

牦牛血氨基酸液体肥对菠菜生长的影响

刘元林^{1,2}, 洪晶^{1,3}, 张娅俐^{1,3}, 田晓静^{1,3}, 张福梅^{1,4*}, 曹竑^{1,3}, 丁功涛^{1,3}, 马占龙⁵ (1. 西北民族大学生命科学与工程学院, 甘肃兰州 730030; 2. 湖南省江华瑶族自治县第一中学, 湖南永州 425500; 3. 西北民族大学生物医学研究中心中国-马来西亚国家联合实验室, 甘肃兰州 730030; 4. 西北民族大学医学部, 甘肃兰州 730124; 5. 甘肃省临夏市俊林肉制品有限责任公司, 甘肃临夏 731100)

摘要 为合理利用牦牛血, 提高牦牛综合利用价值, 实现屠宰废弃血液氨基酸液体肥的工业化生产, 通过大棚种植菠菜, 从促进生长、增加产量、提高农产品品质 3 个方面评价牦牛血氨基酸液体肥的效果。以大棚种植菠菜为对象, 在种植过程中监控作物叶长、叶宽、株高、根长、茎粗等生长指标; 作物成熟时检测作物叶面积、鲜重、干重增产指标; 同时检测硝酸盐、维生素 C、叶绿素、黄酮等品质指标。通过对比牦牛血氨基酸液体肥、商品氨基酸肥、化肥、有机肥在菠菜中的追肥效果, 对牦牛血氨基酸液体肥肥效作出评价。结果表明, 生长方面, YBAAF 促进茎粗效果显著; 增产方面, AAF 组效果最佳; 品质方面, YBAAF 处理提高了作物部分活性物质, 但硝酸盐含量在 5 种处理中最高, 维生素 C 含量也均高于其他组。对作物影响总体而言, 施肥组优于对照组, 有机肥优于化肥组, 有机肥组之间, 市售氨基酸液体肥最佳, 牦牛血液酶解氨基酸肥略低, 但与农家肥差异不显著。

关键词 氨基酸液体肥; 促生长; 增产; 品质

中图分类号 TQ 449⁺. 6 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)09-0136-05

doi: 10. 3969/j. issn. 0517-6611. 2023. 09. 034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Yak Blood Enzymatic Hydrolysis Amino Acid Fertilizer on Spinach Growth

LIU Yuan-lin^{1,2}, HONG Jing^{1,3}, ZHANG Ya-li^{1,3} et al (1. College of Life Science and Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou, Gansu 730030; 2. Hunan Jianghua Yao Autonomous County No. 1 Middle School, Yongzhou, Hunan 425500; 3. China-Malaysia National Joint Laboratory, Biomedical Research Center, Northwest Minzu University, Lanzhou, Gansu 730030)

Abstract In order to make rational use of yak blood, improve the value of yak comprehensive utilization, realize the industrial production of waste blood amino acid liquid fertilizer, and the effect of yak blood amino acid liquid fertilizer by promoting growth, increasing yield and improving the quality of agricultural products by planting spinach in a shed were evaluated. In this study, yak blood amino acid liquid fertilizer product was prepared by compounding the compound enzyme hydrolysate, and the product was evaluated. Taking spinach planted in greenhouse as the object, the growth indexes such as leaf length, leaf width, plant height, root length and stem diameter of crops were monitored during the planting process. When crops mature, the yield-increasing indexes of leaf area, fresh weight and dry weight of crops were detected; at the same time, nitrate, vitamin C, chlorophyll, flavonoids and other quality indicators were detected. By comparing the topdressing effect of yak blood amino acid liquid fertilizer, commercial amino acid fertilizer, chemical fertilizer and organic fertilizer in vegetables, the fertilizer effect of yak blood amino acid liquid fertilizer was evaluated. In terms of growth, YBAAF had a significant effect on promoting stem diameter; in terms of yield increase, AAF group had the best effect; in terms of quality, YBAAF group increased some active substances in crops, but the nitrate content was the highest among the five treatment groups, and the vitamin C content was also higher than other groups. Generally speaking, the fertilizer group was better than the control group, and the organic fertilizer was better than the chemical fertilizer group. Among the organic fertilizer groups, the commercially available amino acid liquid fertilizer was the best, and the yak blood enzymatic amino acid fertilizer was slightly lower, but there was no significant difference with the farm fertilizer.

