

张丽微, 仲维君, 姜玉伟, 等. 分蘖期氮水耦合对水稻产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(7): 47–50.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.07.011

# 分蘖期氮水耦合对水稻产量和品质的影响

张丽微, 仲维君, 姜玉伟, 赵婷婷, 宋 泽, 钱永德, 姜冲冲

(黑龙江八一农垦大学农学院/黑龙江省普通高寒地作物栽培技术重点实验室, 黑龙江大庆 163319)

**摘要:**通过研究分蘖期氮水耦合对水稻产量和品质的影响, 为分蘖期合理施氮灌溉提供理论依据。采用完全随机试验设计, 研究分蘖期施氮量、土壤水分管理 2 个因素对粳稻垦梗 5 号产量和品质的影响。结果表明: 在施氮量为纯氮 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm 时的产量(14 278.19 kg/hm<sup>2</sup>)、糙米率和精米率最高, 直链淀粉含量最低。在不施氮且土壤水势为 -30 kPa 时, 食味评分最高。在本试验条件下, 分蘖期施氮量与土壤水分对粳稻垦梗 5 号的产量和品质存在互作作用, 分蘖期氮水耦合对垦梗 5 号的产量和品质有显著影响, 施氮量为 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm 时产量及品质为佳。分蘖期适量施氮灌溉可以提高水稻产量, 改良水稻品质。

**关键词:**水稻; 分蘖期; 施氮量; 土壤水分管理; 氮水耦合; 产量; 品质; 水势; 食味评分

**中图分类号:** S511.06; S274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)07-0047-04

水稻是耗水量最多的作物, 目前其耗水量占全国总用水量的 54% 左右, 占农业总用水量的 65% 以上<sup>[1]</sup>。随着人们生活水平的提高, 对高产优质米的需求也越来越大。因此, 有关提高稻米产量及品质的研究非常必要。有研究表明, 在一定的水分胁迫范围内氮肥可起到“以肥调水”作用<sup>[2-3]</sup>。徐华平研究了不同生育阶段水肥耦合的效应, 结果表明, 在一定的生育阶段, 在灌溉方式上采用非充分灌溉并配合合理的施肥量, 对水稻减产有很好的控制效果<sup>[4]</sup>。施肥是影响稻米食味品质的最重要因素之一, 其中氮素是水稻最重要的养分<sup>[5]</sup>。有专家认为, 在水稻栽培技术中, 肥水运筹对品质有很大影响<sup>[3]</sup>。近年来, 人们就土壤水分含量对水稻品质的影响进行了大量研究<sup>[6-8]</sup>, 郭晓红等研究了水分含量对米质的影响<sup>[9-12]</sup>, 而有关此方面的研究, 由于难以对田间土壤水分有一个定量分析, 因此在水分对优质米形成上未有一个确定结果, 对形成优质米所需的土壤水分指标也未形成定论。有研

究表明, 灌溉方式和氮肥水平对产量和稻米品质的影响具有明显的互作效应<sup>[1]</sup>, 为提高肥料、水分利用率提供了科学依据, 对节约资源和保护环境具有重要的意义<sup>[13]</sup>。为此, 本研究设置了不同施氮量及不同水层厚度 2 个因素, 对水稻品质和产量的影响进行研究, 旨在探讨氮水耦合对水稻品质的影响, 为水稻的优质栽培提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料为垦梗 5 号, 主茎 12 叶, 生育期 134 d 左右, 需 ≥10 ℃ 活动积温 2 450 ℃ 左右。供试土壤为白浆土, 其中碱解氮的含量为 279.65 mg/kg, 有效磷的含量为 36.48 mg/kg, 速效钾的含量为 120.43 mg/kg, 有机质的含量为 4.30%, pH 值为 7.40。

