

胡中泽,杨大柳,衣政伟,等.缓控释肥配施速效氮对优良食味粳稻南粳 9108 生长和产量的影响[J].江苏农业科学,2024,52(6):125-130.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.06.017

# 缓控释肥配施速效氮对优良食味粳稻 南粳 9108 生长和产量的影响

胡中泽<sup>1</sup>,杨大柳<sup>1</sup>,衣政伟<sup>1</sup>,王 安<sup>1</sup>,杨亚云<sup>2</sup>,陈春英<sup>2</sup>,王 显<sup>1</sup>

(1.江苏省农业科学院泰州农科所,江苏泰州 225300;2.泰州市海陵区农业农村局耕保站,江苏泰州 225300)

**摘要:**在一次性基施模式下,探讨缓控释肥与速效氮的合理配比,实现水稻的轻简化生产。以南粳 9108 为试材,开展 2 个稻季的田间试验,以常规施肥为对照,设置 3 个缓控释肥与速效氮比例(缓控释肥:速效肥=80%:20%、65%:35%、50%:50%),研究对水稻产量及构成因素、茎蘖动态、叶面积指数(LAI)、干物质积累、氮素含量及氮肥利用率的影响。结果表明,与常规施肥相比,配施处理通过提高水稻穗数和每穗粒数,提高水稻籽粒产量,较常规施肥处理 2 年平均增产 0.11%~11.69%,其中 80% 缓控释肥+20% 速效肥、65% 缓控释肥+35% 速效肥处理水稻籽粒产量显著高于常规施肥处理( $P<0.05$ );缓控释肥占比越高,水稻籽粒和秸秆产量越高。水稻成熟期,与常规施肥处理相比,3 个配施处理水稻茎蘖数 2 年平均分别增加 1.35%、0.72% 和 0.42%。配施处理 2 年水稻 4 个时期平均 LAI 和地上部干物重均高于常规施肥处理。分析缓控释肥与速效肥配比处理间差异,发现速效肥比例越高,对水稻前期 LAI 和地上部干物重影响越大;反之,对水稻后期 LAI 和地上部干物重影响越大。与常规施肥相比,2 年试验中 3 个缓控释肥配施速效肥处理能够分别平均提高氮素利用率 49.93%、29.18%、9.96%,同时分别增加水稻氮素吸收量 16.67%、9.07%、1.96%,缓控释肥配施速效氮能够促进水稻对氮素的吸收利用。以上结果表明,一次性基施模式下,选择 80% 缓控释肥+20% 速效肥配比能有效促进水稻生长和对氮素的吸收利用,最终提高水稻产量。

**关键词:**缓控释肥;水稻;南粳 9108;产量;氮素吸收利用

**中图分类号:**S511.2+20.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)06-0125-06

江苏省是我国重要的水稻主产区之一,水稻常年种植面积约为  $2.22 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,承担着重要的粮食安全重任<sup>[1-2]</sup>。为谋求粮食高产,农户在生产过程中往往施用过量的氮肥,然而这样不但不会增加作物产量,反而降低肥料利用效率,造成了资源浪费,造成农业面源污染,增加环境压力<sup>[3-5]</sup>。因此,为实现水稻丰产、生态、绿色且高效的产业目标,研究应用高效的新型肥料迫在眉睫。

在此背景下,以缓控释肥为代表的新型肥料应运而生。该肥具有养分释放缓慢、肥效持久稳定等特点,能够提高肥料利用率、减少化肥用量、省工环

保,对实现节肥增效具有重大的现实意义<sup>[6]</sup>。王玉红等研究发现,与普通尿素相比,树脂包膜尿素可以通过缓慢释放肥效,提高作物产量和氮肥利用率<sup>[7]</sup>;侯红乾等通过 2 年田间定位试验发现,在推荐施肥基础上减量 20% 施用缓控释肥并不影响产量<sup>[8]</sup>。多项研究表明,控释氮肥与普通尿素按适宜比例掺混施用,能够有效提高作物氮肥利用效率,减少生产人工投入,最终获得较高收益<sup>[9-14]</sup>。

