

不同有机叶面肥对盐城盐碱地有机水稻产量·品质及效益的影响

胡大鹏¹, 陈浩², 夏芊蔚³, 袁宇钢¹, 陆中阳¹, 笪达^{4*}

(1. 江苏省沿海农业发展有限公司射阳分公司, 江苏射阳 224331; 2. 南京绿仙子生物技术有限公司, 江苏南京 210014; 3. 江苏省农业科学院农产品质量与安全营养研究所, 江苏南京 210014; 4. 江苏省沿海农业发展有限公司, 江苏南京 210019)

摘要 研究不同类型有机叶面肥对江苏盐城射阳盐碱地有机水稻剑叶的叶绿素含量、产量、品质及效益的影响。结果表明, 有机叶面肥施用后, 剑叶叶绿素含量、产量、品质和效益均高于对照处理。其中大量元素有机叶面肥(处理①), 叶绿素含量、稻谷产量和稻米效益均最高; 其次为有机碳肥(处理⑤), 明显提高了水稻的直链淀粉含量; 海藻高钾有机肥(处理④)富含钾和海藻酸植物激素, 施用后千粒重最高, 但在低氮条件下, 产量相比其他有机肥处理增长不大; 单一中量元素钙肥(处理③)叶绿素含量、产量和效益均与对照相差不大; 鱼蛋白有机肥(处理②)叶绿素含量与处理①和处理⑤无显著差异, 但产量低于处理①和处理⑤, 且差异显著。不同类型叶面肥平衡施肥提高盐碱地有机水稻产量和品质有待于进一步研究。

关键词 盐碱地; 有机水稻; 有机叶面肥; 产量; 品质; 效益

中图分类号 S141 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)04-0165-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.04.043



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Different Organic Foliar Fertilization Treatments on Yield, Quality and Economic Value of Organic Rice of the Saline-alkali Land in Yancheng

HU Da-peng¹, CHEN Hao², XIA Qian-wei³ et al (1. Jiangsu Coast Development Group Co., Ltd., Sheyang Branch, Sheyang, Jiangsu 224331; 2. Nanjing F-zone Biotech. Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 210014; 3. Institute of Food Safety and Nutrition, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nangjing, Jiangsu 210014)

Abstract The study determined the effects of various organic foliar fertilizers on chlorophyll content, yield and economic values of flag leaf for rice in Sheyang County, Yancheng City, Jiangsu Province. The results found that chlorophyll content, yield and economic values were increased with application of organic foliar fertilizers. Among these organic foliar fertilizers, large amount of elemental folia fertilizer (①) showed the best effects with high chlorophyll content, yield and economic values. Next, spraying organic carbon fertilizer (⑤) significantly increased amylose content. The highest thousand grain weight by application of seaweed organic fertilizer (④) with high potassium, while yield was not increased significantly compared with other fertilizer at low nitrogen rate. Compared with control, single micro-element fertilizer, calcium fertilizer (③) showed insignificant difference in chlorophyll content, yield and economic value. The chlorophyll content in fish protein organic fertilizer (②) treatment had no significant difference compared with ① and ⑤, but its yield was significantly lower than ① and ⑤. Further study is needed to improve the yield and quality of organic rice in saline-alkali soil by balanced fertilization with different types of foliar fertilizer.

Key words Saline-alkali soil; Organic rice; Organic foliar fertilizer; Yield; Quality; Economic value

有机农产品是我国重点发展的农业方向之一, 近几年的中央一号文件都有发展“有机农产品”的内容。2021年的中央一号文件更是明确指出, “推进农业绿色发展”“加强农产品质量和食品安全监管, 发展……有机农产品”, 同时强调“要稳定粮食播种面积、提高单产水平”。

有机水稻是有机农产品的重要组成部分, 据2020年江苏省绿色食品协会统计, 江苏的有机水稻获证面积已达5 910.16 hm²。但由于受土壤肥力、栽培模式等关键因素的影响, 有机水稻的产量在3 000~4 125 kg/hm², 产量较低^[1]。按照国家有机产品生产标准(GB/T 19630—2019)要求, 有机水稻栽培过程中不能使用任何化学合成的肥料, 因此如何提高有机水稻的单产一直是一个难题, 尤其是土壤生产力比较低的盐碱地。在生产实践中, 一般通过有机水稻-绿肥轮作, 稻鸭共作, 大量施用自发酵有机肥(畜禽粪便、秸秆等)、商品有机肥等作基肥来增加肥力, 而这些措施可以用来改良盐碱地土壤, 所以发展盐碱地有机水稻对稳定耕地面积、提高农

