

刘建, 谢锐萍, 常立新, 等. 生物菌肥对水稻食味品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 124–127.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.026

# 生物菌肥对水稻食味品质的影响

刘建<sup>1</sup>, 谢锐萍<sup>1</sup>, 常立新<sup>2</sup>, 李爽<sup>2</sup>, 杜锦<sup>1</sup>, 向春阳<sup>1</sup>, 曹高燚<sup>1</sup>

(1. 天津农学院农学与资源环境学院, 天津 300384; 2. 中弘新缘生物科技有限公司, 天津 300350)

**摘要:**为了研究生物菌肥对水稻食味的影响, 以梗型水稻津原 E28 为供试材料, 2015 年在天津市津南区名洋湖和辛庄 2 个地点分别进行生物菌肥试验。试验设 2 个处理, 即常规栽培处理(T1)、菌肥处理(T2)。结果表明, 名洋湖和辛庄 2 个试验点稻米 2 个处理间的产量、产量构成因素和外观均不存在显著差异。名洋湖 T1 处理的蛋白质含量显著高于 T2 处理, 辛庄 T1 处理的评分显著低于 T2 处理, 直连淀粉含量的差异不明显。从稻米的 RVA 特征谱来看, 2 个试点均表现为 T2 处理的最高黏度、崩解值显著高于 T1 处理, 而消减值显著低于 T1 处理。从米饭的食味评价方面来看, 除辛庄试点 T2 处理的综合评价显著高于 T1 处理外, 米饭的外观、香气、黏度和味道差异不显著。本研究的结果为水稻食味品质提供了栽培技术方面的借鉴。

**关键词:**水稻; 生物菌肥; 稻米食味特性值; 食味品质; 产量; 产量构成因素; 外观; RVA 特征谱

**中图分类号:** S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0124-03

农业生产中化肥和农药的大量施用容易造成土壤退化、农作物品质下降、生态环境恶化等问题, 对我国食品及环境安全构成严重的威胁。生物菌肥因其环境友好、资源节约、绿色安全等特点受到广泛关注, 在安全优质农产品生产和生态环境中的地位不断提高, 在我国农业发展中的地位尤为突出<sup>[1]</sup>。生物菌肥在改善土壤结构<sup>[2]</sup>、提高养分供应能力<sup>[3]</sup>、刺激作物生长<sup>[4-6]</sup>、降解有害物质<sup>[7]</sup>和增加作物抗逆能力<sup>[8]</sup>上具有显著效用。生物菌肥对作物品质改善的研究主要集中于蔬菜、水果、烟草及药用植物等高回报经济作物上, 而在粮食作物上的研究较少<sup>[9]</sup>, 特别是对水稻食味品质影响的研究未见报道。

水稻是世界三大主要粮食作物之一, 也是我国最重要的粮食作物, 我国是世界上最大的水稻生产国, 总产位居世界第一<sup>[10]</sup>, 种植面积约占我国粮食作物的 30%, 稻谷产量约为我国粮食总产的 40%, 全国约 2/3 的人口以水稻为主食<sup>[11]</sup>, 因此水稻生产在我国国民经济中占据极其重要的地位, 对农业生产具有举足轻重的影响。

近年来, 随着国民经济的发展和人们生活水平的提高, 居民对稻米品质的要求越来越高, 大力发展高产、优质稻米已势在必行<sup>[12]</sup>。稻米的品质包括多个方面, 其中稻米的外观是最为重要的商品品质, 食味品质是重中之重。因此, 本研究以梗型水稻津原 E28 为材料, 以常规栽培处理为对照, 分析了 2 个

试验点生物菌肥处理对稻米外观、食味特性值及食味的影响, 探究生物菌肥施用对稻米品质食味影响的作用规律, 有利于合理地应用生物菌肥, 推动水稻产业的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与试验地点

