

水稻种植模式对氮和磷流失特征的影响

周仁先 (安徽省白湖种子公司, 安徽庐江 231508)

摘要 [目的]研究3种水稻种植模式对氮、磷流失特征的影响。[方法]比较有机蛙稻、绿色蛙稻和常规种植3种水稻种植模式下稻田的田面水氮、磷含量特征,以及径流、渗漏和流失特征。[结果]3种水稻种植模式下田面水中总氮和总磷含量的变化特征大体是一致的,总氮的平均含量大小顺序为常规种植模式>绿色蛙稻模式>有机蛙稻模式;总磷的平均含量大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式。总氮径流流失负荷大小顺序为绿色蛙稻模式>常规种植模式>有机蛙稻模式,以铵态氮为主;总氮渗漏流失负荷大小顺序为常规种植模式>有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式,以硝态氮为主。总磷径流流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式,总磷渗透流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式,以溶解性磷为主。[结论]有机蛙稻模式和绿色蛙稻模式可以有效控制稻田中氮、磷流失。

关键词 种植模式;氮;磷;流失;径流;渗漏
中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)22-0058-03

Effects of Rice Cultivation Patterns on Nitrogen and Phosphorus Leaching and Runoff Losses
ZHOU Ren-xian (Anhui Baihu Seed Company, Lujiang, Anhui 231508)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effects of three rice planting patterns on nitrogen and phosphorus loss characteristics. [Method] The characteristics of nitrogen and phosphorus in the paddy fields, as well as runoff, leakage and loss characteristics of rice fields under organic frog rice, green frog rice and conventional rice planting patterns were compared. [Result] The changes of total nitrogen and total phosphorus in the surface water of the three rice planting patterns were generally consistent. The order of the average content of total nitrogen was the conventional planting pattern>green frog rice pattern>organic frog rice pattern; the order of the average content of total phosphorus was organic frog rice pattern>green frog rice pattern>conventional planting pattern. The order of total nitrogen runoff loss load was green frog rice pattern>conventional planting pattern>organic frog rice pattern, with ammonium nitrogen as the main; the order of total nitrogen leakage loss load was the conventional planting pattern>organic frog rice pattern>green frog rice pattern, with nitrate nitrogen as the main. The order of total phosphorus runoff loss load was organic frog rice pattern>green frog rice pattern>conventional planting pattern. The order of total phosphorus leakage loss load was organic frog rice pattern>green frog rice pattern>conventional planting pattern, with soluble phosphorus as the main. [Conclusion] The organic frog rice pattern and the green frog rice pattern can effectively control the loss of nitrogen and phosphorus in rice fields.

Key words Planting pattern; Nitrogen; Phosphorus; Loss; Runoff; Leakage

近年来,随着我国农业的迅速发展,化肥被大量使用,由此带来的农业面源污染问题也越来越严重。化肥过量使用导致的氮、磷流失已成为我国农业面源污染的主要问题之一。水稻在种植过程中对氮的利用率仅为18%~45%,对磷的利用率也仅为25%左右,这意味着氮、磷只有一小部分被水稻吸收利用,其余的被贮存在土壤中或通过不同方式流失到环境中,造成地表水富营养化、地下水硝酸盐严重污染等。有研究表明,我国有些地区的地下水硝态氮浓度已达到1 600 mg/L^[1-3]。因此,传统的农业生产方式已无法适应现代农业发展的需求。目前,我国绿色农业、有机农业和种养结合农业等模式正逐渐兴起,已成为我国农业发展的新方向,大力发展绿色农业、有机农业可以从源头控制面源污染。国内目前大多数学者只是单方面地对绿色农业和有机农业进行研究,而将有机模式、绿色模式和常规模式进行综合研究的鲜见报道^[4-5]。基于此,笔者研究了水稻种植模式的有机蛙稻模式、绿色蛙稻模式和常规种植模式对氮、磷流失特征的影响,以期控制面源污染的相关研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料与试验区概况 试验选用水稻品种为华优14。试验于2017年在野外大田进行,该地气候类型为典型的亚热带潮湿型季风气候,年均降水量1 060.6 mm,年均气温17.2℃。该试验地质地为重壤土,土壤类型为青紫泥水稻土。