产品品质均有积极意义。但以上措施均为基肥, 对有机叶面肥(追肥)研究应用较少, 原因一是通过有机认证的叶面肥数量较少, 又分散在各有机认证机构之间, 互通少; 二是常规的有机叶面肥如沼液等效果不明显; 三是种植者对有机水稻是否可以追肥、追什么肥大部分不是很了解。近年来随着有机农业的发展, 通过有机认证的叶面肥逐渐增多, 笔者通过施用不同种类的有机叶面肥, 研究追肥对盐碱地有机水稻产量、品质及效益的影响, 为有机叶面肥在有机水稻生产中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验区位于江苏省盐城市射阳县黄沙港镇新洋港河入海口地区(120°32'26"E, 33°37'26"N), 是里下河地区腹部排水入海的主要地区之一。经南京国环有机产品认证中心认证为有机水稻种植基地, 证书号为1340P1800669。年平均气温14.4℃, 年际降水量992 mm, 年蒸发量950 mm, 雨热同期, 作物一年两熟或两年三熟。土壤为黏性土, 表层0~20 cm土壤pH 8.82, 可溶性盐0.53 g/kg, 土壤容重1.13 g/cm³, 有机质13.26 g/kg, 全氮1.07 g/kg, 速效磷25.29 mg/kg, 速效钾165.24 mg/kg。

1.2 试验设计 按不同有机叶面肥分别设置6个施肥处理:

基金项目 江苏省沿海集团青创项目。
作者简介 胡大鹏(1993—), 男, 江苏新沂人, 农艺师, 硕士, 从事大田作物栽培研究。*通信作者, 硕士, 从事大田作物栽培研究。
收稿日期 2021-06-14

①农必泰(大量元素水溶肥料, 17-17-17+TE), $N+P_2O_5+K_2O \geq 50\%$, $B 0.2\% \sim 0.3\%$ 。南京国环有机产品认证中心认证, 证明号 IP-0109-949-1761; ②农溢富(鱼蛋白有机液肥), $N+P_2O_5+K_2O \geq 80 \text{ g/L}$, 有机质 $\geq 200 \text{ g/L}$ 。南京国环有机产品认证中心认证, 证明号 IP-0109-911-3281B; ③脉滋(中量元素肥料), $Ca \geq 30\%$, 0.5 mol/L 盐酸浸提, 水不溶物 $\leq 5.0\%$ 。叶面喷施推荐高用量 1.5 kg/hm^2 。南京国环有机产品认证中心认证, 证明号 IP-0109-949-1761; ④百禾茂(海藻高钾型有机水溶肥料), 海藻酸 $\geq 15\%$, $K_2O \geq 20\%$, 有机质 $\geq 45\%$ 。叶面喷施推荐高用量 0.5625 kg/hm^2 。欧盟有机食品认证中心(ECOECRT)认证, 证明号 9129CN1800n1e; ⑤超级活力碳(有机碳肥), 有机质 $\geq 150 \text{ g/L}$ 。叶面喷施推荐高用量 1.5 kg/hm^2 。美国有机材料评估研究所(OMRI)认证, 证明号 lsp 2336; ⑥清水对照。每处理 3 次重复, 共 18 个小区, 小区面积为 $25 \text{ m}^2 (5 \text{ m} \times 5 \text{ m})$, 随机排列。

水稻品种为南粳 9108, 基肥为腐熟牛粪, 有机质含量 42% , 1 hm^2 施用 15 t 。冬季休耕, 2020 年 5 月 20 日育苗, 6 月 24 日移栽, 机插秧, 行间距为 $25 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$, 基本苗 $150 \text{ 万} \sim 180 \text{ 万株/hm}^2$ 。从成本和效果综合考虑, 分别于 7 月 14 日(分蘖期)、8 月 17 日(孕穗期)、8 月 29 日(破口期)、9 月 6 日(齐穗期), 统一按有机叶面肥叶面喷施推荐高用量 1.5 kg/hm^2 对水 450 kg/hm^2 叶面喷施一次。其余生产管理和病虫害防治严格按国家有机产品生产标准(GB/T 19630—2019)规定执行。

