

# 功能型叶面肥对水稻产量与品质的影响

何艳晴, 郑华斌, 张炎胜, 唐启源\*

(湖南农业大学农学院, 长沙 410128)

**摘要:** RT 螯合肥(含叶肥与果肥)是一种螯合微量元素的功能型叶面肥。为了确定其适宜的施用方法, 2015 年于湖南浏阳永安开展了不同施氮水平条件下 RT 螯合肥叶面喷施试验。结果表明: 孕穗期和抽穗期喷施叶肥、返青分蘖期喷施叶肥 + 抽穗期喷施果肥均能明显提高水稻产量和改善米质; 返青期喷施叶肥 + 孕穗期喷施果肥对产量的提高效果最显著; 秧苗期喷施叶肥 + 分蘖期喷施叶肥 + 抽穗期喷施果肥对改善米质效果最好; 秧苗期喷施叶肥能显著提高总根数和干物质的积累; 在 N 肥减量条件下配施叶面肥有显著提高肥效的作用。该叶面肥在孕穗期和抽穗期喷施, 且叶肥混搭果肥喷施后效果更显著。

**关键词:** 水稻; 施肥; 功能型叶面肥; 产量; 品质

中图分类号: S511.062 文献标识码: A

文章编号: 1001-5280(2017)04-0399-06

DOI: 10.16848/j.cnki.issn.1001-5280.2017.04.12

## Effects of Functional Foliar Fertilizer on Rice Yield and Quality

HE Yanqing, ZHENG Huabing, ZHANG Yansheng, TANG Qiyuan\*

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**Abstract:** RT chelated fertilizer is a functional foliar fertilizer – with multiple chelated trace elements, which includes both foliar fertilizer and fruit fertilizer. In order to determine the suitable spraying way, field experiment with foliar fertilizer spraying at different N level was conducted in 2015. The results were as follows; the rice yield and quality were improved when the fertilizer sprayed at booting stage and heading stage, and also when sprayed at returning green stage and booting stage. The yield was improved prominently when the foliar fertilizer sprayed at returning stage and spraying fruit fertilizer at booting stage. The rice quality was improved greatly when the foliar fertilizer sprayed at seedling stage and tillering stage, and plus fruit fertilizer. The total number of roots and dry matter accumulation were improved when foliar fertilizer sprayed at seedling stage. Foliar fertilizer improved fertilizer efficiency at low N level. In conclusion, the best spraying date were booting stage and heading stage, and when foliar fertilizer and fruit fertilizer sprayed together showed the best effect.

**Keywords:** rice; fertilization; functional foliar fertilizer; yield; rice quality

作物吸收养分的途径有 2 种: 根系吸收和叶面吸收。绝大多数陆生植物依靠根系吸收养分, 但是植物的叶片也可以吸收外源物质, 如气体、营养元素、农药等, 叶片在吸收水分的同时能够像根一样地将营养物质吸收到植物体中去<sup>[1]</sup>, 对光合作用和植

物体内酶的活动有着同样的影响<sup>[2,3]</sup>。叶面施肥又称根外施肥, 即通过叶面喷洒来补充植物所需的营养元素, 从而起到调节植物生长、补充所缺元素、防早衰和增加产量及改善品质的作用<sup>[4~8]</sup>。

叶面肥作为新型肥料, 它具有针对性强、吸收

收稿日期: 2017-03-16

作者简介: 何艳晴(1992-), 女, 硕士研究生, Email: 2462696967@qq.com。\* 通信作者: 唐启源, 教授, 主要从事水稻栽培研究与教学工作, Email: cntqy@aliyun.com。

基金项目: 国家水稻产业体系(CARS-01-30); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2014AA10A605-3)。

