

含有机质叶面肥料对水稻生物量及产量的影响

刘陈晨, 冯学宁, 黄明彩 (九禾股份有限公司, 重庆 400050)

摘要 为探明以氨基酸和腐殖酸为有机质来源的含有机质叶面对水稻生物量、农艺性状及产量的影响, 共设置 5 种处理: 不含有机质对照(CK)、氨基酸 125 g/L(T1)、氨基酸 110 g/L+腐殖酸 20 g/L(T2)、氨基酸 95 g/L+腐殖酸 40 g/L(T3)、氨基酸 80 g/L+60 腐殖酸 g/L(T4), 处理 T1~T4 有机质含量均为 100 g/L。以水稻品种“内 5 优 39”为试验材料, 在孕穗期稀释 600 倍进行喷施。并测定水稻 4 个关键生育期的生物量积累, 收获期的株高、叶绿素、有效穗数、结实率和产量。结果表明, 在水稻孕穗期喷施各处理, 均可促进水稻生物量积累, 提高农艺性状, 并增加产量; 且随着氨基酸添加量的降低, 腐殖酸含量的增加, 各项指标呈先增加后降低的趋势。其中氨基酸 95 g/L+腐殖酸 40 g/L 处理与其他处理差异达显著水平。有机质配比为氨基酸 95 g/L+腐殖酸 40 g/L, 水稻农艺性状、产量等增加幅度最高, 推荐在水稻孕穗期喷施。

关键词 水稻; 含有机质叶面肥料; 产量; 生物量

中图分类号 S 141 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)04-0162-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.042



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Foliar Fertilizer with Organic Matter on Biomass and Yield of Rice

LIU Chen-chen, FENG Xue-ning, HUANG Ming-cai (Jiuhe Co., Ltd., Chongqing 400050)

Abstract The study aimed to find out the effect of foliar fertilizer with organic matter between amino acids (WSA) and humic acid (HA) on biomass, agronomic traits and yield of rice. There were five treatments: CK (no organic matter), WAS 125 g/L (T1), WAS 110 g/L+HA 20 g/L (T2), WAS 95 g/L+HA 40 g/L (T3), WAS 80 g/L+HA 60 g/L (T4). The contents of organic matter were 100 g/L from T1 to T4. Rice variety “5 you 39” was used as the test material. The treatments were sprayed in diluted 600 times at booting stage. The biomass accumulation at the key growth stages of rice, and the plant height, chlorophyll, effective panicle number, seed setting rate and yield at harvest time were detected. The biomass accumulation, agronomic characters and yield of rice could be promoted by spraying all treatments at booting stage. Moreover, with the decrease of WSA and the increase of HA, each index showed a trend of increasing at first and then decreasing in the end. The treatment of WAS 95 g/L+HA 40 g/L was significantly different from other treatments. The ratio of organic matter was WAS 95 g/L+HA 40 g/L with the highest increase in agronomic characters and yield. It was recommended to spray rice at booting stage.

Key words Rice; Foliar fertilizer with organic matter; Yield; Biomass

叶面肥料作为根外施肥, 是水稻生产中一种常见的土壤施肥技术的重要补充, 可快速地调节并平衡植物体内养分状态, 提高水稻的产量和品质。随着农户用肥水平的不断提升, 对叶面肥的需求更加多元化; 研究一款以含大量元素磷、钾, 微量元素硼、锌, 有机质来源为氨基酸和腐殖酸, 符合国家标准《含有机质叶面肥料》的新型肥料, 对水稻的实际生长具有重大意义。而近年来, 关于叶面肥对水稻农艺性状、产量、品质的影响大多集中于单一物质的叶面肥^[1-2]。如锌、硼均是植物生长发育需要的微量元素, 增施锌、硼能提高水稻实粒数, 提高水稻产量, 增加经济效益, 改善稻米营养品质^[3-5]。氨基酸是含氮的小分子有机化合物, 是植物生长和发育所必需的营养物质, 不同种类的氨基酸吸收后在植物体内也具有不同的生理效应, 如喷施亮氨酸提高水稻生物量及氮含量, 蛋氨酸提高水稻品质等^[6-8]。腐殖酸是具有多种官能团的大分子有机弱酸混合物, 含有许多对植物产生类似生物刺激素效应的活性物质, 能够提高水稻、小麦、玉米等农艺性状和产量, 改善农作物品质^[9-10]。目前鲜见以氨基酸和腐殖酸复配的含有机质叶面肥, 研究喷施该叶面肥对水稻生长发育的影响。为此, 笔者通过在水稻孕穗始期喷施不同有机质配比的叶面肥料, 以农艺性状、生物量及产量为研究方向, 探讨水稻养分吸收积累及产量的变化趋势, 以探求氨基酸和