1.3 采样及指标检测 剑叶全展后, 在每小区随机选择 3 株长势均匀、高度一致的健康植株, 参照 Arnon^[2] 方法测定水稻剑叶的叶绿素含量。10 月 26 日(蜡熟末期)各小区单独收获, 以 1 m^2 计产, 3 次重复, 计算产量。同时每个小区选取有代表性的穗, 测定有效穗、每穗粒数、千粒重和理论产量。各小区收获的稻谷自然晒干至水分 $\leq 16\%$ 后, 用 LTJM-160 精米机加工成大米, 送至谱尼测试集团股份有限公司北京实验室检测大米直链淀粉含量(检测方法 GB/T 15683—2008), 品尝评分值(检测方法 GB/T 15682—2008), 蛋白质(检测方法 GB 5009.5—2016 第一法)和胶稠度(检测方法 GB/T 22294—2008)。

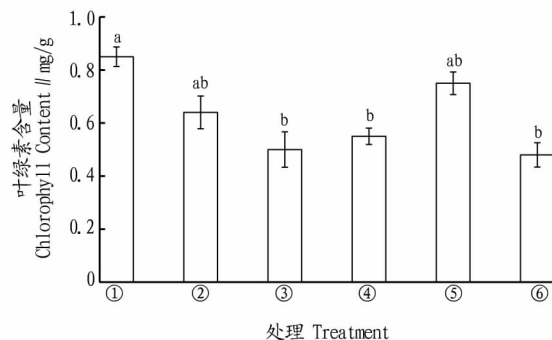
1.4 数据处理与分析 数据处理及分析采用 Excel 和 DPS 软件等数据处理系统, 采用 Duncan's 新复极差法进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同有机叶面肥对有机水稻剑叶叶绿素含量的影响 由图 1 可知, 剑叶全展后, 不同有机肥处理的有机水稻剑叶叶绿素含量相比清水对照处理⑥均有不同程度的上升。处理①叶绿素含量最高, 其次是处理⑤、处理②、处理④和处理③。其中处理①的叶绿素含量与清水对照处理⑥差异显著($P < 0.05$), 而处理②、处理⑤、处理④和处理③与清水对照处理⑥差异不显著。

水稻籽粒产量的 90% 来自花后叶片的光合作用, 其中剑叶作用至关重要^[3]。所以在一定范围内, 水稻剑叶的叶绿素

含量, 与叶片氮素营养、叶片颜色、水稻产量、水稻品质有密切的联系^[4-6]。研究发现, 剑叶全展后叶绿素含量整体呈下降趋势^[7-8]。从图 1 可以看出, 含有较高含量氮的有机叶面肥处理①和处理②, 与对照相比可以明显提升叶绿素含量, 且处理①叶绿素含量大于处理②, 与处理①氮元素含量大于处理②相符。但值得注意的是, 处理⑤有机碳肥也可以很明显地提升叶绿素含量, 且大于处理②。



注: 不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments at 0.05 level

图 1 不同有机叶面肥对有机水稻剑叶叶绿素含量的影响

Fig.1 Effects of different organic foliar fertilization treatments on flag leaf chlorophyll content of organic rice

