

水稻氮肥减量条件下不同氮肥运筹比例产量效果与集成技术应用

吴扣兰¹, 吴爱国², 赵伟², 吴琼²

¹江苏省泰州市姜堰区娄庄镇农业农村局, 江苏 泰州

²江苏省泰州市姜堰区农业技术推广中心, 江苏 泰州

收稿日期: 2021年11月18日; 录用日期: 2021年12月14日; 发布日期: 2021年12月21日

摘要

在水稻大面积生产高产田氮肥用量基础上减少10%氮肥用量条件下, 研究最佳氮肥运筹比例, 实现减肥不减产目标。研究表明: 最佳氮肥运筹比例为基蘖肥:穗肥 = 5:5, 笔者同时提出关键配套技术措施。

关键词

氮肥减量, 氮肥运筹模式, 水稻, 关键技术

Yield Effect and Integrated Technology Application of Different Nitrogen Fertilizer Operation Ratios under the Condition of Reducing Rice Nitrogen Fertilizer

Koulun Wu¹, Aiguo Wu², Wei Zhao², Qiong Wu²

¹Agricultural and Rural Bureau of Louzhuang Town, Jiangyan District, Taizhou City, Jiangsu Province, Taizhou Jiangsu

²Jiangyan District Agricultural Technology Extension Center, Taizhou City, Jiangsu Province, Taizhou Jiangsu

Received: Nov. 18th, 2021; accepted: Dec. 14th, 2021; published: Dec. 21st, 2021

Abstract

Under the condition of reducing the amount of nitrogen fertilizer by 10% on the basis of the

文章引用: 吴扣兰, 吴爱国, 赵伟, 吴琼. 水稻氮肥减量条件下不同氮肥运筹比例产量效果与集成技术应用[J]. 农业科学, 2021, 11(12): 1144-1151. DOI: 10.12677/hjas.2021.1112157

amount of nitrogen fertilizer used in large-scale rice production and high-yield fields, research the optimal nitrogen fertilizer operation ratio to achieve the goal of losing weight without reducing production. The research shows that the optimal nitrogen fertilizer operation ratio is base tiller fertilizer:ear fertilizer = 5:5, and the author also proposes key supporting technical measures.

Keywords

Nitrogen Reduction, Nitrogen Fertilizer Management Model, Rice, Key Technology

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水稻是我国最重要的粮食作物, 65%以上的人口主食稻米, 水稻占种植面积的 35%、总产量的 45%, 在国家粮食安全生产中起着举足轻重的作用, 主攻水稻单产是水稻栽培研究的一个永恒的主题。化肥{主要是氮肥}, 在我国的粮食增产技术中, 贡献了 55% 多的力量[1]。然而, 化肥的增产能力受报酬递减规律的控制, 加上稻田氮肥长期过量投入, 导致氮肥利用率低、种稻成本高、产量下降、土壤板结, 病虫害严重, 并引发环境污染等问题, 进而使得水稻生产与资源环境的矛盾日益突出[2] [3]。基于国家对粮食的刚性需求, 我国正在大力开展化肥农药减施增效科技行动[3] [4], 减少氮肥用量的同时, 必须保证不减少水稻产量, 这对保障国家粮食安全和农业可持续发展具有重要意义。

目前, 水稻减氮高产主要依靠栽培技术和肥料产品的改进, 吴爱国、赵伟等将生产中应用的减氮技术划分为 7 种模式, 如水稻叶龄诊断精准高效施肥、水稻康养种植、有机肥部分替代、控混肥一次施用、水稻侧深施肥、稻鸭共作、新型肥料应用等, 且对模式应用效果和推广前景进行了评价[5]。在本地区水稻 700 kg/667m² 需要的施氮量基础上, 减少一定比例的氮肥用量, 是最简易、节本减氮的方式, 在这一模式下, 通过最佳的氮肥运筹比例, 能否实现减氮目标, 又不减少水稻产量, 甚而增产, 对指导大面积生产减肥增效, 具有十分重要的意义。2021 年, 在江苏省水稻产业技术体系团队专家杨洪建研究员指导下, 姜堰基地团队实施了水稻氮肥减量绿色调优栽培技术试验示范, 以姜堰区大面积示范推广的优良食味主推品种为主体, 通过开展肥料不同运筹比例试验, 明确适宜当地推广应用的氮肥减量绿色调优栽培技术, 为大面积生产开展化肥农药减施增效科技行动提供技术支撑。