快、效果好、环境污染风险小、施用方法轻便、经济<sup>[9,10]</sup>等特点。当今叶面肥的发展趋势应为绿色环保化,而复合多功能化是叶面肥发展的主导方向<sup>[11,12]</sup>。叶面肥种类较多,主要可分为元素类、调节型、生物型、氨基酸类、腐殖酸类、甲壳素类、海藻酸类等7大类<sup>[13]</sup>。但当前的叶面肥也存在总体用量不大、技术到位率低、品种多、质量参差不齐等特点。RT螯合肥(含叶肥与果肥)是一种螯合微量元素的新型功能型叶面肥。螯合营养素适用于叶面施用,对叶片的效果较好。植物叶片有防止水分流失的蜡质涂层,它对水和无机物质的排斥使得无机养分难以渗透到叶片中。然而,有机分子可以穿透蜡,有机涂层周围的螯合营养允许它渗透蜡层进入叶中。一旦进入叶片中,螯合物释放养分,以供植物使用。笔者在大田条件下研究了RT螯合肥喷施时期对秧苗素质、水稻产量和稻米品质的影响,以期为该叶面肥的生产应用提供优化方案。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试地点与材料

试验于2015年晚季在湖南省浏阳市永安镇坪头村(28°14' 15.36"N, 113°18'42.11"E)进行。供试土壤为第四纪红土发育的红黄泥, pH 6.30, 有机质 18.4 g/kg, 总氮 1.09 g/kg, 有效磷和速效钾分别为 7.81 和 98.6 mg/kg。

供试水稻品种为‘五优308’。供试叶面肥为‘RT螯合肥’,由北京绿宇农业科技有限公司提供,源于田丰集团研制的最新螯合技术,精选优质有机原料,融入高溶解性 Fe、Mn、Cu、Mo、B 等多种螯合的离子化微量元素和腐植酸、氨基酸、核苷酸、甲壳素等植物生理活性因子。主要成分:腐植酸 ≥ 8.0%, Fe + Mn + Cu + Mo + B ≥ 6.0%, 水不溶物 ≤ 5%, 螯合核苷酸, 甲壳素等。

### 1.2 试验设计

以RT螯合肥的叶肥和果肥分别设计试验处理。

试验1:RT螯合肥中叶肥不同喷施时期对水稻产量和品质的影响

试验按裂区设计,以施氮量为主区,设两个施N水平:165 kg/hm<sup>2</sup>(N1)和120 kg/hm<sup>2</sup>(N2);以喷施时期为裂区,设秧苗期喷施(T1)、返青期喷施(T2)、孕穗期喷施(T3)、抽穗期喷施(T4)、乳熟期喷施(T5),以全生育期不喷施为对照(T0)。3次重复,

小区面积 15 m<sup>2</sup>。

试验2:叶肥和果肥在不同时期搭配喷施对水稻产量和品质的影响

试验按裂区设计,以施氮量为主区,设两个施N水平:165 kg/hm<sup>2</sup>(N1)和120 kg/hm<sup>2</sup>(N2);以喷施时期为裂区,设返青期喷施叶肥+孕穗期喷施果肥(T6)、抽穗期喷施果肥+乳熟期喷施果肥(T7)、返青分蘖期喷施叶肥+抽穗期喷施果肥(T8)、秧苗期喷施叶肥+分蘖期喷施叶肥+抽穗期喷施果肥(T9)、返青期喷施叶肥+孕穗期喷施叶肥+抽穗期喷施果肥+乳熟期喷施果肥(T10),以全生育期不喷施为对照(T0)。3次重复,小区面积 15 m<sup>2</sup>。

6月22日播种,水育秧;7月24日移栽,移栽时每穴2苗,株行距16.7 cm × 26.7 cm。叶肥原液按体积比1:340对水稀释,每公顷喷施225 L;果肥原液按体积比1:300对水稀释,每公顷喷施225 L。以小型喷壶喷施。