腐殖酸复配的最优有机质配比, 为水稻含有机质叶面肥的高效利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 于四川省绵阳市开展试验。试验前按照随机取样法, 取 0~20 cm 土壤混合样, 自然风干后分析测定土壤基础地力, 分别为有机质 306 g/kg, 全氮 1.357 g/kg, 碱解氮 156.4 mg/kg, 有效磷 15.8 mg/kg, 速效钾 46.3 mg/kg, pH 5.79。

1.2 试验材料 供试水稻品种为“内 5 优 39”。供试叶面肥共 5 份, 均添加相同含量的磷、钾、锌、硼。设置对照组(CK): 有机质为 0; 处理①(T1): 添加氨基酸 125 g/L; 处理②(T2): 添加氨基酸 110 g/L 和腐殖酸 20 g/L; 处理③(T3): 添加氨基酸 95 g/L 和腐殖酸 40 g/L; 处理④(T4): 添加氨基酸 80 g/L 和腐殖酸 60 g/L。处理 T1~T4 有机质含量均为 100 g/L, 符合 GB/T 17419—2018 含有机质叶面肥料液体产品要求。

1.3 试验方法 试验共设 5 个处理, 每小区面积为 100 m², 3 次重复, 随机区组排列。水稻于 2018 年 5 月 25 日移栽, 株行距为 25 cm×35 cm。6 月 1 日施尿素 187.5 kg/hm² 作返青肥。在水稻孕穗期叶面肥料喷施处理, 即 7 月 8 日 17:30; 喷施用量均为 750 mL/hm², 用水稀释 600 倍。9 月 17 日收割。统一使用电动喷雾器 3WBS-16A 型均匀喷雾。田间管理措施与当地常规习惯相同, 相同措施均在同一天完成。

1.4 测定项目与方法 在孕穗期、破口期、灌浆期和成熟期, 每小区随机挖取水稻植株 4 株; 使用直尺测量株高, 用

作者简介 刘陈晨(1990—), 女, 重庆人, 农艺师, 硕士, 从事新型肥料研究。

收稿日期 2021-10-27

SPAD-502 测量主茎的绿色程度,并记录叶片数。将水稻分根、茎、叶、穗,用信封袋装好标记,105 ℃ 杀青 30 min,80 ℃ 烘干至恒重,称量。水稻收获前 1 d,每小区随机割取 3 个 1 m² 的样品,使用直尺测量剑叶长、宽,并测定有效穗数、每穗实粒数、结实率、千粒重等。水稻收获后,测定实收籽粒产量。

1.5 数据统计分析 采用 Excel 2013 进行数据统计,并用 SPSS 19.0 对试验数据进行显著性分析及绘制图表。

2 结果与分析

2.1 含有机质叶面肥料对水稻干重的影响 在孕穗期喷施不同处理含有机质叶面肥料,对水稻破口期、灌浆期及成熟期的茎、叶、穗、根干重均有明显促进作用。由图 1 可知,在水稻孕穗期喷施叶面肥料时,各处理之间的茎、叶、穗、根干重均有明显差异。水稻茎干重先上升后下降,为破口期最高,灌浆期和成熟期均呈下降趋势,各生理时期均表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,破口期、灌浆期及成熟期分别增加 1.96、1.02 和 0.80 g/株,增幅达 8.16%、4.64%和 3.76%,

