

新型锌肥对水稻产量和品质的影响

李建强 费冰雁 赵川

(平湖市植保土肥技术推广中心, 浙江 平湖 314200; 第一作者: 275279089@qq.com)

摘要:以浙禾香 2 号为材料开展试验, 探究不同锌肥施用水稻产量、抗倒伏性、稻米品质及养分含量的影响。结果表明, S1W2 处理(农户常规施肥基础上, 基施锌动力 2 kg/667 m², 并于分蘖期与抽穗期分别喷施戴乐锌 400 mL/667 m²)效果最佳, 稻谷籽粒产量达 652.3 kg/667 m², 相比 CF 处理增产 8.7%, 植株的抗倒伏性、稻米品质和养分含量明显提升; 喷施锌肥可显著提高籽粒的全锌含量。

关键词:水稻; 锌肥; 化肥减量增效; 产量; 品质; 植物营养; 富锌稻米

中图分类号: S511.062 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2024)03-0098-04

平湖市地处浙江省北部, 是浙江省重要的粮食主产区, 2022 年全市单季稻面积达 25.2 万 hm²。近年来, 随着人们生活品质的不断提高, 对富含锌、硒等微量元素的农产品需求增加。锌元素在人体中具有诸多作用, 例如参与酶形成、促进生长发育、提高免疫力等^[1-2]。但食物中的锌素含量通常无法满足人体所需^[3-4]。需要食用富锌稻米等锌营养强化食品补充锌元素^[5-6]。同样, 锌也是植物生长的必需元素^[7], 植物缺锌会导致其光合能力下降、水分吸收受阻、生长发育迟缓, 外部症状表现为叶片细小、根部发黑^[8]。水稻若在移苗后缺锌, 则会导致返青受阻, 影响后续的分蘖^[9]; 若在开花后缺锌, 则会导致籽粒灌浆受阻, 直接影响产量^[10-12]; 缺锌还会导致细胞结构完整性下降、基因表达及调控能力下降、酶或其他蛋白合成受阻等问题发生^[13]。适量增施锌肥可提高产量, 但过量增施可能导致锌中毒。

据《全国农技中心关于印发 2021 年锌肥示范推广方案的通知》(农技土肥水函[2021]46 号)相关要求, 平湖市作为浙江省富锌农产品的推广示范县, 对富锌稻米的生产展开研究。平湖市大部分土壤呈现中性或弱碱性, 而较高的土壤 pH 将不利于植物对锌的吸收^[14], 影响试验结果, 因此本试验设在土壤 pH 较低的曹桥街道。平湖市是 2022 年浙江省化肥减量“三新”(新技术、新产品、新机具)升级样板县之一, 本试验将“三新”与富锌稻米生产相结合, 以为平湖市化肥减量增效提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验时间与地点

试验于 2022 年在浙江省平湖市曹桥街道进行, 该试验点土壤全氮 1.69 g/kg、有效磷 27.9 mg/kg、速效钾 102 mg/kg、有机质 38.7 g/kg、有效锌 11.3 mg/kg、pH 5.71。

1.2 试验材料

试验水稻品种为浙禾香 2 号。试验肥料包括平湖推广配方肥(18-8-18)、尿素(含 N 46%)。水溶锌肥使用“戴乐锌”(有机液体锌 ≥ 300 g/L, 螯合态锌), 稀释 600 倍使用。无机锌肥为“锌动力”(主要成分为硫酸锌, ZnO ≥ 20%)。采用无人机叶面喷施。

1.3 试验设计

试验共设 9 个处理, 即 CF(农户常规施肥, 基施配方肥 30 kg/667 m², 分蘖期、抽穗期各追肥尿素 10 kg/667 m²)、S1W0(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”2 kg/667 m²作基肥)、S1W1(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”2 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”200 mL/667 m²)、S1W2(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”2 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”400 mL/667 m²)、S1W3(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”2 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”600 mL/667 m²)、S2W0(农户常规施肥基础上, 增施锌动力 4 kg/667 m²作基肥)、S2W1(农户常规施肥基础上, 增施锌动力 4 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”200 mL/667 m²)、S2W2(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”4 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”400 mL/667 m²)、S2W3(农户常规施肥基础上, 增施“锌动力”4 kg/667 m²作基肥, 并于分蘖期和抽穗期分别喷施“戴乐锌”600 mL/667 m²)。锌动力(硫酸锌)的基肥施用量 2 kg/667 m²为平湖市农业农村局的推荐剂量。

