

海藻肥对野菜车前草生长及养分吸收的影响

罗小莉¹, 肖云英², 胡容平³, 何靖柳¹

(1. 雅安职业技术学院 四川雅安 625100; 2. 四川农业大学园艺学院 成都 611130;
3. 四川省农业科学院植物保护研究所 成都 610066)

摘要: 为探究海藻肥对野菜车前草生长及养分吸收的影响, 筛选出有利于车前草生长和养分吸收的最佳海藻肥浓度, 采用盆栽试验, 设置了海藻肥不同稀释倍数: 0(CK)、600(T1)、900(T2)、1200(T3)和 1500(T4)倍, 共 5 个处理。结果表明, 与 CK 相比, 不同稀释倍数的海藻肥处理均可提高车前草的生物量(根系生物量、地上部生物量)、光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素)含量、根系及地上部分全氮含量、根系及地上部分全钾含量、土壤碱解氮含量和土壤速效钾含量。T1 处理车前草的根系、地上部分生物量以及叶绿素 a、叶绿素 b、类胡萝卜素含量均最高, 分别较 CK 显著提高了 18.36%、31.57%、11.94%、22.22%、19.49%; T2 处理车前草的根系全钾、地上部分全钾含量均最高, 分别较 CK 提高了 43.98% 和 8.11%。综上, 海藻肥能够促进车前草生长和养分吸收, 其中稀释倍数为 600 倍的效果最佳。

关键词: 野菜; 海藻肥; 养分吸收; 生长

中图分类号: S647

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)06-239-06

Effects of seaweed fertilizer on growth and nutrient absorption of wild vegetable *Plantago asiatica*

Luo Xiaoli¹, Xiao Yunying², Hu Rongping³, He Jingliu¹

(1. Ya'an Polytechnic College, Ya'an 625100, Sichuan, China; 2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, Sichuan, China; 3. Institute of Plant Protection, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, Sichuan, China)

Abstract: To explore the effects of seaweed fertilizer on the growth and nutrient absorption of wild vegetable *Plantago asiatica*, and screen out the optimal fold dilution of seaweed fertilizer that was beneficial to the growth and nutrient absorption of *P. asiatica*, a pot experiment was conducted to study the effects of five fold dilutions of seaweed fertilizer [0 (CK), 600 (T1), 900 (T2), 1200 (T3), and 1500 (T4)-folds] on the growth and nutrient absorption of *P. asiatica*. The results showed that compared with CK, the different fold dilutions of seaweed fertilizer treatments increased the biomass (root biomass and above-ground biomass), photosynthetic pigment (chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoids) content, root and above-ground total nitrogen content, root and above-ground total potassium content, as well as soil alkali-hydrolyzable nitrogen and available potassium content, T1 treatment showed the optimal enhancement effects on the root biomass, above-ground biomass, chlorophyll a content, chlorophyll b content, carotenoid content, which increased by 18.36%, 31.57%, 11.94%, 22.22%, 19.49%, respectively, compared with control. Treatment T2 produced the highest total potassium concentrations in roots and aboveground parts of *P. asiatica*, which were 43.98% and 8.11% higher than CK correspondingly. Therefore, seaweed fertilizer can promote the growth and nutrient absorption of *P. asiatica*, with the best dilution of 600-fold.

Key words: Wild vegetable; Seaweed fertilizer; Nutrient uptake; Growth

车前草是我国一种常见的野菜^[1], 生长范围广泛, 对土壤要求不严^[2], 其可食部分富含多酚、黄酮等抗氧化活性较强的物质, 营养价值较高^[3]。与栽培蔬菜相比, 野菜的环境适应性更强, 更有利于创

造商业价值^[4]。因此, 提高野菜的产量和品质具有重要意义。

氮磷钾是植物生长发育必需的大量元素^[5]。然而, 较多的化肥用于改善土壤养分后, 也带来了环

收稿日期: 2025-11-07; 修回日期: 2026-01-17

基金项目: 四川省财政自主创新专项(2022ZZCX24)

