

水稻秸秆全量还田与减量施肥对灌浆速率及产量的影响

徐伟豪, 白学峰, 王亮, 柳洪良, 朴雪梅, 朴成日, 杨林先, 韩云哲* (延边朝鲜族自治州农业科学院, 吉林龙井 133400)

摘要 研究水稻秸秆全量还田条件下不同减量施肥处理对灌浆速率及产量的影响, 为秸秆还田下水稻减量合理施肥提供科学依据。试验设 1 个常规栽培(CK), 4 个减肥处理, 分别为减 N、减 P、减 K、减 NPK, 水稻抽穗开始测定灌浆速率, 收获后进行考种。结果表明, 水稻秸秆还田条件下减 N、减 P、减 K、减 NPK 处理上、中、下部穗灌浆速率呈前期渐增长, 中期快速增长, 后期缓增长趋势; 最大灌浆速率为上部籽粒 \geq 中部籽粒 \geq 下部籽粒, 减 P \geq 减 N \geq 减 NPK \geq 减 K \geq 常规施肥; 减 P、减 K 与 CK 产量无显著差异, 每穴穗数和实粒数也无显著差异。

关键词 水稻; 秸秆全量还田; 减量施肥; 灌浆速率; 产量

中图分类号 S141.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)03-0168-02

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.03.045



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Total Straw Returning and Reduced Fertilization on Grain Filling Rate and Yield of Rice

XU Wei-hao, BAI Xue-feng, WANG Liang et al (Yanbian Korean Autonomous Prefecture Academy of Agricultural Sciences, Longjing, Jilin 133400)

Abstract In order to provide scientific basis for rational fertilization reduction of rice under straw returning, the effects of different fertilizer reduction treatments on grain filling rate and yield were studied. In the experiment, a conventional cultivation (CK) was set up, and four fertilizer reducing treatments were set up, namely, reducing N, reducing P, reducing K and reducing NPK. The filling rate of rice was measured at the beginning of heading, and the seeds were tested after harvest. The results showed that the grain filling rate of upper, middle and lower panicles increased gradually in the early stage, rapidly in the middle stage and slowly in the late stage under the treatments of reducing N, P, K and NPK; the maximum grain filling rate was upper grain \geq middle grain \geq lower grain, reducing P \geq reducing N \geq reducing NPK \geq reducing K \geq conventional fertilization; there was no significant difference in yield, panicle number per hole and filled grain number between reduced P, K and CK.

Key words Rice; Straw full amount returning to the field; Reduced fertilization; Filling rate; Yield

秸秆是一种重要的可再生有机资源, 含有氮、磷、钾、钙、镁和硫等多种水稻生长所需的营养元素。1 hm² 还田秸秆 7 500 kg, 相当于施用硫酸铵 175.50 kg、过磷酸钙 93.00 kg、硫酸钾 71.25 kg, 一年后土壤有机质含量相对提高 0.05%~0.23%, 所以水稻秸秆还田有利于土壤培肥, 连续几年还田后可以减量施肥, 对生态农业和循环农业的发展具有十分重要的意义^[1]。龙胜碧等^[2]在研究水稻秸秆还田化肥(三元素复合肥)减量中发现, 化肥减量 0~10% 处理水稻生长性状指标增加, 产量增加 72~696 kg/hm², 增幅为 2.2%~7.3%, 增产效果达显著水平。戚文辉等^[3]在水稻秸秆还田减量施钾试验中指出, 减钾 10% 以内, 增产效果明显; 减钾超过 20%, 减产效果明显; 水稻秸秆还田对水稻生长性状和产量构成因素有增加效果。曾研华等^[4]研究表明, 水稻秸秆还田条件下减施磷肥能提高作物产量, 同时还可以调节磷的积累和运转, 提高磷素的吸收利用效率。

灌浆期是水稻生长的一个重要时期, 主要是淀粉的合成和积累过程, 影响水稻的结实率、粒重、产量和穗粒数。灌浆期不仅受外界环境因素的影响, 还受栽培条件的影响。徐国伟等^[5]研究表明, 秸秆还田结合实地氮肥管理增大了籽粒最大灌浆速率与平均灌浆速率, 缩短了活跃灌浆期, 增加了粒重。董明辉等^[6]在秸秆还田对强弱势粒的粒重和灌浆特性