### 1.2 试验方法

试验于 2015 年在黑龙江八一农垦大学防雨棚内进行。采用盆栽试验, 盆钵深 40 cm, 直径 31.5 cm, 每盆装过筛混匀的土 8.5 kg。试验在分蘖期设施氮量、土壤水分管理(水层深度) 2 个因素, 其中氮肥(N, 纯氮) 设 5 个水平: N<sub>1</sub> 为 0、N<sub>2</sub> 为 17.25 kg/hm<sup>2</sup>、N<sub>3</sub> 为 34.5 kg/hm<sup>2</sup>、N<sub>4</sub> 为 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、N<sub>5</sub> 为 69 kg/hm<sup>2</sup>; 土壤水分管理(S) 设 5 个水平: S<sub>1</sub> 为干旱(土壤水势为 -30 kPa)、S<sub>2</sub> 为湿润(无水层, 土壤水势为 0)、S<sub>3</sub> 为水层深 3 cm、S<sub>4</sub> 为水层深 5 cm、S<sub>5</sub> 为水层深 7 cm, 在干旱及湿润处理的盆钵内安装真空表式土壤负压计(中国科学院南京

收稿日期: 2016-11-07

基金项目: 黑龙江省重大科技招标项目(编号: GA14B102-03); 黑龙江农垦总局科技攻关项目(编号: HNK125B-08-21A、HNK-135-2-2)。

作者简介: 张丽微(1992—), 女, 黑龙江黑河人, 硕士研究生, 主要从事水稻高产理论与生理基础研究。E-mail: 1321248930@qq.com。

通信作者: 钱永德, 博士, 教授, 主要从事水稻高产理论与生理基础研究。E-mail: byndqyd@163.com。

[9] 许 峰, 刘 宇, 王守现, 等. 一种适于 PCR 反应的快速提取食用茵基因组 DNA 的方法[J]. 生物技术, 2011, 21(1): 43–44.

[10] 冯伟林, 蔡为明, 金群力, 等. ISSR 分子标记分析杏鲍菇菌株遗传差异研究[J]. 中国食用菌, 2009, 28(1): 47–49.

[11] 边银丙, 宋小亚. 几种新型 DNA 分子标记及其在食用菌研究中的应用[J]. 食用菌学报, 2006, 13(1): 78–81.

[12] 顾 敏, 沈颖越, 金群力, 等. 双孢蘑菇 SSR 分子标记开发及其在遗传多样性分析中的应用[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(5):

987–993.

[13] 宿红艳, 王 磊, 明永飞, 等. ISSR 分子标记技术在金针菇菌株鉴别中的应用[J]. 生态学杂志, 2008, 27(10): 1725–1728.

[14] 谭秀梅, 李 永, 朴春根, 等. 杏鲍菇遗传多样性的 SRAP 和 ITS 分析[J]. 农学通报, 2016, 32(12): 110–115.

[15] 马庆芳, 张介驰, 张丕奇, 等. 用 ISSR 分子标记鉴别黑木耳生产菌株的研究[C]. 武汉: 全国食用菌中青年专家学术交流会议, 2006.

土壤研究所生产)监测土壤水分。共 25 个处理,每处理 3 次重复,每重复 4 盆,每盆平均插秧 4 穴,每穴 4 苗。

试验中的肥料种类包括市售的 46.4% 尿素、50% 硫酸钾、重过磷酸钙(43%  $P_2O_5$ )。施肥方法:钾肥和磷肥按目前常规生产适宜水平施用,氮肥施用分配比例为基肥:蘖肥:调节肥:穗肥 = 40% : 30% : 10% : 20%,其中 60% 钾肥、100% 磷肥用作基肥,基肥在搅浆前施入,搅入土中 8 ~ 10 cm;40% 钾肥与 20% 氮肥作穗肥一同施入。幼穗分化初期(7 月 1 日)复水 5 cm,此后恢复常规管理。于 9 月末收获。

### 1.3 测定项目及方法

于成熟期根据平均茎数取样 4 穴,进行室内考种。根据穗部性状调查数据计算穗粒数、结实率及千粒质量,计算理论产量。用德国生产的 FOSS 1241 近红外谷物分析仪测定糙米的直链淀粉含量和蛋白质含量。食味品质用日本佐竹公司(SATAKE)生产的米饭食味计(STA1A)进行测定米饭综合食味评分。

### 1.4 数据分析处理

相关系数采用 Microsoft Excel 2007 有关程序求算,并作图;差异显著性比较采用 SPSS 19.0 处理并进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 分蘖期氮水耦合对水稻产量的影响