显著高于其他处理。水稻叶干重先上升后下降,随着水稻生长,灌浆期达到最高,随后下降,各生理时期均表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,破口期、灌浆期及成熟期分别增加 1.27、0.84 和 0.69 g/株,增幅达 12.23%、7.49%和 6.71%,显著高于其他处理。水稻穗干重逐渐上升,随着水稻生长而增加,在成熟期达到最高,各生理时期均表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,破口期、灌浆期及成熟期分别增加 5.39、7.12 和 6.66 g/株,增幅达 38.82%、27.78%和 15.91%,显著高于其他处理。水稻根干重逐渐上升,随着水稻生长而增加,在成熟期达到最高,各生理时期均表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,破口期、灌浆期及成熟期增加 0.62、0.93 和 0.51 g/株,增幅达 8.16%、10.19%和 4.52%,显著高于其他处理。表明喷施含有机质叶面肥料,破口期、灌浆期、成熟期的茎、叶、穗、根干重均显著高于对照,持续促进水稻生物量的积累。

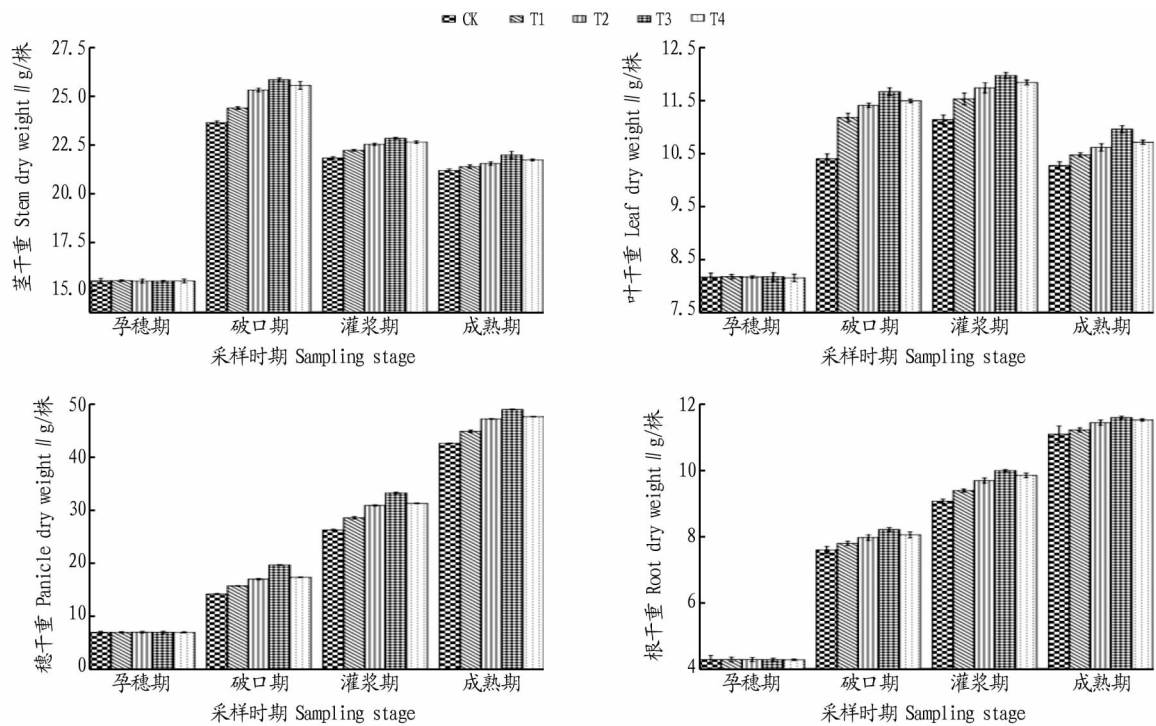


图 1 不同处理对水稻单株干重的影响

Fig.1 Effects of different treatment methods on rice dry weight

2.2 含有机质叶面肥对水稻成熟期农艺性状的影响 2018 年 9 月 18 日水稻成熟期收获时,测量水稻的株高、茎粗、叶绿素、剑叶长和宽,各项指标见表 1。由表 1 可知,不同叶面肥料对水稻成熟期农艺性状均有促进作用;农艺性状变化趋势均相同,表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,株高、茎粗、叶绿素、剑叶长和宽较 CK 增幅分别为 6.55%、10.10%、15.33%、15.49%和 19.47%;其次为 T4,各项指标较 CK 增幅分别为 5.23%、7.58%、11.63%、10.30%和 13.27%;然后是 T2,各项指标较 CK 增幅分别为 4.05%、5.05%、10.49%、8.31%和 6.19%;增幅最小为 T1,各项指标较 CK 增幅分别为 1.88%、3.03%、7.10%、3.67%和 4.42%。表明喷施含有机质叶面肥