作者简介: 罗小莉, 女, 副教授, 研究方向为生物化学与分子生物学、营养学。E-mail: 17759606@qq.com

通信作者: 何靖柳, 女, 副教授, 研究方向为食品科学与工程、园艺产品采后科学。E-mail: hjingliu@163.com

境污染问题^[6]。作为一种有机肥,海藻肥来源于海洋褐藻类生物,其来源广泛且对环境友好^[7],但不同浓度的海藻肥对作物生长发育具有不同的效果^[8]。海藻肥在为作物生长提供营养物质的同时,可以通过改良土壤促进作物生长和保花保果,并进一步提高产量和改善品质^[9-10]。海藻肥也能够提高作物的叶绿素含量,促进作物的营养生长^[11]。孙科鹏^[12]研究发现,海藻肥可以通过提高土壤碱解氮、有效磷和速效钾含量来促进作物营养生长。海藻肥处理西瓜后,土壤速效氮、磷、钾含量均高于其他有机肥处理^[13]。海藻肥还可以使作物氮、磷、钾含量分别提高 5.13%~11.68%、4.49%~6.52%和 5.09%~10.59%^[14]。刘金萍^[15]研究表明,施用海藻复合肥后,氮、磷、钾肥料利用率较常规施肥分别提高了 13.5、2.1 和 7.0 百分点。因此,海藻肥可以通过提高土壤养分促进作物对氮磷钾的吸收,进而促进作物生长。鉴于此,本文针对化肥过度施用、缺乏广泛使用的绿色肥料等问题,以车前草为材料,对其施用不同稀释倍数的海藻肥,探讨海藻肥对车前草生长及养分吸收的影响,以期筛选出有利于车前草生长及养分吸收的最适海藻肥浓度,为海藻肥在车前草等野菜生产中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

2024 年 11 月,于四川农业大学成都校区周边农田采集车前草种子,晒干后备用。2025 年 3 月,将晒干后的车前草种子播种于装有湿润珍珠岩的穴盘中,穴盘置于人工气候室(白天温度为 25 ℃,相对湿度 70%,光照强度为 10 000 lx,光照时长 14 h;夜间温度 20 ℃,相对湿度 90%,光照强度为 0 lx,光照时长 10 h)培养。待车前草出苗后,每 3 d 浇灌 1 次霍格兰营养液^[16]。

供试土壤为潮土,取自于四川农业大学成都校区周边农田,其基本理化性质为:pH 7.51,碱解氮含量(w,后同)75.57 mg·kg⁻¹,有效磷含量 135.76 mg·kg⁻¹,速效钾含量 42.77 mg·kg⁻¹。

海藻肥购自青岛海大生物集团有限公司[海藻多糖浓度(ρ)50 g·L⁻¹]。

1.2 试验设计

试验于 2025 年 3—5 月在四川农业大学成都校区避雨棚中进行。2025 年 3 月 2 日,将供试土壤风干,粉碎过 5 mm 筛,混匀后装入 21 cm×20 cm (直径×高)的塑料盆中,每盆装土 3.0 kg。2025 年 4

月 2 日,将 2 片真叶展开的车前草幼苗移栽至盆中,每盆种植 3 株,每天浇水,保持土壤田间持水量在 80%以上。试验采用完全随机设计,设置了海藻肥不同稀释倍数:0(CK)、600(T1)、900(T2)、1200(T3)和 1500(T4)倍,共 5 个处理,每个处理 3 盆,3 次重复。车前草移栽 10 d 后,向盆中浇灌不同稀释倍数的海藻肥,每盆浇灌 50 mL。之后每 7 d 浇灌 1 次,共浇灌 4 次。盆与盆间隔 10 cm,完全随机摆放。为减弱边际效应,在车前草生长过程中不定期地交换盆与盆的位置,并及时清除杂草和防治病虫害。

1.3 测定项目与方法

海藻肥第 1 次处理后 30 d,采集车前草成熟叶片,用丙酮-乙醇(体积比 1:1)提取法测定光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素)含量^[17]。之后,整株收获车前草,洗净后于 110 ℃杀青 15 min,75 ℃烘干至恒质量,用电子天平称量车前草根系和地上部分干质量(生物量),并计算根冠比(根系生物量/地上部分生物量)。粉碎烘干的样品,用于测定养分含量。参照张韫^[18]的方法,采用凯氏定氮法测定全氮含量,采用钼锑抗比色法测定全磷含量,采用火焰光度法测定全钾含量,并计算各养分元素转运系数(地上部分元素含量/根系元素含量)。收集盆中土壤,自然风干后过 1 mm 筛,用于测定土壤 pH 和有效态养分含量。参照鲍士旦^[19]的方法,采用 pH 计测定土壤 pH,采用扩散皿法测定土壤碱解氮含量,采用钼锑抗比色法测定土壤有效磷含量,采用火焰光度法测定土壤速效钾含量。

