

施用不同新型氮肥对广东地区水稻减肥增效对比研究

杨依彬, 程凤娟, 邓兰生, 张承林* (华南农业大学资源环境学院, 广东广州 510642)

摘要 [目的]探讨不同新型氮肥对广东地区水稻减肥、增效、养分吸收利用的效果差异。[方法]以广东水稻土、粤香占水稻品种为试验材料,以不施肥和常规施肥(单施尿素)为对照,研究氮肥增效剂(含脲酶抑制剂)及其减氮、多功能氮肥(硫包衣尿素)及其减氮、五粮旺(内含脲酶缓释氮)及其减氮对水稻产量、氮磷钾肥吸收利用效率的影响。[结果]与常规尿素相比,施用五粮旺(内含脲酶缓释氮)及其减氮处理的实产显著增加了35.9%、27.9%,五粮旺处理的氮、磷、钾肥吸收利用效率分别提高了59.9%、110.0%、35.1%,五粮旺减氮处理的氮、磷、钾肥吸收利用效率分别提高了56.0%、70.0%、23.3%,达到了减肥、增效、增产的目的;增效氮肥(含脲酶抑制剂)、多功能氮肥(硫包衣尿素)处理及其减氮处理对水稻产量和养分吸收利用效率产生的效果与常规尿素处理的效果相类似。[结论]不同新型氮肥按照减肥增收效果表现为五粮旺=五粮旺减氮20%>增效氮肥≈常规尿素>多功能氮肥减氮20%≈多功能氮肥≈增效氮肥减氮20%。

关键词 水稻;新型氮肥;减肥;增效;养分吸收

中图分类号 S143.1 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2021)23-0175-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.23.049

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative Study on Fertilizer Loss and Efficiency Improvement of Rice in Guangdong Province by Applying Different New Nitrogen Fertilizers

YANG Yi-bin, CHENG Feng-xian, DENG Lan-sheng et al (College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract [Objective] To explore the effects of different new nitrogen fertilizers on fertilizer loss, efficiency improvement, nutrient absorption and utilization of rice in Guangdong Province. [Method] Guangdong paddy soil and Yuexiangzhan rice were used as experimental materials, and the effects of nitrogen fertilizer synergist (containing urease inhibitor) and nitrogen reduction, multifunctional nitrogen fertilizer (sulfur coated urea) and its nitrogen reduction, Wuliangwang (containing urea formaldehyde slow release nitrogen) and its nitrogen reduction on rice yield, nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer absorption and utilization efficiency were studied with no fertilization and conventional fertilization (urea application alone) as control. [Result] Compared with conventional urea, the yield of Wuliangwang (containing urea formaldehyde slow release nitrogen) and its nitrogen reduction treatment increased by 35.9% and 27.9%, respectively. The absorption and utilization efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium in Wuliangwang treatment increased by 59.9%, 110.0% and 35.1%, respectively. The absorption and utilization efficiency of nitrogen, phosphorus and potassium in Wuliangwang nitrogen reduction treatment increased by 56.0%, 70.0% and 23.3%, respectively. The results showed that the effects of synergism nitrogen fertilizer (including urease inhibitor), multifunctional nitrogen fertilizer (sulfur coated urea) and nitrogen reduction treatment on rice yield and nutrient absorption and utilization efficiency were similar to those of conventional urea treatment. [Conclusion] According to the effect of reducing weight and increasing income, the performance of different new nitrogen fertilizers was Wuliangwang = Wuliangwang reducing nitrogen by 20% > synergistic nitrogen fertilizer ≈ conventional urea > multifunctional nitrogen fertilizer reducing nitrogen by 20% ≈ multifunctional nitrogen fertilizer ≈ synergistic nitrogen fertilizer reducing nitrogen by 20%.