每个小区面积 30 m², 每个处理 3 次重复。小区间

收稿日期: 2023-10-25

基金项目: 2022 年化肥减量“三新”升级样板县

表 1 不同锌肥处理对水稻产量及农艺性状的影响

| 处理 | 株高 /cm | 穗长 /cm | 有效穗数 /($\times 10^4 \cdot 667\text{ m}^2$) | 每穗实粒数 /粒 | 结实率 /% | 千粒重 /g | 籽粒产量 /($\text{kg} \cdot 667\text{ m}^2$) |
|------|-------------|-----------|---|-------------|---------------|-----------|---|
| CF | 86.9±0.7 b | 16.0±0.2 | 16.5±0.2 ab | 121.0±5.6 a | 88.2±0.4 d | 21.2±0.3 | 600.1±5.0 b |
| S1W0 | 89.3±0.9 ab | 16.1±0.2 | 17.1±0.2 a | 123.2±4.8 a | 88.6±0.4 cd | 21.2±0.1 | 634.9±10.3 ab |
| S1W1 | 89.2±1.0 ab | 16.3±0.1 | 17.3± 0 a | 131.2±5.0 a | 90.2±0.5 abcd | 21.1±0.4 | 642.2±7.4 a |
| S1W2 | 90.1±0.8 a | 16.3±0.2 | 17.1±0.1 a | 132.7±4.0 a | 91.4±1.0 ab | 21.4±0.5 | 652.3±13.8 a |
| S1W3 | 89.3±0.9 ab | 16.4±0.2 | 16.5± 0 ab | 134.2±4.1 a | 91.2±0.4 ab | 21.9±0.4 | 646.1±15.1 a |
| S2W0 | 90.4±0.5 a | 16.3±0.2 | 17.1±0.3 a | 126.3±3.7 a | 89.5±1.1 bcd | 21.1±0.5 | 637.4±25.6 ab |
| S2W1 | 89.2±0.5 ab | 16.4±0.1 | 16.6±0.1 ab | 131.8±4.8 a | 90.8±0.9 abcd | 22.1±0.1 | 642.5±4.5 a |
| S2W2 | 90.6±0.7 a | 16.3±0.2 | 16.0±0.5 bc | 132.4±2.2 a | 91.9±1.0 a | 22.0±0.4 | 629.1±21.9 ab |
| S2W3 | 88.5±1.1 ab | 16.2±0.2 | 15.4±0.3 c | 130.8±3.6 a | 90.3±0.4 abcd | 21.8±0.3 | 592.7±17.8 ab |

表中数据为“平均值±标准差”;同列数据后不同小写字母表示处理间差异在 0.05 水平显著。下同。

筑埂隔离,田埂使用黑色薄膜覆盖以防小区间窜水,单灌单排,其他田间管理措施保持一致。

1.4 测定项目及方法

1.4.1 产量及其构成因子

水稻成熟后对每小区实打单收,现场测产并使用谷物含水量测定仪测量含水量,折算谷物干产量。成熟期每小区取具代表性植株 10 丛考种,测量株高、穗长、每穗粒数、千粒重等。

1.4.2 稻米品质

依据 NY/T 83—2017《米质测定方法》测定稻米加工品质(糙米率、精米率、整精米率)、外观品质(粒型、垩白粒率、垩白度、透明度);胶稠度按 GB/T 22294—2008 测定;直链淀粉含量按 NY/T 2639—2014 测定。

1.4.3 稻谷和秸秆养分含量

稻谷和秸秆全氮、全磷、全钾含量按 NY/T 2017—2011 测算;全锌含量按 GB/T 6041—2020 测算。

1.4.4 倒伏情况

植株茎秆强度采用 YYD-1 型数显式植物茎秆强度测试仪测量,倒伏面积采用实地丈量测算。

1.5 数据处理

使用 Excel 和 SPSS 软件进行数据整理和差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同锌肥处理对水稻产量及农艺性状的影响