作者简介 周仁先(1969—),男,安徽肥东人,高级农艺师,从事作物栽培和种子管理研究。

收稿日期 2018-07-04

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计。试验选用有机蛙稻、绿色蛙稻和常规种植3种模式的稻田,测定氮、磷流失的特征,试验随机处理安排。其中,有机蛙稻模式和绿色蛙稻模式是在水稻种植的过程中放养虎纹蛙,以便控制虫害,常规种植模式不放养蛙。有机蛙稻模式采用有机肥和有机农药;绿色蛙稻模式采用部分有机肥和部分无机肥,并采用大部分生物农药;常规种植模式就采用常规的无机肥和农药。3种植植模式各选择4个田块,田块均为1 200 m²。各田块均安装渗漏管,渗漏管管口高于表面30 cm,同时在合适的田埂安装径流管,用于采集径流水。

1.2.2 样品采集和测定。

1.2.2.1 样品采集。在水稻种植前采集0~20 cm的耕层土壤,测定土壤理化性质;田面水和渗漏水在施肥后第2、4、6、8、10、15和20天采集,20 d后每14 d取样1次;径流水在降水产生径流时采集。

1.2.2.2 样品测定。土壤理化性质测定指标为容重、pH、总氮、总磷、总钾、有机质、有效钾和有效磷。水样测定指标为总氮、总磷、铵态氮、硝态氮和溶解性磷。以上各指标均采用全自动间断化学分析仪进行测定。

经测定,常规种植模式、绿色蛙稻模式和有机蛙稻模式的土壤有效磷含量分别为14.42、15.12、15.85 mg/kg,有效钾含量分别为105.12、107.85、125.23 mg/kg,其余理化性质见表1。

1.3 试验数据分析 试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 统计软件进行。

表 1 3 种水稻种植模式的土壤理化性质
Table 1 Soil physical and chemical properties of three rice planting patterns

种植模式 Planting pattern	贮水量 Water storage capacity mm	容重 Volumetric weight g/cm ³	pH	总氮 Total nitrogen g/kg	总磷 Total phosphorus g/kg	总钾 Total potassium g/kg	有机质 Organic matter g/kg
绿色蛙稻模式 Green frog rice pattern	24.56	1.23	7.41	1.19	1.19	1.82	19.99
有机蛙稻模式 Organic frog rice pattern	25.91	1.18	7.52	1.21	1.35	2.00	25.09
常规种植模式 Conventional planting pattern	23.13	1.36	7.25	0.91	1.17	1.65	18.79

2 结果与分析

2.1 3 种水稻种植模式稻田氮素迁移特征

2.1.1 田面水中氮素迁移特征: 从图 1 可看出, 3 种水稻种植模式田面水的总氮含量均在施肥后达到高峰, 并且在 10 d 内呈下降趋势, 以后变化较稳定。由此可知, 施肥是影响田面水总氮含量变化的主要原因。3 种水稻种植模式下田面水总氮含量的峰值分别为常规种植模式 116.20 mg/L、有机蛙

稻模式 67.35 mg/L、绿色蛙稻模式 45.00 mg/L。由于常规种植模式使用的是尿素, 尿素中的氮可迅速释放到田面水中, 因此, 总氮含量的峰值最高点出现在常规种植模式中。在整个水稻季共采集 30 次水样, 取平均值。结果表明, 常规种植模式的总氮平均含量最高, 为 19.10 mg/L。若降雨量很大时可产生径流, 常规种植模式的总氮流失风险也是最高。