前人已开展许多关于缓控释肥在水稻生产上的研究,然而在一次性侧深施肥模式下,缓控释肥与速效肥配比对水稻生长、产量及氮肥利用率的研究却不多。因此,本研究以常规施肥为对照,设置 3 个缓控释肥和速效肥配施处理,分析比较水稻生长、产量和氮肥利用率的差异,以期水稻绿色丰产生态生产推广提供理论依据和技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2021—2022 年在江苏省农业科学院泰州农科所试验基地(119°59′38″E,32°32′23″N)进

收稿日期:2023-04-25

基金项目:泰州市科技支撑计划(农业)(编号:YN202129);2022 年泰州市级财政专项资金(编号:TNY202205);泰州市“凤城引才计划”青年科技人才托举工程资助培养项目。

作者简介:胡中泽(1987—),男,江苏兴化人,硕士,助理研究员,从事农业科技服务、稻麦绿色生态栽培技术研究等工作。E-mail: huzhongze@126.com。

通信作者:王 显,硕士,副研究员,从事稻麦生态种植技术研究等工作。E-mail: 43850149@qq.com。

行。基地位于江苏里下河地区,年平均温度和降水量分别为 14.8 ℃ 和 1 011.6 mm 左右,属于北亚热带湿润气候区。土壤类型为黏泥土,质地黏性,地力中等,其中速效钾含量为 176.25 mg/kg,速效磷含量为 71.57 mg/kg,速效氮含量为 109.54 mg/kg,有机质含量为 32.17 g/kg,pH 值为 6.7。

## 1.2 供试材料

供试粳稻品种为南粳 9108,由江苏省农业科学院粮食作物研究所育成,属于迟熟粳稻品种。供试肥料有 48% 缓控释肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 26%、10%、12%)、常规复合肥(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量均为 15%)、尿素(含 N 46.4%)、过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 52%),均由江苏苏中农业发展有限公司提供。

## 1.3 试验设计

分别于 2021 年、2022 年 5 月初干种播种,6 月上旬移栽,10 月底收获。试验设置 5 个施肥处理:T1(80%缓控释肥+20%尿素)、T2(65%缓控释肥+35%尿素)、T3(50%缓控释肥+50%尿素)、T4(常规农户施肥对照)、CK(不施氮处理)。T1~T3 处理为一次性基肥,T4 处理基肥:蘖肥:穗肥=3:3:4,每个处理 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 80 kg/hm<sup>2</sup>,T1~T4 处理总施氮量为 240 kg/hm<sup>2</sup>。处理中 P、K 元素不足的加入过磷酸钙及氯化钾补足相关元素施用量。每个处理重复 3 次,随机区组排列,小区面积 20 m<sup>2</sup>。小区之间用 0.5 m 宽双膜埂隔开,单灌单排。移栽时,统一将肥料均匀撒入秧苗一侧 4 cm 处的 4 cm 深的沟中,并及时覆盖。常规和不施氮处理按当地农户习惯进行人工撒施。其余田间管理均统一按常规方法实施。

## 1.4 测定项目和方法

1.4.1 茎蘖动态 每个小区定点选取长势一致的植株 10 穴,自移栽后开始,每 20 d 调查 1 次茎蘖数,直到茎蘖数不再变化为止。

1.4.2 叶面积动态及干物质 自移栽后开始,每个生育进程调查选取有代表性的植株 9 穴,运用比叶重法计算水稻总叶面积指数。105 ℃ 杀青 30 min 后,75 ℃ 烘干至恒重,测定植株干物重。

1.4.3 水稻产量的测定 水稻成熟后,脱粒,风干,按含水量 13.5% 测实产。每个处理取长势均匀的 10 穴进行测产,调查有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重等。