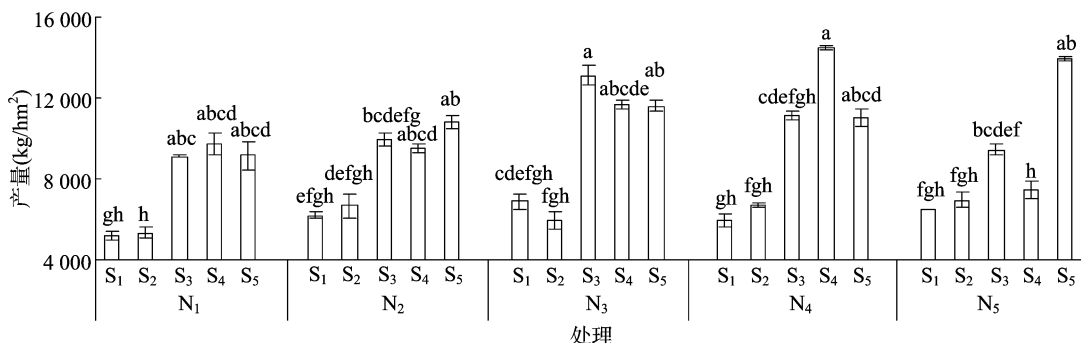


图2 分蘖期氮水耦合对水稻产量的F测验

### 2.2 分蘖期氮水耦合对水稻品质的影响

2.2.1 分蘖期氮水耦合对水稻碾磨品质的影响 如图 3 所示,  $N_2$  和  $N_4$  糙米率极显著高于  $N_1$  和  $N_3$ ,  $S_1$  和  $S_2$  极显著低于与其他水分处理。由表 1 可知,以处理  $N_4S_4$  糙米率最高,其次是处理  $N_2S_5$ ,糙米率分别比  $N_2S_1$  增加 1.49%、1.24%。施氮量  $N_4$  和  $N_5$  的精米率与其他处理均达显著或极显著水平。处理  $S_2$  和其他水分处理达极显著水平。从表 1 中可以

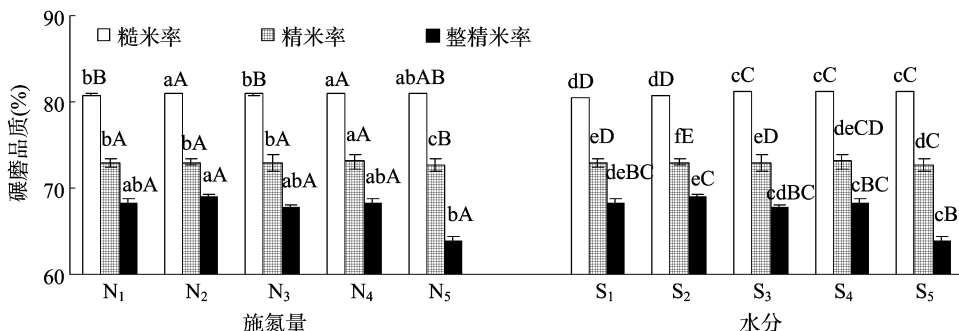
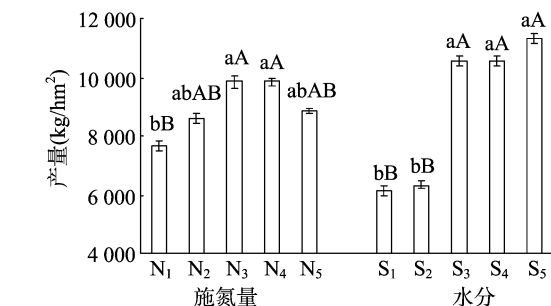


图3 分蘖期氮水耦合对水稻碾磨品质的影响

由图 1 可知,随着施氮量的增加,产量呈先升高后下降的趋势,就肥料的平均效应而言,产量以处理  $N_3$  最高,但只与  $N_5$  差异显著。不同水分处理间比较显示,处理  $S_5$  最高, $S_3$  次之,再次是  $S_4$  处理,三者间差异不显著。说明肥料过低、过高均不利于产量的形成,水层过低直接影响产量积累。