Key words Rice; New nitrogen fertilizer; Reducing fertilizer; Increasing efficiency; Nutrient absorption

水稻是我国三大粮食作物之一,更是长江以南地区最重要的粮食作物,对我国粮食安全具有极其重要的意义^[1]。施用化肥可以快速有效提高农作物的产量,据联合国粮食及农业组织(FAO)数据资料表明,在农作物增产中化肥的贡献率达30%~50%,我国农业生产中化肥占比更高^[2]。水稻对氮的养分需求量很高,分蘖期和孕穗期是氮肥需求旺盛期,保证氮肥的总量需求和高峰期需求是实现水稻高产稳产的关键^[3-4]。然而氮肥的长期过量施用引发了一系列问题,如氮肥利用率低、病虫害易发、水稻种植成本上升以及环境污染等问题日益突出,施用新型氮肥、优化氮肥投入技术、提高氮肥利用效率等是解决农业生产与环境问题的重要途径之一,同时符合国家大力推进化肥农药减肥增效科技行动的国情,对保障国家粮食安全、农业可持续发展以及生态环境具有重要意义^[5-10]。侯朋福等^[11]研究发现掺混控释肥(RBB)减量

10%~30%对太湖地区的水稻不会造成减产,归因于肥效的缓慢释放,即使降低配方肥用量仍能满足水稻生长的需要。卢俊等^[12]针对苏北地区的实际情况,开展了11种不同新型高效肥料在水稻上的应用效果研究,结果发现施用缓控释肥可以不同程度地提高水稻产量,降低生产成本,有效地减少环境污染和养分流失,省时省工,效益高。针对广东地区新型氮肥的减肥增效试验鲜见报道,笔者通过对比常规施肥、施用不同新型氮肥、新型氮肥减氮等在水稻上的应用,探索新型氮肥及其减氮的同时是否能保证作物优质高产,以及施用不同品种肥料后水稻中磷钾养分含量变化情况,旨在为广东地区水稻新型氮肥施用和减肥增效提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2019年4—10月在广东省广州市华南农业大学作物营养与施肥研究室温室进行,供试土壤为广东广州增城水稻土,土壤理化性质:pH 5.25, EC 0.48 mS/cm,有机质 19.6 g/kg,碱解氮 95.8 mg/kg,速效磷 33.6 mg/kg,速效钾 139 mg/kg。

1.2 作物 供试作物为水稻(品种粤香占)。

1.3 肥料 尿素(46-0-0),氮肥增效剂(46-0-0,含脲酶抑

基金项目 国家重点研发计划项目(2018YFD0200303)。

作者简介 杨依彬(1989—),女,福建仙游人,农艺师,硕士,从事植物营养以及新型肥料的研究与开发工作。*通信作者,教授,硕士生导师,从事作物营养与施肥理论和技术研究。

收稿日期 2021-04-02

制剂),多功能氮肥(30-0-0,硫包衣尿素),五粮旺(23-10-16,内含脲醛缓释氮),过磷酸钙(0-12-0),氯化钾(0-0-60)。

1.4 试验装置 试验用盆为高 300 mm、长 830 mm、宽 300 mm 的塑料盆,每盆装土 50 kg。

1.5 试验方法 以不施氮肥、施用常规尿素为对照,选用 3 种新型肥料(氮肥增效剂、多功能氮肥、五粮旺),按照不同氮源和不同氮量设 8 个处理,处理分别为 T1 不施氮肥对照,T2 常规尿素,T3 增效氮肥,T4 增效氮肥的氮减量 20%,T5 多功能氮肥,T6 多功能氮肥的氮减量 20%,T7 五粮旺(23-10-16),T8 五粮旺(23-10-16)的氮减量 20%。

采用完全随机区组设计,每处理 4 次重复,每盆为一个重复,每盆 6 穴,每穴 3 株苗。参照农民常规施肥,施纯 N 127.5 kg/hm²、五氧化二磷 57.45 kg/hm²、氧化钾 104.55 kg/hm²。按等氮投入设计方案,盆栽试验氮投入量均为 4.80 g/盆,减量 20%氮投入量为 3.84 g/盆,磷投入量为 2.09 g/盆,钾投入量为 3.80 g/盆;各肥料处理均采用基肥一次性施入,肥料施用量和养分投入量见表 1。