1.4.4 植株全氮含量测定 于成熟期选定长势相

近的水稻植株 10 穴,取地上部完整植株,杀青烘干后,将籽粒和秸秆分别粉碎消化,用半微量凯氏定氮法测定植株氮元素含量。

## 1.5 数据计算与统计分析

氮素吸收量(kg/t)=籽粒产量×籽粒氮素含量+秸秆产量×秸秆氮素含量;氮素利用率=(施氮区水稻吸氮量-无氮区水稻吸氮量)/施氮量×100%。试验数据采用 Microsoft Excel 2019 进行整理和作图,采用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差分析,采用 LSD 法(α=0.05)进行处理间多重比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对水稻产量及其构成因子的影响

方差分析结果(表 1)表明,年份对每穗粒数、结实率和籽粒产量的影响达到显著水平,对穗数、千粒重和秸秆产量无显著影响;处理对千粒重的影响达到显著水平,对籽粒产量、秸秆产量、穗数、每穗粒数的影响均达到极显著水平;年份和处理互作对籽粒产量、秸秆产量及其构成因素均无显著影响。

T1 处理籽粒产量在 2021—2022 年 2 年中均为最高,分别为 10.73、10.08 t/hm<sup>2</sup>,较常规施肥 T4 处理分别高 14.88%、8.50%。T1~T2 处理籽粒产量均显著高于常规处理 T4,T3 与 T4 处理无显著差异。不同处理间水稻产量构成因子差异显著,T3 处理水稻穗数 2 年试验中均为最高,分别较常规施肥 T4 处理高 11.06%、14.86%,差异显著;每穗粒数以 T1 处理较高,显著高于 T3 处理;T1~T4 处理间结实率和千粒重均无显著差异。以上结果表明在一次性基肥模式下缓控释肥与普通尿素配施较常规处理增产效果明显,其增产原因可能是通过提高水稻穗数。

### 2.2 不同处理对水稻茎蘖动态及成穗率的影响

由表 2 可知,不同处理水稻茎蘖动态变化规律基本一致:分蘖盛期最高,拔节至成熟期逐步降低。方差分析结果表明,年份除对成熟期茎蘖数的影响达到极显著水平外,对其他 3 个时期茎蘖数和成穗率的影响均未达到显著水平;处理对 4 个时期的茎蘖数及成穗率的影响均达到极显著水平;年份和处理互作对 4 个时期茎蘖数以及成穗率的影响均不显著。进一步分析不同配施方式对水稻茎蘖动态的影响可知,T3 处理在 2 年 4 个时期中茎蘖数均为最高,配施处理 T1~T3 的茎蘖数高于常规施肥处理;

表 1 不同处理的水稻产量及其构成因子

年份	处理	穗数 (万穗/hm <sup>2</sup> )	每穗粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	籽粒产量 (t/hm <sup>2</sup> )	秸秆产量 (t/hm <sup>2</sup> )
2021	T1	386.75a	121.33a	90.28b	25.72b	10.73a	11.17a
	T2	378.80ab	117.68ab	89.93b	25.54b	9.93b	10.33b
	T3	392.89a	114.18b	88.93b	25.23b	9.38c	9.85bc
	T4	353.75b	121.51a	89.81b	25.58b	9.34c	9.55c
	CK	265.12c	106.77c	93.72a	26.30a	7.55d	7.00d
2022	T1	377.17a	124.43a	88.79b	25.86a	10.08a	10.53a
	T2	382.32a	120.24ab	88.65b	25.77a	9.67a	10.13ab
	T3	393.47a	118.08b	88.63b	25.72a	9.27b	9.79b
	T4	342.57b	122.57ab	88.67b	25.65a	9.29b	9.66b
	CK	253.53c	108.26c	91.89a	26.21a	7.27c	6.96c
方差分析结果	<i>Y</i>	ns	*	*	ns	*	ns
	<i>T</i>	**	**	**	*	**	**
	<i>Y</i> × <i>T</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注:*Y*表示年份,*T*表示处理;ns表示影响不显著,\*和\*\*分别表示影响达到0.05和0.01显著水平。同年份同列数据后标有不同小写字母表示在0.05水平上差异显著(*LSD*检验)。下表同。