氮肥按基肥:蘖肥:穗肥 = 5:2:3三次施用,钾肥按基肥:穗肥 = 5:5分两次施用,磷肥一次性作基肥施用。除草、病虫害防治、水分管理等按高产栽培技术进行。除水分敏感期(返青期、孕穗期、抽穗扬花期)保持水层外,大田灌溉采用干湿交替,苗数达到计划穗数90%时晒田控苗。病虫害防治根据当地测报进行,但在封行前后、破口前5~7 d、始穗期分别喷施了一次高效杀虫杀菌剂预防病虫害。

### 1.3 测定项目

#### 1.3.1 秧苗素质

秧苗分为正常秧苗和苗期喷施处理秧苗两部分,处理秧苗于水稻3叶1心期进行叶肥喷施。在移栽前1~3 d对秧苗分别进行苗高、绿叶数、总根数、叶挺长、分蘖数、地上部鲜质量等项目的考察。

#### 1.3.2 分蘖动态及成穗率

于返青期开始记录分蘖数,每3 d一次,直到分蘖数稳定。成穗率(%) = 有效穗数/最高苗数 × 100。

#### 1.3.3 产量测定及产量构成调查

成熟期调查有效穗数,每小区取5 m<sup>2</sup>测定产量,并用对角线法取10苑考种样进行每穗粒数、结实率和千粒质量的调查。

#### 1.3.4 米质外观与食味测定

水稻收获脱粒,晒干,室内贮藏3个月后,按

GB/T17891-1999 测定糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、垩白度、胶稠度、糊化温度、米粒长、长宽比等。采用瑞典 FOSS TECATOR 公司生产的近红外谷物分析仪(Infrared 1241 grain analyzer) 测定精米的蛋白质含量和直链淀粉含量。采用日本 RCTA 11A 食味计进行大米外观、口感与综合评分的测定。

#### 1.4 数据统计与分析

采用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理, Stat-

tix 8.0 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 秧苗素质

由表 1 可知, 秧苗期喷施叶肥之后, 总根数、鲜质量及干质量显著高于不喷施的, 苗高、绿叶数、白根数、叶挺长、分蘖数、茎基宽都比不喷施处理高, 但差异不显著。

表 1 秧苗素质考察结果

Table 1 The result of spraying foliar fertilizer to seedling quality

处理	苗高 (cm)	绿叶数	总根数	白根数	叶挺长 (cm)	分蘖数	茎基宽 (cm)	鲜质量 (g)	干质量 (g)
喷施	32.82 a	8.36 a	30.46 a	9.95 a	10.83 a	2.48 a	0.89 a	3.81 a	0.72 a
不喷	32.63 a	6.94 a	25.19 b	7.47 a	10.61 a	2.16 a	0.72 a	3.04 b	0.58 b

### 2.2 产量及产量构成

在叶肥不同喷施时期试验中, 两个 N 肥处理 (120、165 kg/hm<sup>2</sup>) 间没有显著差异, 故此将两种 N 肥模式中同种处理求均值再进行方差分析, 结果如表 2。从表 2 可见, T3 (孕穗期喷施) 的产量显著高于对照 T0 (全生育期不喷施) 和 T2 (返青期喷施); T1 (秧苗期喷施)、T3、T4 (抽穗期喷施) 和 T5 (乳熟期喷施) 的产量与对照相比, 分别增加了 1.1%、5.6%、1.1% 和 2.2%。穗数和每穗粒数的差异是处理间产量差异的主要原因。

叶肥和果肥配施试验中, 两个 N 肥处理间没有显著差异, 故此将两种 N 肥模式中同种处理求均值再进行方差分析, 结果如表 3。从表 3 可见, T6 (返青期喷施叶肥 + 孕穗期喷施果肥)、T7 (抽穗期喷施果肥 + 乳熟期喷施果肥)、T8 (返青分蘖期喷施叶肥 + 抽穗期喷施果肥)、T10 (返青期喷施叶肥 + 孕穗期喷施叶肥 + 抽穗期喷施果肥 + 乳熟期喷施果肥) 的产量都高于对照 T0 (全程不喷施), 其中 T6 (9.5 t/hm<sup>2</sup>) 比对照 T0 (9.0 t/hm<sup>2</sup>) 增产 5.6%, 差异达显著水平。穗数和每穗粒数的差异是处理间产量差异的主要原因。