2. 材料与方法

2.1. 试验地点

试验研究在江苏省现代农业(稻麦)产业技术体系姜堰水稻科技综合示范基地、姜堰区三水街道大杨村井贤农场实施。土壤资料: pH 6.0, 渗育型水稻土, 有机质 29.6 g/kg, 全氮 2.12 g/kg, 有效磷 10.4 mg/kg, 速效钾 224 mg/kg。上茬口种植水稻。

2.2. 试验设计

2.2.1. 水稻品种

试验选用由江苏省农业科学院粮食作物研究所选育的、姜堰区主要种植品种、优质食味粳稻品种南粳 9108, 迟熟中粳类型品种, 姜堰区 2021 年种植面积 2.57 万 hm², 占全区水稻种植面积 86%。

2.2.2. 试验处理

1) 姜堰区水稻生产高产田氮肥施用量。姜堰区水稻 700 kg/667m² 一般 667 m² 施氮量 18~20 kg, 本次试验常规对照处理设计 667 m² 施氮量 18 kg, 试验肥料品种选用 N-P-K 比例为 15-15-15 的复混肥料和 46.2% 尿素, 复合肥料用作基肥和促花肥, 尿素用于分蘖肥、促花肥和保花肥。

2) 试验处理。试验设计 5 个处理,

- ① 处理 1: 常规施肥对照, 基蘖肥: 穗肥 = 6:4;
- ② 处理 2: 较常规施氮量减氮 10%, 基蘖肥: 穗肥 = 5:5;
- ③ 处理 3: 较常规施氮量减氮 10%, 基蘖肥: 穗肥 = 6:4;
- ④ 处理 4: 较常规施氮量减氮 10%, 基蘖肥: 穗肥 = 7:3;
- ⑤ 处理 5: 较常规施氮量减氮 10%, 基蘖肥: 穗肥 = 8:2。

每个试验处理面积 667 m², 不设重复。肥料品种、栽插方式、栽插规格密度、水分管理对照和处理一致。处理肥料 667 m² 施用量见表 1。

Table 1. Fertilizer dosage of 667 m² in different treatments (Unit: kg)

表 1. 不同处理 667 m² 施肥用量(单位: kg)

处理	基肥		分蘖 1	分蘖 2	促花肥		保花肥
	复混肥料	尿素			复混肥料	尿素	
处理 1 (对照)	26		10	5	15	7.5	6.5
处理 2	25		7.5	4	15	7.5	10.4
处理 3	25		8	5	15	5	8.4
处理 4	25	5	5	4.75	15	2.83	0
处理 5	25	7.5	10	5.75	15	2.15	0

2.3. 项目测定及方法。

2.3.1. 水稻生育期

处理水稻移栽期、抽穗期、成熟期和全生育期。

2.3.2. 叶龄及茎蘖动态

移栽后每隔 7 天测定不同处理叶龄及单位面积水稻总茎蘖数, 分析不同处理对叶龄和茎蘖发生的影响。

2.3.3. 水稻产量及其构成因子

按照对角线方法, 每个处理实割 3 个小区, 每个小区收割面积 8~10 m², 自然晒干测量水分, 折算 14.5% 水分的水稻亩产量; 收割前调查穗粒结构, 分析不同处理对构成因子的影响。

3. 结果与分析

3.1. 不同运筹比例各个处理产量表现(表 2)

不同氮肥运筹比例各个处理水稻 667 m² 产量从高到低分别为处理 2、处理 1 (对照)、处理 3、处理 4、处理 5; 处理 2 较对照处理 1667 m² 增产 13 kg, 667 m² 增 2.28%; 处理 3、处理 4 和处理 5 较对照处理 1667m² 减产分别为 3.6 kg、29.7 kg 和 63.4 kg, 667 m² 减幅分别为 0.63%、5.2% 和 11.1%; 处理 2 是唯一

增产处理, 处理 3 减产不显著, 处理 5 和处理 4 减幅显著。

以上表明, 在减氮 10% 情况下, 不同氮肥运筹比例各个处理, 随着穗肥比例下降, 667 m² 产量下降, 基蘖肥: 穗肥 = 5:5 表现显著增产, 基蘖肥: 穗肥 = 6:4 减产不显著, 基蘖肥: 穗肥 = 7:3 和基蘖肥: 穗肥 = 8:2 减产显著。

Table 2. Yield performance and grain formation of various treatments for reducing nitrogen (Unit: kg, g)

表 2. 减氮各种处理产量表现及穗粒成(单位: kg、g)