表 1 盆栽水稻不同处理的肥料施用量

Table 1 Fertilizer application amount of potted rice under different treatments g/盆

| 处理 Treatment | 基肥 Basal fertilizer | | | | | |
|-----------------|---------------------|----------|---------------|------|------|------|
| | 尿素 | 增效 氮肥 | 多功 能 氮肥 | 五粮旺 | 过磷酸钙 | 氯化钾 |
| T1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T2 | 10.4 | 0 | 0 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T3 | 0 | 10.40 | 0 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T4 | 0 | 8.32 | 0 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T5 | 0 | 0 | 16.0 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T6 | 0 | 0 | 12.8 | 0 | 17.4 | 6.30 |
| T7 | 0 | 0 | 0 | 20.9 | 0 | 0.76 |
| T8 | 0 | 0 | 0 | 16.7 | 3.5 | 1.88 |

表 2 不同新型氮肥处理对水稻产量及产量构成因素的影响

Table 2 Effects of different new nitrogen treatments on yield and yield components of rice

| 处理 Treatment | 肥料类型 Fertilizer type | 秸秆重 Straw weight g/盆 | 有效穗数 No. of effective spikes 穗/盆 | 实产 Real production g/盆 | 千粒重 1 000-grain weight/g | 结实率 Seed setting rate/% |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|--|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| T1 | CK | 112.36 d | 56 d | 92.62 d | 30.87 bc | 77.34 c |
| T2 | 常规尿素 | 147.80 b | 72 abc | 126.94 bc | 30.88 bc | 88.95 a |
| T3 | 增效氮肥 | 165.46 a | 76 ab | 128.55 bc | 31.11 abc | 85.54 ab |
| T4 | 增效氮肥减氮 20% | 146.40 b | 67 bc | 113.23 c | 32.40 a | 84.78 ab |
| T5 | 多功能氮肥 | 126.63 c | 65 c | 115.95 c | 30.13 c | 88.28 a |
| T6 | 多功能氮肥减氮 20% | 129.97 c | 73 abc | 134.56 b | 31.74 ab | 83.01 b |
| T7 | 五粮旺 | 173.69 a | 80 a | 172.57 a | 32.36 a | 84.84 ab |
| T8 | 五粮旺减氮 20% | 176.74 a | 78 a | 162.30 a | 31.58 ab | 87.47 a |

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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

2.2 不同新型氮肥对水稻氮肥利用效率的影响 由表 3 可知,五粮旺处理和五粮旺减氮处理对水稻氮肥利用效率最佳。与常规尿素处理相比,五粮旺和五粮旺减氮处理的总吸氮量显著增加了 24.1%、21.7%,氮肥吸收利用率分别提高

1.6 测定项目与方法

1.6.1 干物质积累量和产量。收获时稻草、实粒、空秕粒和枝梗分开,分别在 105 °C 下杀青 20 min,然后在 75 °C 下烘干至恒质量,称重。稻谷风干后,取 100 g 左右于 105 °C 下烘干 48 h,测定含水量,然后将稻谷转换成含水量为 14% 的稻谷产量。

1.6.2 产量构成因子。收获时取每个盆栽的 6 丛稻株,记录每丛穗数,风干后进行室内考种。利用智能种子计数系统(TPZJ-A,麦科仪)对实粒和空粒进行记数,计算每穗粒数、结实率、千粒重等指标^[3-4]。

1.6.3 植株氮、磷和钾含量。将成熟期各样品磨碎,H₂SO₄-H₂O₂法消煮后测定氮、磷、钾养分含量,氮含量利用半自动测氮仪进行测定,磷含量利用紫外分光光度计测定,钾含量利用原子吸收分光光度计测定^[13]。

1.6.4 物质养分指标的计算方法。 $N、P、K$ 肥吸收利用率 = (施 N、P、K 处理吸氮量 - 空白吸 N、P、K 量) / N、P、K 施用量 × 100%, $N、P、K$ 农学利用效率 (kg/kg) = (施氮区水稻产量 - 无氮区水稻产量) / N、P、K 施用量, $N、P、K$ 偏生产力 (kg/kg) = 水稻产量 / N、P、K 施用量^[3]。