料,促进水稻株高、茎粗和剑叶的生长,增加叶绿素的合成,各处理均显著高于对照;且当氨基酸和腐殖酸添加量在一定范围时,随着氨基酸添加量的降低,腐殖酸含量增加时,农艺性状呈先增加后降低的趋势。

2.3 含有机质叶面肥对水稻产量的影响 水稻产量受产量构成因素的综合影响,主要包括有效穗数、穗粒重、千粒重、结实率。由表 2 可知,不同处理对水稻的有效穗数、穗粒数(总粒数及结实数)、结实率、千粒重、产量均有影响。有效穗数 T3 最高,为 171.68 万穗/hm²;T4 次之,为 170.00 万穗/hm²;CK 最低,为 158.01 万穗/hm²,各处理之间无显著差异。穗粒数的总粒数和结实数均表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,总粒

数和结实数分别为 181.89、167.33 粒/穗;T4 次之,分别为 181.05、165.79 粒/穗;CK 最低,分别为 175.15、157.86 粒/穗,各处理之间无显著差异。结实率 T3 最高,为 91.99%;T4 次之,为 91.57%;CK 最低,为 90.13%;各处理均显著高于 CK。千粒重为 T3>T4>T2>T1>CK,T3 最高,为 31.87 g,较 CK 增加 2.61%;T4 次之,为 31.79 g;CK 最低,为 31.06 g;各处理之间无显著差异。产量表现为 T3>T4>T2>T1>CK,其中 T3 最高,

为 8 484.09 kg/hm²,较 CK 增产 12.76%;其次是 T4,为 8 218.41 kg/hm²,较 CK 增产 9.23%。表明喷施含有机质叶面肥料,促进水稻有效穗数、穗粒数、千粒重增加,未达显著水平;也促进结实率和产量的提升,显著高于其他处理;且当氨基酸和腐殖酸添加量在一定范围时,随着氨基酸添加量的降低,腐殖酸含量增加,各项指标先升高后降低,与农艺性状变化趋势相似。

表 1 不同处理对水稻成熟期农艺性状的影响

Table 1 Effects of different treatments on agronomic traits of rice at mature period

处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter cm	叶绿素 (SPAD)	剑叶长 Sword leaf length cm	剑叶宽 Sword leaf width cm
CK	113.45±0.42 e	1.98±0.02 d	39.28±0.48 d	32.73±0.13 d	1.13±0.05 d
T1	115.58±1.26 d	2.04±0.02 c	42.07±50.45 c	33.93±0.90 c	1.18±0.05 cd
T2	118.05±0.42 c	2.08±0.04 c	43.40±0.22 b	35.45±0.24 b	1.20±0.00 c
T3	120.88±0.67 a	2.18±0.02 a	45.30±0.86 a	37.80±0.22 a	1.35±0.06 a
T4	119.38±0.39 b	2.13±0.04 b	43.85±0.13 b	36.10±0.22 b	1.28±0.05 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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

表 2 不同处理对水稻产量的影响

Table 2 Effects of different treatments on rice yield

处理 Treatment	有效穗数 Effective panicles 万穗/hm ²	穗粒数 Number of grains per panicle//粒/穗		结实率 Seed setting rate//%	千粒重 1 000-grain weight//g	产量 Yield kg/hm ²
		总粒数 Total grains	结实数 Seed setting quantity			
CK	158.01±27.84 a	175.15±13.60 a	157.86±12.26 a	90.13±0.74 b	31.06±0.24 a	7 523.71±72.83 d
T1	159.01±32.42 a	178.58±11.74 a	162.65±10.69 a	91.08±0.06 a	31.50±0.27 a	7 912.73±28.45 c
T2	167.68±30.55 a	180.70±6.42 a	164.97±5.86 a	91.30±0.47 a	31.64±1.56 a	8 185.08±48.65 b
T3	171.68±13.32 a	181.89±5.25 a	167.33±4.82 a	91.99±0.62 a	31.87±0.24 a	8 484.09±48.90 a
T4	170.00±13.52 a	181.05±3.30 a	165.79±3.02 a	91.57±0.30 a	31.79±0.04 a	8 218.41±104.31 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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