如表 1 和图 1 所示,在常规施肥基础上增施锌动力,水稻农艺性状和产量均有一定提升,其中 S1W0 和 S2W0 处理水稻产量分别较 CF 提高 5.8% 和 6.2%;在施用锌动力的基础上追施戴乐锌,水稻产量与戴乐锌施用量呈倒 U 型,在锌动力施用 2 kg/667 m² 下,二者表现为: $y=-8E-05x^2+0.0725x+633.95$, $R^2=0.8855$,即在水稻分蘖期和抽穗期,戴乐锌的喷施量最高不宜超过

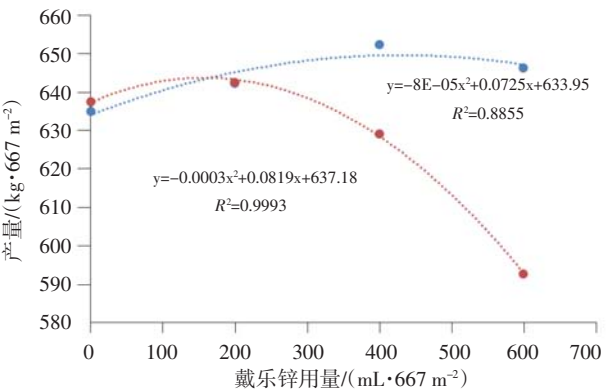


图 1 叶面喷施戴乐锌对水稻产量的影响

表 2 不同锌肥处理对水稻倒伏的影响

| 处理 | 平均倒伏面积占比 /% | 茎秆抗折力 /N |
|------|----------------|-------------|
| CF | 13.0 | 21.2±1.47 a |
| S1W0 | 3.3 | 24.0±1.11 a |
| S1W1 | 1.0 | 23.9±0.62 a |
| S1W2 | 1.7 | 22.3±1.03 a |
| S1W3 | 5.0 | 23.7±1.80 a |
| S2W0 | 0 | 24.2±1.32 a |
| S2W1 | 8.3 | 24.6±0.64 a |
| S2W2 | 4.3 | 23.8±0.52 a |
| S2W3 | 6.3 | 22.9±0.86 a |

450 mL/667 m²;在锌动力施用 4 kg/667 m² 下,二者表现为: $y=-0.0003x^2+0.0819x+637.18$, $R^2=0.9993$,即在水稻分蘖期和抽穗期,戴乐锌的喷施量最高不宜超过 136.5 mL/667 m²。过量施用锌肥不利于水稻产量的增加。

2.2 不同锌肥处理对水稻倒伏的影响

对试验区和非试验区水稻倒伏情况调查发现,2022 年秋季,因极端天气导致平湖地区水稻发生严重倒伏,而试验区倒伏情况明显较轻。如表 2 所示,CF 处理倒伏面积占比较高,明显高于其他处理,其中 S2W0

表 3 不同锌肥处理对稻米品质的影响

| 处理 | 糙米率 /% | 精米率 /% | 整精米率 /% | 垩白粒率 /% | 垩白度 /% | 直链淀粉含量 /% | 胶稠度 /cm |
|------|---------------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| CF | 78.4±0.27 d | 68.1±0.17 bc | 61.3±0.46 bcd | 35.3±1.76 a | 16.8±1.83 a | 10.9±0.09 b | 6.4±0.11 c |
| S1W0 | 78.7±0.08 cd | 70.8±0.34 a | 62.5±1.15 abc | 30.0±4.04 ab | 14.8±0.75 ab | 11.0±0.09 b | 6.5±0.18 c |
| S1W1 | 78.5±0.54 d | 70.4±0.63 a | 64.1±0.95 a | 27.0±3.61 bcd | 10.3±0.73 c | 10.9±0.39 b | 7.0±0.07 a |
| S1W2 | 79.4±0.34 abc | 69.5±0.46 ab | 64.2±0.93 a | 27.3±0.88 bcd | 11.5±0.74 bc | 11.9±0.22 ab | 6.8±0.08 abc |
| S1W3 | 78.8±0.26 bcd | 69.6±0.67 ab | 63.8±0.85 ab | 28.7±2.40 abc | 12.3±0.84 bc | 11.5±0.27 ab | 6.8±0.06 abc |
| S2W0 | 78.4±0.16 d | 69.8±0.50 ab | 60.5±1.01 cd | 24.7±1.20 bcde | 14.6±1.21 ab | 12.0±0.35 a | 6.6±0.14 abc |
| S2W1 | 79.7±0.11 ab | 70.0±0.50 a | 63.0±0.18 abc | 21.3±2.03 cde | 9.5±1.87 c | 12.2±0.21 a | 6.6±0.05 bc |
| S2W2 | 79.9±0.38 a | 69.7±0.61 ab | 62.0±0.84 abc | 18.7±1.20 e | 8.9±2.04 c | 11.6±0.38 ab | 6.7±0.07 abc |
| S2W3 | 78.8±0.15 bcd | 67.3±0.70 c | 59.2±0.73 d | 20.0±0.58 de | 8.7±0.52 c | 11.3±0.43 ab | 6.9±0.19 ab |

