

超级粳稻籽粒灌浆速率及品质的氮素调控研究

李习军, 殷春渊, 王书玉*, 刘贺梅, 薛应征, 王和乐, 胡秀明, 孙建权 (新乡市农业科学院, 河南新乡 453002)

摘要 [目的]明确氮肥对超级粳稻籽粒灌浆速率和稻米品质的影响效应,为氮肥的合理施用及改善稻米品质提供理论依据。[方法]2012年,在新乡市农业科学院试验农场,以超级粳稻新稻18号为供试材料,于0、240.0、262.5、285.0、307.5和330.0 kg/hm²纯氮水平下,研究不同氮肥处理对水稻强、弱势籽粒灌浆速率和稻米品质的影响。[结果]灌浆中前期籽粒灌浆速率低氮肥处理较高氮肥处理高,灌浆高峰后则表现为高氮肥处理高于低氮肥处理;最大灌浆速率和平均灌浆速率强势粒高于弱势粒,平均比弱势粒高43.42%和30.61%。活跃灌浆期籽粒增重,强势粒明显高于弱势粒,不同处理间差异较小。糙米率、精米率和整精米率随氮肥施用量的增加处理间差异较小,但除个别处理差异达显著水平外均不显著,处理间变异系数分别为0.46%、1.13%和1.47%;垩白粒率在无氮肥和低氮肥处理下较高,在中肥和高肥处理下较低,处理间差异较大,其变异系数为45.04%;垩白度不同氮肥处理间变异系数为27.93%。[结论]氮肥对稻米加工品质影响较小,对外观品质影响较大,适当减少氮肥施用量,不仅可以提高灌浆中前期籽粒灌浆速率,同时有利于提高稻米品质,尤其是外观品质垩白粒率的改善。

关键词 超级粳稻;氮;籽粒灌浆;强势粒;弱势粒;稻米品质

中图分类号 S511.2² **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)14-06164-03

Regulation of Nitrogen on the Grain Filling Characteristics and Quality of Super Japonica-rice

LI Xi-jun et al (Xinxiang Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang, Henan 453002)

Abstract [Objective] The aim was to confirm on the effects of nitrogen fertilizer on the grain filling rate and quality of super Japonica-rice, and provide a theoretical basis for applying nitrogen fertilizer reasonably and improving quality of rice. [Method] In order to explicit the effects of nitrogen level on the grain filling rate and quality of super Japonica-rice of xindao 18, a field experiment with 0, 240.0, 262.5, 285.0, 307.5 and 330.0 kg/hm² nitrogen fertilizer application amount was carried out in 2012 on the farm of Xinxiang Academy of Agricultural Sciences Henan Province. [Result] The results showed that the grain filling rate of low nitrogen level was higher than that of high nitrogen level at the prior grain filling stage, and which of the later of fastigium grain filling stage was opposite. The max and mean grain filling rate of superior grain was 43.42% and 30.61% higher respectively than that of inferior grain. The grain weight in active grain filling stage of superior grain was higher than that of inferior grain, and the difference of treatments was small. Brown rice percentage, milled rice percentage and head rice percentage of different nitrogen levels was no difference except for one or two treatments existing high significance, and which of coefficient of variation was 0.46%, 1.13% and 1.47%, respectively. Chalky percentage was relatively high at no and low nitrogen levels, and was low at middle and high nitrogen levels. The differences of treatments was big and which of coefficient of variation was 45.04%. Chalkiness of levels coefficient of variation was 27.93%. [Conclusion] It was illustrated that the effects of nitrogen fertilizer level on machining quality was relatively small, and was big on the appearance quality. Therefore, the prior-middle grain filling rate and rice quality could increase and improve by reducing nitrogen fertilizer using application amount properly, especially, chalky percentage was able to be greatly reformed.