Key words Amino acid liquid fertilizer; Growth promotion; Yield increasing; Quality

随集约化养殖业的迅猛发展, 畜产品加工中的副产物也随之大量增加, 血液是其中最大的副产品之一^[1], 牦牛血虽是一种优质动物血资源, 但其有较重血腥味、适口性差、色泽感官不佳, 且原料血液极难保存等缺点^[2], 严重制约牦牛血资源的综合利用, 造成资源浪费和环境污染等问题^[3]。因此提高血液资源转化利用率、利用酶水解技术实现屠宰废弃血液资源综合利用, 具有重要研究意义。合理处理牦牛血不仅可以解决环境污染、资源浪费等问题, 还能提高牦牛综合利用价值。目前, 我国血液资源利用甚少, 尤其是牛(牦牛)、羊、兔的血液, 只有少量被加工成血粉^[4]、血豆腐^[5]、血肠^[6]以及生物制剂开发和能源化利用^[7]。而氨基酸肥是指含有氨基酸类物质的肥料, 原料经水解或发酵处理之后, 以复合

氨基酸为主体。氨基酸有机肥养分含量高、肥效长, 无需转化可直接被农作物吸收利用^[8], 可提高作物产量^[9]和抗病害能力^[10], 在土壤中具有吸收中和农药、缓解毒性的功效, 增加土壤养分, 改良土壤性状^[11]。笔者将复合酶水解产物通过调配, 自制成牦牛血氨基酸液体肥产品, 研究该产品对大鹏种植菠菜生长、产量及品质的影响, 对比商品氨基酸肥、化肥和有机肥 3 种肥料在蔬菜中的追肥效果, 对牦牛血氨基酸液体肥肥效作出评价, 为合理利用牦牛血、提高其综合利用价值提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 兰州润丰种业夏宝菠菜种子, 购于甘肃榆中县亨发种子; 购买市售无机化肥、百士威风氨基酸水溶肥、有机肥; 牦牛血采于甘肃省临夏市俊林清真肉制品有限责任公司。

1.2 试验设备 紫外分光光度计(Genesys10S), 美国 Therm 公司; 植物多酚-叶绿素测量计(Dualex Scientific+), 上海海洋科技股份有限公司; 数显游标卡尺(DL91150), 得力集团有

基金项目 “科技助力经济 2020”重点专项(SQ2020YFF0405583); 西北民族大学中央高校基本科研业务费资助项目(31920200115, 31920190022)。

作者简介 刘元林(1992—), 女, 湖南永州人, 硕士研究生, 研究方向: 食品安全与质量控制。* 通信作者, 讲师, 从事功能性食品开发研究。

收稿日期 2022-06-02; **修回日期** 2023-03-09

限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 牦牛血氨基酸液体肥料研制。基于碱性蛋白酶和风味蛋白酶水解牦牛血蛋白工艺优化^[12-13],按含有机质叶面肥料国家标准(GB/T17419—2018)要求,添加所需的氨基酸与铜、铁、锰、锌、硼、钼微量元素制成牦牛血氨基酸液体水溶肥料。

1.3.1.1 牦牛血氨基酸液体肥感官指标评定。在酶解作用

下,牦牛血无块状物,酶解液流动性强,无大块不溶物,颜色为棕褐色,腥臭味明显减少,略带腥味。

1.3.1.2 牦牛血氨基酸液体肥理化指标评定。由表 1 可知,微量元素含量之和为(21.0±0.54)g/L,游离氨基酸含量为(130.00±2.62)g/L,按 1:250 倍比例稀释后 pH 为 6.76±0.21,且限量元素汞、砷、镉、铅、铬均不超标。符合含有机质叶面肥料国家标准。

表 1 牦牛血氨基酸液体肥的理化指标
Table 1 Physical and chemical indexes of yak blood amino acid liquid fertilizer

种类 Species	游离氨基酸 Free amino acid//g/L	微量元素含量 Trace element content//g/L	pH(1:250 倍稀释) pH(1:250 times dilution)	汞限量 Mercury limit mg/kg	砷限量 Arsenic limit mg/kg	镉限量 Cadmium limit mg/kg	铅限量 Lead limit mg/kg	铬限量 Chromium limit mg/kg
液体肥料(标准) Liquid fertilizer(standard)	≥100	≥20	3.0~7.0	≤5	≤10	≤10	≤50	≤50
自制牦牛血氨基酸液体肥 Self-made yak blood amino acid liquid fertilizer	130.00±2.62	21.00±0.54	6.76±0.21	0.02±0.01	0.30±0.02	0.20±0.01	10.00±0.05	0.20±0.01

