

钾肥对寒地香型粳稻光合特性及产量和品质的影响

马波

(黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘 要:以香稻绥粳 18 和中龙粳 3 号为材料,研究了不同钾肥施用量对寒地香型粳稻光合生产特性、产量及品质的影响。结果表明,钾肥对剑叶 SPAD 值作用不显著,但适宜的施钾量可以显著提高齐穗期 LAI 和剑叶净光合速率;适宜的钾肥施用量可以显著提高结实率、增加穗粒数和千粒重,从而显著提高产量;钾肥可以增加蛋白质含量,提高整精米率,降低垩白粒率和垩白度;还可以显著提高香稻香味,提升食味品质。通过试验同时获得了寒地香型粳稻的最适施钾量为 96.0 kg/hm²。

关键词:钾肥;香稻;净光合速率;产量;品质;寒地

中图分类号:S511.062 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)03-0040-04

香稻以其气味芳香而得名,其香味可存在于水稻植株除根部外的茎、叶、花和稻米中^[1]。香米不仅具有诱人的特殊芳香,而且富含人体多种必须的营养成分,因此价格普遍较高,在稻米贸易中占有重要的地位^[2]。近年来香稻在黑龙江省的种植面积大幅增加。钾素是水稻生长发育所必须的重要元素,围绕钾肥与水稻产量、品质、抗性等方面的关系,前人研究较多^[3-4],但对于钾肥与寒地香型粳稻产量及品质的关系研究鲜有报道。因此,如何通过合理施用钾肥来提高寒地香稻产量和品质,是一个值得深入研究的课题。鉴于此,本试验以推广面积较大的寒地香型粳稻品种绥粳 18 和中龙粳 3 号为材料,研究了不同钾肥施用量对其光合生产特性、产量及品质的影响,旨在为寒地香型粳稻优质高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以当前主栽的寒地香型粳稻品种绥粳 18 和中龙粳 3 号为试验材料。试验于 2016 年在黑龙江省农科院齐齐哈尔分院水稻试验田进行,供试土壤情况见表 1。

1.2 试验设计

试验设 K₀~K₄ 共 5 个钾肥处理,各处理钾肥施用时期及施用量见表 2,各处理的氮肥用量(纯 N 130 kg/hm²,其中底肥、返青分蘖肥及穗肥比为 7:3:3)及磷肥用量(P₂O₅ 80 kg/hm²,全部作底肥)相同。随机区组设计,小区试验,3 次重复。本田栽插行株距为 30.00 cm×13.33 cm,其他管理措施与当地水稻生产相同。

1.3 测定项目与方法

当水稻成熟后每个处理小区连续取 10 丛,调查产

量构成。每小区取 2 点,每点取 5 m² 实收,产量换算成 15%水分后记录数据。在齐穗期采用叶面积测定仪 YMJ-A 测定 LAI;采用光合测定仪 ECA-PB0402(杭州汇尔仪器设备有限公司)测定剑叶净光合速率,采用叶绿素计 SPAD-502Plus 测定叶绿素含量 SPAD 值,每处理测 20 张叶片,取其平均值。参照标准 NY 147-88《米质测定方法》进行稻米主要品质指标的测定。采用蒸煮法对稻米香味进行评分,评分标准:一级,70~100 分,特香,刚一入口咀嚼,即香味(气)浓郁,持续时间较长;二级,40~70 分,香,入口咀嚼后香味(气)明显,而且品尝后留有余香;三级,0~40 分,弱香,有一定的香味(气),但较浅,持续时间较短或没有余香。每个小区品尝 3 份,取平均值。所得数据采用 Excel 2003 处理及作图,并采用 DPS 8.01 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 钾肥对齐穗期叶面积指数(LAI)的影响

从图 1 可以看出,随着钾肥施用量的增加,2 个参试品种齐穗期 LAI 明显增加,均以 K₄ 处理最高,K₀ 处理最低。同时绥粳 18 的 K₄、K₃ 处理间差异不显著;中龙粳 3 号 K₄、K₃、K₂ 处理间差异不显著。由此可见,增加施钾量可以显著增加寒地香型粳稻齐穗期的 LAI,但当施钾量增加到一定数量后,LAI 增加趋缓。本试验中钾肥施用量超过 64.0 kg/hm² 后 LAI 增加趋缓,超过