表 2 叶肥不同施用时期的水稻产量和产量构成比较

Table 2 The comparison of different spraying date to rice yield and yield components

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	有效穗数 (穗/m <sup>2</sup> )	穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)
T0	9.0 b	280.7 bc	163.3 a	90.0 a	21.8 a
T1	9.1 ab	278.5 c	152.9 b	90.5 a	21.8 a
T2	9.0 b	294.9 a	158.0 ab	90.2 a	21.7 a
T3	9.5 a	300.2 a	154.6 b	89.7 a	21.7 a
T4	9.1 ab	274.0 c	156.7 ab	89.5 a	21.8 a
T5	9.2 ab	293.8 ab	159.4 ab	86.0 b	21.8 a

注: 表中同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著。下同。

表 3 叶肥和果肥配施处理的水稻产量和产量构成比较

Table 3 The comparison of matching foliar fertilizer with fruit fertilizer to rice yield and yield components

处理	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	有效穗数 (穗/m <sup>2</sup> )	穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)
T0	9.0 b	280.7 c	163.3 a	90.0 ab	21.8 a
T6	9.5 a	300.9 ab	155.8 bc	87.7 b	21.6 ab
T7	9.1 ab	303.5 ab	157.6 abc	89.6 ab	21.5 b
T8	9.2 ab	308.7 a	152.8 c	89.9 ab	21.6 ab
T9	8.9 b	281.8 bc	161.3 ab	91.4 a	21.7 ab
T10	9.2 ab	316.6 a	141.6 d	89.0 a	21.6 ab

### 2.3 分蘖动态及成穗率

从表4可知,在叶肥不同喷施时期试验中,两种施N量处理下T2的分蘖率都是最高的,N1和N2处理中T2的分蘖率分别比对照T0高10.4%和2.7%,表明在返青期喷施叶面肥能有效促进分蘖;T1的成穗率较高,表明在苗期喷施叶面肥能促进成穗。其余各时期与对照T0相比都无明显差异。

从表5可知,在N1模式下,除T8和T10外,各处理的分蘖率均高于对照T0,T6的分蘖率是最高的,比对照T0高13.2%;各处理的成穗率均高于对照,其中以T10最高,为87.04%。在N2模式下,除T8外,各处理的分蘖率均低于对照,但各处理的成穗率均高于对照。

表4 叶肥不同施用时期的水稻分蘖与成穗情况  
Table 4 The tillering situation with different spraying date

施氮模式	处理	基本苗 (苗/m <sup>2</sup> )	达到最高 苗天数(d)	最高苗 (苗/m <sup>2</sup> )	有效穗 (穗/m <sup>2</sup> )	分蘖率 (%)	分蘖势	成穗率 (%)
N1	T0	45.98	25	426.37	282.58	827.38	15.22	66.28
	T1	41.49	25	348.60	269.12	740.20	12.28	77.20
	T2	43.73	22	443.43	278.10	913.95	18.17	62.72
	T3	44.85	22	428.36	275.85	855.00	17.43	64.40
	T4	52.70	19	504.60	257.91	857.43	23.78	51.11
	T5	54.95	19	509.05	293.79	826.45	23.90	57.71
N2	T0	48.22	19	468.38	264.64	871.38	22.11	56.50
	T1	44.85	19	387.83	275.85	764.65	18.05	71.13
	T2	43.73	19	435.26	284.82	895.28	20.61	65.44
	T3	45.98	19	430.91	289.31	837.26	20.26	67.14
	T4	43.73	19	393.42	287.07	799.61	18.40	72.97
	T5	48.22	19	475.97	275.85	887.12	22.51	57.96