不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著。下同  
图1 分蘖期氮水耦合对水稻产量的影响

由图 2 中可以看出,  $N_4S_4$  产量最高,达 14 278.19 kg/hm<sup>2</sup>,其次是  $N_3S_3$ ,达 14 091.36 kg/hm<sup>2</sup>,二者差异不显著, $N_1S_2$  产量为 8 104.14 kg/hm<sup>2</sup>,显著低于前两者,前 2 个处理产量分别比  $N_1S_2$  增长 76.18%、73.88%,说明施氮量 × 水分管理对产量影响显著 ( $P < 0.01$ )。施氮量为 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm 时,产量达到最大值。

看出,以处理  $N_4S_4$  的精米率最高,处理  $N_3S_5$  次之,精米率分别比处理  $N_3S_2$  (最低)增加 2.36%、2.08%。施氮量 × 水分管理的糙米率和精米率均存在极显著的互作效应 ( $P < 0.01$ )。灌溉水层厚度处理  $S_2$  整精米率与其他处理达显著水平。由表 1 可知,处理  $N_2S_5$  整精米率最高,其次为处理  $N_4S_4$ ,整精米率分别比处理  $N_3S_2$  (最低)增加 19.49%、19.15%。施氮量 × 水分间的互作效应不明显,表明各处理的效应不是各单

表 1 不同处理对粳梗 5 号品质的影响

氮肥处理	水分处理	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	蛋白质含量 (%)	直链淀粉含量 (%)	食味评分
N <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	80.41beBD	72.99beAD	68.68afABE	7.85ciCI	20.00aA	81.13abdABC
	S <sub>2</sub>	80.78bdBD	73.16bfAE	67.48agABF	7.90chCH	18.90bcBCD	79.84abdABC
	S <sub>3</sub>	81.05bcBC	72.70beAD	68.02aefABE	8.25chCH	17.70efEFG	77.22abeABD
	S <sub>4</sub>	81.05bcBC	72.94bdeACD	68.29aeABDE	8.50cfCF	17.80efEFG	75.22abfABE
	S <sub>5</sub>	80.95bcBC	73.15bdAC	69.37adABD	8.35cgCG	17.85efEFG	76.63abeABDE
N <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	80.36aeAD	72.71beAD	68.04afAE	8.05aiAI	18.95bcBCD	79.69cdBC
	S <sub>2</sub>	80.90adAD	72.94bfAE	67.76agAF	8.15ahAH	18.15defDEFG	77.59cdBC
	S <sub>3</sub>	81.14acAC	73.26beAD	69.35aefAE	8.20ahAH	17.80efEFG	75.91ceBD
	S <sub>4</sub>	81.31acAC	72.88bdeACD	69.48aeADE	8.70afAF	17.40fG	73.64cfBE
	S <sub>5</sub>	81.42acAC	73.37bdAC	69.92adAD	8.60agAG	17.85efEFG	76.27ceBDE
N <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	80.66beBD	73.36beAD	69.20bfBE	7.75eiEI	19.20bABC	79.27bdABC
	S <sub>2</sub>	80.56bdBD	71.96bfAE	66.07bgBF	7.90ehEH	19.40abAB	79.68bdABC
	S <sub>3</sub>	80.85bcBC	72.80beAD	66.29befBE	8.00ehEH	19.35abAB	78.22beABD
	S <sub>4</sub>	81.12bcBC	73.46bdeACD	67.91beBDE	8.15efEF	17.80efEFG	76.23bfABE
	S <sub>5</sub>	81.15bcBC	73.47bdAC	68.97bdBD	8.00egEG	17.90efEFG	75.78beABDE
N <sub>4</sub>	S <sub>1</sub>	80.53aeAD	73.19aeAD	68.32afABE	7.80biBI	18.70bcdBCDE	79.35bdABC
	S <sub>2</sub>	80.62adAD	72.79afAE	66.84agABF	8.30bhBH	17.45fFG	79.04bdABC
	S <sub>3</sub>	81.26acAC	73.13aeAD	67.93aefABE	8.20bhBH	17.85efEFG	77.25beABD
	S <sub>4</sub>	81.63acAC	73.74adeACD	69.67aeABDE	8.60bfBF	17.40fG	76.54bfABE
	S <sub>5</sub>	81.13acAC	72.96adAC	69.15adABD	8.35bgBG	17.90efEFG	77.01beABDE
N <sub>5</sub>	S <sub>1</sub>	80.74abeABD	72.75ceBD	67.23cfCE	7.90diDI	18.30cdeCDEFG	79.73adAC
	S <sub>2</sub>	80.47abdABD	72.15cfBE	58.49cgCF	8.15dhDH	18.45cdeBCDEF	78.94adAC
	S <sub>3</sub>	81.37abcABC	73.04ceBD	66.81cefCE	7.85dhDH	18.35cdeCDEFG	78.41aeAD
	S <sub>4</sub>	81.06abcABC	72.59cdeBACD	61.57ceCDE	8.30dfdF	18.05defDEFG	78.23afAE
	S <sub>5</sub>	81.10abcABC	72.98cdBC	65.86cdCD	7.90dgDG	18.10defDEFG	79.36aeADE