1.3.2 种植方法。试验在榆中县大棚内进行,将菠菜种子均匀播撒于面积大小、土壤情况相同的 1~5 号区域,2~4 号待出苗 15 d 后按以下分组进行定期施肥(施肥用量参考产品说明书与当地农作物使用情况而定)。不同施肥方式:空白对照组(control,CO),田间河水;无机化肥组(chemical fertilizer,CF),在旱地上开沟或打窝 7~10 cm,边施肥边淋水,450 kg/hm²;氨基酸液体肥组(liquid amino acid fertilizer,AAF),稀释 800 倍使用,7~10 d 施肥一次;牦牛血氨基酸液体肥组(yak blood amino acid liquid fertilizer,YBAAF),稀释 500 倍使用,7~10 d 施一次(按氨基酸含量计算与 3 号同浓度);农家有机肥组(organic fertilizer,OF),6 000 kg/hm²(播种子时需要施 50%作底肥,出苗 25 d 时追一次肥)。

1.3.3 生长情况指标检测。采用 5 点取样法,每个点测量 3 次,15 次取平均数。

1.3.3.1 叶长、叶宽、株高、根长、茎粗。出苗 15 d 后,每隔 3 d 使用游标卡尺测量。

1.3.3.2 增产情况指标。出苗 45 d 成熟后,采用数格子法测量叶面积;将样品完整采摘后运回实验室,用自来水清洗干净晾干后称鲜重、后干燥至恒重称量其干重。

1.3.4 作物品质指标检测。出苗 45 d 成熟后,采用 5 点取样法,每个点测量 3 次,15 次取平均数。

1.3.4.1 Chl、Flav、Anth。于 10:00—10:30 采用植物多酚—叶绿素测量计测量叶绿素(chlorophyll,Chl)、类黄酮指数(flavonoids,Flav)、花青素(anthocyanidins,Anth)。

1.3.4.2 硝酸盐。通过紫外分光光度法(GB/T5009.33—2016)测量菠菜中的硝酸盐含量。

1.3.4.3 维生素 C。应用 2,6-二氯酚酚滴定法(GB/T5009.86—2016)检测菠菜中的维生素 C 含量。

2 结果与分析

2.1 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜生长的影响 光合作用是植物生长发育中的重要环节,叶长与叶宽对植物光合作用有重要影响,它在一定程度上决定了受光面积,也反映出作物生长速度,株高是蔬菜生长情况最直接的反映,根长是植物吸取水分与营养的重要部分,茎粗是客观反映作物生长情况的指标。在出苗后 15 d 和成熟时评价自制牦牛血氨基酸液体肥对菠菜叶长、叶宽、株高、根长、茎粗等生长指标的影响,其结果见图 1 和图 2。

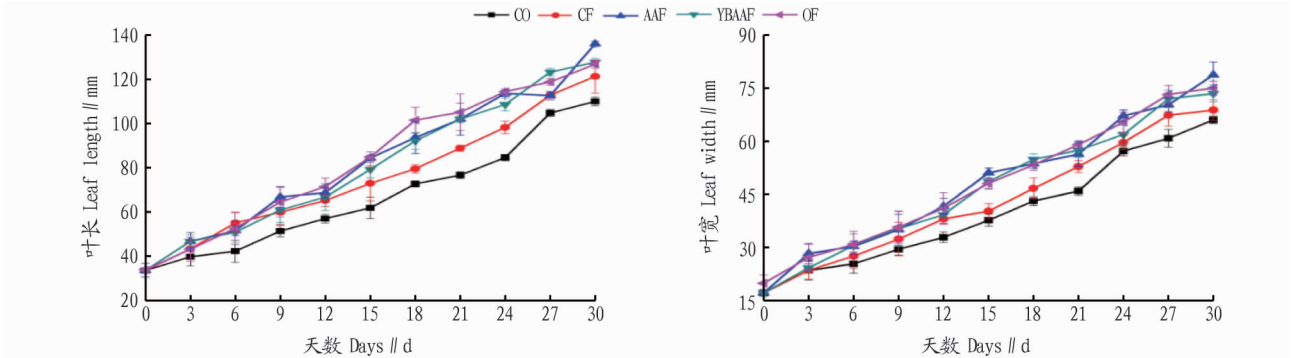


图 1 不同施肥处理方式对菠菜叶长和叶宽的影响
Fig. 1 Effects of different fertilization treatments on leaf length and leaf width of spinach