3 讨论

3.1 含有机质叶面肥对水稻增产增效作用 随着人们生活水平逐渐改善,对优质稻米的需求越来越多,向水稻喷施含有机质叶面肥是提高稻米产量及品质的一种重要方法。该试验所用含有机质叶面肥不仅提供水稻生长所需的大量元素磷、钾和微量元素锌、硼,也提供有机质,有机质来源以氨基酸和腐殖酸复配为主。目前,国内外对喷施含氨基酸或含腐殖酸的叶面肥分别展开了许多研究,如史祥宾等^[11]、刘鑫铭等^[12]研究表明,喷施氨基酸叶面肥提高葡萄的可溶性固形物、花青素含量,改善果实品质。谷端银等^[13]、刘铭铭等^[14]研究表明在黄瓜幼苗时期喷施含腐殖酸水溶肥,可促进植株生长,提高抗逆性。但涉及氨基酸和腐殖酸复配的叶面肥很少。该试验以叶面追肥的形式,喷施不同有机质来源的叶面肥料,结果表明,喷施含有机质叶面肥料能提高水稻的农艺性状、产量,增加农户收益;当有机质配比为氨基酸 95 g/L 和腐殖酸 40 g/L 时,水稻干物质积累、农艺性状和产量的增加明显高于其他处理;与对照比较,有效穗数增加 8.65%,千粒重增加 2.61%,产量增加 12.76%;且在一定范围时,随着氨基酸添加量的降低,腐殖酸含量增加,各项指标呈先升高后降低的趋势。可能是氨基酸与腐殖酸同时施用,相互促进,更能提高植物生长发育过程中生物活性。

3.2 含有机质叶面肥增效机制探讨 研究表明,氨基酸是通

过影响植物体内蛋白质的合成影响植物的生长发育,其中精氨酸、丙氨酸、天冬酰胺、谷氨酰胺、天冬氨酸和甘氨酸可作为潜在的有机氮源供植物吸收利用^[15]。但不同氨基酸对水稻生长机理不同,但大多数氨基酸在适宜浓度下均可促进作物产量、外观品质等指标的提高;李先等^[16]研究表明叶面喷施赖氨酸提高水稻产量和外观品质;邹朝晖等^[17]研究表明喷施亮氨酸促进水稻产量和植株中氮含量。而腐殖酸能够对植物产生类似生物刺激素的效应,促进植物呼吸作用、酶的合成,叶绿素含量积累;同时影响植物的生长、发育^[18]。而不同作物叶面喷施腐殖酸的最适含量有明显的差异,但均表明添加腐殖酸应在一个适宜的浓度,添加量过高,反而会抑制作物生长;刘增照等^[19-21]研究表明,喷施 0.2、0.4、0.6 和 0.8 g/L 腐殖酸可提高“红富士”苹果的单果质量和产量,提高糖酸比、维 C 含量,以 0.4 g/L 最优。该研究中,当以氨基酸 95 g/L 和腐殖酸 40 g/L 复配时,两者之间的平衡达到最优;对水稻的农艺性状、产量等增幅达到最高。但喷施含氨基酸和腐殖酸的叶面肥料,是如何被水稻吸收利用,在水稻体内是如何相互促进的,仍有待进一步研究。

4 结论

在水稻孕穗期使用含有机质叶面肥料液体,稀释 600 倍后进行叶面喷施,可增加水稻株高、茎粗、叶绿素值、剑叶长 (下转第 168 页)

含量有关。

处理④(高钾海藻肥)含有较高浓度的钾,研究表明,钾可以促进水稻花后干物质累积^[19],尤其在孕穗期和齐穗期影响显著^[20],同时含有的海藻酸和各种植物激素^[21-22],均有利于水稻灌浆,所以千粒重在各处理中最高。但在低氮条件下,增施钾产量增加较少^[23],这与处理④产量与其他有机叶面肥处理相比仅比处理③(单一元素钙肥)和对照产量高相符。