处理	有效穗数 (万/667m ²)	每穗粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	理论产量 (kg/667m ²)	实际产量 (kg/667m ²)	较 ck+-%	
							667 m ² 增产量	增产 幅度
处理 1 (对照)	22.3	113.8	93.9	26.6	634.1	570.2	/	/
处理 2	22.04	123.5	90.5	26.8	660.2	583.2	13.0	2.28
处理 3	22.45	115.8	91.5	26.6	632.7	566.4	-3.6	-0.63
处理 4	24.95	97.4	90.8	27.0	595.7	540.5	-29.7	-5.2
处理 5	23.43	90.9	93.1	27.3	541.3	506.8	-63.4	-11.1

3.2. 穗粒构成因子变化(表 2)

1) 667 m² 有效穗数。减氮 10% 条件下, 不同氮肥运筹比例各个处理 667 m² 有效穗数从高到低分别为处理 4、处理 5、处理 3、处理 2, 处理 5、处理 4、处理 3 667 m² 有效穗数均多于处理 1 (对照), 且增加显著, 处理 2 增加不显著。

以上表明, 在减氮 10% 情况下, 不同肥料运筹比例各个处理基本遵循基蘖肥比例高, 667 m² 有效穗数相应较高的趋势, 但也有个例, 处理 4 667 m² 有效穗高于处理 5, 分析认为是处理 5 后期穗肥用量不足, 导致动摇分蘖或高位分蘖成穗低的原因。仅考虑 667 m² 有效穗数, 基蘖肥: 穗肥 = 7:3 (处理 4) 氮肥运筹比例最有利提高 667 m² 有效穗数(见图 1)。

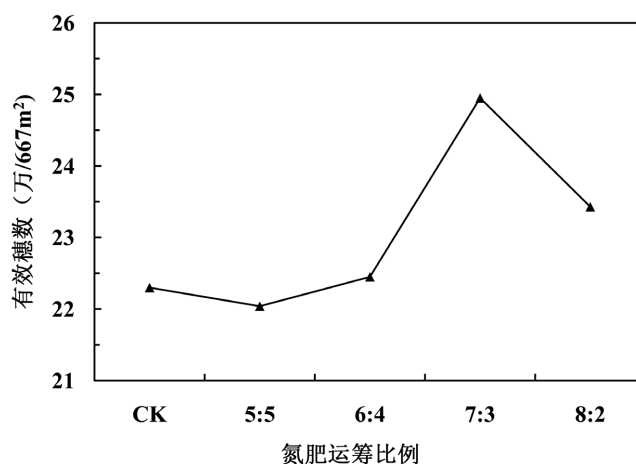


Figure 1. The relationship between effective ears per mu and the proportion of different nitrogen fertilizers

图 1. 亩有效穗与不同氮肥运筹比例关系

2) 每穗总粒。减氮 10% 条件下, 不同肥料运筹比例各个处理每穗总粒从高到低分别为处理 2、处理 3、处理 4、处理 5, 分别较对照处理 1 增加 9.7 粒、2 粒、-16.4 粒和 -22.9 粒, 增幅分别为 8.5%、1.8%、

-14.4%和-20.1%。

以上表明,在减氮 10%条件下,不同氮肥运筹比例各个处理,随着穗肥用量增加,每穗总粒增加,基肥:穗肥 = 5:5 (处理 2)每穗总粒最高,且增加显著,基肥:穗肥 = 7:3 (处理 4)、基肥:穗肥 = 8:2 (处理 5)减粒显著(见图 2)。

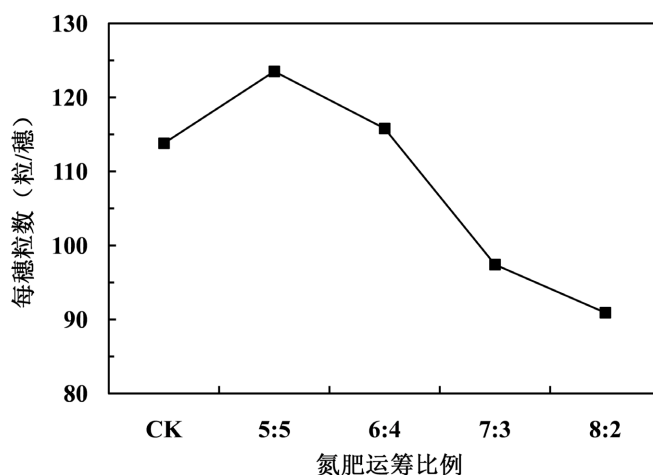


Figure 2. The relationship between the total kernels per panicle and the proportion of different nitrogen fertilizers
图 2. 每穗总粒与不同氮肥运筹比例关系