除2021年穗期T3处理以及2021年和2022年成熟期T2、T3处理茎蘖数显著高于T4处理外,其余时期施氮肥处理间均表现为无显著差异;成熟期T1~

T3配施处理水稻茎蘖数2年平均较T4常规施肥处理分别高1.35%、0.72%和0.42%。2年试验T1~T4处理间成穗率无显著差异。

表 2 不同处理对水稻茎蘖动态的影响

年份	处理	茎蘖数(万个/hm <sup>2</sup> )				成穗率 (%)
		分蘖盛期	拔节期	穗期	成熟期	
2021	T1	602.09a	584.25a	381.80ab	372.89bc	61.33b
	T2	616.68a	595.59a	386.86ab	378.04ab	61.31b
	T3	628.95a	608.83a	398.85a	383.52a	61.03b
	T4	590.39a	575.50a	361.07b	353.75c	59.93b
	CK	346.13b	323.17b	252.21c	265.12d	76.66a
2022	T1	597.99a	575.30a	364.57a	353.47bc	59.13b
	T2	607.51a	584.91a	370.25a	367.32ab	60.48b
	T3	622.57a	600.37a	379.15a	377.18a	60.58b
	T4	589.37a	576.84a	347.82a	342.57c	58.13b
	CK	338.46b	320.16b	254.94b	253.53d	74.94a
方差分析结果	<i>Y</i>	ns	ns	ns	**	ns
	<i>T</i>	**	**	**	**	**
	<i>Y</i> × <i>T</i>	ns	ns	ns	ns	ns

2.3 不同处理对水稻叶面积指数的影响

叶面积指数的大小是衡量作物生长发育的重要指标之一,与肥料效应息息相关<sup>[15]</sup>。由表3可知,不同处理水稻叶面积指数(LAI)随着生育进程推移,均呈现先增加后下降的趋势。方差分析结果表明,年份、年份与处理互作对水稻4个时期LAI的影响未达到显著水平,处理对水稻4个时期LAI的影响均达到极显著水平。进一步分析发现,T3处理

水稻LAI在分蘖期和拔节期均为最高,2年分别平均较T4处理高16.89%(分蘖期)、6.61%(拔节期);T1处理LAI在水稻穗期和成熟期为最高,2年分别平均较T4处理高4.47%(穗期)、3.49%(成熟期)。配施处理在水稻4个时期2年平均LAI均高于常规施肥T4处理。分析缓控释肥与速效肥配比处理间的差异,发现速效肥比例越高,对水稻前期LAI影响越大;反之,对水稻后期LAI影响越大。

表 3 不同处理对水稻叶面积指数的影响

年份	处理	叶面积指数			
		分蘖期	拔节期	穗期	成熟期
2021	T1	2.03a	4.50a	6.61a	3.98a
	T2	2.12a	4.65a	6.54a	3.90a
	T3	2.24a	4.74a	6.50a	3.87a
	T4	1.91a	4.37a	6.39a	3.88a
	CK	1.34b	1.95b	3.65b	1.71b
2022	T1	1.99a	4.73a	6.71a	4.03a
	T2	2.06a	4.82a	6.65a	3.97a
	T3	2.19a	4.94a	6.43a	3.88a
	T4	1.88a	4.71a	6.36a	3.86a
	CK	1.31b	1.92b	3.67b	1.82b
方差分析结果	<i>Y</i>	ns	ns	ns	ns
	<i>T</i>	**	**	**	**
	<i>Y</i> × <i>T</i>	ns	ns	ns	ns