2.2 不同有机叶面肥对有机水稻产量及效益的影响 由表 1 可知, 各叶面肥处理(处理①~处理⑤)有效穗、千粒重、产量和效益均大于清水对照(处理⑥)。处理①有效穗最多, 其次为处理④, 两者有效穗分别为 10.0 和 9.7 穗/兜, 且与除处理⑤的其他处理差异达显著水平; 处理⑤有效穗为 8.6 穗/兜, 与处理①差异显著; 处理②、处理③和处理⑥有效穗分别为 8.2、7.7 和 7.6 穗/兜, 处理间差异不显著。处理④千粒重最高为 26.9 g, 处理①、处理②和处理⑤相近, 处理⑥最低为 22.6 g, 且与其他处理差异显著。每穗粒数处理⑤最高为 181.9 粒/穗, 处理②、处理③和处理⑥相近且无显著差异, 处理④最低为 133.0 粒/穗, 且与其他处理差异显著。处理①产量最高, 处理⑤次之, 分别为 $6\ 268.7$ 和 $6\ 203.0 \text{ kg/hm}^2$, 且与其他处理差异显著; 其次为处理②和处理④, 分别为 $5\ 145.8$ 和 $5\ 286.0 \text{ kg/hm}^2$; 处理③为 $4\ 897.8 \text{ kg/hm}^2$, 与处理①、④、⑤、⑥差异显著; 处理⑥最低为 $4\ 530.1 \text{ kg/hm}^2$, 与其他处理差异显著。处理①效益最高为 $75\ 224.9 \text{ 元/hm}^2$, 其次为处理⑤、处理④、处理②和处理③, 处理⑥最低为 $54\ 361.3 \text{ 元/hm}^2$ 。

氮是影响水稻产量的关键因素。从表 1 可以看出, 大量元素叶面肥含氮量最高的处理①(矿物来源)产量最高, 含氮量较低的有机肥处理②(海洋鱼提取)和处理④(海藻提取)产量较低, 中量元素肥处理③(单一矿物)与对照处理⑥产量相差不大。新型有机碳肥料处理⑤产量仅次于处理①, 在有机种植模式下表现出较好的增产效果。值得注意的是, 处理④千粒重最高, 这可能与钾含量高有关。各处理产量均低于常规种植方式(常规盐碱地南粳 9108 稻谷产量 $7\ 500 \text{ kg/hm}^2$), 但最终经济效益均在 $50\ 000 \text{ 元/hm}^2$ 以上, 高于常规种植方式

(常规南粳 9108 出米率 70%, 售价 6 元/kg) 的 31 500 元/hm²。

表 1 不同有机叶面肥对有机水稻产量及效益的影响

Table 1 Effects of different organic foliar fertilization treatments on organic rice yield and economic value					
处理 Treatment	有效穗 Effective ear 穗/兜	千粒重 1 000-grain weight g	每穗粒数 Grains per ear	理论产量 Theoretic grain yield kg/hm ²	效益 Economic value 元/hm ²
①	10.0 a	26.7 ab	155.1 b	6 268.7 a	75 224.9
②	8.2 c	26.1 ab	172.5 ab	5 145.8 bc	61 749.5
③	7.7 c	25.4 b	165.0 ab	4 897.8 c	58 773.4
④	9.7 ab	26.9 a	133.0 c	5 286.0 b	63 431.7
⑤	8.6 bc	26.3 ab	181.9 a	6 203.0 a	74 436.1
⑥	7.6 c	22.6 c	173.1 ab	4 530.1 d	54 361.3

注: 同列不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。有机稻出米率 60%, 有机米销售价格 20 元/kg
Note: Different lowercase letters in the same columns indicated significant difference between different treatments at 0.05 level. The shelling percentage of organic rice was 60%. The price of organic rice was 20 yuan/kg

2.3 不同有机叶面肥对有机稻米品质的影响 不同有机叶面肥处理的有机稻米品质委托有资质的第三方检测, 检测报告编号分别为处理①(No.GOAB64CA1F10R4513)、处理②(No.GOAB64CA1F10R4514)、处理③(No.GOAB64CA1F10R4515)、处理④(No.GOAB64CA1F10R4516)、处理⑤(No.GOAB64CA1F10R4517)和处理⑥(No.GOAB64CA1F10R4512)。由表 2 可知, 直链淀粉处理⑤含量最高为 14.30%, 其次为处理① 10.80%, 其余处理均在 10.00% 以下, 处理③最低为 7.19%。品尝评分值处理①和处理③最高, 均为 94 分; 处理②、处理④和处理⑤均为 93 分, 处理⑥最低为 91 分。蛋白质含量处理①~⑤均在 70.00 g/kg 以上, 其中处理④最高为 73.8 g/kg, 处理⑥最低为 69.4 g/kg。胶稠度处理①、处理②和处理③均为 92 mm, 处理⑤和处理⑥为 93 mm, 处理④最高为 94 mm。