3) 结实率。减氮 10%条件下,不同氮肥运筹比例各个处理结实率从高到低分别为处理 5、处理 3、处理 4 和处理 2,较对照处理 1 分别减少 0.8、2.4、3.1 和 3.4 粒,减幅分别为 0.85%、2.6%、3.3%和 3.6%。

以上表明,在减氮 10%条件下,不同氮肥运筹比例各个处理结实率较常规施肥对照处理均表现下降,基肥:穗肥 = 8:2 降幅不显著,接近常规对照处理,其余 3 个处理减幅显著,且 3 个处理之间变化不显著(见图 3)。

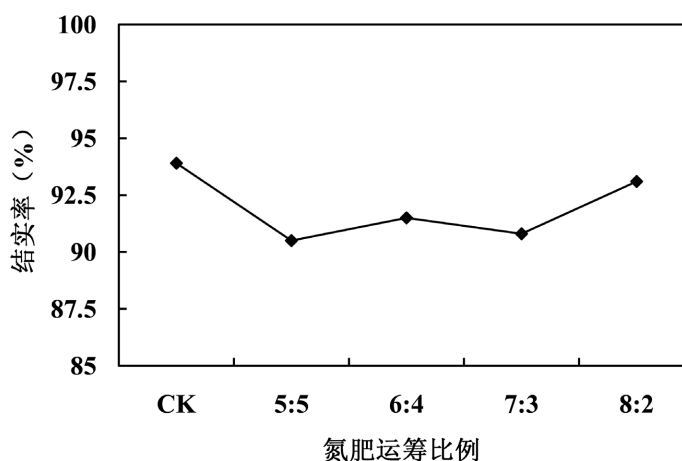


Figure 3. The relationship between the seed setting rate and the proportion of different nitrogen fertilizers
图 3. 结实率与不同氮肥运筹比例关系

4) 千粒重。减氮 10%条件下,不同氮肥运筹比例各个处理千粒重均高于对照处理,千粒重从高到低分别为处理 5、处理 4、处理 2 和处理 3,分别较对照处理 1 增加 0.7 g、0.4 g、0.2 g 和 0 g,增幅分别为 2.63%、1.5%、0.75%和 0%。

以上表明,在减氮 10%条件下,不同氮肥运筹比例各个处理,随着穗肥用量减少,千粒重增加(见图 4)。

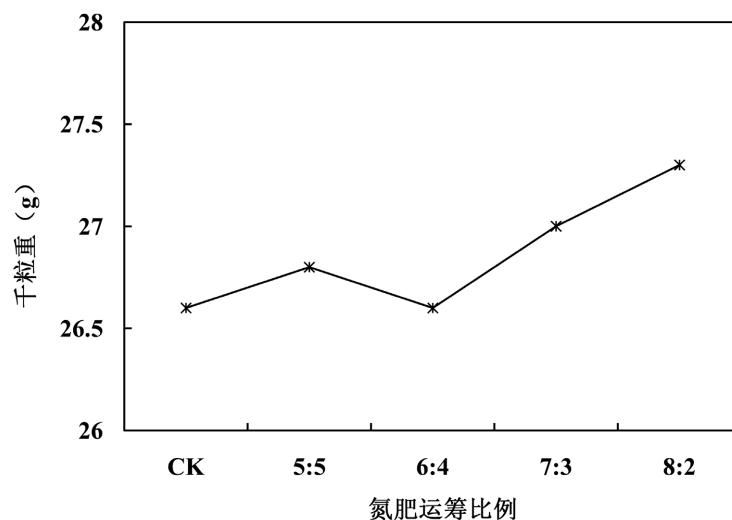


Figure 4. The relationship between thousand-grain weight and the proportion of different nitrogen fertilizers
图 4. 千粒重与不同肥筹运氮比例关系

5) 综合以上表明,在减氮 10%条件下,随着穗肥比例增加,667 m²有效穗数呈现倒 U 趋势,基蘖肥:穗肥 = 7:3 处理 667 m²有效穗数最高;每穗总粒呈现折线上升趋势;结实率整体表现下降趋势,但无明显规律;千粒重呈现减少趋势。

3.3. 不同处理对茎蘖发生的影响(表 3)

