

施用氨基酸水溶肥对于水稻 生理生长及产量的影响

戴惠东¹, 李 帅², 周姣艳¹, 陆 韬³, 黄玉龙⁴, 徐俊增^{2*}

(1. 昆山市城市水系调度与信息管理处, 江苏 苏州 215300; 2. 河海大学 农业科学与工程学院, 江苏 南京 210098;
3. 昆山市花桥水利(水务)站, 江苏 苏州 215300; 4. 昆山市水务局, 江苏 苏州 215300)

摘要:通过测定不同施肥处理下水稻茎蘖株高、干物质积累量、叶片叶绿素含量、植株吸氮量及产量对稻田施用氨基酸水溶肥进行评价。结果表明:通过施用氨基酸水溶肥,能够有效减少施肥过程中氮素损失,有力促进水稻生长指标的改善及产量的增长。总的来说,氨基酸水溶肥的使用,能够保证减氮的前提下,实现水稻一定程度增产的目标。本研究旨在为氨基酸水溶肥应用于稻田提供实际效用与推广意义。

关键词:氨基酸水溶肥;“少量多次”施肥;水稻生长;水稻产量

中图分类号:S511

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2021)05-0008-05

Effects of amino acid water soluble fertilizer on physiological growth and yield of rice

DAI Huidong¹, LI Shuai², ZHOU Jiaoyan¹, LU Tao³,
HUANG Yulong⁴, XU Junzeng^{2*}

(1. Urban Water Scheduling and Information Management Department of Kunshan, Suzhou 215300, China;
2. College of Agricultural Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
3. Kunshan Huaqiao Water Conservancy Station, Suzhou 215300, China;
4. Kunshan Water Resources Bureau, Suzhou 215300, China)

Abstract: The application of amino acid water soluble fertilizer in paddy field was evaluated by measuring plant height, dry matter accumulation, leaf chlorophyll content, plant nitrogen uptake and yield under different fertilization treatments. The results showed that the application of amino acid water soluble fertilizer could effectively reduce the nitrogen loss in the process of fertilization, and effectively promote the improvement of rice growth indexes and yield increase. In general, the application of water soluble amino acid fertilizer could ensure the reduction of nitrogen and achieve the goal of increasing rice yield to a certain extent. The purpose of this study was to provide practical effect and promotion significance for the application of water soluble amino acid fertilizer in paddy field.

Key words: amino acid soluble fertilizer; "small amount and multiple times" fertilization; rice growth; rice yield

收稿日期:2020-12-28

基金项目:江苏水利科技项目(2018065);江苏省研究生科研创新计划(KYCX20_0495)

作者简介:戴惠东(1968—),男,工程师,主要从事农田水利工程建设管理和水利科研等工作。E-mail:863902705@qq.com

通信作者:徐俊增(1980—),男,教授,博士,主要从事节水灌溉与农田生态效应研究。E-mail:xjz481@hhu.edu.cn

作为一个农业大国,我国农业生产对氮肥的需求极大。据统计,我国目前现有水稻种植面积约 $3.07 \times 10^7 \text{ hm}^2$,位居世界第二^[1]。在我国粮食结构组成中,水稻约占 32.15%^[2],施用氮肥能够有效地提高水稻产量。我国氮肥施用量自 20 世纪 80 年代以来增幅巨大,目前我国太湖流域高产稻田纯氮消耗量为 270 ~ 300 kg/hm²^[3-6]。

氨基酸水溶肥作为一种便捷、高效的水溶肥,能够有效提高作物产量、提升肥料利用率,同时也能够改善作物土壤环境^[7]。贾娟等^[8]分析比较了施用氨基酸水溶肥与施用常规肥的松花菜生物产量,发现施用氨基酸水溶肥使松花菜生物产量提高了 17.62%。王兰天^[9]分析了施用氨基酸水溶肥后玉米和白菜产量的变化情况,试验结果表明,施用氨基酸水溶肥后玉米和白菜分别增产 5.3% 和 6.5%。Zhu 等^[10]研究结果表明,氨基酸水溶肥促进番茄对养分的吸收利用,在最佳氨基酸水溶肥施用量下茎干重增加较常规施肥增加了 285.62%。许会会等^[11]研究施用氨基酸水溶肥对葡萄品质的影响后发现,较对照处理葡萄糖可溶性糖和糖酸比增加,葡萄品质得到改善。相较于传统稻田施肥,氨基酸水溶肥一般施用方式为与灌溉过程同步进行,可根据作物不同生育阶段的养分需求,实现“少量多次”的施肥模式,在减少氮肥、灌溉用水投入的前提下,保证作物的正常生长与收获^[12]。考虑到我国农业农村部于 2016 年提出关于大力推行水肥一体化施肥方式的实施方案,可以看出氨基酸水溶肥在后续农业生产中将具有广泛的应用空间。