试验材料为稻米外观较好、食味品质中上、在华北地区大面积种植的水稻梗型水稻品种津原 E28(天津市原种场选育, 审定编号为国审稻 2012040)。

天津市津南区名洋湖(38°91'N、117°46'E)的土壤类型为盐化水稻土, 土壤含盐量为 0.2%, 有机质含量为 1.65%, 含氮量为 0.11%, 有效磷含量为 11.8 mg/kg, 有效钾含量为 53.7 mg/kg; 辛庄(39°03'N、117°35'E)的土壤类型为水稻土, 不含盐碱, 有机质含量为 1.84%, 全氮含量 0.13%, 有效磷含量 13.9 mg/kg, 速效钾含量 67.4 mg/kg。

### 1.2 试验设计与田间管理

选用的生物菌肥购自中弘新缘生物科技(天津)有限公司。设 2 个试验点, 每个试验点 2 个处理, 即常规栽培处理(T1)和施用生物菌肥处理(T2), 每个处理重复 3 次。2015 年 4 月 15 日开始薄膜育秧, 移栽前整地施肥, 常规栽培处理的本田施用肥料种类为尿素、磷酸二铵、硫酸钾, 其施用量分别为 300、150、60 kg/hm<sup>2</sup>(以上数据为纯氮、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的用量)。磷肥、钾肥作为底肥一次性施入, 氮肥分底肥、分蘖肥和孕穗肥 3 次投入, 施肥比例为 4:4:2, 氮肥 3 次总量达到 300 kg/hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。菌肥处理在移栽前进行, 主要发酵剂成分为酵母菌; 施用 300 kg/hm<sup>2</sup> 的复合微生物肥料作为基肥, 复合微生物肥料为发酵鸡粪, 添加的微生物菌株为乳酸菌和芽孢杆菌。2015 年 5 月 26 日插秧, 每个处理面积为 15 m<sup>2</sup>, 株数约 340 株, 株行距 15 cm×30 cm, 3 次重复。菌肥处理于 2015 年 7 月 1 日、7 月 18 日及 8 月 6 日分别用稀释的植物益生菌进行叶面喷施[益生菌剂是中弘新缘生物科技(天津)有限公司自主研发的, 包括枯草芽孢杆菌、胶质芽孢杆菌、地衣芽孢

收稿日期: 2018-01-18

基金项目: 天津自然科学基金(编号: 13JCYBJC39700); 大学生创新创业训练计划(编号: 201710061103); 天津市种业科技重大专项(编号: 16ZXZYN00150、16ZXZYN00110); 天津市农业委员会项目(TJNWY2017008)。

作者简介: 刘建(1970—), 男, 河北沧州人, 博士, 副研究员, 从事水稻品质食味研究, E-mail: 13821757926@163.com; 共同第一作者: 谢锐萍(1996—), 女, 安徽阜阳人, 从事种子科学与技术研究, E-mail: 1608656357@qq.com。

通信作者: 曹高燚, 博士, 讲师, 从事作物栽培及分子育种。E-mail: gyciao@cau.edu.cn。

杆菌等,也已经过农业部微生物肥料和食用菌菌种质量监督检验测试中心的鉴定,使用浓度为稀释 500 倍冲施使用,每 667 m<sup>2</sup> 施用 4 kg]。常规栽培处理和菌肥处理的其他田间栽培措施均相同。

1.3 田间取样与品质分析

2015 年 10 月 8 日水稻成熟后,每个重复单独随机取样 20 株,待自然干燥到水分含量为 14.5% 后带入实验室进行品质分析。稻米外观测定采用日本佐竹公司生产的 RJQ120 型颗粒评定仪。颗粒评定仪测定的外观项目较多,为了便于分析和表格的制作,把测定项目归为 3 类,即整精米(没有任何瑕疵的完整粒)、垩白米(粒型完整,但有心白、腹白或背白以及未熟粒、茶色米)和碎米(米粒不完整、裂腰以及虫伤);稻米成分测定采用日本静岡制机公司生产的 PS500 型水稻食味计,评分采用默认参数,由水稻食味计根据自带公式自动获得;淀粉的糊化特性使用澳大利亚 Newport 公司生产的 RAV-4 型快速黏度分析仪测定<sup>[13]</sup>;食味评价由天津农学院的师生共 22 名来完成<sup>[14]</sup>。