表5 叶肥和果肥配施处理的水稻分蘖与成穗情况

Table 5 The tillering situation of foliar fertilizer with fruit fertilizer sprayed together

施氮模式	处理	基本苗 (苗/m <sup>2</sup> )	达到最高 苗天数(d)	最高苗 (苗/m <sup>2</sup> )	有效穗 (穗/m <sup>2</sup> )	分蘖率 (%)	分蘖势	成穗率 (%)
N1	T0	45.98	25	426.37	282.58	827.38	15.22	66.28
	T6	45.98	25	449.74	327.44	878.21	16.15	72.81
	T7	45.98	19	442.02	336.41	861.43	20.84	76.11
	T8	45.98	19	396.16	320.71	761.67	18.43	80.95
	T9	44.85	19	426.11	298.28	850.00	20.07	70.00
	T10	43.06	25	371.05	322.95	761.71	13.12	87.04
N2	T0	48.22	19	468.38	264.64	871.38	22.11	56.50
	T6	45.98	25	427.68	307.25	830.24	15.27	71.84
	T7	51.58	22	462.57	325.19	796.76	18.68	70.30
	T8	47.10	22	476.21	325.19	911.14	19.51	68.29
	T9	42.61	19	387.99	271.37	810.53	18.18	69.94
	T10	40.37	22	351.57	330.89	770.90	14.15	84.12

### 2.4 稻米品质

#### 2.4.1 稻米外观品质

从表6可知,在N1模式下,除T5外,各处理的糙米率、精米率均高于对照T0,而垩白粒率和垩白度均低于对照T0;在N2模式中,T1、T3、T5的糙米

率和精米率略高于T0,除T4和T5外,其余各处理的垩白粒率和垩白度都低于T0。

从表7中可知,N1模式下T8、T9、T10的糙米率和精米率均高于对照,而垩白粒率和垩白度都低于对照;在N2模式中,T6、T8和T9的精米率都高于对

照 T0。在两种施氮模式中,米粒长和长宽比这两个指标与对照之间差别不大。

表 6 叶肥不同施用时期处理的稻米外观品质比较

Table 6 The comparison of external rice quality with different spraying date

施 N 模式	处理	糙米率 (%)	精米率 (%)	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	米粒长 (mm)	长宽比
N1	T0	81.0	72.9	44.0	7.8	6.6	2.9
	T1	81.7	73.9	36.0	5.8	6.4	2.8
	T2	81.4	73.4	37.0	6.7	6.6	2.9
	T3	81.6	73.6	39.0	6.2	6.5	2.8
	T4	81.5	73.3	34.0	5.9	6.4	2.8
	T5	80.8	73.0	42.0	8.4	6.4	2.9
N2	T0	80.5	72.5	25.0	5.4	6.4	2.8
	T1	80.6	72.7	18.0	2.2	6.6	3.0
	T2	78.8	70.6	27.0	5.4	6.5	3.0
	T3	81.2	73.0	17.0	2.4	6.5	3.0
	T4	80.4	72.7	32.0	6.7	6.6	2.9
	T5	80.7	72.9	41.0	8.2	6.6	2.9

表 7 叶肥和果肥配施处理的稻米外观品质比较

Table 7 The comparison of external rice quality when foliar fertilizer with fruit fertilizer sprayed together

施 N 模式	处理	糙米率 (%)	精米率 (%)	垩白粒率 (%)	垩白度 (%)	米粒长 (mm)	长宽比
N1	T0	81.0	72.9	44.0	7.8	6.6	2.9
	T6	81.0	72.5	43.0	8.3	6.5	3.0
	T7	81.3	72.8	30.0	6.1	6.5	3.0
	T8	82.1	73.6	42.0	7.5	6.5	3.0
	T9	81.5	73.8	39.0	7.7	6.5	3.0
	T10	81.5	73.7	34.0	7.0	6.5	3.0
N2	T0	80.5	72.5	25.0	5.4	6.4	2.8
	T6	80.4	72.7	35.0	7.4	6.7	2.9
	T7	80.6	72.5	23.0	4.5	6.6	2.9
	T8	80.7	73.0	36.0	5.9	6.6	2.9
	T9	81.9	73.6	36.0	5.9	6.5	2.8
	T10	80.0	71.8	33.0	6.1	6.5	2.8