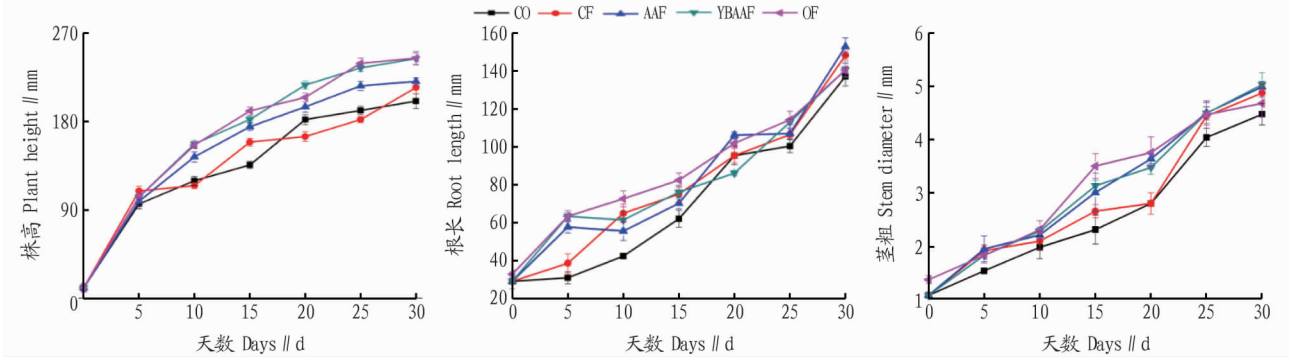


图2 不同施肥处理方式对菠菜株高、根长和茎粗的影响

Fig.2 Effects of different fertilization treatments on plant height,root length and stem diameter of spinach

由图 1 可知,在菠菜生长过程中,随天数的延长,各处理组的叶长与叶宽均呈线性增长。不同施肥处理对菠菜生长过程影响较大,CO 处理的叶长、叶宽均低于施肥组;CF 处理低于各有机肥处理组;有机肥效果相近。

菠菜采摘时,不同施肥处理对菠菜生长的影响见表 2。由表 2 可知,菠菜的叶长 CO 处理显著低于施肥组 ($P<0.05$),化肥组低于有机肥;叶宽 CO 处理最低,其次为化肥组,有机肥之间,自制肥略低,但三者之间差异不显著。

表 2 不同施肥处理菠菜采摘时叶长和叶宽

Table 2 Leaf length and leaf width during spinach picking under different treatments

处理 Treatment	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width
CO	110.02±13.98 c	66.13±12.06 c
CF	121.27±7.47 b	68.91±4.91 bc
AAF	135.96±12.53 a	78.82±7.06 a
YBAAF	127.67±13.49 ab	73.57±5.57 abc
OF	126.80±13.74 ab	75.11±10.98 ab

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

综上所述,该试验自制牦牛血氨基酸液体肥能促进菠菜叶长的增长,同时还能促进叶宽的增加,其效果与其他有机肥无差异,均优于化肥。

由图 2 可知,在菠菜生长过程中,随天数的延长,各处理组的株高、根长、茎粗均呈线性增长。在 0~5 d 时菠菜株高生长迅速,之后的生长趋势逐渐平稳。总体 CO 处理的株高、根长、茎粗低于施肥组。

菠菜采摘时,不同施肥处理对菠菜生长指标的影响见表 3。由表 3 可知,菠菜株高在不同施肥处理方式中 YBAAF、OF 处理显著高于其他 3 组 ($P<0.05$),茎粗中 YBAAF 处理显著高于 CO、CF、OF ($P<0.05$),各处理组根长差异不显著 ($P\geq 0.05$),综上所述,施肥处理对株高、根长、茎粗 3 个指标在菠菜中的影响效果突出。