因素效应的简单叠加, 交互时处理 N<sub>4</sub>S<sub>4</sub> (施氮量为 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm) 有利于碾磨品质的提高, 进而提高水稻的商品价值。

2.2.2 分蘖期氮水耦合对水稻营养品质的影响 图 4 显示了不同处理对直链淀粉含量的影响, 施氮量处理 N<sub>2</sub> 显著低于 N<sub>3</sub>、N<sub>4</sub> 和 S<sub>4</sub> 值较低, 其次是 N<sub>2</sub> 和 S<sub>2</sub>, 其中水分处理 S<sub>4</sub> 值最低。由表 1 可知, 以处理 N<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 值最高, 处理 N<sub>1</sub>S<sub>2</sub> 次之, 分别比处理 N<sub>4</sub>S<sub>4</sub> 值(最低)增加 10.19%、8.29%。

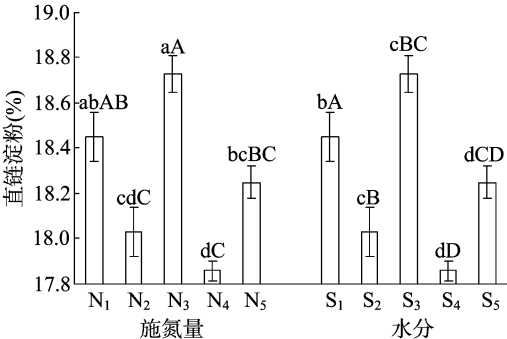


图4 不同处理对水稻直链淀粉含量的影响

由图 5 可以看出, 施氮量对蛋白质含量均达极显著水平, N<sub>2</sub> 和 S<sub>2</sub> 最高, 其次是 N<sub>4</sub> 和 S<sub>4</sub>。水分处理 S<sub>1</sub> 和 S<sub>5</sub> 差异不显著, 其他处理间均达极显著水平。由表 1 可知, 处理 N<sub>2</sub>S<sub>4</sub> 最高, 处理 N<sub>2</sub>S<sub>5</sub> 次之, 蛋白质的含量分别比处理 N<sub>3</sub>S<sub>1</sub> (最低) 增加 11.54%、10.26%。在分蘖期氮水耦合对水稻营养品质上, 施氮量 × 水分间差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 施氮量为

51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm 时营养品质最优。

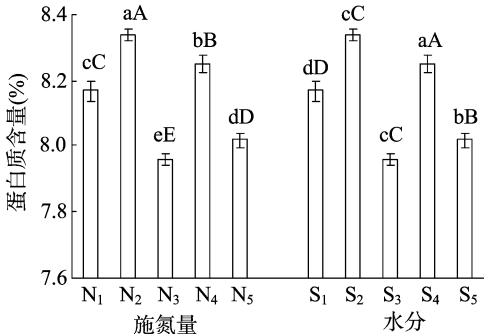


图5 不同处理对水稻蛋白质含量的影响

2.2.3 分蘖期氮水耦合对水稻食味品质的影响 如图 6 所示, 施氮量处理 N<sub>1</sub> 显著低于其他处理, 水分处理 S<sub>3</sub> 显著高于其他处理。从表 1 中可以看出, N<sub>1</sub>S<sub>1</sub> 食味评分最高, 其次是 N<sub>1</sub>S<sub>2</sub>, 食味评分分别比处理 N<sub>1</sub>S<sub>4</sub> (最低) 分别增加 7.85%、6.12%。施氮量 × 水分间差异达到显著水平 ( $P > 0.05$ )。