1.7 数据分析 试验数据采用 Microsoft Excel 2016、SAS 软件进行差异性分析。

2 结果与分析

2.1 不同新型氮肥对水稻产量及产量构成因素的影响 由表 2 可知,施用不同类型氮肥显著影响水稻秸秆重、有效穗数、实产和千粒重,其中,五粮旺处理和五粮旺减氮处理对水稻增产效果最佳。与常规尿素相比,增效氮肥、五粮旺、五粮旺减氮处理的秸秆重分别增加了 11.9%、17.5%、19.6%;五粮旺、五粮旺减氮处理的实产较常规尿素处理增加了 35.9%、27.9%;增效氮肥减氮处理、五粮旺处理的千粒重比尿素处理分别提高了 4.92%、4.79%。

了 59.9%、56.0%,氮肥农学利用效率显著提高了 1.2 和 1.5 倍,氮肥偏生产力明显增加了 38.8%、59.8%。多功能氮肥减氮处理氮肥农学利用效率是常规尿素处理的 1.6 倍,氮肥偏生产力则明显提高了 32.5%。

表 3 不同新型氮肥处理对水稻氮肥利用效率的影响

Table 3 Effects of different new nitrogen fertilizer treatments on nitrogen use efficiency of rice

| 处理 Treatment | 肥料类型 Fertilizer type | 总吸氮量 Total nitrogen uptake g/盆 | 氮肥吸收利用率 Nitrogen absorption and utilization efficiency//% | 氮肥农学利用效率 Agronomic utilization efficiency of nitrogen fertilizer//kg/kg | 氮肥偏生产力 Partial productivity of nitrogen fertilizer//kg/kg |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| T1 | CK | 3.47 e | — | — | — |
| T2 | 常规尿素 | 5.81 bc | 43.36 cd | 7.28 c | 26.45 d |
| T3 | 增效氮肥 | 6.17 b | 49.69 b | 6.61 c | 26.03 d |
| T4 | 增效氮肥减氮 20% | 5.30 d | 31.38 e | 7.03 c | 30.49 c |
| T5 | 多功能氮肥 | 5.40 cd | 39.18 d | 6.49 c | 24.16 d |
| T6 | 多功能氮肥减氮 20% | 5.84 bc | 45.77 bc | 11.83 b | 35.04 b |
| T7 | 五粮旺 | 7.21 a | 69.34 a | 16.29 a | 36.70 b |
| T8 | 五粮旺减氮 20% | 7.07 a | 67.63 a | 18.31 a | 42.26 a |

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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

2.3 不同新型氮肥对水稻磷肥利用效率的影响 由表 4 可知,五粮旺处理和五粮旺减氮处理对水稻磷肥利用效率最佳。与常规尿素处理相比,五粮旺和五粮旺减氮处理的总吸磷量显著增加了 37.8%、24.4%;磷肥吸收利用率方面,五粮

旺处理和五粮旺减氮处理分别是常规尿素处理的 2.1、1.7 倍;比常规尿素,五粮旺处理和五粮旺减氮处理的磷肥农学利用效率明显提高了 1.3、1.0 倍;五粮旺处理和五粮旺减氮处理的磷肥偏生产力较常规尿素处理增加了 35.9%、27.8%。