有机叶面肥因为来源的不同,性质有所差别,起到的作用也不同。平衡施肥不仅针对基肥,对有机水稻只能使用少氮基肥的情况下,更加重视有机叶面肥追肥的平衡施肥,如处理①(大量元素肥)、处理⑤(有机碳肥)和处理④(高钾海藻肥)联合施用,对提高盐碱地有机水稻产量和品质均有积极意义,具体联合施用方法还有待于进一步研究。

参考文献

[1] 刘亚柏.有机水稻-红花草轮作对有机稻产量及土壤肥力的影响[J].江苏农业科学,2014,42(12):72-74.
[2] ARNON D I.Copper enzymes in isolated chloroplasts.Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*[J].Plant physiology,1949,24(1):1-15.
[3] 屠曾平.水稻光合特性研究与高光效育种[J].中国农业科学,1997,30(3):28-35.
[4] 范淑秀,陈温福.超高产水稻品种叶绿素变化规律研究初报[J].沈阳农业大学学报,2005,36(1):14-17.
[5] 沈掌泉,王珂,朱君艳.叶绿素计诊断不同水稻品种氮素营养水平的研究初报[J].科技通报,2002,18(3):173-176.
[6] 李志宏,刘宏斌,张云贵.叶绿素仪在氮肥推荐中的应用研究进展[J].植物营养与肥料学报,2006,12(1):125-132.
[7] 王贵民,陈国祥,张美萍,等.高产杂交水稻剑叶全展后主要光合生理特征的研究[J].核农学报,2008,22(5):697-700.

(上接第 164 页)

和宽;增加各个部位的生物量积累,提高有效穗数、穗粒数、结实率、千粒重、产量;增加农户收益。其中有机质配比以氨基酸 95 g/L 和腐殖酸 40 g/L 最优,水稻农艺性状、产量等增加幅度最高,推荐在水稻孕穗期喷施。

参考文献

[1] 卢丽娟,徐曙,于洪喜,等.穗期喷施叶面肥对水稻产量和品质的影响[J].大麦与谷类科学,2020,37(1):46-50.
[2] 王康,吴家旺,戴辉,等.沼液叶面肥对水稻生长的影响[J].江苏农业科学,2019,47(15):126-129.
[3] 张欣,户少武,章燕柳,等.叶面施锌对不同水稻品种稻米锌营养的影响及其机理[J].农业环境科学学报,2019,38(7):1450-1458.
[4] 李进前,李有清,杨立年,等.硼肥对水稻生长和产量的影响[J].中国稻米,2018,24(3):108-110.
[5] 骆江英,陈国安,郑金良.不同施氮量下硼、锌在水稻上的应用效果[J].浙江农业科学,2013,54(10):1253-1255.
[6] 陈展宇,陈天鹏,李慧杰,等.植物吸收运转氨基酸的分子机制进展[J].分子植物育种,2017,15(12):5166-5171.
[7] 王莹,史振声,王志斌,等.植物对氨基酸的吸收利用及氨基酸在农业中的应用[J].中国土壤与肥料,2008(1):6-11.
[8] 张志元,邹朝晖,唐建洲,等.水稻对外源氨基酸的吸收与转运[J].湖北农业科学,2016,55(4):825-827.
[9] 赫臣,陈立强,赵海成,等.化肥减量配施不同类型腐植酸有机肥对盐碱