1.4 统计分析

使用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析,平均值的比较采用 Duncan's 的 SSR 测验;使用 SAS 进行环境和处理之间的互作分析;表格的制作用 Excel 来完成。

2 结果与分析

2.1 不同处理条件对津原 E28 的产量及构成要素的影响

水稻的产量由水稻的单位面积的有效穗数、穗粒数和千粒质量决定。本研究分析了生物菌肥处理和常规栽培处理对名洋湖和辛庄 2 地水稻的产量性状及其构成的影响。由表 1 可知,菌肥处理一定程度上增加了水稻的有效穗数、千粒质量和产量,但增加并不显著。在名洋湖试点,菌肥处理下的每穗实粒数低于常规栽培处理;而在辛庄试点,菌肥处理下的每穗实粒数高于常规栽培处理,但并未达到显著水平(表 1)。

表 1 生物菌肥对津原 E28 产量及其构成要素的影响

试验点	处理	有效穗数 (个/穴)	每穗实粒数 (粒/穗)	千粒质量 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
名洋湖	T1	11.7a	114.0a	29.9a	9 201.5a
	T2	12.3a	111.7a	30.1a	9 354.5a
辛庄	T1	13.0a	117.0a	30.1a	9 950.0a
	T2	13.3a	119.3a	30.2a	10 442.0a

注:同一地区同列数据后不同小写字母分别表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

2.2 不同处理条件下津原 E28 的外观品质

稻米的外观品质主要取决于整精米率和垩白性状。从表 2 可以看出,2 个试验点生物菌肥处理的整精米率高于常规栽培处理,而垩白率和碎米率则恰恰相反,生物菌肥处理低于常规栽培处理,但差异并未达到显著水平,说明生物菌肥处理有改善外观品质的可能性,但作用不明显。选择外观品质中的整精米率指标进行环境和处理之间的互作分析,结果表明,整精米率在 T1、T2 处理与名洋湖、辛庄 2 地之间无互作关系。

2.3 不同处理条件下津原 E28 的主要成分分析和评分

水稻的食味和其成分特别是蛋白质、直链淀粉含量关系最为密切。从表 3 可以看出,名洋湖 T1 处理的蛋白质含

表 2 生物菌肥对津原 E28 外观品质的影响

试验点	处理	整精米率 (%)	垩白粒率 (%)	碎粒率 (%)
名洋湖	T1	70.2a	22.8a	7.0a
	T2	71.6a	22.3a	6.1a
辛庄	T1	70.9a	22.6a	6.5a
	T2	71.9a	21.9a	6.0a

量(8.7%)最高,辛庄 T2 处理的蛋白质含量(8.0%)最低。名洋湖地区生物菌肥处理的蛋白质含量明显低于常规栽培处理。另外,辛庄试验点 2 个处理的蛋白质含量低于名洋湖试验点的对应处理。各处理的直链淀粉含量差异并不显著。评分是由仪器根据主要成分含量给出的判定值,其中辛庄 T2 处理的 53 分为最高,2 个试验点 T1 处理的 44 分为最低,特别是辛庄试点菌肥处理的评分显著高于常规栽培处理。这一试验结果与微生物肥料中含氮量较低,从而引起水稻蛋白质含量下降有关,而生物菌肥对直链淀粉含量的影响较小,通过影响蛋白质含量而对评分产生影响。选择主要成分中的蛋白质含量指标进行环境和处理之间的互作分析,结果表明,两者之间互作,但差异不显著。

表 3 生物菌肥对津原 E28 主要成分和评分的影响

试验点	处理	蛋白质含量 (%)	直链淀粉含量 (%)	评分 (分)
名洋湖	T1	8.7a	21.7a	44a
	T2	8.3b	21.2a	48a
辛庄	T1	8.3a	21.7a	44b
	T2	8.0a	21.8a	53a