Key words Super Japonica-rice; Nitrogen; Grain filling; Superior grain; Inferior grain; Rice quality

籽粒灌浆过程即是产量形成过程,也是品质形成过程,因而一直是广大研究者重点关注的领域之一。多数研究认为,水稻籽粒的灌浆特性主要受遗传因素控制,品种之间以及粒位之间差异较大。为了揭示水稻籽粒灌浆特性,前人对不同水稻品种的灌浆特点^[1-3]、灌浆生理^[4-6]及灌浆遗传^[7-10]都有较多研究报道。但至今关于水稻强、弱势粒灌浆差异机理仍存在不同的认识,在许多方面还比较模糊。水稻籽粒灌浆除了受自身遗传条件影响外,在一定程度上也受环境条件的影响,基因与环境之间还存在一定的互作,其中氮肥就是调控籽粒灌浆的外在环境因子之一。

籽粒灌浆可分为同步灌浆和异步灌浆,多表现在强、弱势粒的灌浆特性上。同步灌浆型主要是多穗型品种,异步灌浆型主要是大穗型品种,表现为“阶梯式灌浆”或“两段灌浆”现象等^[4,11]。一般超级杂交稻、籼稻大都属于异步灌浆,而关于超级常规粳稻强、弱势粒灌浆特性研究报道较少。氮素是影响水稻产量最关键的因子,同时影响稻米品质,不合

理施用氮肥一直是限制水稻高产和优质的主要原因之一。过量氮肥投入不仅增加农民负担,而且会带来由于氮损失而引起的环境污染问题。关于氮素对水稻产量和品质的影响已有较多报道^[12-15],但关于氮素对超级稻强、弱势粒灌浆特性的影响及籽粒灌浆与稻米品质的关系鲜见报道。为此,笔者以河南省第1个超级粳稻品种新稻18号为研究对象,分别对不同氮素水平下不同发育时期强、弱势籽粒灌浆特性及成熟期稻米品质进行研究,明确氮肥处理对超级粳稻籽粒灌浆速率和稻米品质的影响效应,旨在为氮肥的合理施用及改善稻米品质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种 以黄淮稻区当家品种新稻18号(常规粳稻)为供试材料。

1.2 试验设计 试验于2012年在新乡市农业科学院试验农场进行,土质为中壤土,地力中等、平衡,前茬为小麦。土壤pH为7.89,含有有机质50.4 g/kg,水解氮25.32 mg/kg,速效磷150.3 mg/kg,速效钾173.63 mg/kg。

采用完全随机试验设计,设0、240.0、262.5、285.0、307.5和330.0 kg/hm²纯氮6个施氮水平,分别用N0、N1、N2、N3、N4和N5表示。小区面积12 m²,3次重复,小区间作埂隔离,并用塑料薄膜覆盖埂体,保证各小区单独排灌。试验于5月

基金项目 河南省现代农业产业技术体系资助项目(S2012-04-G01);河南省省院科技合作专项资助项目(122106000010)。

作者简介 李习军(1976-),男,河南延津人,助理研究员,硕士,从事水稻栽培生理研究,E-mail:Lixijun2626@126.com。*通讯作者,研究员,从事水稻育种和栽培研究。

收稿日期 2013-04-17

13 日播种,6 月 13 日移栽,栽插密度为 22.2 万穴/hm² (30 cm × 15 cm),每穴插 2~3 苗。施有机肥 9 375 kg/hm² (腐熟的干鸡粪),各时期氮肥施用的百分比为基肥: 蘖肥: 穗肥 = 25%:25%:50%。基肥整地时施入,分蘖肥于秧苗移入大田 7 d 后施入,穗肥分别于倒 4、倒 2 叶龄期等量施入,磷、钾肥同常规栽培,施 P₂O₅ 150 kg/hm²、K₂O 150 kg/hm²,全部用作基肥。其他管理措施统一按常规栽培要求执行。

1.3 取样与籽粒灌浆测定方法 抽穗期参照朱庆森等^[16]的方法选择同一天抽穗开花、生长整齐的植株进行挂牌标记,每小区挂 200 个纸牌。自开花每隔 6 d 取 1 次样,每次 20 个,直到成熟。每个稻穗均分为强、弱勢粒两部分,强势粒主要包括上 3 枝 1 次枝梗顶粒及其倒 1、2 粒和 3 次枝梗顶粒,弱勢粒主要包括下 3 枝 1 次枝梗顶 3、4 粒和 2 次枝梗基部倒 2、3 粒,不包含顶粒,每处理 10 个重复,于 105 °C 烘箱杀青 30 min,然后调至 80 °C 进行烘干称干重。