研究中表明, 不同部位籽粒灌浆速率强势粒均高于弱势粒, 达到最大灌浆速率的时间强势粒小于弱势粒, 但秸秆还田处理弱势粒灌浆速率幅度明显大于强势粒。但有关水稻秸秆全量还田与减量施肥对灌浆速率的影响尚未见报道。笔者以秸秆全量还田条件下减量施肥氮、磷、钾为处理, 研究不同处理间灌浆速率及产量, 为秸秆全量还田条件下合理施用肥料提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2020 年在吉林省珲春市哈达门乡新华村(130°46'E, 42°89'N)进行, 试验区无霜期 162 d, 5—9 月积温为 2 688.9 °C、日照时数为 956 h、降水量为 512.7 mm。试验地土壤类型为冲积土, 连续秸秆还田 2 年, 0~20 cm 耕层有机质含量 46.7 g/kg、碱解氮 172 mg/kg、有效磷 89 mg/kg、速效钾 238 mg/kg、pH 5.3。

1.2 试验设计 试验在秸秆全量还田条件下进行, 共设置 5 个大区处理, 见表 1。氮肥按基肥 40%、分蘖肥 40%、穗肥 20%, 磷肥一次性基施, 钾肥按基肥 60%、穗肥 40% 施用。供试氮肥为尿素(N 46%), 磷肥为磷酸二铵(P₂O₅ 46%, N 18%), 钾肥为氯化钾(K₂O 60%)。供试水稻品种为吉宏 6, 2014 年通过吉林省品种审定委员会审定的中晚熟偏早品种, 生育期 138 d, 需 \geq 10 °C 积温 2 800 °C 左右, 区试产量 8 333.4 kg/hm²。4 月 10 日播种, 5 月 25 日机械插秧, 5~7 棵/穴, 大田插秧密度为 30 cm \times 15 cm, 9 月 30 日取样考种。

秸秆用量: 秸秆用量 7 500 kg/hm², 折合纯 N 36 kg/hm², P₂O₅ 13 kg/hm², K₂O 43 kg/hm²。秸秆还田前留茬高度 15 cm、切断长度小于 15 cm, 翻地 20~25 cm, 泡田 5 d, 整平。

基金项目 延边州科技发展计划项目“水稻秸秆机械化全量还田配套栽培技术推广”(2018NS13); 水稻产业重大技术协同推广试点项目。

作者简介 徐伟豪(1988—), 男, 吉林龙井人, 助理研究员, 硕士, 从事水稻育种与栽培研究。* 通信作者, 副研究员, 博士, 从事水稻栽培与育种研究。

收稿日期 2021-05-12

表 1 减肥试验处理

Table 1 Reducing fertilizer test treatment kg/hm²

处理 Treatment	纯 N Pure N	P ₂ O ₅	K ₂ O
常规施肥 (CK) Conventional fertilization (CK)	150	46	50
①	135	46	50
②	150	23	50
③	150	46	25
④	135	23	25

1.3 灌浆速率测定 于齐穗期选择基本一致的主茎穗 400 个挂签。开花至成熟期每隔 5 d 取标记的主茎穗 40 个, 105 °C 杀青 30 min 后, 70 °C 烘干至恒质量。取稻穗上中下籽粒, 称千粒重, 计算灌浆速率。