#### 2.4.2 稻米营养品质

从表 8 中可知,在 N1 模式下,喷施叶肥对蒸煮品质中的综合评分影响最大,除 T5 外,其余各处理的综合评分都高于对照;T1、T5 的直链淀粉含量高于对照 T0 (23.3%),且都为 23.8%;除 T1 外,各处理的蛋白质含量都高于对照,其中 T4 和 T5 的蛋白质含量最高,都为 8.5%。在 N2 模式下,T1 和 T5 的直链淀粉含量都高于对照 T0 (23.8%),T1 为 23.9%,T5 为 24.4%;各处理间蛋白质含量都略低于对照,但差异不明显;除 T1 外,各处理的胶稠度

也变化不明显。

从表 9 中可知,在 N1 模式下,T8、T9、T10 的直链淀粉含量都高于对照 T0,其中 T8 和 T9 最高;各处理的糊化温度、胶稠度都低于对照 T0,而蛋白质含量均高于对照;各处理的外观、口感和综合评分均略高于对照。在 N2 模式下,T9 和 T10 的直链淀粉含量高于对照 T0,而蛋白质含量差别不大;在蒸煮品质评价中,各处理的口感评分均高于对照,T7 最高;T7 和 T10 的外观和综合评分高于对照,其余处理间变化不大。

表 8 叶肥不同喷施时期的稻米营养品质比较

Table 8 The comparison of rice nutritive quality when fertilizer sprayed at different date

施 N 模式	处理	直链淀粉 (%)	胶稠度 (mm)	糊化温度 (级)	蛋白质 (%)	外观分	口感分	综合评分
N1	T0	23.3	120.0	6.3	7.8	6.5	6.8	71.0
	T1	23.8	95.5	6.6	7.7	6.8	7.1	73.0
	T2	23.1	120.0	5.9	8.4	6.6	6.8	71.9
	T3	22.0	120.0	6.3	8.2	6.6	6.8	71.5
	T4	22.6	120.0	6.3	8.5	6.6	6.8	71.6
	T5	23.8	91.0	5.5	8.5	6.5	6.9	70.5
N2	T0	23.8	117.5	3.3	8.9	6.7	6.8	72.0
	T1	23.9	82.0	3.8	8.6	6.6	6.8	71.5
	T2	23.6	120.0	7.0	8.7	6.6	6.8	71.5
	T3	23.8	110.0	6.9	8.7	6.6	6.9	71.0
	T4	23.0	119.0	5.4	8.4	6.6	6.9	71.1
	T5	24.4	114.0	6.5	8.8	6.6	6.9	71.0

表 9 叶肥和果肥配施处理的稻米营养品质比较

Table 9 The comparison of rice nutritive quality when foliar fertilizer and fruit fertilizer sprayed together

施 N 模式	处理	直链淀粉 (%)	胶稠度 (mm)	糊化温度 (级)	蛋白质 (%)	外观分	口感分	综合评分
N1	T0	23.3	120.0	6.3	7.8	6.5	6.8	71.0
	T6	23.2	84.5	5.7	8.6	6.7	6.9	72.0
	T7	23.0	83.0	6.2	8.8	6.7	6.9	72.0
	T8	23.6	96.5	6.3	9.1	6.6	6.8	71.5
	T9	23.6	104.0	6.0	9.2	6.7	7.0	72.5
	T10	23.5	96.0	5.3	9.3	6.7	7.1	72.5
N2	T0	23.8	117.5	3.3	8.9	6.7	6.8	72.0
	T6	23.4	118.5	6.5	8.6	6.6	7.0	71.0
	T7	23.6	116.0	6.0	8.9	6.8	7.2	73.0
	T8	23.7	117.5	6.3	8.8	6.5	6.9	71.0
	T9	23.9	117.5	5.1	8.7	6.7	7.0	72.0
	T10	24.0	103.0	6.3	8.9	6.8	7.1	73.0