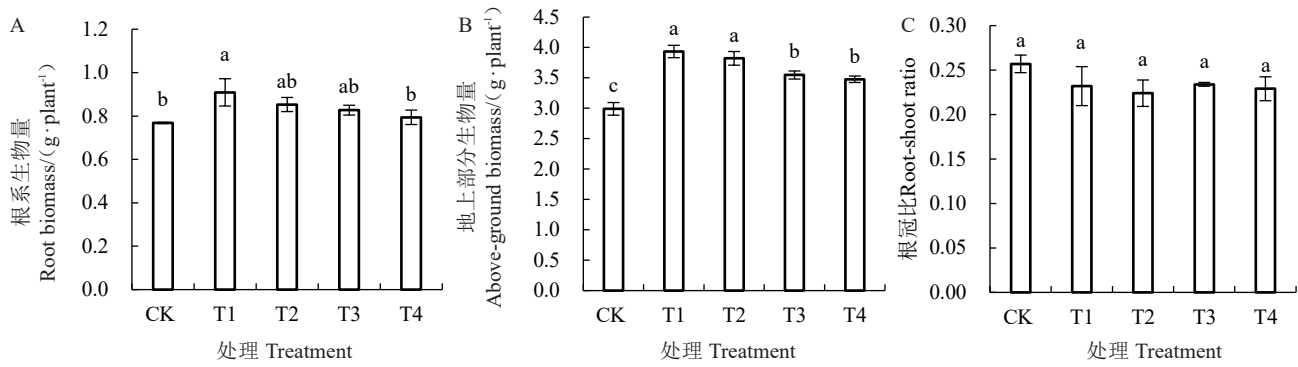
1.4 数据处理

采用 SPSS 27.0 软件进行方差分析和相关性分析,采用 LSD 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 海藻肥对车前草生物量的影响

由图 1 可知,随着海藻肥稀释倍数的增加,车前草根系及地上部分生物量均呈先增后降的趋势。与 CK 相比,不同稀释倍数的海藻肥处理车前草根系生物量均有所提高,T1 处理较 CK 显著提高了 18.36%,其他处理与 CK 差异均不显著。不同稀释倍数的海藻肥处理均显著提高了车前草地上部分生物量。与 CK 相比,T1、T2、T3 和 T4 处理车前草地上部分生物量分别提高了 31.57%、27.79%、18.63%和 16.29%。不同稀释倍数的海藻肥处理的车前草根冠比均低于 CK,但各处理间差异均不显著。



注:不同小写字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

图 1 海藻肥对车前草生物量的影响

Fig. 1 Effects of seaweed fertilizer on the biomass of *P. asiatica*

2.2 海藻肥对车前草光合色素含量的影响

由表 1 可知,随着海藻肥稀释倍数的增加,车前草叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量均呈先增后降的趋势,且不同稀释倍数的海藻肥处理均较 CK 有所提高,其中,T1 处理含量均最高。T1、T2 和 T3 处理均显著提高了车前草叶绿素 a 含量,分

别较 CK 提高了 11.94%、4.39%和 3.25%,T4 处理与 CK 差异不显著。对于叶绿素 b 含量而言,只有 T1 和 T2 处理显著提高了车前草叶绿素 b 含量,分别较 CK 提高了 22.22%和 9.90%,而其他处理与 CK 均无显著差异。此外,不同稀释倍数的海藻肥处理均显著提高了车前草类胡萝卜素含量,T1、T2、T3、T4 处理分别较 CK 提高了 19.49%、16.92%、11.28%和 9.23%。

表 1 海藻肥对车前草光合色素含量的影响

Table 1 Effects of seaweed fertilizer on the contents of photosynthetic pigments in *P. asiatica* (mg·g⁻¹)