2.1.2 径流水中氮素迁移特征: 由图 2 可知, 3 种水稻种植

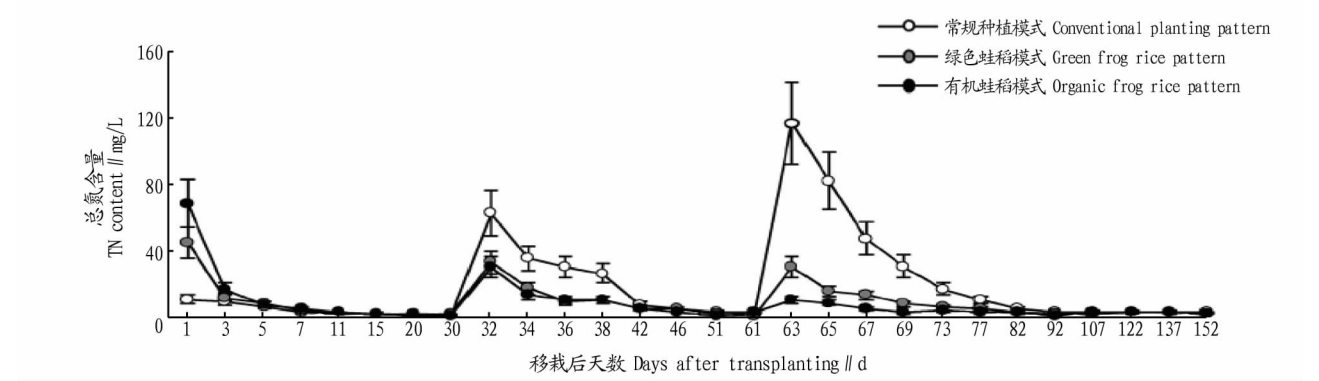


图 1 3 种水稻种植模式田面水中总氮含量变化

Fig.1 Changes of total nitrogen content in the surface water of three rice planting patterns

模式下总氮径流流失负荷分别为常规种植模式 12.95 kg/hm²、绿色蛙稻模式 13.76 kg/hm²、有机蛙稻模式 12.01 kg/hm²。绿色蛙稻模式流失负荷最高, 但与常规种植模式下的流失负荷差异不显著, 而有机蛙稻模式显著低于其他 2 种模式。可能是因为绿色蛙稻模式下的第 1 次径流发生在施基肥后的第 2 天, 使得总氮径流流失负荷高; 而有机蛙稻模式下的总氮径流流失风险较低。此外, 3 种植模式下的总氮径流负荷在施氮量中占有比例分别为常规种植模式 4.48%、绿色蛙稻模式 4.76%、有机蛙稻模式 3.59%, 说明控制氮素的径流流失可以很大程度上控制氮素流失。

2.1.3 渗漏水中氮素迁移特征: 由图 3 可知, 3 种水稻种植模式下氮素渗漏流失 0.09~1.58 kg/hm², 且渗漏峰值都是出现在施肥以后。3 种水稻种植模式下总氮渗漏流失负荷分别为常规种植模式 6.90 kg/hm²、绿色蛙稻模式 3.76 kg/hm²、有机蛙稻模式 5.68 kg/hm², 绿色蛙稻模式的总氮渗漏负荷显著低于其他 2 种植模式。此外, 3 种植模式下总氮渗漏损失占施氮比例的 1.20%~2.50%, 远低于总氮径流流失负荷。