1 数据与方法

1.1 试验区概况

试验于 2018 年在河海大学水文水资源与水利工程科学国家重点实验室昆山市排灌试验基地(34°63'21"N, 121°05'22"E)开展。试验区气候为亚热带季风,年平均气温 15.5℃,年降水量 1 097.1 mm,年蒸发量 1 375.9 mm,日照时数 2 085.9 h,平均无霜期 234 d。当地采用稻麦轮作方式,土壤为潴育型黄泥土,耕层土壤为重壤土,土壤基本理化性质如下:土壤有机质质量比为 21.88 g · kg⁻¹,全氮质量比为 1.08 g · kg⁻¹,全磷质量比为 1.35 g · kg⁻¹,全钾质量比为 20.86 g · kg⁻¹,pH 值为 7.4,0 ~ 30 cm 土壤容重为 1.32 g/cm³。

1.2 试验设计

试验设置 2 种肥料类型:农民习惯施肥(Farm-

er's fertilization practice),记为 FF,氨基酸水溶肥(Water-soluble fertilizer containing amino acids),记为 WSF。其中,农民习惯施肥施氮量为 278.88 kg/hm²,而氨基酸水溶肥按稻季生育期全部施氮量设置高中低 3 种水平(244 kg/hm², 214 kg/hm² 和 184 kg/hm²),分别记为 WSF244, WSF214 以及 WSF184。所有试验均采用控制灌溉(Controlled irrigation),记为 C,4 个处理分别为 CF(C 和 FF)、CWSF244(C 和 WSF244)、CWSF214(C 和 WSF214)和 CWSF184(C 和 WSF184),其中 CF 设 3 个重复,而 CWSF244、CWSF214 与 CWSF184 均设置 3 个田内重复,另外在控制灌溉方式下设置一个氮空白处理,各处理保持磷肥与钾肥施用量保持一致。每个小区面积为 150 m²(15 m × 10 m),各小区之间均采用防渗措施,防止小区之间水分交换。

农民习惯施肥是根据当地农民的习惯施肥方式和施肥量进行施肥。本研究采用的氨基酸水溶肥,产品名称为施旺宝,其生产是以味精母液进行深加工,经过发酵提取氨基酸,再通过加热、浓缩以及螯和而成。该肥料富含氨基酸和植物需要的各项微量元素,肥料氮、磷、钾含量分别为 0.08 kg/L、0.07 kg/L 和 0.1 kg/L,氨基酸含量为 0.1 kg/L, pH 值为 6.5,产品由内蒙古阜丰生物科技有限公司提供。

氨基酸水溶肥 CWSF 处理基肥的施氮量与施肥日期与 CF 处理相同,追肥的肥料类型采用氨基酸水溶肥。CWSF 处理改变传统一次性施肥的方式,将追肥分多次施入。返青肥、分蘖肥以及穗肥分别分 2 次、3 次、2 次施入,保持追肥的第一次施肥时间与 CF 处理保持一致,其余次数的施肥均与灌水同步进行,即当现场观测的根层土壤含水率达到灌水下限时,氨基酸水溶肥随着灌溉水冲施到田间,施入时间设置在灌水后半段,即灌水使田间保持薄水层后进行氨基酸水溶肥的施入。如遇大雨,随雨水进行施肥。当施肥次数达到设置的次数时,即完成所有施肥任务后,如需灌水则按照正常的灌水过程进行。除草以及防治病虫害等生产用水尽量与 CF 处理保持同步。

1.3 水稻茎蘖株高数据采集方法

在不同处理的各小区内选取连续的 15 穴水稻植株,观测每穴苗数及株高数据,观测频率为 5 d/次,直至所测得茎蘖、株高数据稳定。

1.4 水稻干物质积累量观测方法

在不同处理的各小区内选取具有代表性的 3 株

表 1 2018 年农民习惯施肥管理氮肥(以纯氮计)施用量及施用时间

类别	施肥种类	施肥时间	施氮比例/%	氮肥施用量/(kg·hm ⁻²)
基肥	复合肥	6 月 23 日	30.12	84
返青肥	尿素	6 月 30 日	24.96	69.6
分蘖肥	尿素	7 月 12 日	24.96	69.6
穗肥	尿素	8 月 5 日	19.97	55.68
合计			100	278.88