7 月 16 日到达水稻叶龄有效叶龄临界期,水稻叶龄 9.2 叶,各个处理均达到穗数苗,不同处理 667 m²茎蘖苗从高到低分别为处理 5、处理 3、处理 4、处理 2,处理 3、处理 4、处理 5 分别高于对照;7 月 27 日到达拔节期、也是水稻高峰苗期,水稻叶龄 12.6 叶,高峰苗从高到低分别为处理 4、处理 3、处理 3、处理 2,其中处理 4 和处理 5 高于对照;667 m²有效穗从高到低分别为处理 4、处理 5、处理 3、处理 2,处理 3、处理 4 和处理 5 分别高于对照;成穗率是衡量群体质量主要指标,成穗率从高到低分别为处理 2、处理 3、处理 4 和处理 5,其中处理 5 低于对照。

Table 3. Stem and tiller dynamics of different treatments (Unit: 10 Thousand)

表 3. 不同处理茎蘖动态(单位:万)

处理	基本苗	7/2	7/9	7/16	7/23	7/30	8/6	8/13	8/20	高峰苗	亩有效穗	成穗率(%)
处理 1 (对照)	7.2	8.9	15.2	24.8	36.2	36.7	34.2	30.2	25.4	38.1	22.3	58.5
处理 2	7.2	8.2	14.6	23.6	33.3	32.6	30.2	28, 7	24.6	35.6	22.04	61.9
处理 3	7.2	8.3	14.8	25.1	33.8	33.2	30.4	29.3	26.0	36.8	22.45	61.0
处理 4	7.2	8.5	15.1	24.9	35.2	39.5	37.6	33.5	27.8	41.6	24.95	60.0
处理 5	7.2	7.0	15.5	25.7	37.1	38.2	32.6	29.1	25.2	41.2	23.43	56.8

以上表明,与对照比较,减氮 10%后,不同氮肥运筹比例各个处理均可能在有效叶齿前达到穗数苗,能满足前期肥量供应需求;前期肥料比例高,亩高峰苗高,亩有效穗高,但成穗率低,水稻产量与成穗率正相关。见表 3 和图 5。

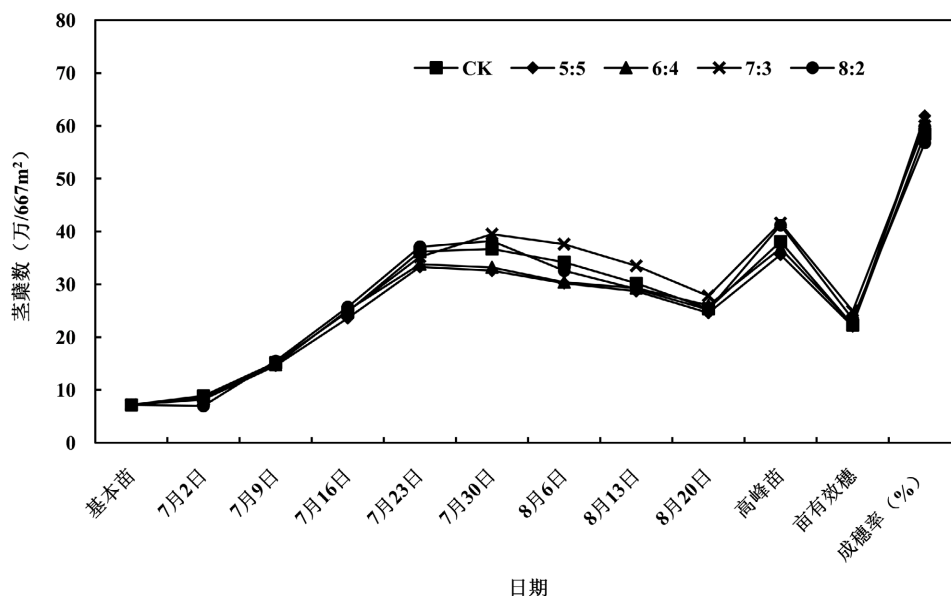


Figure 5. Dynamics of seedling situation in different treatments
图 5. 不同处理苗情发生动态

4. 小结与讨论

4.1. 小结

1) 在减氮 10% 情况下, 不同氮肥运筹比例各个处理, 随着穗肥比重下降, 667 m² 产量下降, 基蘖肥: 穗肥 = 5:5 模式增产显著, 基蘖肥: 穗肥 = 6:4 减产不显著, 基蘖肥: 穗肥 = 7:3、基蘖肥: 穗肥 = 8:2 减产显著。