$$\text{灌浆速率} = (T_n - T_0) / (n - 0)$$

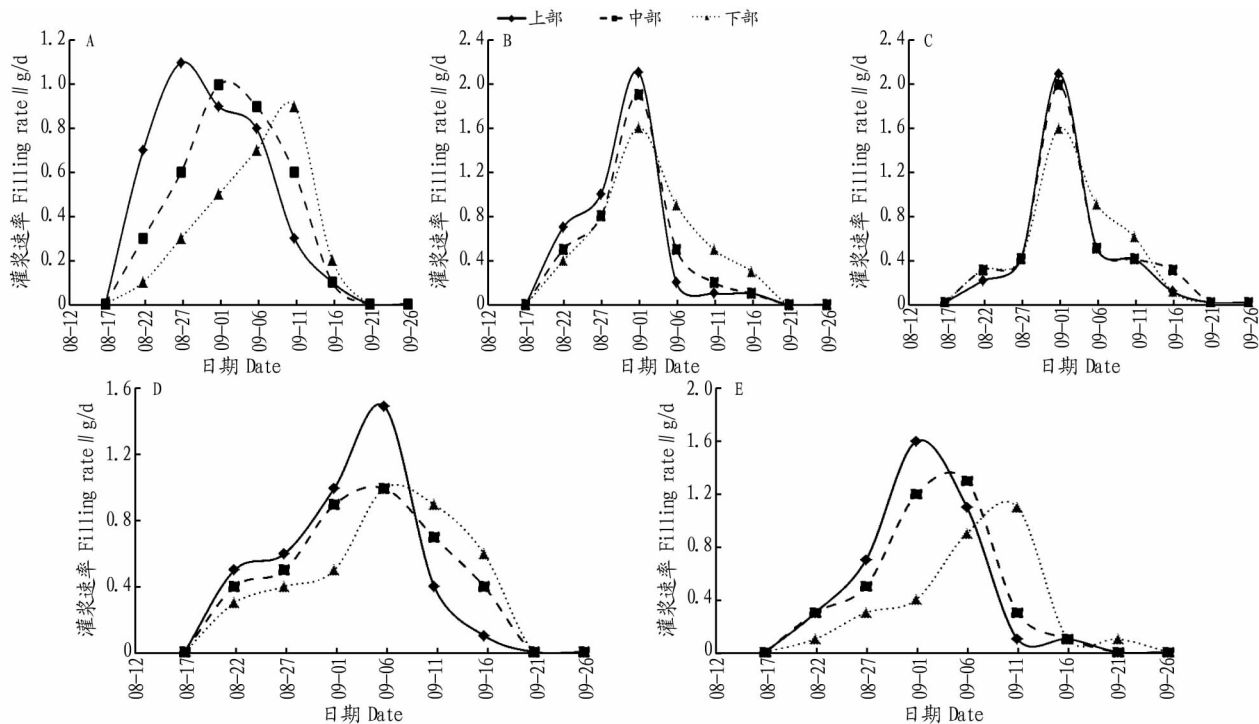
式中, 0 代表齐穗日期; n 代表齐穗后日期; T 代表千粒重 (g)。

1.4 测产与考种 采用对角线取样法取 5 个点进行收获、

测产, 同时选取 10 穴考种分析。

2 结果与分析

2.1 不同减肥处理对灌浆速率的影响 从图 1A 可以看出, 常规施肥 (CK) 条件下灌浆速率是上部籽粒灌浆起步快, 出穗后 15 d 达到高峰, 高峰值后缓慢下降, 中部籽粒灌浆起步比上部慢, 出穗后 21 d 达到高峰, 高峰值缓慢下降, 下部籽粒灌浆起步缓慢, 出穗后 30 d 达到高峰, 高峰后急速下降, 上、中、下部籽粒出穗 40 d 灌浆速率均达到最低。图 1B 和图 1C 表明, 上、中、下部籽粒灌浆起步慢, 出穗 21 d 都达到高峰, 高峰值后急速下降, 出穗 24 d 后平稳下降, 出穗 40 d 灌浆速率均达到最低。图 1D 是减 K 施肥处理, 上、中、下部籽粒灌浆起步缓慢, 出穗 25 d 达到高峰, 高峰值后上部籽粒灌浆速率急速下降, 中、下部籽粒缓慢下降, 出穗 40 d 灌浆速率均达到最低。图 1E 是减 NPK 施肥处理, 上、中、下部籽粒灌浆起步缓慢, 出穗 21、25、30 d 分别达到高峰, 高峰值后均急速下降, 出穗 40 d 灌浆速率均达到最低。



注: A 为处理 CK, B 为处理①, C 为处理②, D 为处理③, E 为处理④

Note: A was treatment CK, B was treatment ①, C was treatment ②, D was treatment ③, E was treatment ④

图 1 不同减肥处理对水稻籽粒灌浆速率的影响

Fig. 1 Effects of different fertilizer reduction treatments on rice grain filling rate

2.2 不同减肥处理对水稻产量的影响 从表 2 可以看出, 水稻秸秆全量还田条件下 CK 和处理②、③产量之间无差异显著, 与处理①和处理④差异显著。

从产量构成因素分析, 5 个处理千粒重无显著差异; 实粒数 CK 和处理①~③之间无显著差异; 穗数 CK 和处理①、③之间无显著差异, 处理②和处理④无显著差异。

3 讨论与结论

水稻籽粒增长与灌浆速率有密切关系。水稻籽粒的增长表现为非线性过程, 可分为渐增期、快增期和缓增期, 研究

发现秸秆还田条件下肥料处理对水稻籽粒灌浆速率和灌浆期有明显的影响^[6-10]。该研究结果表明, 减 N、减 P、减 K、减 NPK 处理上、中、下部穗灌浆速率呈前期渐增长, 中期快速增长, 后期缓增长趋势。但常规施肥处理上、中部籽粒前期快速增长, 中期稳定增长, 后期急速下降, 下部籽粒前期渐增长, 中后期快增长后急速下降, 与减肥处理表现不同的灌浆速率和灌浆期。