处理 Treatment	w(叶绿素 a) Chlorophyll a content	w(叶绿素 b) Chlorophyll b content	w(类胡萝卜素) Carotenoid content
CK	1.139±0.004 d	0.414±0.013 c	0.195±0.009 c
T1	1.275±0.017 a	0.506±0.009 a	0.233±0.010 a
T2	1.189±0.011 b	0.455±0.017 b	0.228±0.006 ab
T3	1.176±0.003 bc	0.437±0.016 bc	0.217±0.004 ab
T4	1.150±0.016 cd	0.421±0.004 c	0.213±0.004 b

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。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

2.3 海藻肥对车前草全氮含量的影响

由图 2 可知,随着海藻肥稀释倍数的增加,车前草根系和地上部分全氮含量均呈先增后降的趋势。与 CK 相比,T2 和 T3 处理车前草根系全氮含量均显著提高,分别较 CK 提高了 16.21%和 36.94%,而 T1 和 T4 处理与 CK 差异均不显著。与 CK 相比,T3 处理车前草地上部分全氮含量显著提高,其他处理与 CK 差异均不显著。此外,与 CK 相比,T2 和 T3 处理车前草氮转运系数均显著降低,其他处理与 CK 差异均不显著。

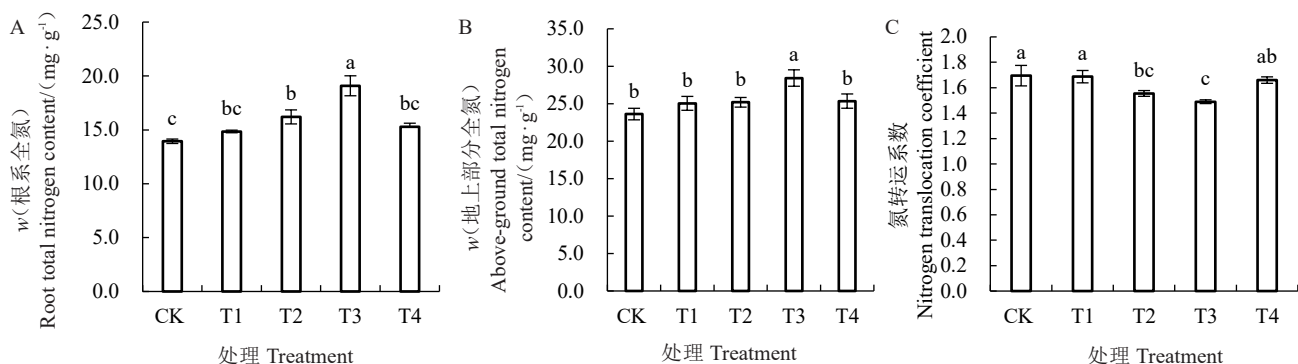


图 2 海藻肥对车前草全氮含量的影响

Fig. 2 Effects of seaweed fertilizer on the total nitrogen content in *P. asiatica*

2.4 海藻肥对车前草全磷含量的影响

由表 2 可知,随着海藻肥稀释倍数的增加,车前草根系和地上部分全磷含量均呈降低的趋势。不同稀释倍数的海藻肥处理均显著降低了车前草根系和地上部分全磷含量。与 CK 相比,T1、T2、T3 和 T4 处理根系全磷含量分别降低了 12.22%、13.31%、16.02%和 19.65%,地上部分全磷含量分别降低了 17.23%、19.97%、20.79%和 23.00%。此外,T2 处理较 CK 显著降低了车前草磷转运系数,其他处理与 CK 差异均不显著。

表 2 海藻肥对车前草全磷含量的影响

Table 2 Effects of seaweed fertilizer on the total phosphorus content in <i>P. asiatica</i>			
处理 Treatment	w(根系全磷) Root total phosphorus content/ (mg·g ⁻¹)	w(地上部分全磷) Above-ground total phosphorus content/ (mg·g ⁻¹)	磷转运系数 Phosphorus translocation coefficient
CK	1.735±0.030 a	2.078±0.080 a	1.197±0.025 a
T1	1.523±0.012 b	1.720±0.053 b	1.130±0.026 ab
T2	1.504±0.020 bc	1.663±0.021 b	1.106±0.001 b
T3	1.457±0.074 bc	1.646±0.020 b	1.131±0.044 ab
T4	1.394±0.041 c	1.600±0.066 b	1.148±0.013 ab