用 Richards^[17] 生长方程 $W = A / (1 + Be^{-Kt})^{1/N}$ 并按朱庆森等^[16] 方法对籽粒灌浆过程进行拟合,计算灌浆速率。式中, W 为粒重 (mg), A 为最终粒重 (mg), t 为花后天数; B 、 K 、 N 为回归方程所确定的参数,活跃灌浆期定义为 W 达到最终粒重 A 的 5% (t_1) 和 95% (t_2) 所经历的时间。这段时间内籽粒 (糙米) 增加的重量除以灌浆时间 ($t_2 - t_1$) 为平均灌浆速率。

1.4 实际产量及稻米品质的测定 成熟期每小区收割 50 穴 (去除边行和边株),脱粒,晒干,测定实际产量;成熟期每处理通过普查测定 30 穴平均茎蘖数,用平均茎蘖数进行取样,每处理取 10 株,自然风干用于测定每穗粒数、结实率和千粒重。稻谷储存 30 d 后测定糙米率、精米率、整精米率、垩白率、垩白度,测定方法均按国家标准实施。

1.5 数据分析 数据分析在 Excel 2003 统计软件上进行。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥处理对水稻产量及其构成因素的影响 从表 1 可以看出,随着施氮量的增加,水稻产量呈先增加后降低的趋势,在 N2 处理下水稻产量最大,即 262.5 kg/hm² 纯氮水平

下水稻产量最高。从其产量构成因素来看,穗数基本表现为随施氮量的增加而增加,高肥处理 (N5) 有所下降,无氮肥处理穗数最小, N4 处理最大,与其他处理间差异达显著或极显著水平;总粒数 N2 处理最大,比其他 5 个处理依次高 3.03%、5.13%、5.16%、12.61% 和 19.46% (按施肥量从小到大顺序),差异达显著或极显著水平;结实率 N1 处理最大,与 N₄ 处理差异达显著水平;千粒重无氮处理最高,与其他处理差异达显著或极显著水平。这说明随着施氮量的增加,穗数、穗粒数基本表现为先增加后降低的趋势,结实率和千粒重在无氮肥处理下最高,而在施肥情况下均有所降低,但产量表现为先增加后降低的趋势,说明超级稻产量的提高关键在于穗数和穗粒数的协同增加,其次是结实率和千粒重。

表 1 不同氮肥处理水稻产量及其构成因素

处理	穗数	每穗	结实率	千粒重	实际产量
	万穗/hm ²	粒数	%	g	
N0	199.80 eD	171.60 abAB	98.71 aA	26.2 aA	8.84 dC
N1	268.62 dC	168.20 bAB	96.62 abAB	23.9 bB	10.02 bAB
N2	277.50 cdBC	176.80 aA	94.01 bcAB	24.2 bB	10.52 aA
N3	284.16 cB	168.12 bB	93.99 bcAB	22.6 cC	10.11 bA
N4	321.90 aA	157.00 cC	92.33 cB	21.6 dC	10.05 bA
N5	310.80 bA	148.00 dD	94.89 bcAB	22.5 cC	9.52 cB

注: 同列数据后无相同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 无相同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)。

2.2 不同氮肥处理对水稻籽粒灌浆速率的影响 图 1 表明, N0 处理达到最大灌浆速率的时间明显早于其他施氮肥处理, 其达到最大灌浆速率前速率值也明显高于其他处理; 与强势粒相比, 弱勢粒到达最大灌浆速率的时间较迟, 且平均灌浆速率、最大灌浆速率和活跃灌浆期的粒重较小 (表 2), 但灌浆后期 (花后 24 d 后) 的灌浆速率较高, 且施氮肥处理反而高于 N0 处理, 强、弱勢粒均表现为随施氮量的增加而增加。这说明灌浆高峰前籽粒灌浆速率随施氮量增加而降低, 灌浆高峰后则相反, 且弱勢粒高于强势粒, 后期氮肥越高表现为弱勢粒灌浆强度越大, 籽粒晚熟, 也说明了超级粳稻强、弱勢粒灌浆的异质性。

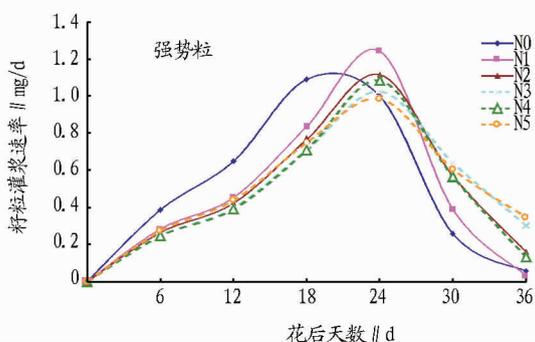


图 1 不同氮肥处理水稻强、弱勢粒籽粒灌浆曲线动态变化

2.3 不同氮肥处理对稻米品质的影响 表 3 表明, 稻米的加工品质方面, 不同氮肥处理下糙米率、精米率和整精米率差异较小, 其中糙米粒和整精米率除个别处理间差异达显著