2.4 不同处理条件下津原 E28 的 RVA 谱特征值

从表 4 可以看出,不同处理条件下津原 E28 的 RVA 谱特征值,其中名洋湖 T1 处理的最高黏度(158.83)最低,辛庄 T2 处理的最高黏度(189.33)最高,不同试点的生物菌肥处理间无显著性差异,但生物菌肥处理的最高黏度显著高于常规栽培处理。崩解值和最高黏度表现出相同的趋势,但不同试验点生物菌肥处理间差异显著,即 2 地 T2 处理显著高于 T1 处理。消减值和前两者相反,名洋湖 T1 处理(2.58)最高,辛庄 T2 处理(-5.42)最低,生物菌肥处理明显低于常规栽培处理。选择 RVA 谱特征值中的最高黏度指标进行环境和处理之间的互作分析,结果表明,两者之间互作,且差异显著。

表 4 生物菌粉对津原 E28RVA 谱特征值的影响

试验点	处理	最高黏度 (RVU)	崩解值 (RVU)	消减值 (RVU)
名洋湖	T1	158.83b	77.08b	2.58a
	T2	185.17a	86.83a	-1.42b
辛庄	T1	175.33b	81.50b	-1.25a
	T2	189.33a	91.17a	-5.42b

2.5 不同处理条件下津原 E28 的食味评价

食味品尝评价是稻米品质评定的最重要环节。从表 5 可以看出,不同试验点和处理在米饭的外观、香气、味道、黏度和硬度上差异不显著。辛庄试验点 T2 和 T1 处理间的综合评价存在显著差异;名洋湖试点 T2 处理下的综合评价值高于 T1 处理,虽差异不显著,但呈现除了较大的差值。这说明菌肥处理和食味优于常规处理的食味。与表 2、表 3、表 4 不同的

是,表5中2个试点间的各项目处理间差值较大,但大部分差异不显著,这主要是因为表2、表3、表4中的数据是由仪器测定的,重复间数值的差异不大,所以处理间的差值虽很小,但统计分析时仍存在显著差异;表5中的数据是由不同品尝人员对米饭品尝所得结果,由于品尝人员间的差异性较大,即使处理间差值较大,但分析时差异也不显著。

表5 生物菌肥对津原 E28 食味评价的影响

试验点	处理	品尝评价项目综合评分					
		外观	香气	味道	黏度	硬度	综合评价
名洋湖	T1	0.16a	0.05a	0.36a	0.27a	0.18b	0.27a
	T2	0.18a	0.27a	0.44a	0.41a	0.45ab	0.55a
辛庄	T1	-0.05a	0.95a	0.68a	0.33a	0.73a	0.32b
	T2	0.41a	0.91a	0.91a	0.73a	0.73a	0.82a

### 3 讨论与结论

生物菌肥对水稻产量的影响已有诸多报道,一般认为,它的施用可以提高水稻的产量<sup>[15-18]</sup>,生物菌肥对品质影响的研究报道较少,主要集中在对外观品质的研究上<sup>[16,18]</sup>。诚然稻米的外观品质是其流通和销售中最为重要的商品品质,但外观品质和食味品质没有显著的相关关系<sup>[19]</sup>,食味品质才是研究者、生产者、经营者以及消费者追求的最终目标。本试验除了对不同处理的外观品质进行分析之外,对影响稻米品质的主要指标包括蛋白质含量、直链淀粉含量以及 RVA 谱特征值也进行了全面分析,并最终完成了食味品尝评价。