综上所述,该试验自制牦牛血氨基酸液体肥能够促进菠菜根长、株高、茎粗的生长,其效果与其他有机肥无显著差异,均优于化肥。

2.2 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜产量的影响 除叶长、叶

宽、株高等外在反映作物生长情况指标外,叶面积、重量是反映作物产量的指标。不同施肥处理方式叶面积、鲜重与干重见表 4。由表 4 可知,有机肥处理叶面积显著高于无机肥处理,YBAAF 处理叶面积虽低于 AAF,但与农家肥无显著差异 ($P\geq 0.05$),施肥处理对提高鲜重、干重有一定效果,其中 AAF 处理效果最好,YBAAF 与 OF 间无显著差异。

表 3 不同施肥处理菠菜采摘时生长指标

Table 3 Growth indicators during spinach picking under different treatments

处理 Treatment	株高 Plant height	根长 Root length	茎粗 Stem diameter
CO	201.01±11.73 c	137.09±11.84 a	4.46±0.04 d
CF	214.84±18.30 bc	148.13±19.30 a	4.86±0.05 b
AAF	221.09±29.29 b	152.82±42.53 a	4.98±0.13 ab
YBAAF	244.31±19.04 a	140.61±25.18 a	5.05±0.07 a
OF	244.73±15.19 a	140.40±30.31 a	4.67±0.06 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

表 4 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜生长的影响

Table 4 Effects of yak blood liquid amino acid fertilizer on growth of spinach

处理 Treatment	叶面积 Leaf area cm ²	鲜重 Fresh weight g	干重 Dry weight g
CO	59.470±4.420 c	20.020±0.270 d	0.673±0.020 c
CF	61.193±2.710 c	22.599±0.680 c	0.725±0.010 b
AAF	76.049±7.740 a	28.295±2.550 a	0.845±0.020 a
YBAAF	70.422±4.600 b	24.632±1.340 b	0.727±0.010 b
OF	70.082±1.060 b	25.528±1.150 b	0.739±0.010 b

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$)。
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

综上所述,与 CO 处理相比其他施肥处理方式显示出一定优势,在叶面积、鲜重、干重方面 AAF 处理效果较佳,实验室自制的 YBAAF 没有 AAF 效果好但与 OF 处理无显著差异,而优于 CF 处理。

2.3 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜内在品质的影响

2.3.1 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜 CHI、Flav、Anth 的影响。叶绿素是生物体进行光合作用必不可少的物质^[14],花青素与类黄酮化合物广泛存在于植物中,具有较好的生物活性,

有抗病毒、增强免疫力、抗菌、抗氧化等特点,是衡量作物品质的指标^[15-18]。

由表 5 可知,YBAAF 处理的 Chl 含量显著高于 CO 处理,其他 3 种处理 Chl 含量稍低于 YBAAF 处理;5 种处理方式 Flav、Anth 无显著差异。可见,不同施肥处理方式对菠菜品质有一定的促进作用,YBAAF 处理相比于 CO 处理存在一定优势,但与市场成熟 AAF 相比还需要进一步优化。

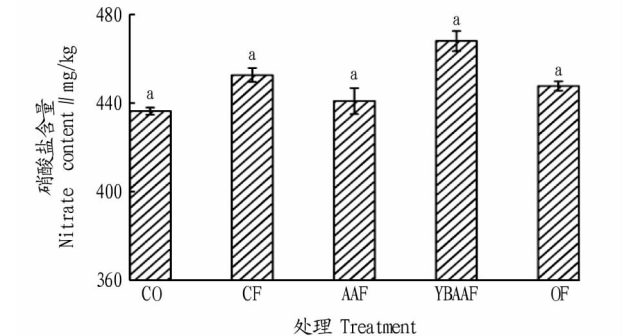
表 5 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜 Chl、Flav、Anth 的影响
Table 5 Effects of yak blood liquid amino acid fertilizer on the growth of Chl,Flav and Anth in spinach

处理 Treatment	Chl	Flav	Anth
CO	31.507±2.290 c	0.991±0.060 a	0.056±0.010 a
CF	34.349±1.820 ab	0.989±0.120 a	0.059±0.010 a
AAF	35.417±2.300 ab	1.023±0.130 a	0.059±0.010 a
YBAAF	36.077±2.130 a	1.006±0.140 a	0.061±0.010 a
OF	34.806±1.830 ab	1.006±0.130 a	0.059±0.010 a

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。
Note:Different lowercases in the same column indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

综上所述,与 CO 处理相比,其他施肥处理显示出一定优势,对 Chl、Flav、Anth 等指标 YBAAF 处理存在明显优势,实验室自制的 YBAAF 没有 AAF 效果好但与 OF 处理间无显著差异,且优于 CF 处理。