注:1)复合肥中 N、P₂O₅ 和 K₂O 质量百分数分别为 16%、12% 和 17%;2)尿素中 N 含量为 46.4%。

表 2 2018 年氨基酸水溶肥(以纯氮计)施用量及施用时间

类别	基肥	返青肥		分蘖肥			穗肥	
施肥次数	—	1	2	1	2	3	1	2
施肥时间	6 月 23 日	6 月 30 日	7 月 6 日	7 月 12 日	7 月 18 日	7 月 23 日	8 月 5 日	8 月 14 日
肥料种类	尿素 ¹⁾	氨基酸水溶肥		氨基酸水溶肥			氨基酸水溶肥	
CWSF ₂₄₄	84 ²⁾	34.8	34.8	17.35	34.8	17.35	10.4	10.4
CWSF ₂₁₄	84	28.275	28.275	14.138	28.26	14.138	8.45	8.45
CWSF ₁₈₄	84	21.75	21.75	10.875	21.75	10.875	6.5	6.5

注:1)尿素中 N 含量为 46.4%;2)数字为肥料施氮量(折合为纯氮,单位为 kg·hm⁻²)

水稻植株(代表性植株即根据最近一次观测的茎蘖与株高,在田内进行选择),分别测定地上植株(茎、叶片、叶鞘、穗)、根系和总干物质。

1.5 水稻叶片叶绿素含量(SPAD)观测方法

采用 SPAD-502 叶绿素测定仪测定叶片叶绿素含量。每片测定上、中、下部 3 点,取平均值为该穴的 SPAD 值。每个小区每次测定 20 个叶片,取平均值为该小区的 SPAD 值。

1.6 水稻植株吸氮量观测方法

稻季末各小区分别取 3 株有代表性的植株,分别测定地上植株(叶、茎鞘、穗)总吸氮量。植株样品经过浓 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后,全氮采用半微量开氏法测定。

1.7 水稻产量观测方法

水稻收割前 5 d 左右,在各小区考察有效穗数、穗长、每穗粒数、实粒数和千粒重,计算样方产量和理论产量。收割时在各小区 1m²计产,做好标签,晒干后测定重量。理论产量 = 有效穗数 × 每穗粒数 × 结实率 × 千粒重 × 10⁻²。

2 结果与分析

2.1 不同处理水稻茎蘖、株高数据分析

分析不同处理下水稻植株的茎蘖、株高数据,能够看出(图 1),CF 处理与 CWSF 处理水稻植株的株高指标变化规律基本一致:进入水稻分蘖期后株高会迅速增加,至抽穗开花期株高基本不再变化。以水稻移栽 23 d 时株高数据为例:CF 处理株高为 49.7 cm,CWSF₂₄₄ 处理株高为 214 cm,CWSF₂₁₄ 处理株高为 43.4 cm,CWSF₁₈₄ 处理株高为 42.9 cm,CWSF 各处理相较于 CF 处理株高分别降低了 12.68%、13.25% 和 13.68%,原因为该时期的 CWSF 处理施氮量低于 CF 处理,导致株高受到一定的抑制。CF 处理与 CWSF 各处理的水稻茎蘖变化趋势基本一致,同时在移栽后 40 d 与 55 d 达到 2 次峰值。在整个水稻生育期内,CWSF 处理与 CF 处理的株高、茎蘖数据变化规律基本一致且相差幅度较小,说明氨基酸水溶肥能在较低的施氮量下,达到使用较高量氮肥(尿素)的效果。