品尝评分值是根据米饭的口感和香味人为评定的一个分数, 最接近消费者的真实感受, 采用百分制, 国标(GB/T 1354—2018 大米)规定≥90 分属于一级优质粳米。各处理的品尝评分值均>90 分, 说明有机种植模式可以明显提高大米的口感和香味。各处理胶稠度均>90 mm 和直链淀粉含量<13 % (除处理⑤) 符合南粳 9108 的软糯、不回生的特性。各处理蛋白质含量均<80 g/kg, 说明水稻生产期间氮素相比常规施用偏少。

表 2 不同有机叶面肥对有机稻米品质的影响
Table 2 Effects of different organic foliar fertilization treatments on organic rice quality

处理 Treatment	直链淀粉 (以干基计) Amylose (on dry basis) // %	品尝品分值 Tasting scores 分	蛋白质 Protein g/kg	胶稠度 Gel consistency // mm
①	10.80	94	70.8	92
②	9.98	93	71.4	92
③	7.19	94	70.8	92
④	8.42	93	73.8	94
⑤	14.30	93	72.8	93
⑥	9.99	91	69.4	93

3 讨论与结论

盐碱土资源是一种很重要的土地资源, 对保护耕地面积具有十分重要的意义。江苏沿海滩涂面积约占全国的 1/7,

盐城则占全省的 65% 以上。江苏省沿海农业发展有限公司拥有盐城 0.67 万 hm² 滩涂土地资源, 致力发展绿色、有机等高品质农产品。土壤盐碱化导致土壤生产力降低, 盐碱地水稻产量一般低于常规水稻产量, 而有机农产品生产过程中要求大量使用且只准使用有机肥, 对改良盐碱地土壤具有积极的作用。因此, 发展盐碱地有机水稻, 一方面可以提高盐碱地土壤的生产力, 另一方面有机农产品市场价格较高, 在水稻产量较低的情况下可以通过较高的市场售价弥补投入的成本, 具有良好的社会效益和经济效益。而有机水稻生产的最大问题在于提高产量, 主要原因是有机肥作为基肥含氮量较低, 一般氮含量<10% (常规复合肥氮含量≥15%, 尿素氮含量≥46%), 不利于水稻分蘖、孕穗、结实和灌浆。而研究如何使用有机水稻的追肥是提高有机水稻产量的重要手段。

常规的有机叶面肥如沼液(有机物发酵)、处理②(海洋鱼提取)和处理④(海藻提取), 因为来源于生物质, 含氮量相比化学合成肥料都明显偏低, 田间增产效果不明显。而处理①来源于天然的矿物质(磷矿石、钾矿粉、硼砂、镁矿粉、糖蜜、锰锌矿粉和铁矿粉), 符合有机生产要求, 氮磷钾含量高, 微量元素全面, 从试验结果看, 可以明显提高水稻剑叶叶绿素含量和大米品质, 增产增效明显。而且在水稻全生育期各生长关键点施用 4 次, 均匀施用氮素, 相比一次性施入氮素, 可以提高水稻直链淀粉含量, 降低蛋白质含量^[9], 与试验结果相符。

处理⑤(有机碳肥)是近年来发展的新型肥料, 其有效碳含量是普通有机肥的 20 倍左右, 主要作为基肥使用, 可以改良土壤和促进作物生长发育^[10], 生产实践中也有作为叶面肥施用。研究发现, 有机碳肥可以明显提高作物叶绿素含量、有效穗数、产量和品质^[11-14]。在有机栽培模式下, 土壤有机碳含量充分, 该研究通过叶面施用有机碳, 与对照相比发现同样可以提高有机水稻的叶绿素含量、产量和品质, 且对直链淀粉含量提升明显, 具体机制有待于进一步研究。

盐碱地一般含钠很高, 对作物造成盐胁迫^[15]。研究发现, 施用钙可以降低水稻盐胁迫的影响^[16], 提高抗逆能力^[17]和增产^[18]。处理③(方解石提取)施用后, 与对照相比差异不大, 可能与有机水稻大量使用有机肥, 补充了土壤中的钙

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蔬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,陈婷,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.