2.3.2 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜中硝酸盐的影响。与禾谷类植物相比,蔬菜更容易累积硝酸盐,尤其是叶菜类的蔬菜作物,其硝酸盐含量普遍较高。硝酸盐含量是评价蔬菜品质的一个重要指标^[19]。菠菜含有丰富的维生素、矿物质、膳食纤维等营养元素^[20],是我国大众化的蔬菜,同时也容易积累硝酸盐。因此在施肥上应围绕降低硝酸盐含量进行研究。不同施肥处理对菠菜中硝酸盐的影响见图 3。

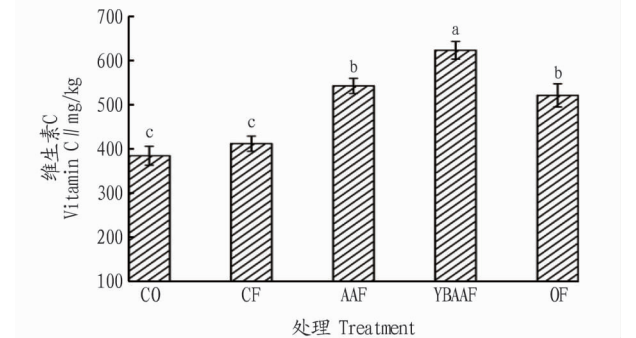


注:不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。
Note:Different lowercases indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

图 3 不同施肥处理对菠菜硝酸盐的影响
Fig.3 Effects of different fertilization treatments on nitrate in spinach

由图 3 可知,不同施肥处理菠菜硝酸盐含量无显著差异(P≥0.05)。研究表明,无公害蔬菜硝酸盐的含量应控制在一定范围内^[21]。该研究结果显示,菠菜的 5 种处理方式均符合食用无公害蔬菜中的硝酸盐要求。

2.3.3 牦牛血氨基酸液体肥对菠菜维生素 C 的影响。维生素 C 广泛存在于新鲜水果蔬菜中,能帮助植物抵抗干旱^[22],对人体也有重要作用,可以清除自由基,具有强大的抗氧化和免疫调节功能,可有效控制多种慢性炎症,维生素 C 也被认为是维持牙周健康的重要膳食抗氧化剂^[23]。为进一步探究牦牛血氨基酸液体肥对作物内在品质的影响,对菠菜中维生素 C 含量进行检测,结果见图 4。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。
Note:Different lowercases indicated significant difference between different treatments at 0.05 level.

图 4 不同施肥处理对菠菜维生素 C 的影响
Fig.4 Effects of different fertilization treatments on vitamin C of spinach

由图 4 可知,不同施肥处理下,YBAAF 处理的菠菜维生素 C 含量显著高于其他组(P<0.05),AAF、OF 处理显著高于 CO、CF 处理(P<0.05);对菠菜而言 YBAAF 处理的维生素 C 含量显著高于其他处理。

3 结论与讨论

综上所述,与 CO 处理相比其他 4 种施肥处理方式显示出一定优势。自制的 YBAAF 在促进菠菜生长、增产、品质上,与市售 AAF 和 OF 无差异,均优于 CF,且各施肥组的效果显著高于空白组。从生长方面而言,均优于化肥组,且各施肥组的效果显著高于空白组。YBAAF 处理对菠菜叶长、叶宽、株高、根长、茎粗的效果突出。与张妮等^[24]的氨基酸液体肥对辣椒生长的影响和韦思庚^[25]的氨基酸液体肥在甘蔗上的应用结果一致,表明氨基酸液体肥能够促进作物的伸长。从增产方面而言,叶面积、鲜重、干重在市售成熟的 AAF 处理中的效果与实验室自制的 YBAAF 处理效果总体而言无显著差异,均优于 CF 处理。与刘文国等^[26]的液体肥应用于大棚油桃,显著增加其产量和龙惊惊等^[27]的液体肥增效剂提高黄瓜果实产量的试验结果一致,即氨基酸液体肥能够增加其作物产量。从品质方面而言,YBAAF 处理对影响作物 Chl、Flav、Anth 存在明显优势,与彭智平等^[28]的氨基酸液体肥改善沙糖橘的风味,提高果实品质和周素云^[29]的氨基酸液体肥能够增加大葱产量,提高其产品质量和商品性的结果一致,即氨基酸液体肥能够有效提高作物品质。而 YBAAF 处理菠菜硝酸盐含量最高,购买的 AAF 处理相对较低,这可能是 YBAAF 中的成分结构还不够优化,需要后期对成分结构进一步探究,但 YBAAF 处理的维生素 C 含量比其他处理