2.5 海藻肥对车前草全钾含量的影响

由图 3 可知,随着海藻肥稀释倍数的增加,车前草根系和地上部分全钾含量均呈先增后降的趋

势。与 CK 相比,T1 和 T2 处理均显著提高了根系全钾含量,分别提高了 31.76%和 43.98%,其他处理与 CK 差异均不显著。T2 处理地上部分全钾含量显著高于 CK,较 CK 提高了 8.11%,其他处理与 CK 差异均不显著。此外,T1 和 T2 处理均显著降低了车前草钾转运系数,而 T3 和 T4 处理与 CK 差异均不显著。

2.6 海藻肥对土壤 pH 及有效态养分含量的影响

由表 3 可知,土壤 pH 随着海藻肥稀释倍数的增加呈先升高后降低的趋势。与 CK 相比,T2 处理显著提高了土壤 pH,T4 处理显著降低了土壤 pH,而其他处理与 CK 差异均不显著。随着海藻肥稀释倍数的增加,土壤碱解氮含量呈先升高后降低的趋势,T3 处理最高,显著高于其他处理。与 CK 相比,T1、T2、T3 和 T4 处理土壤碱解氮含量均显著提高,分别较 CK 提高了 8.35%、8.47%、20.22%和 9.06%。与 CK 相比,不同稀释倍数的海藻肥处理土壤有效磷含量均显著降低,T1、T2、T3 和 T4 处理较 CK 分别降低了 6.90%、10.29%、11.01%和 12.55%。就土壤速效钾含量而言,与 CK 相比,只有 T2 处理土壤速效钾含量显著提高,较 CK 提高了 15.56%,而其他处理与 CK 差异均不显著。

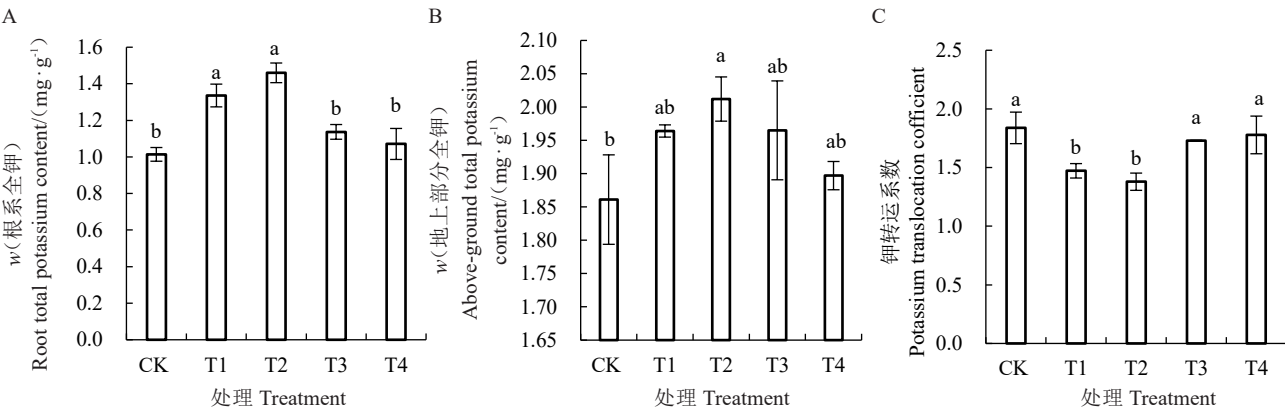


图 3 海藻肥对车前草全钾含量的影响
Fig. 3 Effects of seaweed fertilizer on the total potassium content in *P. asiatica*

表 3 海藻肥对土壤 pH 及有效态养分含量的影响

Table 3 Effects of seaweed fertilizer on soil pH and available nutrient content				
处理 Treatment	土壤 pH Soil pH	w(土壤碱解氮) Soil alkali-hydrolyzable nitrogen content/(mg·kg ⁻¹)	w(土壤有效磷) Soil available phosphorus content/(mg·kg ⁻¹)	w(土壤速效钾) Soil available potassium content/(mg·kg ⁻¹)
CK	7.51±0.04 bc	71.27±1.29 c	131.43±1.04 a	45.96±0.83 b
T1	7.64±0.06 ab	77.22±1.77 b	122.36±3.09 b	46.76±0.61 b
T2	7.71±0.08 a	77.31±2.59 b	117.90±3.46 b	53.11±1.26 a
T3	7.47±0.06 c	85.68±2.26 a	116.96±1.00 b	47.55±0.66 b
T4	6.92±0.04 d	77.73±1.77 b	114.93±4.62 b	46.39±0.54 b