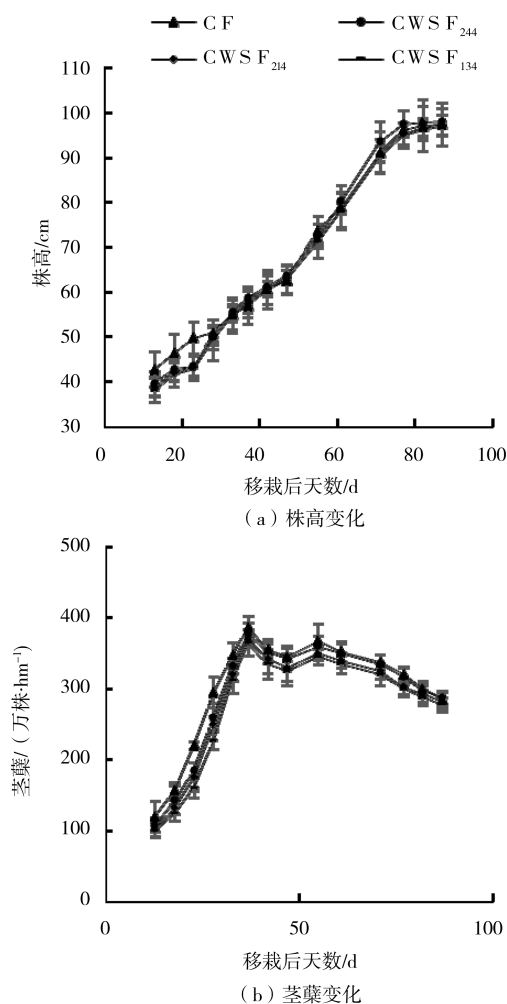


图1 不同施肥处理水稻植株高度以及茎蘖变化

2.2 不同处理水稻干物质累积变化分析

分析不同处理下水稻干物质累计变化数据,能够看出,CF处理与CWSF处理不同生育时期干物质增长速度为:中期>后期>前期(图2)。原因为:水稻植株在生育中期(即拔节孕穗期)水稻分蘖与拔节生长迅速,使得干物质增长幅度较大。CF处理与CWSF₂₄₄处理、CWSF₂₁₄处理、CWSF₁₈₄处理之间无明显差异。以拔节孕穗期(8月12日)数据为例:CF处理干物质质量为 $12.57 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,CWSF₂₄₄处理干物质质量为 $11.47 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $10.36 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $9.39 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,CF处理干物质质量大于CWSF处理及CWSF3个处理之间数据存在大小差异的原因分析为:CF处理施氮量大于CWSF;而CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄、CWSF₁₈₄3个处理间施氮量依次减少。整个水稻生育期内,CWSF处理的干物质质量由拔节孕穗前期小于CF处理,再到拔节孕穗后期至乳熟期CWSF处理干物质质量大于CF处理,表明氨基酸水溶肥的多次施用能够避免氮肥过多的消耗在水稻生

育前期,而在水稻生育后期对植株进行一定的干物质积累补偿,促进光合产物转移至水稻穗部。

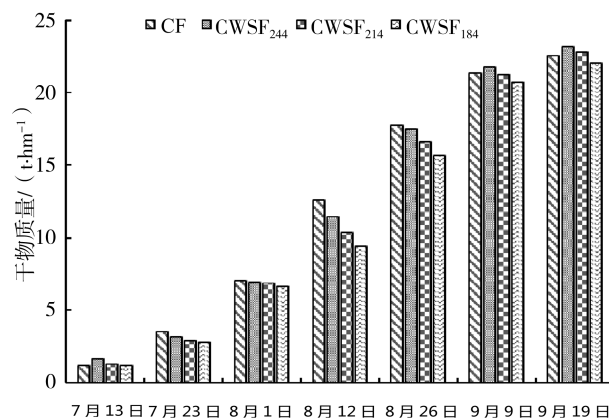


图2 不同施肥处理水稻干物质积累变化

2.3 不同处理全生育期水稻叶片 SPAD 数据分析

通过对不同处理的全生育期水稻叶片 SPAD 观测结果进行分析(图3),可以看出,CWSF处理与CF处理水稻叶片 SPAD 值在整个生育期内变化趋势基本一致。CF处理的水稻叶片全生育期 SPAD 均值为 44.0,而不同施氮水平下的3个处理CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄、CWSF₁₈₄,其 SPAD 均值依次为 43.7、43.3 和 43.1,相较于CF处理,有所下降但不显著。自分蘖末期至拔节前期,由于施用氮肥,各处理 SPAD 值均上升,而CF处理施氮量大于CWSF处理,所以CF处理 SPAD 值上升幅度大于CWSF处理。在乳熟期,CWSF处理中CWSF₂₄₄由于较高的施氮量,该处理水稻叶片 SPAD 值下降速度小于CF处理,减缓了水稻叶片的衰老,为后期光合产物的累积提供了一定的帮助。

