过氧化脲及尿素配比对水培上海青生长及品质的影响[J]. 土壤, 2022, 54(2): 240-246.
- [6] 乔一飞, 洪坚平. 沼液配施对水培油菜产量及品质的影响[J]. 山西农业科学, 2008, 36(6): 53-55.