2.7 不同指标间的相关性

由表 4 可知,车前草根系和地上部分生物量与光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素)含量、地上部分全磷含量、根系全钾含量、地上部分全钾含量及土壤速效钾含量均呈显著或极显著正相关,与土壤 pH 均呈显著负相关。根系全氮含量与地上部分全氮含量、土壤碱解氮含量和土壤有效磷含量

均呈显著或极显著正相关。地上部分全氮含量与叶绿素 b 含量、地上部分全磷含量、土壤碱解氮含量、土壤有效磷含量和土壤速效钾含量均呈显著或极显著正相关。根系全磷含量与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、根系全钾含量和地上部分全钾含量均呈显著或极显著正相关。地上部分全磷含量与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、根系全钾含量、地上部

表 4 不同指标间的相关性
Table 4 Correlation among the different parameters

指标 Parameter	RB	SB	Cha	Chb	Car	RN	SN	RP	SP	RK	SK	pH	AN	AP	AK
RB	1.000														
SB	0.950**	1.000													
Cha	0.710*	0.766**	1.000												
Chb	0.848**	0.854**	0.821**	1.000											
Car	0.675*	0.769**	0.464	0.579	1.000										
RN	0.128	0.192	0.341	0.332	0.139	1.000									
SN	0.371	0.508	0.628	0.640*	0.580	0.640*	1.000								
RP	0.510	0.522	0.781**	0.731*	0.195	0.099	0.512	1.000							
SP	0.705*	0.805**	0.856**	0.763*	0.532	0.400	0.692*	0.571	1.000						
RK	0.871**	0.850**	0.859**	0.912**	0.478	0.250	0.585	0.822**	0.825**	1.000					
SK	0.780**	0.821**	0.944**	0.787**	0.432	0.205	0.500	0.791**	0.883**	0.913**	1.000				
pH	-0.683*	-0.739*	-0.563	-0.655*	-0.806**	-0.547	-0.590	-0.245	-0.612	-0.548	-0.525	1.000			
AN	0.445	0.493	0.649*	0.590	0.637*	0.634*	0.858**	0.480	0.582	0.565	0.514	-0.763*	1.000		
AP	0.607	0.624	0.526	0.628	0.607	0.769**	0.645*	0.148	0.651*	0.532	0.459	-0.901**	0.753*	1.000	
AK	0.736*	0.870**	0.745*	0.779**	0.665*	0.540	0.738*	0.529	0.806**	0.768**	0.746*	-0.729*	0.623	0.689*	1.000

注:RB. 根系生物量;SB. 地上部分生物量;Cha. 叶绿素 a 含量;Chb. 叶绿素 b 含量;Car. 类胡萝卜素含量;RN. 根系全氮含量;SN. 地上部分全氮含量;RP. 根系全磷含量;SP. 地上部分全磷含量;RK. 根系全钾含量;SK. 地上部分全钾含量;pH. 土壤 pH;AN. 土壤碱解氮含量;AP. 土壤有效磷含量;AK. 土壤速效钾含量。*表示在 0.05 水平显著相关;**表示在 0.01 水平极显著相关。

Note: RB. Root biomass; SB. Above-ground biomass; Cha. Chlorophyll a content; Chb. Chlorophyll b content; Car. Carotenoid content; RN. Root total nitrogen content; SN. Above-ground total nitrogen content; RP. Root total phosphorus content; SP. Above-ground total phosphorus content; RK. Root total potassium content; SK. Above-ground total potassium content; pH. Soil pH; AN. Soil alkali-hydrolyzable nitrogen content; AP. Soil available phosphorus content; AK. Soil available potassium content. * represent significant correlation at 0.05 level; ** represent extremely significant correlation at 0.01 level.