表 4 不同新型氮肥处理对水稻磷肥利用效率的影响

Table 4 Effects of different new nitrogen fertilizer treatments on phosphorus fertilizer utilization efficiency of rice

| 处理 Treatment | 肥料类型 Fertilizer type | 总吸磷量 Total phosphorus uptake//g/盆 | 磷肥吸收利用率 Phosphate fertilizer absorption and utilization rate//% | 磷肥农学利用效率 Agronomic utilization efficiency of phosphate fertilizer//kg/kg | 磷肥偏生产力 Partial productivity of phosphate fertilizer//kg/kg |
|-----------------|-------------------------|---|---|--|--|
| T1 | CK | 0.54 f | — | — | — |
| T2 | 常规尿素 | 0.82 cd | 13.29 cd | 16.72 bc | 60.74 bc |
| T3 | 增效氮肥 | 0.84 c | 14.25 c | 15.09 bc | 59.11 bc |
| T4 | 增效氮肥减氮 20% | 0.70 e | 7.88 e | 10.16 c | 54.18 c |
| T5 | 多功能氮肥 | 0.70 e | 7.62 e | 11.46 c | 55.48 c |
| T6 | 多功能氮肥减氮 20% | 0.74 de | 9.78 de | 20.36 b | 64.38 b |
| T7 | 五粮旺 | 1.13 a | 28.06 a | 38.55 a | 82.57 a |
| T8 | 五粮旺减氮 20% | 1.02 b | 23.03 b | 33.63 a | 77.65 a |

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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

2.4 不同新型氮肥对水稻钾肥利用效率的影响 由表 5 可知,不同肥料处理的钾肥利用效率存在显著差异。五粮旺和五粮旺减氮处理显著增加了总吸钾量、钾肥吸收利用率、钾

肥农学利用效率、钾肥偏生产力,与常规尿素处理相比,分别增加了 17.2%~20.0%、23.3%~35.1%、86.9%~114.1%、27.8%~35.9%。

表 5 不同新型氮肥处理对水稻钾肥利用效率的影响

Table 5 Effects of different new nitrogen fertilizer treatments on potassium fertilizer utilization efficiency of rice

| 处理 Treatment | 肥料类型 Fertilizer type | 总吸钾量 Total potassium uptake g/盆 | 钾肥吸收利用率 Absorption and utilization of potassium fertilizer//% | 钾肥农学利用效率 Agronomic utilization efficiency of potassium fertilizer//kg/kg | 钾肥偏生产力 Partial productivity of potassium fertilizer//kg/kg |
|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|---|--|--|
| T1 | CK | 1.87 d | — | — | — |
| T2 | 常规尿素 | 2.55 c | 22.70 b | 9.90 bc | 33.41 bc |
| T3 | 增效氮肥 | 2.69 bc | 26.10 a | 8.30 bc | 32.51 bc |
| T4 | 增效氮肥减氮 20% | 2.16 d | 10.16 c | 6.09 c | 29.80 c |
| T5 | 多功能氮肥 | 2.05 d | 9.85 c | 6.30 c | 30.51 c |
| T6 | 多功能氮肥减氮 20% | 1.98 d | 8.11 c | 11.20 b | 35.41 b |
| T7 | 五粮旺 | 3.06 a | 30.66 a | 21.20 a | 45.41 a |
| T8 | 五粮旺减氮 20% | 2.99 ab | 27.99 a | 18.50 a | 42.71 a |

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 lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments($P < 0.05$)

3 结论与讨论

由于农业种植成本日益提高、劳动力短缺,省工轻简高效的新型氮肥在水稻生产中已普遍应用^[3]。该研究通过新

型氮肥的施用及其减量来提高肥效,保证作物优质高产的同时降低肥料的负面效应,提高肥料利用率。结果表明,不同肥料处理对水稻产量及养分吸收利用效率的影响各异。五

粮旺(含脲醛缓释氮)处理和五粮旺减氮处理对水稻增产的效果最佳,在提高养分吸收利用效率方面效果显著,与常规尿素处理相比,五粮旺、五粮旺减氮处理的实产显著增加了35.9%、27.9%,五粮旺处理的氮、磷、钾肥吸收利用效率分别提高了59.9%、110.0%、35.1%,五粮旺减氮处理的氮、磷、钾肥吸收利用效率分别提高了56.0%、70.0%、23.3%。与前人的研究结果一致,韩哲等^[14]研究认为,与常规施肥相比,缓控释氮肥在氮素施用量减少25%、磷素和钾素施用量相同的条件下,均可提高水稻产量及经济效益并达到增产的效果;徐桂红^[15]研究表明,施用腐殖酸蓝膜控释肥和施用减氮10%腐殖酸蓝膜控释肥的处理效果较常规施肥更好;胡鹏^[16]对水稻产量、肥料利用率和产投比的研究表明,新型肥料具有增产、节本、增效和环保的作用。可能是因为温度高和降雨量多的地区能够加速缓控释肥料中养分的释放^[17],同时,控释肥一次性施用在早季效果优于晚季^[3,18]。