### 3 小结与讨论

试验结果表明,秧苗期喷施叶肥能显著提高总根数和干物质的积累;不同时期喷施叶肥对水稻的产量与米质都有影响,两种施 N 模式下都是 T1、T3、T4 时期喷施对产量的提高与米质的改善较为显著;在叶肥和果肥配施试验中,T8 和 T10 处理对产量的提高与米质的改善尤为显著。一般研究表明,在一定范围内,高 N 模式的产量较低 N 模式下的产量高。比较本试验两个施 N 模式下的产量,说明喷施叶面肥有显著的减 N 增产作用。但本试验只设置了一个浓度的叶面肥在不同时期喷施的效果,没有设置浓度梯度,有待于进一步研究不同喷施浓度对

水稻产量与品质的影响。

两个试验中,N1 模式下的水稻产量与 N2 模式相比差异不显著,这说明叶面肥在 N 肥减量条件下能显著提高 N 肥利用率。同一处理下,低 N 模式的直链淀粉、蛋白质含量及综合评分都略高于高 N 模式,表明在低 N 模式下喷施此种叶面肥对米质的改善效果更明显。不同时期喷施叶面肥试验中,喷施叶肥后对单位面积穗数和穗粒数的影响最大;两种施 N 模式下都是处理 T3 与对照相比产量增加最显著;T1、T3、T4、T5 的外观品质、营养品质、蒸煮品质都明显优于对照,这说明在这几个时期喷施叶肥能明显改善米质。

(下转第 425 页)

(2) 对土壤中 Cd 的释放量进行 designexpert 8.0 软件优化,得到的最优参数为:pH = 2.624,黄腐酸浓度 0.050 g,反应时间 183.738 h,污染物浓度 1.539 g,胡敏酸浓度 0.220 g。

#### 参考文献:

- [1] 徐友宁,张江华,柯海玲,等. 某金矿区农田土壤镉污染及其环境效应[J]. 中国地质,2013,40(2):636-643.
- [2] 苗亚琼,林清. 广西土壤重金属镉污染及对人体健康的危害[J]. 环境与可持续发展,2016,41(5):171-173.
- [3] 杜丽娜,余若祯,王海燕,等. 重金属镉污染及其毒性研究进展[J]. 环境与健康杂志,2013,30(2):167-174.
- [4] 王永菲,王成国. 响应面法的理论与应用[J]. 中央民族大学学报(自然科学版),2005,14(3):236-240.
- [5] 窦毅芳,刘飞,张为华. 响应面建模方法的比较分析[J]. 工程设计学报,2007,14(5):359-363.
- [6] 张泽志,韩春亮,李成未. 响应面法在试验设计与优化中的应用[J]. 河南教育学院学报(自然科学版),2011,20(4):34-37.
- [7] 黄进. 环境因素对土壤镉溶出和迁移的影响[J]. 中外医疗,2006(12):29-30.
- [8] 李光林,魏世强,青长乐. 镉在胡敏酸上的吸附动力学和热力学研究[J]. 土壤学报,2004,41(1):74-80.
- [9] 王亚军,王进喜,Wang YJ,等. 响应面法优化腐殖酸

去除水中重金属铬的吸附条件及热力学研究[J]. 环境化学,2013(12):2282-2289.