分全钾含量、土壤有效磷含量和土壤速效钾含量均呈显著或极显著正相关。根系和地上部分全钾含量与叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、土壤速效钾含量均呈显著或极显著正相关。根系全钾含量与地上部分全钾含量呈极显著正相关。

3 讨论与结论

海藻肥富含多糖、蛋白质、脂质、植物激素、矿物质等多种生物活性成分,可为作物生长提供营养元素,并促进作物生长^[10]。本试验中,不同稀释倍数的海藻肥处理均可提高车前草生物量,其中稀释倍数为 600 倍的海藻肥效果最佳,可能是因为海藻肥的有效物质通过根系进入作物体内,参与作物物质

循环及有机物的合成,从而促进作物的生长,提高生物量^[20]。周明炆等^[21]利用不同稀释倍数的海藻肥处理上海青后发现,海藻肥促进了上海青幼苗生长,其中稀释 800 倍效果最佳。本试验表明,不同稀释倍数的海藻肥处理均能显著提高车前草地上部分生物量,其中 T1 处理效果最佳,较 CK 提高了 31.57%。说明海藻肥的使用效果具有剂量效应且针对不同的作物效果有所差异。赵建锋等^[11]研究表明,稀释 400、600 和 800 倍的海藻肥使草莓总叶绿素含量分别较对照(未施用海藻肥)提高了 39.03%、24.95%和 6.01%。本试验中,不同稀释倍数的海藻肥处理均提高了车前草光合色素(叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素)含量,其中 T1 处理效果最佳,其叶

绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量分别较 CK 提高了 11.94%、22.22% 和 19.49%。这可能是因为海藻肥中含有大量的矿质元素和甜菜碱^[22],可以促进作物光合色素的合成,从而提高作物的光合能力。

作为新型肥料,一方面,海藻肥中富含大量矿质元素,这些物质进入到土壤中可以提高土壤养分含量^[23];另一方面,海藻肥可以增强土壤微生物活性,促进土壤微生物活化土壤养分,进而提高土壤养分有效性^[24]。张鑫等^[25]研究发现,海藻肥能够改善土壤理化性质,促进作物生长。本试验中,与 CK 相比,不同稀释倍数的海藻肥均可提高车前草根系和地上部分全氮含量、全钾含量以及土壤碱解氮含量、土壤速效钾含量,且车前草根系和地上部分全氮、全钾含量与土壤碱解氮、土壤速效钾含量间存在正相关。此外,与 CK 相比,T2 处理显著提高了土壤 pH,T4 处理显著降低了土壤 pH,且土壤 pH 与土壤碱解氮含量、土壤速效钾含量呈显著或极显著负相关,表明海藻肥促进作物生长是通过改变土壤 pH、提高土壤养分有效性含量实现的。赵丽芳等^[26]研究表明,将海藻肥用于茶园土壤改良,可以提高土壤有效磷含量。在本试验中,海藻肥降低了车前草全磷含量和土壤有效磷含量。前人在研究中发现,海藻肥能促进作物对氮磷钾的吸收,但对磷的影响幅度较小,且在不同土层的土壤中,海藻肥的影响有所差异^[14]。本试验表明,海藻肥处理在一定程度上均降低了车前草氮磷钾转运系数,这与刘炜杰^[27]的海藻肥可以提高氮磷钾在桃中的转运系数的研究结果不同,说明海藻肥对不同类别作物的养分转运效果不同。可能因为车前草为草本植物,桃为木本植物,海藻肥对两者养分的转运机制不同,其作用机制有待进一步研究。李志坚^[28]研究发现,海藻肥处理 180 d 后的土壤有效磷含量才增加,表明海藻肥需要较长的时间才能提高土壤有效磷含量。本试验表明,不同稀释倍数海藻肥处理均显著降低了土壤有效磷含量,可能是因为本试验处理时间较短(30 d)、海藻肥对土壤微生物活性的影响较小^[24]。因此,在车前草的生产中,可在施用海藻肥的基础上适当补施一些磷肥用于促进车前草的养分平衡吸收。

综上,不同稀释倍数海藻肥处理均可提高车前草生物量和光合色素含量,其中 600 倍(T1)的稀释倍数效果最佳。不同稀释倍数海藻肥处理也提高了车前草根系和地上部分全氮和全钾含量,但降低了车前草根系和地上部分全磷含量。因此,海藻肥