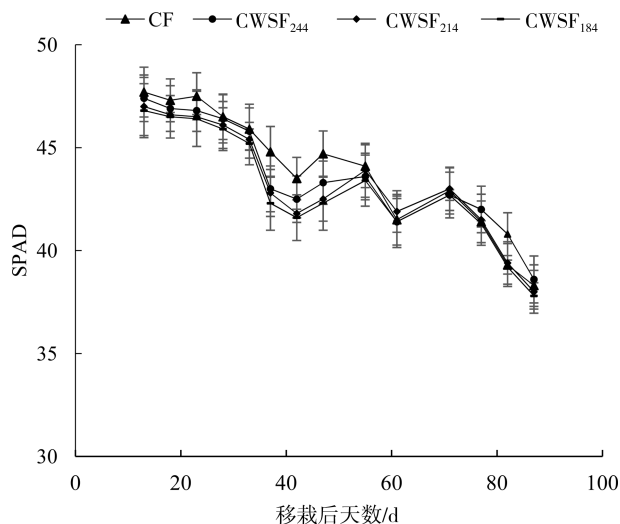


图3 不同施肥处理水稻叶片 SPAD 值变化

2.4 不同处理水稻植株吸氮量分析

分析不同施肥处理成熟期水稻植株地上部分总吸氮量与各器官吸氮量(表3),能够看出CF处理与CWSF处理之间差异不大:地上部分,相较于CF处理CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄以及CWSF₁₈₄分别显著增加了2.60%、5.10%以及10.53%;植株秸秆部分,CF处理吸氮量相较于CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄、CWSF₁₈₄分别显著增加了16.93%、28.34%和37.19%;植株籽粒部分,CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄、CWSF₁₈₄分别比CF处理增加了15.08%、12.02%和7.40%。

2.5 不同处理水稻产量数据分析

不同处理的水稻产量及其构成因素见表4。CF、CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄、CWSF₁₈₄各处理的产量分别为: 8 542.07 kg·hm⁻²、8 865.67 kg·hm⁻²、8 655.55 kg·hm⁻²、8 468.07 kg·hm⁻²。分析得出,CWSF₂₄₄和CWSF₂₁₄两处理相较于CF处理,产量增长了3.79%、1.33%,差异不够显著;CWSF₁₈₄处理相较于CF处理产量降低了0.87%,差异不够显著。对产量构成因素进行分析能够看出,CWSF处理3个不同施氮量(184 kg·hm⁻²、214 kg·hm⁻²、244 kg·hm⁻²)有效穗数较CF分别降低了9.55万穗·hm⁻²、5.92万穗·hm⁻²和

4.34万穗·hm⁻²,结实率相较CF处理分别增加2.41%、2.68%和3.50%,千粒重分别增加0.25g、0.35g、0.39g,穗粒数分别降低5.00粒·穗⁻¹、4.04粒·穗⁻¹和3.72粒·穗⁻¹,降低幅度为4.14%、3.34%和3.08%。分析不同处理产量构成因素之间的差异可以发现,施用氨基酸水溶肥的稻田,其水稻结实率与千粒重优于农民习惯施肥,提高幅度分别为2.70%~3.92%和0.98%~1.53%,在施用较少肥量时,CWSF₂₄₄、CWSF₂₁₄较CF处理实现了一定程度的增产。试验结果表明,合理施用氨基酸水溶肥可以在减少氮肥投入的同时,实现水稻增产。

3 结 论

1)稻田合理施用氨基酸水溶肥,能够在减少氮肥投入的前提下,实现增产。

2)稻田合理施用氨基酸水溶肥,能够保证水稻生长指标正常增长。

3)稻田多次施用氨基酸水溶肥,能够避免氮肥过多的消耗在水稻生育前期,而在水稻生育后期对植株进行一定的干物质积累补偿,促进光合产物转移至水稻穗部。

表3 不同施肥处理成熟期水稻植株吸氮量

处理	总吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	秸秆吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	比值/ %	籽粒吸氮量/ (kg·hm ⁻²)	比值/ %
CF	164.44a	69.42a	42.22	95.02b	57.78
CWSF ₂₄₄	168.72a	59.37b	35.19	109.35a	64.81
CWSF ₂₁₄	160.53ab	54.09bc	33.69	106.44a	66.31
CWSF ₁₈₄	152.65b	50.60c	33.15	102.05ab	66.85