2.4 不同处理对水稻地上部干物质量的影响

方差分析结果(表 4)表明,年份对 4 个时期水稻地上部干物重均无显著影响;处理对水稻各生育期地上部干物重的影响均达到极显著水平;年份与处理互作对成熟期水稻地上部干物重的影响达到显著水平,而对其余 3 个时期水稻地上部干物重的影响均无显著差异。进一步分析发现,随生育进程的推移,水稻植株干物质积累量逐渐增加,成熟期达到峰值,T3 处理水稻地上部干物重在 2 年水稻分蘖期和拔节期均为最高,2 年平均较常规施肥 T4 处理分别高 13.95%、8.98%。而 T1 处理水稻地上部干物重在水稻穗期和成熟期均为最高,2 年平均较常规施肥 T4 处理分别高 1.34%、12.34%。分析缓控释肥与速效肥配比处理差异,发现速效肥比例越高,对水稻前期地上部干物重影响越大;反之,对水稻后期地上部干物重影响越大。

2.5 不同处理对水稻氮素含量及氮肥利用率的影响

方差分析结果(表 5)表明,年份、年份和处理互作对籽粒氮素含量、秸秆氮素含量、氮素利用率和氮素吸收量无显著影响,处理对籽粒氮素含量、秸秆氮素含量、氮素利用率和氮素吸收量的影响均达到极显著水平。由表 5 可知,秸秆氮素含量、氮素利用率和氮素吸收量均以 T1 处理最高,T4 处理最低;除籽粒氮素含量无显著差异外,秸秆氮素含量、氮素利用率和氮素吸收量均显著高于 T4 处理。与常规施肥 T4 处理相比,2 年试验中 T1~T3 处理氮素

表 4 不同处理对水稻地上部干物重的影响

年份	处理	地上部干物重(t/hm <sup>2</sup> )			
		分蘖期	拔节期	穗期	成熟期
2021	T1	2.52a	4.78a	11.79a	21.90a
	T2	2.62a	4.86a	11.70a	20.26b
	T3	2.71a	4.93a	11.64a	19.23c
	T4	2.36a	4.55a	11.62a	18.89c
	CK	1.82b	2.82b	7.05b	13.15d
2022	T1	2.54a	4.74a	11.66a	20.60a
	T2	2.59a	4.82a	11.62a	19.89ab
	T3	2.68a	4.90a	11.60a	19.16b
	T4	2.37a	4.47a	11.52a	18.94b
	CK	1.73b	2.78b	6.92b	13.77c
方差分析结果	<i>Y</i>	ns	ns	ns	ns
	<i>T</i>	**	**	**	**
	<i>Y</i> × <i>T</i>	ns	ns	ns	*

表 5 不同处理对水稻氮素含量及利用率的影响

年份	处理	籽粒氮素含量 (mg/g)	秸秆氮素含量 (mg/g)	氮素利用率 (%)	氮素吸收量 (100 kg/hm <sup>2</sup> )
2021	T1	12.29a	9.80a	48.68a	2.41a
	T2	12.55a	9.58ab	41.24b	2.24b
	T3	12.34a	9.33ab	34.65c	2.08c
	T4	12.30a	8.91b	31.36d	2.04c
	CK	9.68b	8.26c	—	1.25d
2022	T1	12.85a	10.03a	46.78a	2.35a
	T2	12.72a	9.57ab	41.01b	2.21ab
	T3	12.65a	9.10ab	35.36c	2.08bc
	T4	12.55a	8.68bc	32.31c	2.04c
	CK	9.60b	8.23c	—	1.23d
方差分析结果	<i>Y</i>	ns	ns	ns	ns
	<i>T</i>	**	**	**	**
	<i>Y</i> × <i>T</i>	ns	ns	ns	ns

注:“—”代表无数据。

利用率分别平均提高 49.93%、29.18%、9.96%,分别增加水稻氮素吸收量 16.67%、9.07%、1.96%。以上结果表明,与常规施肥相比,缓控释肥配施速效氮能够促进水稻对氮素的吸收利用。