- [10] 陈玉,徐颖,冯岳阳,等. 利用响应面法优化皂角苷浸提飞灰中重金属的处理条件[J]. 化工学报,2014,65(2):701-710.
- [11] 张会民,徐明岗,吕家珑,等. pH 对土壤及其组分吸附和解吸镉的影响研究进展[J]. 农业环境科学学报,2005,24(S1):320-324.
- [12] 王金贵,吕家珑,李宗仁. 小分子有机酸对六种典型土壤中镉吸附-解吸的影响[J]. 土壤通报,2013(6):1501-1507.
- [13] 刘鑫垚. 突发性镉污染事故应急处置后河底沉积物镉释放规律研究[D]. 南宁:广西大学硕士学位论文,2013.
- [14] 郑红磊,巩冠群,李亚军,等. 黄腐酸法处理重金属离子的作用机理研究[J]. 煤炭技术,2015,34(2):314-315.
- [15] 廖敏,黄昌勇. PH 对镉在水系统中的迁移和形态的影响[J]. 环境科学学报,1999,19(1):81-86.
- [16] 曾祥峰,王祖伟,魏树和,等. 碱性条件下胡敏酸吸附镉的特征研究[J]. 生态环境学报,2014(10):1691-1696.
- [17] 吴玉东. MHA 粘结剂有机功能组分与铁、钛、硅天然氧化物表面的作用研究[D]. 长沙:中南大学硕士学位论文,2014.

(上接第 404 页)

叶肥和果肥在不同时期配施试验中,T6 处理对供试品种‘五优 308’的增产效果最显著,其次是 T8 和 T10,导致产量增加的原因主要是单位面积穗数增加。在两种施 N 模式中,T7、T8、T9、T10 的外观品质、营养品质、蒸煮品质都略优于对照,说明在这几个时期喷施叶面肥能明显改善米质。综合产量与米质之间的影响,秧苗期喷施叶面肥搭配水稻后几个生长发育关键期喷施果肥对产量的提高和米质的改善均具有显著的作用。

#### 参考文献:

- [1] 李燕婷,李秀英,肖艳,等. 叶面肥的营养机理及应用研究进展[J]. 中国农业科学,2009(1):162-172.
- [2] 庄舜尧,曹志洪. 叶面肥的研究与发展[J]. 土壤,1998(6):230-234.
- [3] 唐启源,邹应斌,黄志远,等. 中后期化学调控对两系杂交早稻产量和米质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2001(1):4-6.
- [4] 袁少文. 富锌有机叶面肥对稻米产量及品质的影响

[D]. 沈阳:东北农业大学硕士学位论文,2012.

- [5] 白玉超. 不同配方叶面肥对苧麻纤维产量和品质的影响[D]. 长沙:湖南农业大学硕士学位论文,2013.
- [6] 陈凤,苏淑钗,张兵,等. 叶面喷肥对杂交榛产量和品质的影响[J]. 浙江农林大学学报,2014(6):932-939.
- [7] 薛光艳,郭俊财,段鹏勇,等. 氨基酸螯合液肥对榛子生长和产量影响的研究[J]. 辽宁林业科技,2009(4):41-42.
- [8] 蔡利娅,肖力争,肖文军,等. 茶树喷施生物叶面肥效果[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2005(1):60-62.
- [9] 王少鹏,洪煜丞,黄福先,等. 叶面肥发展现状综述[J]. 安徽农业科学,2015(4):96-98.
- [10] 王晓燕. 浅析我国叶面肥研究现状及发展对策[J]. 黑龙江科技信息,2014(21):277,128.
- [11] 于广武. 叶面肥及其发展趋势[J]. 中国农资,2006(2):60-62.
- [12] 王丽霞,高莉芬. 叶面肥及其发展趋势[J]. 内蒙古石油化工,2006(9):22.
- [13] 常毓巍,何淑玲,杨敬军,等. 不同叶面肥对匙叶翼首草生长、产量和品质的影响[J]. 贵州农业科学,2011(12):67-70.