水稻籽粒充实度与其穗上着生的部位有关。一般而言 (下转第 200 页)

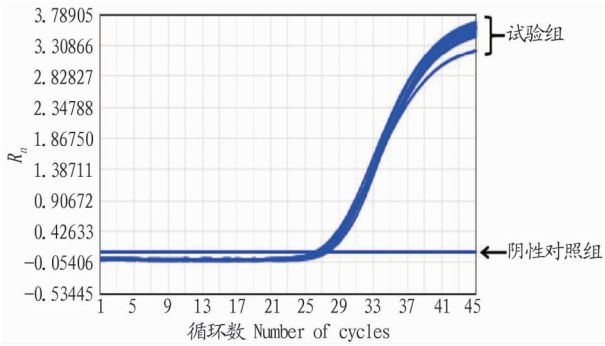


图3 精密度分析定量扩增曲线

Fig. 3 Quantitative amplification curve of precision analysis

进一步分析检测方法的灵敏度,结果显示该方法对牛源性DNA模板的灵敏度很高,最低检测浓度可达到 $24.40 \text{ pg}/\mu\text{L}$,显著低于文献报道的荧光PCR法($0.2 \text{ ng}/\mu\text{L}$)^[14]和多重位点特异性PCR方法($100 \text{ pg}/\mu\text{L}$)^[7]。但海小等^[15]报道的基于Taqman探针的定量PCR方法对水牛源性成分的最低检测限度可达 $10 \text{ fg}/\mu\text{L}$,远低于该研究的检测限度,说明该研究方法在灵敏度方面还需进一步优化提升。

为分析该研究检测方法的重复性和精密度,分析了10个平行试验的重复性,结果发现精密度良好,平行间Ct值标准差仅为0.41,精密度(CV)为1.6%,也说明该检测方法的稳定性良好。

综合分析,该研究的检测方法具有特异性高、灵敏度高、精密度高等优势,适用于市场上肉制品中牛源性成分的检

测,并且该检测操作简单快捷,可进行批量检测,符合当今市场的监测需求,可作为常规检测方法来使用。

参考文献

- [1] 齐皓天,韩啸,龙文军. 如何满足中国日益增长的牛肉需求:扩大生产还是增加进口[J]. 农业经济问题,2020,41(11):87-96.
- [2] 庞博文,王勤志,王俊涛,等. 基于DNA检测的肉制品鉴别技术研究进展[J]. 食品工业科技,2020,41(8):333-340,346.
- [3] 胡馨予,黄朱梁,汤海凤,等. 基于PCR技术的肉类成分溯源鉴定方法研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2020,11(11):3385-3390.
- [4] 杜鹏.“马肉风波”与欧盟肉制品安全监管制度[J]. 世界农业,2015(4):82-86,168.
- [5] 张颖颖,赵文涛,李慧晨,等. 液相色谱串联质谱对掺假牛肉的鉴别及定量研究[J]. 现代食品科技,2017,33(2):230-237.
- [6] 杨华,汪小福,肖英平,等. 牛肉及其制品中掺入鸡肉、猪肉和猪肉的多重数字PCR快速检测方法研究[J]. 浙江农业学报,2017,29(6):994-1000.
- [7] 李盈诺,王艳双,苑广信,等. 多重位点特异性PCR快速检测牛肉中常见掺假动物源性成分[J]. 食品工业科技,2019,40(24):82-87.
- [8] 张晶鑫,高玉时,樊艳凤,等. 利用PCR技术鉴别畜禽肉中鸭源性成分研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(34):202-203,322.
- [9] 潘长宇,安得霞,王戊腾,等. 基于实时荧光PCR定量检测肉制品猪源性成分方法的建立[J]. 基因组学与应用生物学,2017,36(11):4585-4591.
- [10] 何艺梅,刘辉,郑超红,等. LAMP扩增技术在真假肉鉴别中的应用[J]. 中国卫生检验杂志,2018,28(21):2649-2651,2654.
- [11] 王成程. 牛肉源性成分qPCR与ddPCR定量检测技术研究[D]. 雅安:四川农业大学,2019.
- [12] 范梦晨,韩爱云. 肉类掺假检测技术的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2021,12(1):236-241.
- [13] 贾南南,李建平,范美霞. 利用PCR法检测熟牛肉的肉源性[J]. 食品安全导刊,2020(13):55-57.
- [14] 杨军辉. 用于牛肉掺杂肉成分检测的荧光PCR方法研究[J]. 中国食物与营养,2020,26(10):10-14.
- [15] 海小,刘国强,罗建兴,等. TaqMan实时荧光PCR检测水牛源性成分[J]. 食品工业,2019,40(11):331-337.