2.2 3 种水稻种植模式稻田磷素迁移特征

2.2.1 田面水中磷素迁移特征: 由图 4 可知, 田面水总磷含量

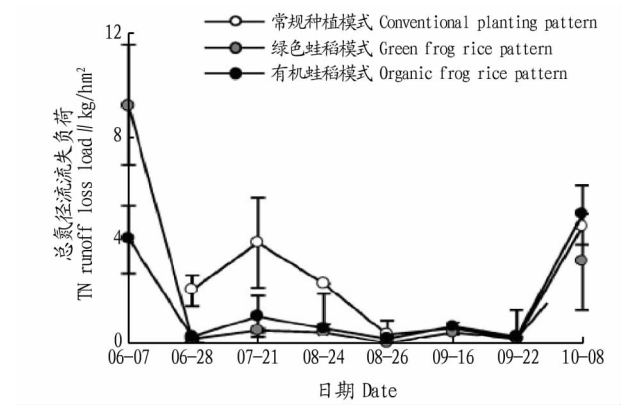


图 2 3 种水稻种植模式下氮素径流流失负荷

Fig.2 Nitrogen runoff loss load under three rice planting patterns

的迁移特征与总氮相似, 也与施肥相关, 呈现出施肥后达到最大值, 之后又降低的趋势。3 种水稻种植模式下田面水总磷平均含量分别为常规种植模式 0.36 mg/L、有机蛙稻模式 0.79 mg/L、绿色蛙稻模式 0.62 mg/L, 其中有机蛙稻模式含量最高, 也就是说有机蛙稻模式下磷素的径流流失风险最高。

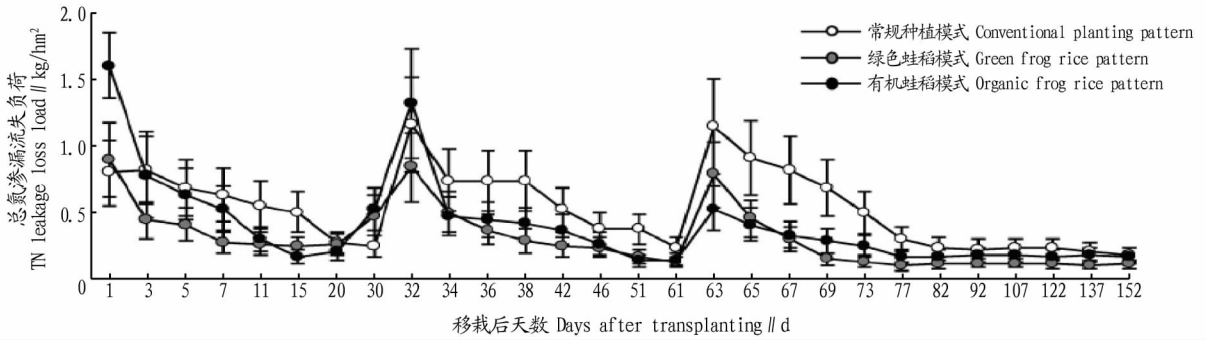


图3 3种水稻种植模式下氮素渗漏流失变化

Fig.3 Changes of nitrogen leakage loss in three rice planting patterns

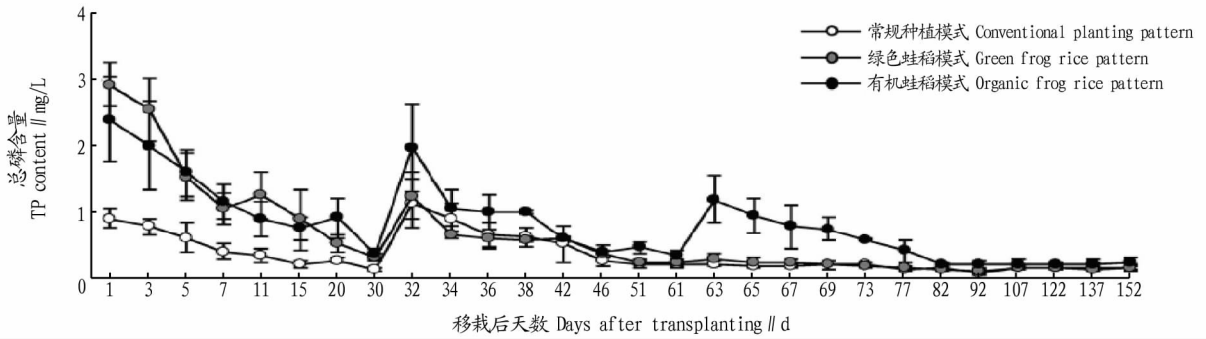


图4 3种水稻种植模式下田面水总磷含量变化

Fig.4 Changes of total phosphorus content in the surface water of three rice planting patterns