从试验结果来看,生物菌肥处理的产量构成因素和常规处理无显著差异,产量略高于常规处理(表1),生物菌肥处理的外观品质略优于常规栽培处理(表2),且生物菌肥处理的蛋白质含量较低、评分较高(表3),最高黏度和崩解值较高、消减值较低(表4);这可能与生物菌肥处理改善了土壤环境,使水稻根系活力增强,养分供应能力提高,籽粒的灌浆更为充实有关<sup>[20]</sup>;同时名洋湖试验点的土壤含盐量较高,插秧后缓苗缓慢,延缓了水稻发育进程,造成后期籽粒灌浆饱满度较差所致<sup>[21]</sup>。已有研究证明,稻米成分中蛋白质和直链淀粉含量是影响稻米食味的2个最主要因素,蛋白质含量越低,食味越好,直链淀粉含量在一定范围内也是越低越好<sup>[22-25]</sup>,此外稻米淀粉的糊化特性和食味间存在着密切关系,能够反映食味品质优劣差异的 RAV 谱特征值中较为重要的指标为最高黏度、崩解值和消减值,其共同表现为最高黏度、崩解值相对较高,消减值相对较低的品种,食味品质可能较好<sup>[26]</sup>,消减值、崩解值可有效地区分出品质的优劣<sup>[27-28]</sup>。

本试验中生物菌肥处理的食味特性值在蛋白质含量和 RVA 谱特征值等方面明显优于常规栽培处理,在食味品尝评价方面,菌肥处理的综合价值也明显高于常规处理。笔者推测,处理间食味特性值的差异可能与不同栽培条件下不同根系活力导致养分供应能力的差异有关<sup>[29]</sup>。即在生物菌肥栽培条件下,根系活力和养分供应能力增强,使籽粒灌浆更为饱满,从而导致蛋白质含量的降低和 RVA 谱特征值的改善,事实上是否如此,有待今后进一步试验来进行验证。此外菌肥处理条件下,稻米蛋白质含量较低的另外一个原因如上所述,可能与微生物肥料中的含氮量较低有关。

在食味品尝评价方面,虽然在外观、香气、味道、黏度和硬度项

目上的差异不显著,但综合评价是根据这些项目的整体来判断得出的,由于各个项目的累加贡献,最后导致辛庄试点生物菌肥处理的综合价值显著高于常规处理,名洋湖试点2个处理间的差值也较大,但无显著差异,说明生物菌肥对稻米直链淀粉含量的影响不明显。生物菌肥的作用比较缓慢,为了准确把握和评价生物菌肥对食味的影响,有必要连续进行至少2~3年试验对生物菌肥的效果进一步验证。

生物菌肥可降低蛋白质含量,改善稻米的淀粉糊化特性,并对食味品尝评价产生一定的影响。但它是如何通过改善土壤结构、提高养分供应能力来达到改善和提高水稻食味品质的,即生物肥料对水稻食味影响的机理将是今后研究的一个重要方向。此外,从本试验的结果看,生物菌肥在盐碱地土壤中的作用较小,如何使用生物肥料有效地改良盐碱土壤、提高水稻的食味品质将是今后研究的另一个重要领域,这将对生物肥料的推广使用和我国稻米品质的改、国际市场竞争力的提高有着非常积极的作用。

本试验选择了一个品质较为优良的水稻国审品种津原 E28 为试验材料,在1年2地进行生物菌肥对水稻食味及品质的影响研究。水稻的食味及品质取决于遗传和多种环境因素的双重调控,后续试验将增加水稻参试品种的数量,采用多年多点的研究方案,进一步综合评价生物菌肥对水稻食味计品种的影响。