收稿日期:2017-02-21

基金项目: 齐齐哈尔市攻关项目(NYGG-201514; NYGG-201403),黑龙江省农科院青年基金重点项目(ZD007)

表 1 试验地土壤理化指标

| 取样深度 (cm) | 碱解氮 (mg/kg) | 全氮 (g/kg) | 速效钾 (mg/kg) | 速效磷 (mg/kg) | pH 值 | 有机质 (g/kg) | 有效硅 (mg/kg) |
|--------------|----------------|--------------|----------------|----------------|------|---------------|----------------|
| 0~15 | 122.4 | 1.41 | 97.1 | 53.1 | 6.8 | 28.1 | 121.3 |

表 2 各处理不同时期氮磷钾肥施用量

| 处理 | (kg/hm ²) | |
|----------------|-----------------------|----|
| | 底肥 | 穗肥 |
| K ₀ | 0 | 0 |
| K ₁ | 16 | 16 |
| K ₂ | 32 | 32 |
| K ₃ | 48 | 48 |
| K ₄ | 64 | 64 |

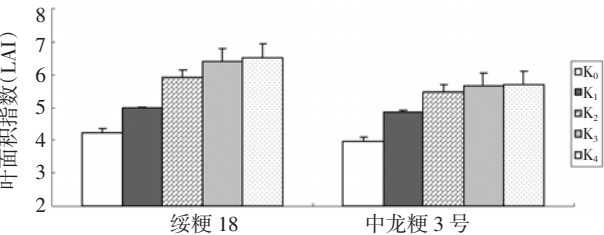


图 1 不同处理下寒地香型粳稻齐穗期 LAI

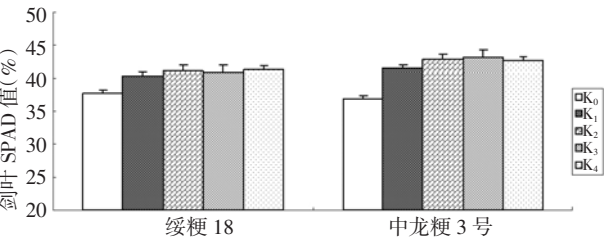


图 2 不同处理下寒地香型粳稻齐穗期剑叶 SPAD 值

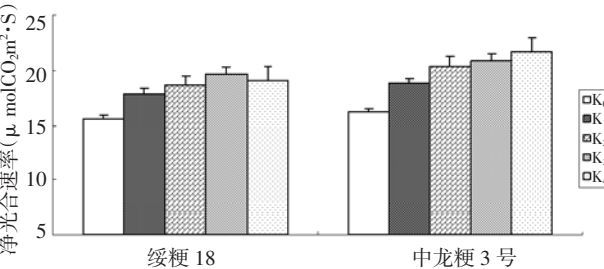


图 3 不同钾肥施用量下寒地香型粳稻齐穗期剑叶净光合速率

96.0 kg/hm² 后 LAI 无明显变化。

2.2 钾肥对齐穗期剑叶 SPAD 值及净光合速率的影响

由图 2 可知,2 个品种均以 K₀ 处理 SPAD 值最小,其他处理间差异不显著。可见,随着钾肥施用量的增加,齐穗期剑叶叶绿素含量有逐渐增加的趋势,但影响并不明显。

由图 3 可以看出,不同的施钾量下寒地香型粳稻齐穗期剑叶净光合速率存在显著差异,2 个品种均以

K₀ 处理净光合速率最小,同时随着施钾量的增加而逐渐上升,绥梗 18 以 K₃ 处理最大,中龙梗 3 号以 K₄ 处理最大。可见,增加钾肥施用量可以显著提升寒地香型粳稻齐穗期的剑叶净光合速率。

2.3 钾肥对产量及构成因素的影响

由表 3 可知,不同的施钾量对寒地香型粳稻产量影响显著,绥梗 18 和中龙梗 3 号均以 K₃ 处理产量最高,与 K₄ 处理相比差异不显著,但与其他处理相比差异显著;同时均以 K₀ 处理产量最低,K₀ 处理与其他处理相比差异显著。

