

移栽灵和立丰灵组合对直播稻抗倒特性 及产量的影响

张友强¹, 许凤英^{1*}, 王晓玲¹, 马国辉^{1,2*}, 田小海¹, 邹华文¹

(1. 长江大学 农学院, 湖北 荆州 434025; 2. 国家杂交水稻工程技术研究中心, 湖南 长沙 410125)

摘要: 为了探讨2种灌溉模式下, 喷施移栽灵和立丰灵对直播稻生长特性及产量的影响, 以Y两优1号为材料, 分别进行2种水分管理(即全生育期长期浅水管理与前期间歇灌水+后期浅水管理), 同时在水稻直播后30d喷施移栽灵, 在拔节前7d喷施立丰灵, 以不喷施为对照。结果表明, 喷施移栽灵与立丰灵后, 降低了穗下第3、4节间长度, 增大了茎秆粗度和壁厚, 尤其是穗下第3、4节间, 从而增大茎秆的抗折力, 第3、4节间抗折力分别比对照增加49.56%和26.51%, 倒伏指数分别比对照降低27.27%和12.33%, 增强了植株的抗倒伏能力, 其中前期间歇灌水+后期浅水管理效果更明显。喷施移栽灵与立丰灵后, 植株高度增加, 剑叶、倒二叶和倒三叶叶长缩短, 叶片宽度增大, 叶片与茎秆的夹角增大, 改善了植株形态, 提高千粒重、穗粒数和产量, 理论产量提高3.83%, 实际产量提高4.41%, 其中前期间歇灌水+后期浅水管理增产效果较明显。因此, 喷施移栽灵和立丰灵, 同时配以前期间歇灌水+后期浅水管理, 是值得推广的栽培模式。

关键词: 直播稻; 水分灌溉模式; 移栽灵; 立丰灵; 抗倒性; 产量

中图分类号: S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)03-0043-04

Effects of Isolane and Lifengling on Lodging Resistance and Yield of Direct Sowing Rice

ZHANG You-qiang¹, XU Feng-ying^{1*}, WANG Xiao-ling¹, MA Guo-hui^{1,2*},
TIAN Xiao-hai¹, ZOU Hua-wen¹

(1. Agriculture College, Yangtze University, Jingzhou 434025, China;

2. National Engineering Technology Research Center of Hybrid Rice, Changsha 410125, China)

Abstract: The effect of spraying Isolane and Lifengling on lodging resistance properties and yield of direct sowing rice was studied under different irrigation patterns. The tested rice variety of Y Liangyou No. 1 was treated with two irrigation patterns (continuous irrigation of shallow water (CISW) and intermittent irrigation followed by shallow water (IISW) and at the same time, was sprayed with two plant growth regulators of isolane at 30 days after sowing and lifengling at 7 days. The spray of regulators reduced the internode length from the third to the fourth node below ear and increased the stalk diameter and wall thickness, especially the third and fourth internodes. Those increased the breaking resistance of rice (by 49.56% and 26.51% for the third and fourth internodes, respectively) while reduced the lodging index of rice by 27.27% and 12.33% to strengthen the lodging resistance, with a better result observed under IISW than CISW. Application of the two regulators increased the plant height, leaf width, and the angular separation between leaf and stalk, reduced the length of flag, the second and third leaves, and improved the plant morphology. The thousand kernel weight, the number of grains per ear and rice yield was in-

收稿日期: 2010-10-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771269)

作者简介: 张友强(1989-), 男, 湖北宜昌人, 本科, 研究方向: 农作物栽培。

*通讯作者: 许凤英(1972-), 女, 山西石楼人, 硕士, 主要从事作物栽培与生理研究。E-mail: xufy123321@sohu.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

creased owing to the application of these regulators. The theoretical and actual outcomes were increased by 3.83% and 4.41% ($P<0.01$) compared with controls, with a better result observed also under IISW. So spray of isolane at 30 days after rice sowing and lifengling at 7 days before jointing stage, combined with appropriate irrigation patterns, would be a cultivation mode worthy of popularizing.

Key words: Direct sowing rice; Irrigation mode; Isolane; Lifengling; Lodging resistance; Yield

以轻型、高效、节本为特点的直播稻是一种成熟的实用稻作技术,已成为稻作科学技术现代化的一个重要内容,被发达国家和先进地区作为水稻的主要栽培方式^[1-3]。但直播稻后期易出现倒伏现象,给直播稻夺取高产带来不利影响。因此,在不同的水分管理下,研究了移栽灵与立丰灵在直播稻上的增产抗倒效应,拟为寻求和制定获得直播稻高产的合理灌溉措施提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试水稻品种为 Y 两优 1 号。新型抗倒增产剂移栽灵、立丰灵由湖北移栽灵农业科技股份有限公司研制和提供。

1.2 试验设计

试验在湖北省荆州市公安县观音寺村进行,前茬为小麦,土壤肥力中等。试验分 2 种水分管理模式:(1)浅水层连续灌溉(CWL),即水稻全生育期保持 1cm 左右浅水层;(2)前期间歇灌水+后期浅水管理,即二次枝梗分化前采用间歇灌水,二次枝梗分化后采用浅水管理(IGI)。每种管理模式均以喷药为处理,即在播种后 30d 喷施移栽灵,拔节前 7d 喷施立丰灵,以不喷药为对照。试验于 2009 年 5 月 30 日播种,采用随机区组设计,4 次重复,小区面积为 9m²,其余管理按大田管理措施进行。