3 讨论

3.1 对水稻产量的影响

针对传统生产上过度施肥、缺乏农村劳动力和人工成本上升等现象,采用一次性基施缓控释肥模式,既能满足水稻生长需求,又能简化施肥次数,省

工节本,最终提高经济效益。与常规肥料相比,缓控释肥能够按照作物需肥规律缓慢释放养分<sup>[16]</sup>。杨阳等研究发现,相同施氮量下,新型基质缓释肥可使水稻增产 13.4% ( $P < 0.05$ );即使减量 10% 施用缓释肥也能使水稻增产 9.6% ( $P < 0.05$ )<sup>[16]</sup>。本研究通过设置 3 个缓控释肥与速效肥比例处理,发生三者籽粒产量较常规施肥处理 2 年平均增产 0.11% ~ 11.69%。其中 80% 缓控释肥 + 20% 速效肥、65% 缓控释肥 + 35% 速效肥处理水稻产量显著高于常规施肥处理 ( $P < 0.05$ )。这一结论与前人的研究结论<sup>[16-17]</sup>一致。也有研究认为,基施缓控释氮肥,减氮处理比常规施肥处理增产 6.00% ~ 12.26%<sup>[18]</sup>。推测用缓控释氮部分代替速效氮,保障水稻后期生长对氮素的需求,从而提升水稻产量潜力<sup>[19-20]</sup>。本研究表明,配施处理中 2 年籽粒和秸秆产量均表现为  $T1 > T2 > T3$ ,表明缓控释肥比例越高,产量越高,这为一次性基施缓控释肥 + 速效肥模式合理减少肥料用量提供了有力依据。

水稻产量由有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重等 4 个因素共同构成。不少研究认为提高有效穗数和每穗粒数是水稻增产的关键措施<sup>[16-17,20-21]</sup>。王海月等在将缓释氮肥与速效肥配比为 7:3 的基础上,保障了充足有效穗数,促进了穗粒数增多,进而提高群体颖花数,最终实现增产<sup>[21]</sup>。本研究结果表明,配施处理在 2 年试验中平均穗数较常规施肥  $T4$  处理高 9.31% ~ 12.93%,呈显著差异;虽然  $T1$  处理在 2 年试验中平均每穗粒数较常规施肥  $T4$  处理高 0.69%,但  $T2$  和  $T3$  处理平均每穗粒数较常规施肥  $T4$  处理减少 2.52% ~ 4.84%,这可能与缓控释肥占比有关,推测合理调控缓控释肥与速效肥比例可促进水稻群体形成和前期生长点的生殖生长,提高每穗粒数,增加有效穗数,最终影响产量形成。也有研究认为,缓控释肥若过早释放肥力导致水稻后期生长不足,籽粒不能顺利灌浆,影响结实率和千粒重,最终导致减产,表明结实率和千粒重也是决定水稻籽粒产量的重要因素<sup>[22]</sup>。本试验结果与之基本一致,2 年试验中 80% 缓控释肥配施 20% 速效肥水稻结实率和千粒重分别平均较常规施肥处理高 0.30 百分点、0.18 g,缓控释肥占比越高,结实率和千粒重越高,表明合理调整缓控释肥与速效肥比例,既能满足水稻前期群体的形成,又能保障水稻后期生殖生长产量形成。