表 3 可以看出,钾肥对每 m² 有效穗数影响不明显,对每穗粒数有一定的促进作用,绥梗 18 以 K₃ 处理穗粒数最多,中龙梗 3 号以 K₄ 处理穗粒数最多,同时都以 K₀ 处理穗粒数最少。随着施钾量的增加,2 个品种的结实率均有显著提高,绥梗 18 以 K₃ 处理结实率最高,中龙梗 3 号以 K₄ 处理最高,K₂、K₃、K₄ 处理之间差异不显著。随着施钾量的增加,2 个品种的千粒重也有增加的趋势,绥梗 18 施钾处理与不施钾处理千粒重差异显著,但中龙梗 3 号各处理间无显著差异。由此可见,合理的钾肥施用量可以显著提高结实率和穗粒数,同时还有增加千粒重的作用。

2.4 钾肥对品质的影响

由表 4 可知,随着施钾量的增加,稻米蛋白质含量显著增加,2 个品种均以 K₄ 处理最高,以 K₁ 处理最低;但直链淀粉含量变化规律不明显。整精米率随着钾肥施用量的增加而显著提高,2 个品种均以 K₀ 处理最低。外观品质中垩白粒率随施钾量的增加而显著下降,2 个品种均以 K₄ 处理最低,且各处理之间差异显著;随施钾量的增加绥梗 18 垩白度无明显变化,而中龙梗 3 号有下降的趋势,且以 K₃ 处理最低,与其他处理差异显著。可见,在一定范围内增加钾肥可以显著提高稻米碾米品质,改善外观品质。

由表 4 可以看出,随着施钾量的增加,2 个品种的香味明显增加,绥梗 18 以 K₄ 处理最高,中龙梗 3 号以 K₃ 处理最高,可见钾肥可以显著提高寒地香型粳稻的香味,但超过一定范围时,再增加施钾量香味增加趋缓甚至不增加。钾肥对胶稠度无显著影响。食味评分 2 个品种均以 K₃ 处理最高,以 K₀ 处理最低,可见适当增加钾肥有提升稻米口感的作用。

表 3 绥粳 18、中龙粳 3 号各处理产量及产量构成因素

| 品种 | 处理 | 有效穗数 (穗/m ²) | 每穗粒数 (粒) | 结实率 (%) | 千粒重 (g) | 实测产量 (kg/m ²) |
|---------|----------------|-----------------------------|-------------|------------|------------|------------------------------|
| 绥粳 18 | K ₀ | 481.6 b | 88.9 c | 86.6 b | 26.2 b | 7 764.2 c |
| | K ₁ | 501.3 a | 91.5 abc | 87.1 b | 26.9 ab | 8 595.3 b |
| | K ₂ | 498.8 a | 90.2 bc | 93.7 a | 27.3 a | 8 825.6 b |
| | K ₃ | 509.6 a | 94.6 a | 94.5 a | 27.4 a | 9 654.3 a |
| | K ₄ | 507.7 a | 93.7 ab | 94.1 a | 27.2 a | 9 605.5 a |
| 中龙粳 3 号 | K ₀ | 463.8 a | 97.8 c | 85.3 c | 25.1 a | 7 011.4 d |
| | K ₁ | 477.6 a | 102.6 b | 90.1 b | 25.1 a | 8 113.9 c |
| | K ₂ | 462.3 a | 101.9 b | 92.3 ab | 25.6 a | 8 687.2 b |
| | K ₃ | 480.2 a | 109.8 a | 93.2 a | 25.7 a | 9 434.3 a |
| | K ₄ | 469.7 a | 111.4 a | 94.0 a | 25.5 a | 9 201.2 a |