张文学等^[19]研究认为在双季稻田,与传统施氮(单施尿素)相比,添加脲酶抑制剂(NBPT)后,早、晚稻均出现增产效果,氮肥当季利用率显著提高,同时节约氮肥25%。而该试验结果与之相反,表明增效氮肥(含脲酶抑制剂)、多功能氮肥(硫包衣尿素)及其减氮处理对水稻产量和养分吸收利用效率产生的效果与常规尿素处理几乎一致,可能是因为不同地区的土壤特性、施肥方式以及栽培管理等措施不同造成。

该研究结果表明,缓释氮肥对广东地区水稻均有增产并提高养分吸收利用效率的效果,且缓释氮肥在减氮条件下同样可以增加水稻产量、提高养分吸收达到增产的目的,而脲酶抑制剂的增效氮肥和硫包衣尿素的多功能氮肥与常规施肥相比,对广东地区的水稻则与常规施肥效果相同,无增效作用。

(上接第174页)

- [5] 周海霞,兰挚谦,韩泽宇,等.不同种植年限对设施蔬菜土壤及基质的影响[J].河南农业大学学报,2018,52(5):703-709.
- [6] 范庆峰,张玉龙,张玉玲,等.不同灌溉方式下设施土壤硝态氮的积累特征及其环境影响[J].农业环境科学学报,2017,36(11):2281-2286.
- [7] 韩巍,赵金月,李豆,等.设施蔬菜大棚土壤氮磷钾养分富集降低土壤钙素的有效性[J].植物营养与肥料学报,2018,24(4):1019-1026.
- [8] 高峻岭,宋朝玉,王玉军,等.施肥对青岛市设施蔬菜产量、净产值及土壤环境的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(6):1261-1267.
- [9] 姜慧敏.氮肥管理模式对设施菜地氮素残留与利用的影响[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [10] 李涛,于蕾,吴越,等.山东省设施菜地土壤次生盐渍化特征及影响因素[J].土壤学报,2018,55(1):100-110.
- [11] 高艳艳.常见蔬菜的需肥特点与无公害平衡施肥[J].农业工程技术,2020,40(20):31.
- [12] 仇美华,殷广德,梁永红.江苏省设施蔬菜施肥现状及对策研究[J].南方农业,2020,14(9):187-190.
- [13] 蒋玉根,邵赛男,蒋沈悦,等.施肥对连作大棚蔬菜产量、土壤养分和微生物种群的影响[J].浙江农业科学,2020,61(5):927-931.
- [14] 张金锦,段增强,李汛.设施菜地土壤次生盐渍化分类与分级标准[J].基因组学与应用生物学,2011,30(5):632-640.
- [15] 郭俊伟,郭文龙.蔬菜日光温室施肥与土壤养分状况研究[J].中国农学通报,2010,26(13):243-246.
- [16] 郭惠宁.优化施肥对设施蔬菜产量与环境的影响[D].保定:河北农业大学,2012.