2.2.2 径流水中磷素迁移特征。由图5可知,3种水稻种植模式下总磷径流流失负荷分别为常规种植模式 0.60 kg/hm^2 、绿色蛙稻模式 1.29 kg/hm^2 、有机蛙稻模式 1.48 kg/hm^2 ,有机蛙稻模式下的总磷径流流失负荷最高,这可能是因为有机蛙稻模式下施磷量高导致的。3种水稻种植模式下,总磷径流流失负荷占施磷量的 $0.68\% \sim 2.91\%$,且在总径流流失负荷中,主要为溶解性磷的流失负荷。因此,田面水中的磷素主要是以溶解性磷的形式存在。

2.2.3 渗漏水中磷素迁移特征。由图6可知,3种水稻种植模式下总磷渗漏流失 $0.01 \sim 0.09 \text{ kg/hm}^2$,且有机蛙稻模式下总磷渗漏流失明显高于其他2种模式。3种水稻种植模式下总磷渗漏流失负荷分别为常规种植模式 0.25 kg/hm^2 、绿色蛙稻模式 0.38 kg/hm^2 、有机蛙稻模式 0.51 kg/hm^2 ,有机蛙稻模式下的数值最大,而且3种水稻种植模式下的总磷渗漏流失

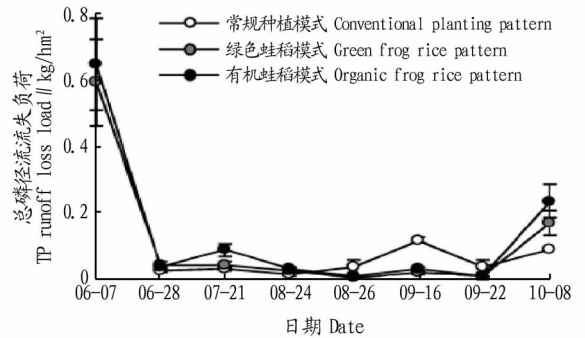


图5 3种水稻种植模式下磷素径流流失负荷

Fig.5 Phosphorus runoff loss load under three rice planting patterns

负荷之间的差异均达到显著水平。此外,3种水稻种植模式下总磷渗漏流失负荷占施磷量的比例分别为常规种植模式

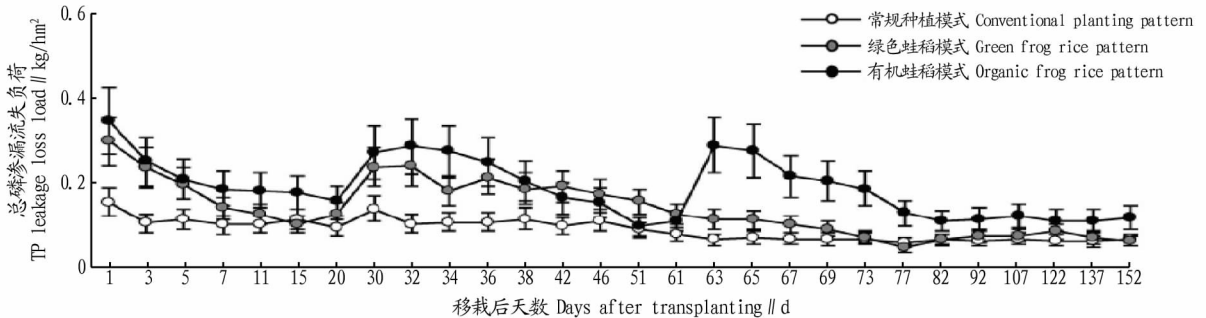


图6 3种水稻种植模式下磷素渗漏流失变化

Fig.6 Changes of phosphorus leakage loss in three rice planting patterns

3 结论与讨论

(1) 不同变异株系叶长由大到小的顺序为 G-4、CK、G-13、G-9、G-8、G-6、G-12; 叶宽由大到小的顺序为 CK、G-4、G-8、G-6、G-13、G-12、G-9, 说明通过辐照诱变引起相应性状的改变, 表现在变异株系叶长多数变短, 叶宽变小, 但影响程度因变异差异而不同。

(2) ^{60}Co 辐射诱变对植株的冠径、株高、穗长均产生影响, 变异株系的冠径、株高、穗长均不同程度变小, 综合冠径、株高、穗长可知, G-4、G-12 和 G-13 变化较大, G-6 基本上没有变化, 而 G-9 与其他变异株系不同, 不抽穗。

(3) 通过 ^{60}Co 辐射诱变, 变异株系的分蘖数和抽穗数也发生了变化: 其中 G-9 分蘖数变化最高, 从大到小顺序是 G-9、CK、G-6、G-8、G-13、G-12、G-4; 变异株系的抽穗数发生变化, 从大到小顺序是 G-4、G-8、G-13、CK、G-6、G-12、G-9, 结合抽穗数和分蘖数的情况来看, 变异株系中 G-6、G-8、G-12 和 G-13 的表现符合育种目标。