(上接第169页)

穗中上部早开花的强势粒,灌浆快、充实度好、粒重高;着生在穗下部迟开花的弱势粒,灌浆慢、充实度差、粒重低,其强、弱势籽粒灌浆速率的差异在不同栽培条件下表现尤其突出^[11]。该研究证明秸秆还田条件下减肥处理最大灌浆速率和籽粒着生的部位和栽培条件有关,即上部籽粒 \geq 中部籽粒 \geq 下部籽粒,减P \geq 减N \geq 减NPK \geq 减K \geq 常规施肥。

表2 不同减肥处理对水稻产量的影响

Table 2 Effect of different fertilizer reduction treatments on rice yield

处理 Treatment	穗数 Number of ears 个/穴	实粒数 Number of real grains 粒/穗	千粒重 Thousand grain weight g	实收产量 Actual yield kg/hm ²
常规施肥(CK) Conventional fertilization(CK)	22.9 a	93.0 a	20.0 ab	7 588.7 a
①	23.0 a	84.8 abc	20.5 a	7 386.5 c
②	20.1 c	88.1 ab	20.0 ab	7 493.3 ab
③	21.2 ab	84.2 abc	20.5 a	7 557.7 a
④	20.3 c	78.7 d	20.5 a	7 113.2 d

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant difference between different treatments at 0.05 level

水稻秸秆还田条件下优化施肥一定程度的减N、减P、减K和减NPK不会造成水稻显著减产,其中有效穗数和穗粒数对最终产量起决定性作用^[12]。该研究证明秸秆还田条件下减P、减K与CK产量无显著差异,每穴穗数和实粒数也无

显著差异。

综上所述,水稻秸秆全量还田条件下可以适当减P或K,但减N或减NPK对产量有一定的影响。

参考文献

- [1] 解文孝,李建国,刘军,等. 不同土壤背景下秸秆全量还田对水稻产量及稻米品质的影响[J]. 中国稻米,2021,27(2):73-76,88.
- [2] 龙胜碧,吴平成,黄万花,等. 水稻秸秆还田化肥减量试验研究[J]. 农业科技通讯,2018(4):127-129,195.
- [3] 戚文辉,黄桂花,农秋连. 水稻秸秆还田减量施钾试验初报[J]. 农业科技通讯,2020(2):82-84.
- [4] 曾研华,范呈根,吴建富,等. 等养分条件下稻草还田替代双季早稻氮钾肥比例的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(3):658-668.
- [5] 徐国伟,谈桂露,王志琴,等. 秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(8):2736-2746.
- [6] 董明辉,陈培峰,顾俊荣,等. 麦秸还田和氮肥运筹对超级杂交稻茎鞘物质运转与籽粒灌浆特性的影响[J]. 作物学报,2013,39(4):673-681.
- [7] MOHAPATRA P K, PATEL R, SAHU S K. Time of flowering affects grain quality and spikelet partitioning within the rice panicle[J]. Aust J Plant Physiol, 1993, 20(2): 231-241.
- [8] YANG J C, PENG S B, VISPERAS R M, et al. Grain filling pattern and cytokinin content in the grains and roots of rice plants[J]. Plant Growth Regul, 2000, 30(3): 261-270.
- [9] 朱庆森,曹显祖,骆亦其. 水稻籽粒灌浆的生长分析[J]. 作物学报, 1988, 14(3): 182-193.
- [10] 李旭毅,池忠志,姜心禄,等. 成都平原两熟区籼粳品种籽粒灌浆特性[J]. 中国农业科学,2012,45(16):3256-3264.
- [11] 魏颖娟,赵杨,邹应斌. 不同穗型超级稻品种籽粒灌浆特性[J]. 作物学报,2016,42(10):1516-1529.
- [12] 丁文金,马友华,胡宏祥,等. 秸秆还田与减量施肥对双季稻产量及土壤酶活性的影响[J]. 农业环境与发展,2013,30(4):72-77.