水平外均不显著, 精米率各处理间差异均不显著。稻米的外观品质方面, 不同处理间垩白粒率随施氮量的增加而降低, 至高氮水平又有所增加, 即 N0 处理最大, N1 处理次之, N2

处理最小,其他处理间的变化幅度为 11%~14%,差异未达显著水平,但与 N2 处理差异均达显著水平;垩白度是稻米外观品质的综合表现,在 N1、N4 处理下较大,其他处理相对较小,差异不显著。从各性状处理间的变异系数可以看出,加工品质的变异系数远低于外观品质,说明氮肥对稻米加工品质影响相对较小,对外观品质影响相对较大;从变异系数的大小可以看出,对加工品质的影响主要表现在稻米的整精米率上,其变异系数为 1.47%,对外观品质的影响则主要表现在垩白粒率上,其处理间的变异系数高达 45.04%。因此,评价稻米优劣指标,一是整精米率,二是垩白粒率。从氮肥对稻米品质的总体影响效应来看,在氮肥用量适宜的情况下,氮肥可以用来调控或改善稻米品质,不施氮肥或氮肥用量过高,垩白米率和垩白度均较大,而对稻米的加工品质影响较小。可见,氮肥用量是影响稻米外观品质的主导因素,因此合理把握氮肥施用量对改善稻米品质至关重要。

表 2 强、弱勢粒最大灌浆速率、平均灌浆速率和粒重 mg/d

处理	最大速率		平均速率		活跃灌浆期籽粒增重	
	强势粒	弱势粒	强势粒	弱势粒	强势粒	弱势粒
N0	1.089	0.986	0.793	0.699	23.788	20.972
N1	1.241	0.805	0.764	0.551	22.906	19.840
N2	1.116	0.707	0.761	0.474	22.830	17.075
N3	1.025	0.646	0.674	0.503	24.267	18.119
N4	1.084	0.757	0.728	0.588	21.841	17.625
N5	0.985	0.659	0.686	0.556	24.701	20.005

表 3 不同氮肥处理稻米品质 %

处理	糙米率	精米率	整精米率	垩白粒率	垩白度
N0	85.31 a	76.29 a	73.61 a	27.50 a	2.77 b
N1	84.77 ab	74.79 a	71.43 ab	23.00 a	3.81 a
N2	84.17 b	74.69 a	70.90 b	9.00 c	2.47 b
N3	84.84 ab	75.56 a	72.17 ab	11.00 b	2.08 b
N4	85.14 a	76.87 a	73.39 a	13.00 b	3.70 a
N5	84.93 ab	76.01 a	72.03 ab	14.00 b	2.01 b
变异系数//%	0.46	1.13	1.47	45.04	27.93

注:同列数据后无相同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

3 结论与讨论

3.1 氮肥水平对水稻籽粒灌浆的影响 水稻经济合理施用氮肥是农业生产中最快和最有效地提高产量、增加经济效益的一项重要措施。氮素营养状况与水稻产量形成关系密切^[18-19],确定合理的施氮量是实现水稻多目标协调发展的关键环节。水稻产量形成过程实质就是籽粒不断灌浆充实的过程,有研究表明,随着灌浆进程推进,以花后 25 d 为界,灌浆速率是前期快于后期^[20],同一品种在不同氮肥水平影响下,不论是强势粒还是弱势粒的灌浆特性都发生了变化^[21]。该研究结果表明,氮素水平对水稻籽粒增重过程前期影响较小,后期影响较大,不施氮处理明显高于施氮处理;从籽粒灌浆动态曲线可知,灌浆曲线基本上呈开口向下抛物线趋势,不同氮肥处理表现低氮肥处理灌浆曲线较高氮肥处理平缓,于花后 24 d 灌浆速率达最大值,这与前人研究结果稍有差异,且左偏曲线灌浆速率值基本表现为随施氮量的增