(4) 草坪群体性状是由个体生物学性状所决定的, 所以在轮回选择中如何确定主要性状及选择方向是非常重要的。李德颖等^[8]对高羊茅品种生物学性状: 出苗期、分蘖期、分蘖数、株高、叶宽、抽穗期及散粉期等进行聚类分析, 结合品种种子蛋白电泳图谱的聚类分析结果, 对高羊茅品种进行分类杂交, 并根据性状的相关性, 选择代表性强的性状作为育种

选择指标, 比较杂交或轮回选择后代中主要草坪性状的选择效果。

(5) 笔者对草坪草的生物学性状进行分析对比, 发现通过辐照处理, 草坪草叶长、叶宽、冠径、株高、穗长、分蘖数和抽穗数与对照爱瑞 3 号比较, 均具有不同程度的变化, 说明通过 ^{60}Co 辐射诱变处理可导致高羊茅生物学性状发生变异, 即通过辐照诱变改良高羊茅草的不良生物学性状, 提高高羊茅的观赏价值是可行的。

参考文献

- [1] HOST G L, NELSON C J, ASAY K H. Relation of leaf elongation to forage yield of tall fescue genotypes[J]. Crop science, 1978, 18(5): 715-719.
- [2] NELSON C J, SLEPER D A. Using leaf area expansion rate to improve yield of tall fescue[C]//Pro 14th Inter Grass Congress. Lexington, KY: [s.n.], 1983: 413-416.
- [3] NGUYEN H T, SLEPER D A. Genetic variability of seed yield and reproductive characters in tall fescue[J]. Crop science, 1983, 23(4): 621-626.
- [4] 张彦芹, 贾炜琰, 杨丽莉, 等. ^{60}Co 辐射高羊茅性状变异研究[J]. 草业学报, 2005, 14(4): 65-71.
- [5] 张彦芹, 贾炜琰, 杨丽莉, 等. 高羊茅耐寒突变体的诱发与鉴定[J]. 草地学报, 2006, 14(2): 124-128.
- [6] WATSON C EJR, MCLEAN S D. Response to divergent selection for anthesis rate in tall fescue[J]. Crop science, 1991, 31(2): 422-424.
- [7] DE BATTISTA J P, BOUTON J H. Greenhouse evaluation of tall fescue genotypes for rhizome production[J]. Crop science, 1990, 30(3): 536-541.
- [8] 李德颖, 范莉英, 孙阿琦. 高羊茅生物学性状分析在草坪品种选育中的应用[J]. 草业学报, 1997, 6(2): 28-35.