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

表 4 各处理稻米主要品质性状及香味

| 品种 | 处理 | 蛋白质含量 (%) | 直链淀粉含量 (%) | 整精米率 (%) | 垩白粒率 (%) | 垩白度 (%) | 胶稠度 (mm) | 香味评分 (分) | 食味评分 (分) |
|---------|----------------|--------------|---------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 绥粳 18 | K ₀ | 8.1 c | 14.7 a | 65.8 b | 2.76 a | 0.32 a | 73.3 a | 47.3 c | 80.1 c |
| | K ₁ | 8.6 b | 15.0 a | 68.9 ab | 2.31 b | 0.27 b | 71.7 a | 51.6 b | 82.7 bc |
| | K ₂ | 8.3 bc | 14.9 a | 68.8 ab | 2.21 b | 0.33 a | 70.5 a | 58.4 a | 85.6 ab |
| | K ₃ | 9.6 a | 14.6 a | 70.6 a | 1.66 c | 0.31 a | 72.6 a | 58.9 a | 88.9 a |
| | K ₄ | 9.7 a | 14.8 a | 70.4 a | 0.87 d | 0.32 a | 72.4 a | 60.1 a | 86.2 a |
| 中龙粳 3 号 | K ₀ | 7.6 c | 16.7 a | 63.8 c | 5.67 a | 1.22 a | 68.2 a | 37.6 d | 78.1 c |
| | K ₁ | 8.1 b | 15.9 b | 66.1 b | 3.96 b | 0.89 c | 67.4 a | 40.7 c | 82.3 b |
| | K ₂ | 8.0 b | 16.2 a | 68.7 a | 3.52 c | 1.02 b | 70.1 a | 44.5 b | 83.2 b |
| | K ₃ | 8.8 a | 15.1 c | 69.1 a | 2.86 d | 0.69 d | 69.7 a | 49.4 a | 87.5 a |
| | K ₄ | 9.1 a | 15.3 bc | 68.8 a | 1.82 e | 0.71 d | 69.2 a | 48.9 a | 85.4 ab |

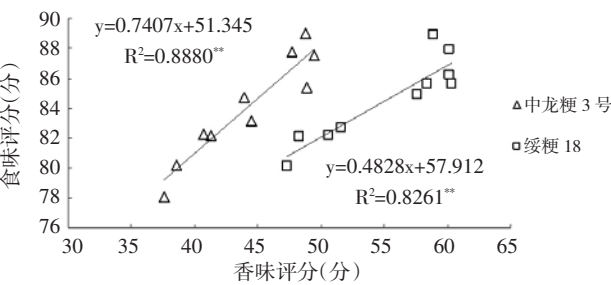


图 4 寒地香型粳稻香味评分与食味评分的关系

2.5 香味评分与食味评分的关系

由图 4 可以看出,2 个品种的香味评分与食味评分之间均呈极显著正相关的线性关系, 绥粳 18: $y=0.4828x+57.912$,中龙粳 3 号: $y=0.7407x+51.345$,2 个方程的决定系数为 $R^2=0.8261$ 、 $R^2=0.8880$, 表明方程有较高的决定程度。由此可见,增加香稻的香味可以提高稻米的口感,对比 2 个品种,香味对中龙粳 3 号食味的影响程度要大于绥粳 18。

3 结论与讨论

钾是水稻生长发育所必须的重要元素,然而在实

际生产上大多农民往往只重视氮肥的施入,而对钾肥施用不够重视,导致土壤中钾素亏缺,严重影响了水稻的产量和品质。有研究表明,钾肥能够促进水稻叶片生长,提高光合作用效率,显著增加产量^[5-7],这一观点在本研究中也得到了验证。本研究结果表明,增加施钾量可以显著提高寒地香型粳稻齐穗期的 LAI 和剑叶净光合速率;适宜的钾肥用量可以显著提高结实率、增加穗粒数,从而显著提高产量。

不同的钾肥施用量对寒地香型粳稻稻米品质影响显著,钾肥可以增加籽粒中蛋白质含量,改善稻米的营养品质,但对直链淀粉含量作用不显著,这与张国发等^[8]的研究不同,原因可能是所选用的参试品种类型不同。同时本研究还发现,在一定范围内增施钾肥可以显著提高整精米率,降低垩白粒率和垩白度,从而显著提高碾米品质和改善外观品质。适宜的施钾量可以显著提高寒地香型粳稻的香味,且香味评分与食味评分之间呈极显著正相关的线性关系。由此可见,钾肥正是通过提高寒地香型粳稻的香味来显著提升稻米的食味评分。

以本试验结果综合来看,绥粳 18 和中龙粳 3 号在

施钾量为 96.0 kg/hm² 时,光合性能明显提升,产量显著提高,同时稻米香味增加,品质明显改善,因此可以作为 2 个品种的最适施钾量。

参考文献

- [1] Cordeiro G M, Christopher M J, Henry R J, et al. Identification of microsatellite markers for fragrance in rice by analysis of the rice genome sequence[J]. *Mol Breed*, 2002, 9(4): 245-250.
- [2] 谢黎虹,段斌伍,孙成效. 泰国的香稻[J]. 中国稻米, 2003(4): 40-41.
- [3] 高洋,郑桂萍,钱永德,等. 镁钾不同配比施用对水稻光合特性及

产量的影响[J]. 中国稻米, 2010(2): 16-18.