表 4 不同锌肥处理对水稻籽粒和秸秆氮磷钾含量

| 处理 | 全氮含量/(g·kg ⁻¹) | | 全磷含量/(g·kg ⁻¹) | | 全钾含量/(g·kg ⁻¹) | |
|------|----------------------------|--------------|----------------------------|------------|----------------------------|---------------|
| | 籽粒 | 秸秆 | 籽粒 | 秸秆 | 籽粒 | 秸秆 |
| CF | 13.0±0.09 b | 12.1±0.03 b | 1.2±0.02 d | 0.8±0.02 a | 3.8±0.04 c | 20.7±0.35 d |
| S1W0 | 13.3±0.2 ab | 12.8±0.30 ab | 1.2±0.01 d | 0.9±0.03 a | 3.9±0.06 bc | 21.4±0.18 cd |
| S1W1 | 13.4±0.2 ab | 12.8±0.12 ab | 1.3±0.03 cd | 0.9±0.06 a | 4.0±0.07 ab | 22.0±0.36 bc |
| S1W2 | 13.8±0.09 a | 12.5±0.15 ab | 1.3±0.02 bcd | 0.8±0.02 a | 4.1±0.07 ab | 22.1±0.79 bc |
| S1W3 | 13.9±0.19 a | 12.5±0.15 ab | 1.3±0.01 abc | 0.9±0.05 a | 4.0±0.06 ab | 22.6±0.30 abc |
| S2W0 | 13.5±0.23 ab | 12.6±0.09 ab | 1.2±0.01 d | 0.9±0.01 a | 4.0±0.02 ab | 23.0±0.50 ab |
| S2W1 | 13.2±0.21 ab | 12.8±0.35 ab | 1.3±0.03 cd | 0.9±0.01 a | 4.0±0.01 ab | 23.4±0.27 a |
| S2W2 | 13.6±0.25 ab | 12.9±0.36 a | 1.4±0.02 a | 0.9±0.06 a | 4.1±0.07 a | 23.5±0.10 a |
| S2W3 | 13.7±0.31 a | 12.7±0.19 ab | 1.3±0.02 ab | 0.9±0.01 a | 4.0±0.04 ab | 23.7±0.21 a |

表 5 不同锌肥处理对水稻籽粒和秸秆全锌含量的影响

| 处理 | 籽粒全锌含量/(g·kg ⁻¹) | 秸秆全锌/(mg·kg ⁻¹) | | |
|------|------------------------------|-----------------------------|---------------|--------------|
| | 成熟期 | 分蘖期 | 抽穗期 | 成熟期 |
| CF | 11.2±0.20 d | 21.1±1.25 b | 25.0±1.69 c | 26.4±0.62 e |
| S1W0 | 11.8±0.03 d | 22.8±1.34 ab | 29.9±2.55 bc | 31.6±0.46 de |
| S1W1 | 13.2±0.32 b | 21.9±1.39 ab | 33.0±3.24 abc | 36.5±2.10 cd |
| S1W2 | 13.8±0.39 ab | 22.6±0.95 ab | 36.3±2.41 ab | 41.7±2.18 bc |
| S1W3 | 14.1±0.15 a | 23.3±1.37 ab | 38.0±2.68 ab | 48.9±0.91 a |
| S2W0 | 12.5±0.23 c | 25.3±1.37 a | 33.9±3.2 ab | 36.2±2.93 cd |
| S2W1 | 13.6±0.15 ab | 24.3±0.73 ab | 38.8±2.77 a | 45.2±1.42 ab |
| S2W2 | 14.1±0.18 a | 24.0±1.43 ab | 41.6±1.88 a | 49.2±3.50 a |
| S2W3 | 14.3±0.12 a | 25.3±0.97 a | 40.6±2.39 a | 51.8±3.38 a |