加而降低,右偏曲线则与之相反,这说明施氮量越高,后期籽粒灌浆强度越大致使后期籽粒贪青晚熟;从不同氮肥处理到达最大灌浆速率的时间来看,不施氮肥处理早于施氮肥处理,强势粒早于弱势粒;最大灌浆速率、平均灌浆速率,低氮肥处理高于高氮肥处理;活跃灌浆期籽粒增重亦表现出相同的趋势。因此,在栽培管理中,根据品种特性,适当减少氮肥施用量,有利于提高籽粒最大灌浆速率、平均灌浆速率和活跃灌浆期籽粒增重。

3.2 氮肥水平对稻米品质的影响 关于氮肥对稻米品质的影响前人做了较多研究,由于研究材料和施肥技术的不同,研究结论不尽一致。张洪程等以中籼稻为材料研究表明,适当施用氮肥有利于提高碾米品质,但施氮过量则碾米品质下降^[12-13];周培南等研究表明,施氮量对稻米加工品质影响较小,但稻米加工品质有随氮肥施用量增加而降低的趋势^[15];而占新春等研究表明,随着施氮量的增加,出糙率、精米率和整精米率均有增加的趋势^[22-23]。该研究结果表明,随着施氮量增加,稻米加工品质变化规律不明显,也即受氮肥影响较小,差异不明显,基本表现为在低氮肥处理下,稻米的出糙率、精米率和整精米率相对较高,这与前人研究结果相一致^[12-13,15]。

关于氮肥水平对稻米外观品质的影响,前人也有较多报道,江立庚等研究认为,垩白粒率、垩白度随着施氮量的增加而提高^[24-25];熊飞等研究表明,随着氮肥施用量的增加,稻米垩白率逐渐降低^[26]。该研究结果表明,外观品质垩白粒率和垩白度,在不施氮肥处理下较高,随着施氮量增加有所下降,之后又有所增加,说明适量的氮肥用量可以改善稻米的外观品质,无氮肥、低氮肥或氮肥过高,品质均变劣。

参考文献

- [1] 程大旺,赵国平,张国平,等. 水稻和陆稻籽粒灌浆特性的比较[J]. 中国水稻科学,2002,16(4):335-340.
- [2] 郭玉春,林文雄,梁义元,等. 新株型水稻物质生产与产量形成的生理生态 I. 新株型水稻物质生产与灌浆特性[J]. 福建农业大学学报,2001,30(1):16-21.
- [3] 顾世梁,朱庆森,杨建昌,等. 不同水稻材料籽粒灌浆特性的分析[J]. 作物学报,2001,27(1):7-14.
- [4] 谢光辉,杨建昌,王志琴,等. 水稻籽粒灌浆特性及其与籽粒生理活性的关系[J]. 作物学报,2001,27(5):557-565.
- [5] 赵步龙,张文杰,常二华,等. 水稻灌浆期籽粒中淀粉合成关键酶的活性变化及其与灌浆速率和蒸煮品质的关系[J]. 中国农业科学,2004,37(8):1123-1129.
- [6] 林文雄,郭玉春,梁康廷,等. 杂交水稻产量与品质形成的发育生理与遗传生态学研究[J]. 福建农业大学学报,2006,21(1):1-8.
- [7] 姚维传,张从宇,王敏. 小麦籽粒灌浆性状的配合力研究[J]. 南京农业大学学报,2001,24(1):9-12.
- [8] 谢令琴,王晓燕,葛淑俊,等. 冬小麦品种籽粒平均灌浆速率的遗传机制研究[J]. 中国农学通报,2002,18(4):24-27.
- [9] 章履颜,颜伟. 玉米粒重、灌浆持长期、灌浆速率的遗传特性及其关系研究[J]. 江苏农业科学,1997,13(4):211-214.
- [10] 黄升谋,邹应斌. 水稻强弱势籽粒核酸和蛋白质代谢差异[J]. 中国水稻科学,2004,21(4):16-22.
- [11] 郑华,屠乃美. 两系杂交水稻籽粒灌浆特性及与茎鞘物质转运的关系[J]. 湖南农业大学学报,2002,28(4):274-278.
- [12] 张洪程,王秀芹,戴其根,等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(7):800-806.
- [13] 王秀芹,张洪程,徐巡军,等. 施氮量对两优培九产量与品质的影响[J]. 华南农业大学学报:自然科学版,2004,25(1):9-13.