### 参考文献:

- [1] 许景钢,孙涛,李嵩. 我国微生物肥料的研发及其在农业生产中的应用[J]. 作物杂志,2016(1):1-6.
- [2] 金宏鑫,裴占江,李淑芹,等. 污泥生物有机肥对大豆产量和氮磷吸收的影响[J]. 作物杂志,2012(1):92-95.
- [3] 薛泉宏,李素俭,张俊宏,等. 液培条件下钾细菌对土壤养分的活化作用研究[J]. 西北农业大学学报,1999,27(2):33-37.
- [4] Yu C, Hu X M, Deng W, et al. Changes in soil microbial community structure and functional diversity in the rhizosphere surrounding mulberry subjected to long-term fertilization[J]. Applied Soil Ecology, 2015, 86:30-40.
- [5] Abbass Z, Okon Y. Plant-growth promotion by *Azotobacterpaspali* in the rhizosphere[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1993, 25(8):1075-1083.
- [6] 肖佳雷,赵明,王贵江,等. 微肥与化学调控剂处理对春大豆农艺性状及产量性能的影响[J]. 作物杂志,2013(4):83-86.
- [7] 王磊,李淑芹,郑玉莲,等. 普施特降解 *Bacillus* sp. zx2 和 zx7 生长及降解特性[J]. 农业环境科学学报,2012,31(2):351-356.
- [8] 王孝涛,李淑芹,许景钢,等. 生物肥对大豆根际过氧化氢酶和脲酶活性的影响[J]. 东北农业大学学报,2012,43(5):96-99.
- [9] 王素英,陶光灿,谢光辉,等. 我国微生物肥料的应用研究进展[J]. 中国农业大学学报,2003,8(1):14-18.
- [10] 赵凌,赵春芳,周丽慧,等. 中国水稻生产现状与发展趋势[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):105-107.
- [11] 虞国平. 水稻在我国粮食安全中的战略地位分析[J]. 新西部(下半月),2009,22(11):31-33.
- [12] 王志东,赖穗春,李宏,等. 稻米食味品质评价方法的研究进展与展望[J]. 广东农业科学,2011(13):18-20.
- [13] 徐锡明,张欣,施利利,等. 直链淀粉含量偏低型杂交粳稻组合的稻米品质评价[J]. 作物杂志,2016(6):44-48.
- [14] 田南南,郭海峰,生华,等. 不同施肥处理对“稻花香”食味的

李青凤,高 杰,彭 秋. 拔节期钾肥施用量对糯高粱物质生产及氮磷钾积累量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(9):127-130.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.09.027

# 拔节期钾肥施用量对糯高粱物质生产及氮磷钾积累量的影响

李青凤,高 杰,彭 秋

(贵州省农业科学院旱粮研究所,贵州贵阳 550006)

**摘要:**以贵州本地糯高粱红缨子为研究对象,探讨不同钾肥施用量对糯高粱的物质生产和氮、磷、钾积累量的影响。在拔节期设置 5 个不同的钾肥处理(CK,不施任何肥料;K1,拔节期施入  $K_2O$  75 kg/hm<sup>2</sup> 作追肥;K2,拔节期施入  $K_2O$  150 kg/hm<sup>2</sup> 作追肥;K3,拔节期施入  $K_2O$  225 kg/hm<sup>2</sup> 作追肥;K4,拔节期施入  $K_2O$  300 kg/hm<sup>2</sup> 作追肥)。结果表明,施用钾肥可显著提高糯高粱植株株高、叶面积、产量、干物质积累量以及氮、磷、钾积累量,而且均会随着施钾量的增多而提高,在  $K_2O$  150 kg/hm<sup>2</sup> 达到最高,施钾量继续增加,其植株株高、叶面积、产量、干物质积累量以及氮、磷、钾积累量反而减小。在移栽前施入 N 75 kg/hm<sup>2</sup>、 $P_2O_5$  75 kg/hm<sup>2</sup> 做基肥,在拔节期施入 N 75 kg/hm<sup>2</sup>、 $K_2O$  150 kg/hm<sup>2</sup> 做追肥时,为糯高粱施肥的最佳施用方式。

**关键词:**糯高粱;产量;干物质积累量;氮、磷、钾积累量

**中图分类号:** S514.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)09-0127-04

高粱 [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] 是仅次于小麦、水稻、玉米和大麦的世界第五大作物<sup>[1]</sup>,具有较高的利用价值,广泛应用于酿造业<sup>[2]</sup>、饲料加工业和生物质能源<sup>[3]</sup>等领域。

收稿日期:2018-11-02

基金项目:贵州省农业科学院青年基金(编号:黔农科院青年基金[2017]01号);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-06-13.5-B26)。

作者简介:李青凤(1988—),女,河南林州人,硕士,助理研究员,从事特色作物栽培及生理生化研究。E-mail:liqingfeng453003@yeah.net。

通信作者:彭 秋,研究员,主要从事高粱育种、栽培及资源研究。E-mail:p5615@sina.com。

影响[J]. 中国稻米,2016,22(6):30-33.