可促进车前草生长和对氮钾养分吸收。

参考文献

- [1] 吴航,高迪,贾莲,等.鞍山地区 4 种野菜重金属含量测定及健康风险评价[J].鞍山师范学院学报,2024,26(4):31-37.
- [2] 王丽芳.车前草研究综述[J].特种经济动植物,2024,27(10):132-134.
- [3] 李凤英,李润丰,肖月娟,等.21 种野菜抗氧化性的分析比较[J].中国食品学报,2011,11(2):221-225.
- [4] 刘璐璐,陈小央,唐桂香.浙江省野菜种质资源的收集与开发利用[J].浙江农业科学,2021,62(5):1035-1040.
- [5] 储成才,王毅,王二涛.植物氮磷钾养分高效利用研究现状与展望[J].中国科学:生命科学,2021,51(10):1415-1423.
- [6] 宋倩,扶京龙,刘奇,等.蔬菜秸秆有机肥替代部分化肥对连作苦瓜产量及土壤理化性质的影响[J].中国瓜菜,2025,38(12):95-101.
- [7] 肖晨星,高璐阳,沈彦辉,等.藻源生物刺激素开发及其在肥料中的应用[J].农学学报,2025,15(5):72-79.
- [8] 崔维香.海藻提取液对种子萌发、幼苗生长和果实品质的影响[D].浙江舟山:浙江海洋大学,2017.
- [9] 秦益民,朱长俊,刘书英,等.海藻肥的发展历史和应用前景[J].现代农业研究,2023,29(8):120-123.
- [10] 郭文靖,严腾宇,王宗抗,等.利用海藻肥缓解植物水分胁迫研究进展[J].应用生态学报,2025,36(3):950-968.
- [11] 赵建锋,王纪忠,孙玉东,等.海藻肥对草莓营养生长和果实发育的影响[J].淮阴工学院学报,2017,26(5):46-51.
- [12] 孙科鹏.聚丙烯酰胺型保水剂与海藻肥配施在苹果生产上的应用研究[D].山东泰安:山东农业大学,2016.
- [13] 朱盼盼.不同前作下不同肥料对西瓜连作障碍的影响[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2013.
- [14] 陈文康.海藻提取物与化肥配施对菜心产量、品质及土壤生物活性的影响[D].广州:华南农业大学,2021.
- [15] 刘金萍.海藻复合肥减施处理对小麦玉米生长及土壤养分状况的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2021.
- [16] 廖人燕,金鑫.油菜素内酯对车前草生长及硒富集的影响[J].特产研究,2026,48(2):72-76.
- [17] 熊庆娥.植物生理学实验教程[M].成都:四川科学技术出版社,2003.
- [18] 张韞.土壤·水·植物理化分析教程[M].北京:中国林业出版社,2011.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3 版.北京:中国农业出版社,2000.
- [20] 袁华芳,周刚.雷力海藻肥在大棚番茄上的应用试验[J].上海蔬菜,2010(3):62.
- [21] 周明扬,付洋,成立文,等.基于偏最小二乘判别分析研究铜藻液体肥对 3 种蔬菜种子萌发和幼苗生长的影响[J].福建农业学报,2023,38(1):116-126.
- [22] 王明鹏,陈蕾,刘正一,等.海藻生物肥研究进展与展望[J].生物技术进展,2015,5(3):158-163.
- [23] 尚焯,闫庚洋,张菊平.海藻肥在园艺植物上的应用研究[J].河南农业,2024(23):15-20.
- [24] 刘子强.不同灌溉方式下海藻肥对番茄生长和水分利用效率的影响[D].河北邯郸:河北工程大学,2025.
- [25] 张鑫,胡希好,胡志明,等.施用海藻肥和大豆海藻肥对烤烟生长与土壤微生物的影响[J].江苏农业科学,2023,51(3):81-88.
- [26] 赵丽芳,黄鹏武,陈翰,等.土壤调理剂与有机肥配施治理红壤茶园土壤酸化与培育地力的效果[J].浙江农业科学,2022,63(11):2692-2695.
- [27] 刘炜杰.海藻生物刺激素对桃生长、养分吸收及果实品质的影响[D].四川雅安:四川农业大学,2022.
- [28] 李志坚.增效剂对化学磷肥的增效作用与机理研究[D].北京:中国农业科学院,2013.