土壤镉浓度与马铃薯块茎镉含量呈正相关,相关系数 $r = 0.994 2$, 达到 0.01 显著水平。这表明马铃薯块茎镉含量主要受土壤镉浓度的影响。

2.4 土壤镉浓度与马铃薯块茎氮、磷、钾、镉积累量之间的关系 由表 5 可知,土壤镉浓度与马铃薯块茎氮积累量呈直线负相关,相关系数未达到显著水平,表明随着土壤镉浓度的升高,马铃薯块根氮积累量降低。可见,土壤受镉污染后,种植马铃薯时应适量降低氮肥的施入。

土壤镉浓度与马铃薯块茎磷积累量呈直线相关,相关系数 $r = 0.430 6$, 相关性不大,未达到显著水平。可见,土壤受镉污染后,种植马铃薯磷肥的施入量基本不变。

土壤镉浓度与马铃薯块茎钾积累量呈曲线相关,曲线开口向下,相关未达到显著水平。这表明在土壤轻度镉污染环境种植马铃薯,应适当增加钾肥的施入量,而随着镉污染程度的增大,可适量降低对钾肥的施入。

土壤镉浓度与马铃薯块茎镉积累量呈直线正相关,且相关程度达到 0.01 显著水平。这表明土壤镉污染越严重,土壤块茎镉积累量越多。

表 5 不同浓度镉处理与马铃薯块茎氮、磷、钾、镉积累量的关系

依变量 (积累量)	回归方程	相关系数(r)
N	$Y = -0.128 6X + 1 439.70$	-0.741 2
P	$Y = 0.104 1X + 140.71$	0.430 6
K	$Y = -0.130 2X^2 + 4.264 9X + 601.47$	-0.553 6
Cd	$Y = 0.000 2X + 0.001 8$	0.999 1**

3 结论与讨论

土壤不同浓度镉处理对马铃薯块茎氮、磷、钾、镉含量及积累量均有不同程度影响。轻度的镉胁迫降低了马铃薯块茎氮含量,而随着土壤镉浓度的增加,马铃薯块茎氮含量增加。镉污染各处理马铃薯块茎氮积累量均在 0.01 水平显著低于对照;随着土壤镉浓度的增加,磷含量在 0.01 水平显著增加,磷积累量变化不大;土壤不同镉处理马铃薯钾含量均在 0.01 水平显著高于对照,土壤轻度镉处理马铃薯钾积累量较高,随着镉污染程度的加大,钾积累量降低;马铃薯块茎镉含量、积累量均与土壤不同浓度镉处理呈直线极显著正相关。

试验中土壤不同镉处理马铃薯钾含量均在 0.01 水平显著高于对照,土壤轻度镉处理马铃薯钾积累量较高,随着镉污染程度的加大,钾积累量降低,表明马铃薯遇到逆境后,通过增加体内的钾含量来抵御逆境,同时轻度镉污染钾的积累量最高,而镉污染降低了马铃薯干物质量,说明马铃薯在轻度胁迫环境加大了对钾的吸收量,按照 7.5 万株/hm² 计算,至少增加施用钾肥(K₂SO₄)50 kg/hm²。土壤轻度、中度的镉污染马铃薯镉含量均未超标,可种植马铃薯;而土壤重度的镉污染马铃薯镉含量超标,建议不种植马铃薯。