3 结论与讨论

本试验于分蘖期在氮水耦合条件下进行, 当施氮量为 51.75 kg/hm<sup>2</sup>、水层为 5 cm 时, 产量达到了最高 (14 278.19 kg/hm<sup>2</sup>)。有研究表明, 适当增施氮肥可以减轻供水不足对产量的不利影响<sup>[1]</sup>。干旱时, 施氮量为 34.5 kg/hm<sup>2</sup> 处理下产量最高, 湿润时在施氮量为 17.25 kg/hm<sup>2</sup> 时最高, 但增施氮肥均使供水不足时的产量有

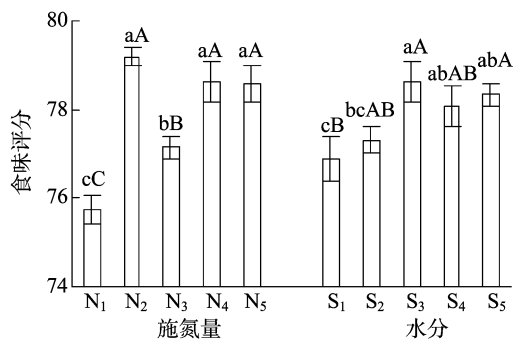


图6 分蘖期氮水耦合对水稻食味评分的影响

所提高。这与土壤水分有限条件下增施氮肥可能会使作物水分胁迫加重,对产量造成不利的影响观点不同<sup>[14]</sup>。研究表明,低限土壤水势为 $-30\text{ kPa}$ 时,产量高于浅水层,但增产不显著<sup>[12]</sup>,这与本试验研究结果相同。在低氮和高氮条件下均会降低水稻产量<sup>[15-16]</sup>。本试验在一定范围内增施氮肥及水分胁迫均使整精米率有所提高,这与柯传勇等研究观点相同,分蘖期内水分胁迫能提高稻米的整精米率<sup>[17]</sup>。大量研究表明,碾磨品质受氮肥和灌水的影响,并普遍认为增施氮肥可以提高糙米率、精米率及整精米率<sup>[18]</sup>,在轻度水分胁迫下,增施氮量后稻米的整精米率提高,但差异不明显;余显权等报道,土壤水分对米粒蛋白质含量有明显的影响<sup>[19-20]</sup>,本试验与以上研究结果相同。分蘖期重度干旱胁迫降低了碾磨品质<sup>[21]</sup>,全生育期进行土壤水势下限 $-10\text{ kPa}$ 的间歇灌溉时米饭食味评分值的提高;抽穗前控水,土壤水分胁迫整体上使加工品质变劣<sup>[22]</sup>。解文孝等认为,不同时期水分胁迫都会使稻米蛋白质含量增加,直链淀粉含量降低,食味评分值总体表现为升高的趋势<sup>[23]</sup>。本试验 $S_1$ 和 $S_2$ 的出米率均低于其他处理。本研究部分结果与前人结论一致,但也有结论相反的地方:对于营养品质结果不相同,可能是分蘖期水分胁迫处理在分蘖期之后的水分补偿作用,分蘖期水分胁迫及低氮肥最终导致 $N_1S_1$ 的米饭食味评分值最高。水稻粳梗5号在氮水耦合的作用下,处理 $N_4S_4$ (施氮量为 $51.75\text{ kg/hm}^2$ 、水层为 $5\text{ cm}$ )的出米率高,直链淀粉含量最低。 $N_4$ 和 $S_4$ 处理下营养品质好。 $N_1S_1$ (施氮量为 $0\text{ kg/hm}^2$ 、水层为土壤水势为 $-30\text{ kPa}$ )食味评分最高,但与其他处理差异不明显。由于水稻品质优劣与其产量相关,且本试验品种单一,氮肥及土壤水分配置对水稻品质的作用有待于进一步探讨。