- [4] 许凤英,张秀娟,王晓玲,等. 液体硅钾肥对水稻冠层结构、光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 67-72.
- [5] 张建才. 水稻钾氮关系研究概况[J]. 水稻文摘, 1988(6): 1-5.
- [6] 贾彦博. 水稻 *Oryza sativa* L 钾高效营养的生理机制研究 [D]. 杭州:浙江大学, 2008.
- [7] 彭海欢,翁晓燕,徐红霞,等. 缺钾胁迫对水稻光合特性及光合防御机制的影响[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(6): 621-625.
- [8] 张国发,崔玉波,尤娟,等. 钾肥用量对寒地水稻产量和品质的影响[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 413-416.

Effects of Potassium Fertilizer Application Level on Photosynthetic Characteristics, Yield and Quality of Aromatic *Japonica* Rice in the Cold Region

MA Bo

(Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006, China)

Abstract: The effects of different potassium fertilizer application level on photosynthetic characteristics, yield and quality of aromatic *japonica* rice in the cold region were studied in this test, Suigeng 18 and Zhonglonggeng 3 as materials. The results showed that potassium fertilizer could not significantly change SPAD value of the flag leaf, but appropriate amount of potassium fertilizer could improve LAI at full heading stage and net photosynthetic rate of the flag leaf significantly. Appropriate application amount of potassium fertilizer could not only significantly improve seed setting rate, but also could increase the grain number per spike and 1 000-grain weight, thus significantly increase the yield. Potassium fertilizer could not only increase the protein content and the head rice rate, but also could reduce the chalky grain rate and chalkiness degree. Potassium fertilizer could significantly increase aroma and taste quality of aromatic *japonica* rice. The optimal amount of potassium fertilizer was 96.0 kg/hm² in this experiment.

Key words: potassium fertilizer; aromatic *japonica* rice; net photosynthetic rate; yield; quality; the cold region

(上接第 39 页)

- [34] 高辉,马群,李国业,等. 氮肥水平对不同生育类型粳稻米蒸煮食味品质的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(21): 4 543-4 552.
- [35] 张鹏里,王长青,李新永,等. 稻米蒸煮食味品质的评价指标与影响因素[J]. 北方水稻, 2008(1): 13-14.
- [36] Blakeney A B, Welsh L A, Bannon D R. Rice quality analysis using a computer controlled RVA. // Martin D J, et al. Cereals International, Royal Austrilian Chemical Institute, Parkville, Victoria, 180-182.
- [37] 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.

- [38] 舒庆尧,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): 25-26.
- [39] 胡培松,翟虎渠,唐绍清,等. 利用 RVA 快速鉴定稻米蒸煮及食味品质的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(6): 519-524.
- [40] 李刚,邓其明,李双成,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状的相关性[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(1): 99-102.

Effects of Nitrogen Amount on Grain Yield and Quality of Rice on Saline-alkaline Land

YAN Kai¹, JIANG Yulan¹, XIAO Tianjing¹, DAI Qigen^{1,2*}

(¹ Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; ² Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze River Valley, Ministry of Agriculture, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; *Corresponding author: qgdai@yzu.edu.cn)

Abstract: A field experiment was conduct with Nanjing 9108 as material. The effect of nitrogen fertilizer application on rice yield and quality on saline-alkaline land were studied. The results showed that the yield improved with nitrogen fertilizer application increased within a given range, and it obtained the maximum yield under nitrogen fertilizer application of 20 kg/667 m²; the chalky rice rate, chalkiness degree and protein content of rice were increased with the increasing amount of nitrogen fertilizer, while amylose content of rice was decreased. In addition, the eating characteristic properties of rice also decreased.

Key words: rice; nitrogen fertilizer application; yield; quality; saline-alkaline land