2) 穗粒结构变化。亩有效穗与前期用肥量基本呈正相关, 基蘖肥占比 70% 亩有效穗最多; 每穗总粒与穗肥用量呈正相关, 穗肥占比 50% 每穗总粒最高; 结实率整体表现下降趋势; 千粒重呈现下降趋势。

3) 苗情变化。在减氮 10% 后, 基蘖肥占比 50% 模式也能满足前期肥量需求; 前期肥量比例越高, 高峰苗和有效穗数越高, 但茎蘖成穗率低, 水稻 667 m² 产量与茎蘖成穗率正相关。

4) 综合表明, 在减氮 10% 情况下, 实现减氮不减产或增产目标, 氮肥运筹最佳比例为基蘖肥: 穗肥 = 5:5, 667 m² 总颖花量最高, 667 m² 有效穗与每穗总粒搭配合理, 茎蘖成穗率最高, 667 m² 产量最高。

4.2. 讨论

本次试验没有设计重复处理, 也没有进行年度间重复试验, 部分结论不一定正确, 如结实率变化随穗肥用量下降没有原因没有理论支撑, 本次试验示范结果仅作为参考。

5. 水稻机插氮肥减量绿色调优栽培技术

5.1. 减氮绿色调优总途径

保证适宜穗数的前提下, 通过压缩高峰苗, 提高茎蘖成穗率, 攻取大穗, 获取高产[6]。

5.2. 产量和减氮指标

667 m²产量 650 kg 以上, 较生产上减肥 10%以上。

5.3. 栽培关键技术

1) 优良食味水稻新品种精准选用。根据区域生态条件与市场需求, 选用优良食味优质高产综合抗性强水稻新品种。

2) “三控一促”培育适龄毯苗壮秧。秧池耕翻做板前, 667 m²施 45%复合肥 25~35 kg 与尿素 10~15 kg; 播种处理, 每 3.0 kg 种子拌海安产苗壮丰一袋(150 ml/袋)。机械化流水线精准控种播种, 每盘 100~110 g。出苗前以保持秧床湿润为主, 出苗至起盘前, 旱育控水, 待秧盘表面发白或晴天中午叶片卷叶时微喷灌补水。移栽前每盘施尿素 2~4 g 作送嫁肥, 以肥促壮。移栽前 1 天喷施送嫁药, 预防本田早期纹枯病、稻瘟病与稻飞虱等。

3) 高质量机插。移栽叶龄 3.0~4.0 叶, 株高 15~18 cm, 667 m²栽 1.7 万穴以上, 每穴 3~4 苗, 667 m²基本苗 7~8 万, 栽插深度不高于 2 cm。

4) 精准诊断施肥。667 m²总用 N 16 kg, 基蘖肥: 穗肥 = 50:50。基肥亩用 25 kg 45%复合肥, 栽后 7、12 d 分别 667 m²尿素施 7.0、5 kg, 穗肥于倒 4 叶、倒 3 叶分别 667 m²施 15 kg 45%复合肥及 5 kg 尿素、5 kg 尿素。

5) 模式化精准灌溉。采用“薄(湿) - 浅 - 搁 - 湿”灌溉模式, 即薄水浅插后湿润护苗; 活棵后浅水勤灌促早发并适期够苗; 80%~90%够苗后断水多次轻搁田; 田面搁实后, 除治虫防病保持短期水层外, 实施干湿交替灌溉直至水稻成熟前一周。

6) 病虫无人化精准绿色飞防。全程根据病虫监测与绿色综合防治指标, 选用无人机及其配套的农药品种与助剂精准防治纹枯病、稻瘟病、螟虫、稻纵卷叶螟等病虫害。

基金项目

江苏现代农业产业技术体系建设项目(编号: JATS[2021]298)。

参考文献

- [1] 韩健. 化肥减量增效技术推行的必要性及重要涵义[J]. 农民致富之友, 2020(15): 89.
- [2] 吴爱国, 赵伟, 李莲, 于倩倩, 张荔. 七种水稻减氮模式试验效果分析与评价[J]. 农业科学, 2021, 11(1): 26-34.
- [3] 巨晓棠, 谷保静. 我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 783-795.
- [4] 赵宏伟, 沙汉景. 我国稻田氮肥利用率的研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(2): 116-122.
- [5] 康洪灿, 李国生, 钊兴宽, 王锦艳, 王硕, 尹正钦. 水稻化肥减量增效施用技术试验初探[J]. 中国稻米, 2017, 23(4): 176-179.
- [6] 凌启鸿. 水稻高产精确定量栽培[M]//现代水稻发展论文集. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007: 3-19.