方式含量高。

参考文献

- [1] 张玉斌,曹晖,郭兆斌,等.牛血资源综合开发利用研究进展[J].肉类研究,2011,25(9):30-34.
- [2] 贡佳欣,唐善虎,李思宁,等.不同贮藏方式牦牛血对牦牛肉血品质变化影响的研究[J].食品科技,2019,44(11):127-132.
- [3] 王华清,来进君,段培琪,等.青海牦牛血液资源的研究现状及开发利用[J].青海畜牧兽医杂志,2016,46(2):43-44.
- [4] 沈慧.猪血粉的加工及利用[N].山东科技报,2006-03-17(003).
- [5] 刁治民,杜军华,马寿福.动物血液的开发利用[J].青海科技,2000,7(3):7-10.
- [6] 贡佳欣,唐善虎,李思宁,等.益生菌发酵牦牛肉血肠的制作工艺优化[J].食品工业科技,2020,41(9):41-48.
- [7] 张治平.血液灌流联合生物制剂治疗除草剂中毒的疗效分析[J].深圳中西医结合杂志,2015,25(1):134-135.
- [8] MALUF J U, FIORESE M L, MAESTRE K L, et al. Optimization of the porcine liver enzymatic hydrolysis conditions[J]. Journal of food process engineering, 2020, 43(4):1-12.
- [9] 郭宁,闫实,于跃跃,等.不同生物有机肥对设施番茄及土壤的影响试验初探[J].中国农技推广,2016,32(8):60-62.
- [10] 李亚男,李开宇.氨基酸液肥在油料作物上的试验效果研究[J].园艺与种苗,2012,32(6):21-22.
- [11] 李志伟,高志岭,刘建玲,等.味精废渣肥对油菜生长和土壤化学性状的影响研究[J].农业环境科学学报,2010,29(4):705-710.
- [12] 刘元林,田晓静,黄汇惠,等.2种蛋白酶水解牦牛血液蛋白工艺优化[J].食品安全质量检测学报,2021,12(6):2377-2384.
- [13] 刘元林,田晓静,黄汇惠,等.风味蛋白酶水解牦牛血液蛋白工艺优化研究[J].西北民族大学学报(自然科学版),2021,42(1):31-37.
- [14] 郑福兴,颜安,高雪,等.水旱处理下小麦叶绿素相对含量全基因组关联分析[J].植物遗传资源学报,2021,22(5):1334-1347.
- [15] PAHLKE G, AHLBERG K, OERTEL A, et al. Antioxidant effects of elderberry anthocyanins in human colon carcinoma cells: A study on structure-activity relationships[J]. Molecular nutrition, 2021, 65(17):1-13.
- [16] SUPRIADIN A, JULIANI H, TANYELA N. Isolation flavonoid compound