[8] 欧阳杰,王楚桃,何光华,等.水稻灌浆中后期功能叶中叶绿素含量及其变化趋势与谷物产量关系研究[J].西南农业学报,2012,25(4):1201-1204.
[9] 吕川根,徐耀垣.氮素影响稻米品质的机理初探[J].江苏农业学报,1990,6(3):64-65.
[10] 朱昌雄,李瑞波.液态有机碳肥概述[J].磷肥与复肥,2013,28(4):16-18.
[11] 柳沈辉,伍俊为,黄裕钧,等.有机碳对嘉宝果地上部生长和叶绿素含量的影响[J].亚热带农业研究,2018,14(3):177-180.
[12] 吴家强,郑小红,赵晓美,等.乌金绿在水稻上的减肥增效试验研究[J].中国稻米,2014,20(6):46-48.
[13] 王百顺,刘保成.有机碳肥不同用量对玉米产量及经济效益的影响[J].现代农业科技,2018(17):17-18.
[14] 桂丕,陈娟,廖宗文,等.不同氮水平下有机碳对薤菜碳氮代谢及生长的影响[J].土壤学报,2016,53(3):746-756.
[15] SUBBARAO G V,ITO O,BERRY W L,et al.Sodium-A functional plant nutrient[J].Critical reviews in plant sciences,2003,22(5):391-416.
[16] 吴延寿,王萍,熊运华,等.钙对盐胁迫水稻生长和营养元素吸收的影响[J].江西农业大学学报,2016,38(6):1023-1028.
[17] 蒲熙,温圣贤,邓文,等.矿质元素硅、钙对水稻抗逆性影响的研究进展[J].作物研究,2007,21(S1):616-619.
[18] 杨丽颖,文翠梅.水稻应用速效钙效果研究[J].北方水稻,2011,41(2):66,70.
[19] 陈楠,陈刚,黄义德,等.氮、钾施用量对中梗稻群体质量和产量的影响[J].中国农学通报,2009,25(2):123-127.
[20] 刘书起,甄英肖,田宗海.生物钾肥对水稻的产量效应及其与化学氮、钾肥的交互作用[J].河北省科学院学报,1992,9(1):40-45.
[21] SHARMA H S S,FLEMING C,SELBY C,et al.Plant biostimulants:A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses[J].Journal of applied phycology,2014,26(1):465-490.
[22] 孙晓,尹皓婵,张占田,等.海藻提取物对水稻产量及养分利用的影响[J].江苏农业科学,2020,48(16):100-103.
[23] 杨波.免耕抛秧水稻根倒伏特性及钾肥调控研究[D].雅安:四川大学,2007.

地水稻产量和品质的影响[J].河南农业科学,2019,48(5):16-21.
[10] 张水勤,袁亮,林治安,等.腐植酸促进植物生长的机理研究进展[J].植物营养与肥料学报,2017,23(4):1065-1076.
[11] 史祥宾,王孝娣,王宝亮,等.叶面肥添加微量元素对设施葡萄生长发育的影响[J].中国果树,2020(4):47-50.
[12] 刘鑫铭,陈辉,刘锡铭,等.含氨基酸水溶性肥料对巨峰葡萄的影响[J].福建农业学报,2019,34(7):782-789.
[13] 谷端银,王秀峰,高俊杰,等.纯化腐植酸对氮胁迫下黄瓜幼苗生长和氮代谢的影响[J].应用生态学报,2018,29(8):2575-2582.
[14] 刘铭铭,熊乐歌,李衍素,等.腐植酸水溶肥对黄瓜幼苗生长和产量的影响[J].蔬菜,2017(9):25-28.
[15] 李婷婷,宋丽梅,于峰.外源氨基酸对拟南芥 EBP1 蛋白质合成影响的初步分析[J].云南农业大学学报(自然科学),2020,35(4):553-561.
[16] 李先,杨毅,邹朝晖.叶面喷施赖氨酸对水稻产量及稻米品质的影响[J].湖南农业科学,2019(9):40-41,46.
[17] 邹朝晖,张志元,邓钢桥,等.喷施外源氨基酸对水稻干重及含氮量的影响[J].核农学报,2016,30(7):1435-1439.
[18] 陈玉玲.腐植酸对植物生理活动的影响[J].植物学通报,2000,35(1):64-72.
[19] 王乾,王康才,崔志伟,等.腐植酸对高温胁迫下掌叶半夏生长生理特性及块茎次生代谢的影响[J].西北植物学报,2013,33(9):1845-1850.
[20] GHEORGHE CRISTIAN POPESCU,MONICA POPESCU 著,矫威译.叶面喷施腐植酸对葡萄产量、果实品质的生理响应[J].腐植酸,2020(3):55.
[21] 刘增照,郝明德,牛育华,等.腐植酸叶面肥对苹果品质和产量的影响[J].北方园艺,2019(6):28-33.