### 3.2 对水稻生长的影响

本研究结果表明,一次性基肥缓控释肥处理最

终成穗率高于常规施肥处理。这一结论与前人的结论一致,表明缓控释肥可以减少无效分蘖的产生,提高成穗率,使得成熟期水稻配置更加科学合理的群体<sup>[17]</sup>。体现水稻群体优劣的另一项重要指标便是叶面积指数(LAI)。本试验结果表明, $T1 \sim T3$  处理能够提高水稻 LAI,与常规施肥处理相比,2 年 4 个关键生育期水稻 LAI 平均提高 5.05%。王海月等的研究表明,合理配施缓控释氮肥与尿素,增加水稻中期光合势,建立合理群体,可有效提高植株 LAI,促进水稻生长<sup>[21]</sup>。朱从桦等研究发现,控释尿素能够提高水稻叶面积指数,增加光合势,提高增产潜力<sup>[17]</sup>。本研究结果显示,分蘖期至穗期,缓控释肥促进水稻形成高光效茎蘖群体,为水稻增产奠定了坚实基础。而水稻成熟期 LAI 缓控释肥  $T3$  处理几乎与常规处理齐平,推测可能与 50% 缓控释肥配施 50% 速效肥处理后期供肥能力不足有关, $T1$  和  $T2$  处理建立较高的水稻群体和 LAI 可以获得充足的光合作用产量,增加水稻干物质的积累,为高产奠定物质基础<sup>[23]</sup>。程建平等研究发现,水稻抽穗至成熟期的干物质积累量以及各器官积累比例协调是影响高产的重要因素<sup>[19]</sup>。合理的肥料运筹有利于水稻中后期营养物质的积累,尤其是水稻齐穗后光合产物向穗的运转是提高产量的关键<sup>[24]</sup>。本研究表明,成熟期各处理地上部干物重差异显著,2 年试验中  $T1$  和  $T2$  处理分别平均较常规施肥处理提高水稻地上部干物重 12.35%、6.13%;缓控释肥占比越高,水稻地上部干物重越高,推测缓控释肥处理可以促进水稻成熟期养分由营养器官向籽粒转运,这一结论与前人的结果<sup>[23]</sup> 基本一致。

### 3.3 对水稻氮素吸收利用的影响

肥料运筹对水稻的氮素吸收利用有着重要影响,施用缓控释肥后,可通过降低稻田氨挥发、径流以及氮素淋溶损失,最大程度减少肥料损失,促进有效分蘖对养分的吸收与利用<sup>[16,25-27]</sup>。王海月等研究认为缓释氮肥与常规尿素配施,可以增强水稻对养分元素的吸收利用,促进氮素向籽粒运转,提高氮肥利用率<sup>[21]</sup>,本研究的结果与之基本一致。本研究表明,2 年试验中 3 个缓控释肥配施速效肥处理较常规施肥  $T4$  处理分别平均提高氮素利用率 49.93%、29.18%、9.96%,分别增加水稻氮素吸收量 16.67%、9.07%、1.96%。这可能与缓控释肥增加土壤氮素含量,保障水稻后期生长对氮素的需

求,从而提升水稻对氮素的吸收,提高氮素利用率。陈立等认为缓释肥是今后肥料发展的主要方向之一,具有环境友好且高效等优点,能够有效提高成熟期植株氮素积累和籽粒含氮量<sup>[28]</sup>。本研究表明,2 年试验中缓控释肥配施速效肥处理较常规施肥 T4 处理分别平均提高籽粒氮素含量和秸秆氮素含量 1.14%、8.79%,这与前人的研究结果<sup>[28]</sup>一致。