参考文献

- [1] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [2] ERISMAN J W, SUTTON M A, GALLOWAY J, et al. How a century of ammonia synthesis changed the world [J]. Nature geoscience, 2008, 1: 636-639.
- [3] 钟旭华,黄农荣,郑海波,等.不同时期施氮对华南双季杂交稻产量及氮素吸收和氮肥利用率的影响[J].杂交水稻,2007(4):62-66,70.
- [4] 傅友强,钟旭华,梁开明,等.不同肥料对华南双季稻产量及氮肥利用效率的影响[J].中国稻米,2019,25(3):26-32.
- [5] 王小慧,姜雨林,刘洋,等.基于县域单元的我国水稻生产时空动态变化[J].作物学报,2018,44(11):1704-1712.
- [6] 张生来.土壤肥料在农业持续发展中的作用研究[J].河南农业,2019(5):60-61.
- [7] 李国,黄春波,郑淑清,等.农业可持续发展中土壤肥料存在的问题与对策思考[J].农业与技术,2018,38(2):55.
- [8] 孟茂盛.土壤肥料在农业可持续发展中的地位及科学利用的建议[J].河南农业,2018(4):26.
- [9] 王伟妮,鲁剑巍,何予卿,等.氮、磷、钾肥对水稻产量、品质及养分吸收利用的影响[J].中国水稻科学,2011,25(6):645-653.
- [10] 黄璐璐,金海洋,王站付,等.化肥减量配施有机肥对水稻产量及氮肥利用率的影响[J].安徽农业科学,2021,49(1):138-142.
- [11] 侯明福,薛利祥,周玉玲,等.掺混控释肥侧深施对稻田田面水氮素浓度的影响[J].中国土壤与肥料,2019(1):16-21.
- [12] 卢俊,陈锦珠,朱孔志,等.不同新型高效肥料在苏北地区水稻上的应用效果研究[J].现代农业科技,2020(7):10-11.
- [13] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,1999.
- [14] 韩哲,陈宝成,曹兵,等.几种新型肥料对水稻增产增效的试验研究[J].肥料与健康,2020,47(4):14-20.
- [15] 徐桂红.新型肥料在水稻上的应用效果初探[J].南方农业,2020,14(21):186-187.
- [16] 胡鹏.4种新型肥料对水稻生长影响效果的研究[J].安徽农学通报,2019,25(15):90-92.
- [17] 谷佳林,徐凯,付铁梅,等.不同密闭材料硫包衣尿素氮素释放特性及对夏玉米生长的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(3):630-637.
- [18] 蒿呈龙,姚继刚,屈天元,等.不同类型新型肥料在水稻生产上应用效果的研究[J].农业与技术,2020,40(10):65-69.
- [19] 张文学,孙刚,何萍,等.双季稻田添加脲酶抑制剂NBPT氮肥的最高减量潜力研究[J].植物营养与肥料学报,2014,20(4):821-830.
- [17] 曾希柏,王亚男,王玉忠,等.不同施肥模式对设施菜地细菌群落结构及丰度的影响[J].中国农业科学,2013,46(1):69-79.
- [18] 王志伟,郭晓冬.化学氮肥施用技术对温室韭菜硝酸盐含量影响[J].安徽农学通报,2006,12(10):68-69.
- [19] 王志刚,徐伟慧,郭天文.施氮对大棚韭菜产量和品质的影响[J].北方园艺,2010(5):69-71.
- [20] 毕兆东,王世金,程青青,等.不同氮肥及配比对韭菜产量和品质的影响[J].东北农业大学学报,2010,41(11):37-41.
- [21] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2000.
- [22] 张宪政.植物叶绿素含量测定——丙酮乙醇混合液法[J].辽宁农业科学,1986(3):26-28.
- [23] 赵世杰,史国安,董新纯.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2002:41-71.
- [24] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:34-39.
- [25] 宁正祥.食品成分分析手册[M].北京:中国轻工业出版社,1998:313-314.
- [26] SUN Y D, LUO W R, LIU H C. Effects of different nitrogen forms on the nutritional quality and physiological characteristics of Chinese chive seedlings [J]. Plant Soil Environ, 2014, 60(5): 216-220.
- [27] WANG C, LV J, COULTER J A, et al. Slow-release fertilizer improves the growth, quality, and nutrient utilization of wintering Chinese chives (*Allium tuberosum* Rottler ex Spreng.) [J]. Agronomy, 2020, 10(3): 1-19.
- [28] 郭伟,于洪久,张楠,等.平衡施肥对春玉米产量及肥料利用效率的影响[J].黑龙江农业科学,2021(1):31-33.