几乎无倒伏现象发生。对收获的水稻进行茎秆强度测试后发现,CF 处理的水稻茎秆抗折力小于其他各处理,但各处理间差异不显著,说明施用锌肥可一定程度提高水稻的茎秆强度,但不显著。

2.3 不同锌肥处理对稻米品质的影响

由表 3 可知,增施锌肥可显著提高水稻精米率、直链淀粉含量和胶稠度,降低垩白度,稻米品质得到一定提升。但随着锌肥施用量的增加,稻米品质提升率有所下降,相较之下,在常规施肥基础上单施锌动力,提升效果以施用锌动力 4 kg/667 m² 为佳(S2W0);在常规施肥和施用锌动力基础上配施戴乐锌,锌动力用量为 2 kg/667 m² 时,在水稻分蘖期和抽穗期宜追施戴乐锌 400 mL/667 m²(S1W2);锌动力用量为 4 kg/667 m² 时,

在水稻分蘖期和抽穗期宜追施戴乐锌 200 mL/667 m² (S2W1)。

2.4 不同锌肥处理对氮磷钾和锌养分吸收的影响

如表 4 所示,随着锌肥施用量的增加,水稻籽粒和秸秆中的氮、磷、钾含量总体表现为上升趋势,其中以籽粒中的氮和秸秆中的钾表现最为明显。如表 5 所示,水稻对锌的吸收表现与氮、磷、钾吸收基本一致,即随着锌肥施用量的增加,籽粒和秸秆中的锌含量均表现为上升趋势;锌动力与戴乐锌配施有利于水稻吸收锌,但效果不明显;在锌动力施用量相同情况下,水稻对锌的吸收量随着戴乐锌喷施量的增加而增加,但各处理间差异不显著;水稻吸收的锌主要集中在秸秆中,且随着水稻生育期的推移,秸秆中锌的积累量增加。

3 讨论与小结

试验结果表明,基施硫酸锌肥与分蘖及抽穗期施用有机水溶性锌肥均可提高水稻籽粒产量,与廖文强^[15]的研究结果相符,但本次试验中,施用的锌肥为有机水溶锌肥,而不是硫酸锌肥,因此喷施的效果优于基施,原因是有机水溶锌肥为螯合态^[16],与梅清清等^[17]的研究结果相似。本试验中,影响产量最显著的产量构成因素为结实率,而冯绪猛等^[10]的研究结果是千粒重,陈士勇等^[12]的研究结果是穗粒数及有效穗数,可见,锌肥对水稻籽粒产量提高方式因品种而异。锌肥单因素对水稻抗倒伏性的提升作用尚待进一步论证,目前主要的研究为锌、硅或钾互作对水稻抗倒伏性的提升^[18]。锌肥影响稻米品质相关的研究较少,本试验中,适量喷施锌肥(S1W1、S1W2)能显著提高精米率、整精米率和胶稠度,降低垩白度,与袁少文^[19]的研究结果相似。有研究表明,锌肥与氮肥互作会提高籽粒含氮量和蛋白质含量^[20],而本试验中锌对籽粒及秸秆中的氮素亦有一定提升作用,但互作效应不显著。本试验中,锌肥显著提高水稻籽粒对磷素的吸收。锌肥对水稻钾素的吸收及抗倒伏影响的研究较少,尚待进一步论证。不同研究中锌对籽粒全锌含量的影响差异较大,提升幅度在20.0%~120.0%之间^[12,15,21],本试验中,仅S2W3处理的籽粒全锌含量提高27.7%,而成熟期秸秆的全锌含量提升100.0%左右,与徐维明^[21]的研究结果类似。

综上所述,本次试验中,效果最佳的是S1W2处理,不仅水稻产量和品质得到明显提升,水稻抗逆性与养分吸收也得到明显改善。

参考文献

- [1] 朱会霞. 人体内锌的生物学功能[J]. 生物学教学, 2009, 34(5): 4-5.
- [2] GIBSON R S. Zinc deficiency and human health: Etiology, health consequences, and future solutions [J]. *Plant and Soil*, 2012, 361: 291-299.
- [3] 熊洋洋, 孔娟, 苏晗, 等. 锌与肿瘤[J]. 肿瘤代谢与营养电子杂志,

2015, 2(3): 68-72.