(上接第 60 页)

1.10%。绿色蛙稻模式 1.05%、有机蛙稻模式 0.24%。这表明磷素下渗的比例低于在田面水中的比例。

3 结论与讨论

(1) 3 种水稻种植模式下田面水中总氮和总磷含量的变化特征大体是一致的, 总氮的平均含量大小顺序为常规种植模式>绿色蛙稻模式>有机蛙稻模式; 总磷的平均含量大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式。

(2) 3 种水稻种植模式下总氮径流流失负荷大小顺序为绿色蛙稻模式>常规种植模式>有机蛙稻模式, 以铵态氮为主; 总氮渗漏流失负荷大小顺序为常规种植模式>有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式, 以硝态氮为主。研究表明, 有机蛙稻模式和绿色蛙稻模式可有效地减少氮素的释放^[6-9]。

(3) 3 种水稻种植模式下总磷径流流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式, 总磷渗透流失负荷大小顺序为有机蛙稻模式>绿色蛙稻模式>常规种植模式, 以溶解性磷为主。研究表明, 有机蛙稻模式可有效地控制磷的释放。

(4) 常规种植模式下, 稻田很少施用有机蛙稻肥并很少采取秸秆还田等, 造成土壤中碱解氮和有机质等水平在很大程度上受到施用化肥的影响^[10-12]。绿色蛙稻模式施用的肥料为有机肥和化肥, 不适用除草剂等危害性较大的农药, 严

格执行行业的标准, 该模式下的水稻较常规种植模式下的品质要好, 且经济效益也更大。有机蛙稻模式可以降低土壤的容重, 增加土壤孔隙度, 对土壤养分状况具有一定的调控和改善作用。

参考文献

- [1] 莫爱琼. 不同水稻种植的模式对于氮磷流失特征影响情况[J]. 低碳世界, 2017(2): 280-281.
- [2] 王祥, 李晖, 杨嘉应, 等. 不同水稻种植模式对氮磷流失特征的影响分析[J]. 南方农业, 2016, 10(24): 30, 33.
- [3] 姜萍, 袁永坤, 朱日恒, 等. 节水灌溉条件下稻田氮素径流与渗漏流失特征研究[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(8): 1592-1596.
- [4] 胡梦甜, 韩永伟, 尚洪磊, 等. 3 种水稻种植模式的减氮效应和经济性评估[J]. 环境科学研究, 2018, 31(3): 577-584.
- [5] 王婧, 冯乃杰. 探究不同水稻种植模式对氮磷流失特征的影响[J]. 农村实用科技信息, 2015(6): 23-24.
- [6] 张璐. 江苏省主要水稻种植模式对比分析[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [7] 柏俊. 不同水稻种植模式对氮流失及产量的影响分析[J]. 北京农业, 2015(14): 32.
- [8] 马少珍. 水稻不同种植模式对产量的影响[J]. 宁夏农林科技, 2017(9): 17-18.
- [9] 刘建, 魏亚凤, 徐少安. 稻田不同种植模式水稻氮肥施用效应的研究[J]. 天津农学院学报, 2005, 12(3): 26-30.
- [10] 李成芳, 曹凑贵, 汪金平, 等. 稻鸭、稻鱼共生生态系统中稻田田面水的 N 素动态变化及淋溶损失[J]. 环境科学学报, 2008, 28(10): 2125-2132.
- [11] 田玉华, 贺发云, 尹斌, 等. 不同氮磷配合下稻田田面水的氮磷动态变化研究[J]. 土壤, 2006, 38(6): 727-723.
- [12] 陈风波. 水稻种植模式变迁对中国南方地区水稻产量的影响[J]. 新疆农垦经济, 2007(8): 6-10.