由本研究可以看出,分蘖期氮水耦合对粳梗5号的产量和品质有显著影响,施氮量为 $51.75\text{ kg/hm}^2$ 、水层为 $5\text{ cm}$ 时,产量及品质为佳。

#### 参考文献:

- [1] 张自常,李鸿伟,曹转勤,等. 施氮量和灌溉方式的交互作用对水稻产量和品质影响[J]. 作物学报,2013,39(1):84-92.
- [2] 杨建昌,王志琴,朱庆森. 不同土壤水分状况下氮素营养对水稻产量的影响及其生理机制的研究[J]. 中国农业科学,1996,29(4):58-66.

- [3] 崔远来,李远华,余峰. 水稻高效利用水肥试验研究[J]. 灌溉排水,2001,20(1):20-24.
- [4] 徐华平. 水稻非充分水肥生物学和环境效应研究[D]. 扬州:扬州大学,2005.
- [5] 吕彬. 寒地旱粳品种对稻米品质的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(8):130-135.
- [6] Cheng W D, Zhang G P, Zhao G P, et al. Variation in rice quality of different cultivars and grain positions as affected by water management[J]. Field Crops Research, 2003, 80(3):245-252.
- [7] 郑桂萍,李金峰,钱永德,等. 土壤水分对水稻产量与品质的影响[J]. 作物学报,2006,32(8):1261-1264.
- [8] 杨建昌,袁莉民,唐成,等. 结实期干湿交替灌溉对稻米品质及籽粒中一些酶活性的影响[J]. 作物学报,2005,31(8):1052-1057.
- [9] 郭晓红,吕艳东,周健,等. 肥水耦合对寒地水稻品质的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):71-74.
- [10] Cheng J, Cao C, Cai M, et al. Effects of different irrigation modes on the yield and water productivity of rice[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(12):28-33.
- [11] Peng S, Hao S, Liu Q, et al. Study on the mechanisms of yield raising and quality improving for raddy rice under water saving irrigation[J]. Irrigation & Drainage, 2000, 19(3):3-7.
- [12] Cai Y, Wang W, Zhu Z, et al. Effects of water stress during grain-filling period on rice grain yield and its quality under different nitrogen levels[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(7):1201.
- [13] Begg J E, Turner N C. Crop and water deficits[J]. Advances in Agronomy, 1976(28):161-218.
- [14] 魏永霞,何双红,魏永华. 控制灌溉条件下水肥耦合对水稻产量及构成因子的影响[J]. 灌溉排水学报,2011,29(5):98-102.
- [15] 崔月峰,孙国才,卢铁钢. 施氮量及氮肥运筹对超级粳稻生长发育和氮素利用特性的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(4):125-128.
- [16] 隋鑫,吕小红,付雪蛟,等. 氮肥施入量对滨海盐碱地水稻生长发育及产量与光合效应的影响[J]. 江苏农业科学,2016,45(5):94-96.
- [17] 柯传勇. 不同水分处理对水稻生长、产量及品质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2010.
- [18] 金军. 氮肥施用量施用期对稻米品质及产量的影响[D]. 扬州:扬州大学,2002.
- [19] 余显权. 环境因素对稻米品质的影响及保优高产栽培技术[J]. 耕作与栽培,2003(4):45-48.
- [20] 李军,顾德法,李林峰. 环境和栽培因子对稻米品质影响的研究进展[J]. 上海农业学报,1997,13(1):94-97.
- [21] 吕艳东,郑桂萍,郭晓红,等. 土壤水势下限对寒地水稻品质的影响[J]. 中国水稻科学,2011,25(5):515-522.
- [22] 陈新红,徐国伟,孙华山,等. 结实期土壤水分与氮素营养对水稻产量与米质的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2003,24(3):37-41.
- [23] 解文孝,张文忠,史鸿儒,等. 不同时期土壤水分胁迫对水稻产量及食味品质影响的研究[J]. 辽宁农业科学,2007(2):30-33.