- chrysoeriol from ethyl acetate extract of zaitun leaves (*Olea europaea*) [J]. Journal of physics: Conference series, 2021, 1869(1):1-8.
- [17] CHEN Q R, WANG X X, YUAN X L, et al. Comparison of phenolic and flavonoid compound profiles and antioxidant and α -glucosidase inhibition properties of cultivated soybean (*Glycine max*) and wild soybean (*Glycine soja*) [J]. Plants, 2021, 10(4):1-14.
- [18] HUANG J Y, LIU J L, CHEN M Y, et al. Immobilization of roselle anthocyanins into polyvinyl alcohol/hydroxypropyl methylcellulose film matrix: Study on the interaction behavior and mechanism for better shrimp freshness monitoring [J]. International journal of biological macromolecules, 2021, 184:666-677.
- [19] 鲁莹.不同菠菜品种硝酸盐含量差异性初探[D].南京:南京农业大学,2015.
- [20] 张莹.不同环境因子对菠菜生长发育及生理效应的影响[D].上海:上海师范大学,2020.
- [21] 沈明珠,翟宝杰,东惠茹,等.蔬菜硝酸盐累积的研究:I.不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价[J].园艺学报,1982,9(4):41-48.
- [22] ZHANG H, XIANG Y L, HE N, et al. Enhanced vitamin C production mediated by an ABA-induced PTP-like nucleotidase improves plant drought tolerance in *Arabidopsis* and maize [J]. Molecular plant, 2020, 13(5):760-776.
- [23] 刘瑞琪,刘凡,贾智.维生素C对牙周膜干细胞中HDAC1和HDAC6表达的影响[J].天津医科大学学报,2021,27(2):105-107,146.
- [24] 张妮,阿迪力·阿不来提,贾凯,等.氨基酸液体肥料替代氮肥对辣椒生长、产量及品质的影响[J].新疆农业科学,2020,57(5):918-924.
- [25] 韦思庚.浓缩氨基酸液体肥在甘蔗上的应用效果分析[J].南方农业,2018,12(30):142-144.
- [26] 刘文国,杨振华,马志峰,等.大棚油桃应用液体配方肥料效果试验[J].安徽农学通报,2016,22(20):45-46.
- [27] 龙惊惊,李小明,王远,等.液体肥增效剂对黄瓜果实产量和品质的影响[J].北方园艺,2018(17):115-123.
- [28] 彭智平,于俊红,黄继川,等.氨基酸液体肥料对沙糖桔产量及品质的影响[J].广东农业科学,2014,41(6):78-79,109.
- [29] 周素云.氨基酸液体肥料在大葱生产上的应用[J].吉林蔬菜,2008(6):58.

(上接第89页)

研究结果表明,3种白蜡属植物种子均存在休眠现象。种子层积90 d,白蜡属种子的发芽率均高于其他时间处理组。200~300 mg/L 赤霉素是3种白蜡属植物种子适宜浓度区间。低温层积结合赤霉素处理是3种白蜡属植物种子的最优预处理方法。在今后的试验中,可以适当延长种子层积时间及寻找更适合白蜡属植物种子萌发的赤霉素浓度。

参考文献

- [1] 魏霞, DICK REARDON, 吴云, 等. 白蜡窄吉丁虫在中国的研究现状与分布调查[J]. 昆虫学报, 2004, 47(5): 679-685.
- [2] 张喆. 国外花曲柳窄吉丁危害与防治现状简介[J]. 天津农林科技, 2004(2): 27-28.
- [3] 苓建强. 白蜡属不同树种对花曲柳窄吉丁的抗性机制[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [4] 王磊. 云南沧浪中世新单翅类翅果化石研究: 以枹属为例[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [5] 郭家林. 四川枹属 (*Fraxinus*) 植物资源[J]. 中国中药杂志, 1989, 14(8): 3-4, 61.
- [6] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第61卷[M]. 北京:

科学出版社, 1992.

- [7] 权健, 王婷, 白芳芳, 等. 部分白蜡属植物收集及其在天津和宝鸡两地的引种栽培[C]//2014年中国植物园学术年会论文集. [出版地不详]: [出版者不详], 2014: 67-71.
- [8] STEINBAUER G P. Dormancy and germination of *fraxinus* seeds[J]. Plant physiology, 1937, 12(3): 813-824.
- [9] 张鹏, 孙红阳, 沈海龙. 温度对经层积处理解除休眠的水曲柳种子萌发的影响[J]. 植物生理学通讯, 2007, 43(1): 21-24.
- [10] ASAKAWA S. Thermoperiodic control of germination of *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* seeds[J]. Journal of the Japanese forestry society, 1956, 38(7): 269-272.
- [11] 凌世瑜. 赤霉素对水曲柳种子解除休眠的作用[J]. 林业科学, 1986, 22(1): 78-85.
- [12] 刘润妮, 周珊, 刘长命. 大叶白蜡种子休眠机理及预处理方法的研究[J]. 陕西农业科学, 2012, 58(2): 106-110.
- [13] 刘雅琦, 张建, 李刚, 等. 对节白蜡种子发芽特性的研究[J]. 种子, 2016, 35(10): 27-31.
- [14] 吴超然, 王雪芹, 刘恒星, 等. 两种老鹳草属种子萌发特性研究[J]. 北方园艺, 2017(14): 65-69.
- [15] 曹兴, 张秀省. 赤霉素对三种白蜡种子发芽率的影响[J]. 河北林果研究, 2008, 23(1): 12-15.
- [16] 叶景丰. 美国白蜡种子的休眠处理及其育苗技术研究[J]. 黑龙江农业科学, 2015(3): 61-63.