- [4] 解彬, 江洁, 韩琳, 等. 生物强化富锌食品的研究进展[J]. 大连民族大学学报, 2016, 18(5): 473-477.
- [5] 高林, 翟成杰, 吴继红, 等. 改善人类锌营养途径的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2013, 4(5): 1 550-1 555.
- [6] GOMES M J C, MARTINO H, TAKO E. Zinc-biofortified staple food crops to improve zinc status in humans: A systematic review [J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2021, 63(21): 1-13.
- [7] 朱盼盼, 马彦平, 周忠雄, 等. 微量元素锌与植物营养和人体健康[J]. 肥料与健康, 2021, 48(5): 16-18.
- [8] 张莉, 任媛媛, 张岁岐. 锌缺乏对植物生长发育的影响[J]. 现代农业研究, 2020, 26(5): 54-55.
- [9] 杨良贝, 陈益, 莫从古, 等. 水稻缺锌的原因及防治措施[J]. 现代农业科技, 2019(6): 22.
- [10] 冯绪猛, 郭九信, 王玉雯等. 锌肥品种与施用方法对水稻产量和锌含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(5): 1 329-1 338.
- [11] ÇAKMAK I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? [J]. *Plant and Soil*, 2008, 302: 1-17.
- [12] 陈士勇, 王锐, 陈志青, 等. 纳米锌和离子锌对水稻产量形成及籽粒锌含量的影响[J]. 作物杂志, 2022(4): 107-114.
- [13] 吴天琪, 李雅菲, 师江澜, 等. 基施氮肥及灌浆前期喷施锌肥对小麦籽粒富锌及蛋白组分含量的影响 [J]. 中国农业科学, 2022, 55(10): 1 971-1 986.
- [14] 袁可能. 植物营养元素的土壤化学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [15] 廖文强. 锌肥对水稻产量和籽粒锌含量的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2013.
- [16] NAIK S K, DAS D K. Relative performance of chelated zinc and zincsulphate for lowland rice (*Oryza sativa* L) [J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2008, 81: 219-227.
- [17] 梅清清, 田仓, 周青云, 等. 喷施螯合态锌肥对水稻产量、锌含量和稻米品质的影响[J]. 湖北农业科学, 2022, 61(5): 27-31.
- [18] 陆芳, 姜春月, 孙懿, 等. 水稻嘉 67 的水溶硅肥与锌肥双因素协同初步应用试验[J]. 浙江农业科学, 2023, 64(7): 1 652-1 655.
- [19] 袁少文. 富锌有机叶面肥对稻米产量及品质的影响[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [20] 李俊丽, 钱干, 李海星, 等. 氮锌配施对水稻生长、产量和养分吸收分配的影响[J]. 华中农业大学学报, 2021, 40(3): 159-167.
- [21] 徐维明, 李小坤, 杨运清, 等. 施锌对鄂中地区水稻产量和籽粒锌含量的影响[J]. 中国稻米, 2016, 22(4): 84-85.

Effects of New Zinc Fertilizer on Yield and Quality of Rice in Pinghu County

LI Jianqiang, FEI Bingyan, ZHAO Chuan

(Pinghu County Plant Protection and Soil Fertilizer Technology Promotion Center, Pinghu, Zhejiang 314200, China; 1st author: 275279089@qq.com)

Abstract: An experiment was conducted with Zhehexiang 2 as the material to explore the effects of new zinc fertilizer applications on yield, lodging resistance, quality, and nutrient content of rice. The results showed that the S1W2 treatment (on the basis of conventional fertilization by farmers, 2 kg/667 m² of zinc power is added to the base fertilizer, and 400 mL/667 m² of deloxin is sprayed at the tillering stage and heading stage respectively) had the best effect, with a grain yield of 652.3 kg/667 m², an increase of 8.7% compared to the CF treatment (conventional fertilization by farmers), and a significant improvement in plant lodging resistance, rice quality, and nutrient content. Spraying zinc fertilizer could significantly increase the total zinc content in grains.

Key words: rice; zinc fertilizer; reducing fertilizer dosage and increasing efficiency; yield; quality; plant nutrition; zinc rich rice