#### 参考文献:

- [1] 刘吴一,凌小燕,马 聪,等. 江苏省主要农作物种类分布研究[J]. 中国农机化学报,2017,38(12):108–117.
- [2] 朱兆良,金继运. 保障我国粮食安全的肥料问题[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(2):259–273.
- [3] 胡中泽,陈春英,夏 炎,等. 测土配方施肥对粳稻南粳 9108 肥料利用率的影响[J]. 浙江农业科学,2020,61(9):1743–1744,1747.
- [4] 王书伟,林静慧,吴正贵,等. 氮肥深施对太湖地区稻田氨挥发的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文),2021,29(12):2002–2012.
- [5] Yang Y, Li N, Ni X Y, et al. Combining deep flooding and slow-release urea to reduce ammonia emission from rice fields[J]. Journal of Cleaner Production,2020,244:118745.
- [6] 蔣丽萍,李国芳,苗中芹,等. 控释尿素与普通尿素不同掺混比例对夏玉米产量和氮素利用效率的影响[J]. 山东农业科学,2021,53(2):64–70.
- [7] 王玉红,王长松,陈莉萍,等. 树脂包膜尿素在水稻上的应用效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):126–128.
- [8] 侯红乾,黄永兰,冀建华,等. 缓/控释肥对双季稻产量和氮素利用率的影响[J]. 中国水稻科学,2016,30(4):389–396.
- [9] 杨金字,李援农,王凯瑜,等. 控释氮肥与普通尿素配施比例和方法对冬小麦灌浆特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2020,26(3):442–452.
- [10] 孙 婷,王孟兰,王柏淳,等. 苏南麦田基施包膜尿素的农学和环境效应评价[J]. 农业环境科学学报,2021,40(5):1115–1123.
- [11] 田 昌,靳 拓,周 旋,等. 控释尿素对环洞庭湖区双季稻吸氮特征和产量的影响[J]. 作物学报,2021,47(4):691–700.
- [12] 丁艳锋,李刚华,李伟伟,等. 水稻机插缓混一次施肥技术的研发与示范[J]. 中国稻米,2020,26(5):11–15.
- [13] 侯 坤,荣湘民,韩 磊,等. 速效氮与缓控释氮配比一次性侧深施对双季稻产量、氮素利用率及氮素损失的影响[J]. 农业环境科学学报,2021,40(9):1923–1934.
- [14] 沈 欣,辛景树,徐 洋,等. 以减氮为核心的水稻侧深施肥技术集成示范[J]. 中国农技推广,2020,36(5):48–51.
- [15] 董立强,高 虹,李跃东,等. 行株距配置对水稻群体冠层结构及产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2021,52(3):265–271.
- [16] 杨 阳,刘灿华,葛树春,等. 减量配施新型基质缓释肥对水稻产量及氮肥利用率的影响[J]. 安徽农业大学学报,2020,47(3):442–447.
- [17] 朱从桦,张玉屏,向 镜,等. 侧深施氮对机插水稻产量形成及氮素利用的影响[J]. 中国农业科学,2019,52(23):4228–4239.
- [18] 侯红乾,冀建华,刘益仁,等. 缓/控释肥对双季稻产量、氮素吸收和平衡的影响[J]. 土壤,2018,50(1):43–50.
- [19] 程建平,赵 锋,曾 山,等. 机械旱直播播种密度对水稻群体光合和产量形成的影响[J]. 湖北农业科学,2012,51(23):5275–5278.
- [20] Xie X B, Shan S L, Wang Y M, et al. Dense planting with reducing nitrogen rate increased grain yield and nitrogen use efficiency in two hybrid rice varieties across two light conditions[J]. Field Crops Research,2019,236:24–32.
- [21] 王海月,殷尧翥,孙永健,等. 不同株距和缓释氮肥配施量下机插杂交稻的产量及光合特性[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(4):843–855.
- [22] 钟雪梅,黄铁平,彭建伟,等. 机插同步一次性精量施肥对双季稻养分累积及利用率的影响[J]. 中国水稻科学,2019,33(5):436–446.
- [23] 黄 恒,姜恒鑫,刘光明,等. 侧深施氮对水稻产量及氮素吸收利用的影响[J]. 作物学报,2021,47(11):2232–2249.
- [24] 吴子帅,李 虎,罗群昌,等. 施氮量对优质常规稻‘桂育 11 号’干物质生产及氮肥利用率的影响[J/OL]. 分子植物育种 [2023–03–10]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail//46.1068.S.20221208.1818.006.html>.
- [25] Yang Y, Ni X Y, Zhou Z J, et al. Performance of matrix-based slow-release urea in reducing nitrogen loss and improving maize yields and profits[J]. Field Crops Research,2017,212:73–81.
- [26] 孙 晓,景建元,吕慎强,等. 不同缓/控释尿素在黄土台塬区春玉米的减量施用效果[J]. 中国生态农业学报,2017,25(6):848–855.
- [27] 王胜昭,钱壮壮,庄舜尧,等. 绿肥配施生物炭基肥对水稻产量和氮素利用的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(5):122–129.
- [28] 陈 立,钱晨诚,徐东忆,等. 不同释放期缓释尿素配合一次基施对稻茬冬小麦产量及氮肥利用率的影响[J]. 麦类作物学报,2022,42(10):1231–1239.