参考文献

- [1] 肖艳辉,何金明,潘春香,等. 镉处理对薄荷植株生长及镉吸收累积的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(3):159-160.
- [2] 林笠,周婷,汤帆,等. 镉铅污染灰湖土中添加磷对草莓生长及重金属累积的影响[J]. 农业环境科学学报,2013,32(3):503-507.
- [3] 冯韶辉,黄小平,江志坚. 镉在泰来藻体内的累积规律及对光合作用的影响[J]. 生态学杂志,2012,31(11):2828-2833.
- [4] 陈修晓,王翠红,郭琪. 氮磷钾肥配施对轻镉污染红壤中小白菜生长及镉累积的影响[J]. 湖南农业科学,2012(3):38-41.
- [5] 韦璐阳,蓝唯,林鹰,等. 重金属镉在木薯中的积累及其对生长的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(35):21600-21601.
- [6] 肖艳辉,何金明,仲兆清,等. 不同浓度镉对罗勒植株生长及镉吸收累积的影响[J]. 安徽农业科学,2011,39(5):2633-2634.
- [7] 肖艳辉,何金明. 镉处理对茴香镉吸收累积与生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2011(1):430-432.
- [8] 刘侯俊,梁吉哲,韩晓日,等. 东北地区不同水稻品种对 Cd 的累积特性研究[J]. 农业环境科学学报,2011,30(2):220-227.
- [9] 许文宝,曾新萍. 西番莲对镉、铅的吸收累积特性[J]. 亚热带植物科学,2010,39(3):1-3.
- [10] 李洪敬,尹克林. 镉在霞多丽葡萄幼苗中的累积及其对氮吸收的影响[J]. 中外葡萄与葡萄酒,2010(4):14-17.
- [11] 李小红,陶建敏,陈剑东,等. 镉胁迫对不同砷组合葡萄植株镉吸收规律和果实品质的影响[J]. 生态环境学报,2010,19(5):1082-1086.
- [12] 张显龙,于涛,冯婧微,等. 大豆对镉的累积特性及形态研究[J]. 安徽农业科学,2010(2):672-673.
- [13] 赵建忠,李冉,封朝晖. 镉在小白菜体内的累积规律及其生物效应的研究[J]. 中国土壤与肥料,2009(4):40-43.
- [14] 徐洪波. 镉污染地草坪草对镉的累积特性研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(22):10623-10624.
- [15] 姜丽娜,邵云,李春喜. 镉在小麦植株体内的吸收、分配和累积规律研究[J]. 河南农业科学,2004(7):13-17.
- [16] 林匡飞. 土壤镉污染对芝麻生长及吸收累积的影响[J]. 中国油料,1993(3):56-58.
- [17] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [18] 门福义,刘梦芸. 马铃薯栽培生理[M]. 北京:中国农业出版社,1995.
- [19] 余松烈. 作物栽培学[M]. 重庆:重庆出版社,2001.
- [20] 占新春,周桂香,吴爽. 施氮量与栽插密度对丰两优 1 号稻米品质的影响[J]. 杂交水稻,2006,21(6):66-68.
- [21] 柳金来,宋继娟,周柏明,等. 氮肥施用量与水稻品质的关系[J]. 土壤肥料,2005(1):17-19.
- [22] 金军,徐大勇,蔡一霞,等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响[J]. 作物学报,2004,30(2):154-158.
- [23] 周培南,冯惟珠,许乃霞,等. 施氮量和移栽密度对水稻产量及稻米品质的影响[J]. 江苏农业研究,2001,22(1):27-31.
- [24] 江立庚,曹卫星,甘秀芹,等. 不同施氮水平对南方早稻氮素吸收利用及其产量和品质的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(4):490-496.
- [25] 朱元财,王伯伦,王术,等. 施氮量对水稻产量和品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(5):688-692.
- [26] 江立庚,曹卫星,甘秀芹,等. 不同施氮水平对南方早稻氮素吸收利用及其产量和品质的影响[J]. 中国农业科学,2004,37(4):490-496.
- [27] 黄元财,王伯伦,王术,等. 施氮量对水稻产量和品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(5):688-692.
- [28] XIONG F, WANG Z, GU Y J, et al. Effects of nitrogen application time on caryopsis development and grain quality of rice variety Yangdao 6[J]. Rice Science,2008,15(1):57-62.
- [29] 孙华,钱国明,徐冬太,等. 水稻秸秆还田对水稻经济性状及产量的影响[J]. 中国稻米,2010(1):47.
- [30] 施标,王慧,王士梅,等. 不同氮素水平下水稻籽粒灌浆过程中主要品质性状的动态差异[J]. 上海农业学报,2007,23(1):24-29.
- [31] LIU H, LI Z L, XU Z J, et al. Effects of Nitrogen Quantity on Grain-filling Characters of Two-line Hybrid Rice with Large Ear[J]. Agricultural Science & Technology,2012,13(8):1621-1624,1674.
- [32] 吴金花,焦峰,郑树生,等. 不同氮肥水平影响下的水稻灌浆特性分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2007,19(2):8-12.
- [33] 胡钧铭,何礼健,江立庚,等. 不同施氮下优质稻植株花后碳氮物质流转与籽粒生长的相关性[J]. 西南农业学报,2012(3):922-929.

(上接第 6166 页)