注:同一行不同施肥处理水稻地上部分各部位吸氮量后面不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

表4 不同施肥处理水稻产量及产量构成因素

处理	有效穗数/ (万穗·hm ⁻²)	穗粒数/ (粒·穗 ⁻¹)	结实率/ %	千粒重/ g	实际产量/ (kg·hm ⁻²)
CF	325.85	120.94	89.27	25.50	8542.07
CWSF ₂₄₄	321.51	117.22	92.77	25.89	8865.67
CWSF ₂₁₄	319.93	116.90	91.95	25.85	8655.55
CWSF ₁₈₄	316.30	115.94	91.68	25.75	8468.07

(下转第22页)

- [2] BISHOP AW. The strength of soils as engineering materials[J]. Geotechnique, 1966, 16:91-128.
- [3] 韩正元. 松软地基节制分水闸整体结构稳定性模拟分析[J]. 水利科技与经济, 2016, 22(7):52-54.
- [4] 王璇, 胡为平. 软土地基上水闸结构内力分析比较[J]. 中州煤炭, 2016(2):80-83.
- [5] 崔朕铭, 蔡新, 黄海田, 等. 软土地基上水闸整体结构优化设计[J]. 水利水电科技进展, 2016, 36(1):86-89.
- [6] 涂雄生. CFG 桩法在软土地基水闸闸基处理中的应用研究[J]. 小水电, 2020(3):24-26.
- [7] 纪中庭. 水闸设计中沉降控制复合桩基应用[J]. 水利天地, 2017, 3(7):84-86.
- [8] 陈仲颐, 周景星, 王洪瑾. 土力学[M]. 北京:清华大学出版社, 1997.
- [9] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 2 版. 北京:中国水利水电出版社, 1996.
- [10] 郭小刚, 杨尚. 基于正交设计法的刚性桩复合地基模型参数敏感性分析[J]. 湘潭大学自然科学学报, 2015, 37(3):15-20.
- [11] 李炎隆, 李守义, 丁占峰, 等. 基于正交试验法的邓肯-张 E-B 模型参数敏感性分析研究[J]. 水利学报, 2013, 44(7):873-879.

(上接第 12 页)

参考文献:

- [1] FAO. Statistical databases[DB/OL]. [2019-01-23] <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- [2] 国家统计局. 国家数据[DB/OL]. [2019-01-23] <http://data.stats.gov.cn/search.htm?s=%E7%A8%BB%E8%B0%B7%E4%BA%A7%E9%87%8F>.
- [3] CANFIELD D E, GLAZER A N, FALKOWSKI P G. The evolution and future of earth's nitrogen cycle[J]. Science, 2010, 330(6001):192-196.
- [4] 冯涛, 杨京平, 施宏鑫, 等. 高肥力稻田不同施氮水平下的氮肥效应和几种氮肥利用率的研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 2006, 32(1):60-64.
- [5] YAN X Y, TI C P, VITOUSEK P, et al. Fertilizer nitrogen recovery efficiencies in crop production systems of China with and without consideration of the residual effect of nitrogen[J]. Environmental Research Letters, 2014, 9(9):1-9.
- [6] ZHAO X, ZHOU Y, MIN J, et al. Nitrogen runoff dominates water nitrogen pollution from rice-wheat rotation in the Taihu Lake region of China[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2012, 156(4):1-11.
- [7] 袁凤英, 朱孔杰, 李秀芹, 等. 浅谈含氨基酸水溶肥的应用[J]. 山东化工, 2015, 44(14):111-112, 115.
- [8] 贾娟, 李硕, 高夕彤, 等. 氨基酸水溶肥与菌剂配施对松花菜生长及土壤生态特征的作用效果[J]. 河北农业大学学报, 2018, 41(1):17-23.
- [9] 王兰天. 含氨基酸水溶肥料在玉米和白菜上的应用效果研究[J]. 河南科学, 2013, 31(7):972-974.
- [10] Zhu Z., Zhang F. G., Wang C., et al. Treating fermentative residues as liquid fertilizer and its efficacy on the tomato growth[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 164:492-498.
- [11] 许会会, 陈光, 王春夏, 等. 含氨基酸水溶肥对葡萄产量与质量及经济效益的影响[J]. 现代农业科技, 2018(24):57, 60.
- [12] 陈锐浩. 肥水灌溉技术在水稻上的应用研究[D]. 广州:华南农业大学, 2016.