[15]王成璞,张文香,赵 磊,等. 有机肥生物菌肥对水稻产量及产量性状的影响[J]. 中国农学通报,2004,20(6):202-204.

[16]鲁 杰,刘宝忠,周传远,等. 生物有机菌肥对水稻产量及稻米品质的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(6):146-150.

[17]崔曾杰,耿艳秋,范丽丽,等. 生物菌肥对盐碱地水稻生长发育及产量的影响[J]. 吉林农业科学,2013,38(5):32-35.

[18]杨 庆,杨 晶,李 彬,等. 富农生物菌肥对水稻生长、产量及品质的影响[J]. 中国稻米,2014,20(5):72-74.

[19]刘 建,张 欣,崔 晶,等. 水稻品质分析仪在食味育种中的应用研究[J]. 种子,2013,32(10):15-19.

[20]沈 杰,蔡 艳,张宇羽,等. 苗床添加 EM 菌肥对烟草幼苗生长及抗逆酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(4):48-56.

[21]乔海龙,沈会权,陈 健,等. 大麦种质耐盐性鉴定及评价[J]. 核农学报,2015,29(1):153-160.

[22]今井徹. 稻と米,品質を活かす. 農林水産省農業研究センター——生物系特定産業技術研究推進機構編[M]. 東京:農林

水産技術協会,1990.

氮、磷、钾是作物生长发育的必需元素,是作物产量提高的主要限制因子<sup>[4]</sup>. 氮、磷、钾合理配施有利于协调作物群体与个体生长,促进作物对于养分的吸收与利用,增加作物产量<sup>[5]</sup>. 钾作为植物营养三要素之一,对植物生长发育进程有着重要的营养和生理作用<sup>[6-9]</sup>,大田施钾可以显著提高作物产量,改善作物品质<sup>[10]</sup>. 已有研究表明,粒用型高粱氮、磷养分吸收高峰在抽穗至灌浆期,而钾的吸收一直延续到成熟期<sup>[11]</sup>,因此氮、磷、钾养分的吸收利用直接影响作物生长发育。而目前我国有 1/4~1/3 的耕地土壤普遍缺钾或严重缺钾<sup>[12]</sup>. 因此,如何科学合理地施用钾肥就显得格外重要。

研究表明,高粱籽粒淀粉含量与出酒率显著正相关<sup>[13]</sup>. 钾是影响高粱籽粒产量和品质的重要因子,其在淀粉合成代

水産技術協会,1990.

[23]稲津脩. 北海道産米の食味向上による品質改善に関する研究[R]. 北海道立農業試験場報告,1988:1-89.

[24]岩崎哲也. 米の品質評価法[J]. 農林水産技術研究ジャーナル,1991,14(4):14-21.

[25]松江勇次・原田稔,原田皓二. 北部九州における水稻品種のアミログラム特性、N、P、K 含量と食味との関係[J]. 日作九支報,1989,56(1):43-44.

[26]隋炯明,李 欣,严 松,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究[J]. 中国农业科学,2005,38(4):657-663.

[27]陈 能,罗玉坤,朱智伟,等. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究[J]. 中国水稻科学,1997,11(2):70-76.

[28]舒尧亮,吴殿星,夏英武,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系[J]. 中国农业科学,1998,31(3):25-29.

[29]Zhu D W, Zhang H C, Guo B W, et al. Effect of Nitrogen management on the structure and physicochemical properties of rice starch[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2016, 64(42):8019-8025.