1.3 测定项目与方法

成熟前 10d 左右,每处理取样 3 株,测定每个茎秆穗下第 2 节间(N₂)、第 3 节间(N₃)和第 4 节间(N₄)的长度、粗度和茎壁厚度。每处理取 10 个有代表性的单茎,测定穗下 N₂、N₃ 和 N₄ 茎秆的抗折力、该节间基部至穗顶长度及鲜质量,按马均等^[4]的方法计算各处理间 N₂、N₃ 和 N₄ 的弯曲力矩和倒伏指数。弯曲力矩=节间基部至穗顶长度(cm)×该节间基部至穗顶鲜质量(g);倒伏指数=弯曲力矩/抗折力×100。

开花后 20d,在每处理间取 10 株测量株高,剑叶、倒二叶和倒三叶的长、宽以及叶片与茎秆的夹角。

成熟时每小区取样 5 株考种,按小区面积收获计产。

2 结果与分析

2.1 不同处理水稻茎秆的物理性状与抗倒伏能力比较

在 2 种水分管理模式下,喷施移栽灵与立丰灵均降低了穗下第 3、4 节间长度,增大了穗下第 2 节间长度及茎秆粗度和壁厚,尤其是第 4 节间效果最明显,茎秆粗度和壁厚分别比对照增加 11.39%和 20.58%,节间长度降低了 8.13%(表 1)。

表 1 不同处理水稻基部节间的长度、粗度与茎壁厚度

| 处理 | N ₂ | | | N ₃ | | | N ₄ | | |
|--------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | 长度/cm | 粗度/cm | 壁厚/mm | 长度/cm | 粗度/cm | 壁厚/mm | 长度/cm | 粗度/cm | 壁厚/mm |
| 喷药 CWL | 23.9 | 0.456 | 0.047 | 20.3 | 0.552 | 0.069 | 13.5 | 0.655 | 0.082 |
| 不喷 CK | 23.2 | 0.400 | 0.038 | 21.7 | 0.504 | 0.053 | 16.9 | 0.588 | 0.068 |
| 平均 | 23.55 | 0.428 | 0.043 | 21.0 | 0.528 | 0.062 | 15.2 | 0.623 | 0.075 |
| 喷药 IGI | 24.6 | 0.482 | 0.045 | 19.5 | 0.654 | 0.070 | 11.3 | 0.691 | 0.093 |
| 不喷 CK | 22.9 | 0.448 | 0.032 | 21.2 | 0.548 | 0.055 | 12.3 | 0.651 | 0.074 |
| 平均 | 23.75 | 0.465 | 0.039 | 20.35 | 0.601 | 0.062 | 11.8 | 0.671 | 0.084 |

从不同的水分管理看,前期间歇后期浅水灌溉的穗下第 2 节间的长度、粗度大于长期浅水灌溉,茎秆壁厚则小于长期浅水灌溉,但不明显;第 3、4 节间的长度小于长期浅水灌溉,茎秆粗度和壁厚大于长期浅水灌溉。

作物抗倒伏能力与作物茎秆粗度、茎秆壁厚和茎质量等物理性状密切相关^[5-7],通常以倒伏指数作为衡量和评价作物抗倒伏能力的重要参数。倒伏指数越低,表明作物茎秆抗倒伏能力越强,相反,倒伏指数越高,则表明作物茎秆抗倒伏能力越弱^[8-11]。

表 2 显示, 喷施移栽灵与立丰灵后, 除前期间歇后期浅水灌溉(IGI)的穗下第 2 节间弯曲力矩降低外, 其余所有穗下第 2、3、4 节间的弯曲力矩均大于对照组 ($P<0.01$); 同时喷施移栽灵与立丰灵显著增大了各

节间抗折力 ($P<0.01$), 第 3、4 节间抗折力分别比对照增加 49.56%和 26.51%, 显著降低了倒伏指数 ($P<0.01$), 较对照分别降低 27.27%、12.33%。说明移栽灵与立丰灵具有较好的抗倒效果。

表 2 不同处理水稻基部节间的弯曲力矩(BM)、抗折力(BR)及倒伏指数(LI)

| 处理 | N ₂ | | | N ₃ | | | N ₄ | | |
|--------|----------------|---------|---------|----------------|---------|---------|----------------|-----------|---------|
| | BM | BR | LI | BM | BR | LI | BM | BR | LI |
| 喷药 CWL | 970.32B | 535.60B | 181.17B | 1 552.89B | 809.02C | 191.95A | 2 119.20B | 1044.54B | 202.88A |
| 不喷 CK | 940.26A | 340.01A | 276.54D | 1 427.67A | 540.93A | 263.93C | 1 910.76A | 825.67A | 231.42B |
| 平均 | 955.29 | 437.805 | 228.855 | 1 490.28 | 674.975 | 227.94 | 2 014.98 | 935.105 | 217.15 |
| 喷药 IGI | 989.26C | 670.54C | 147.53A | 1 738.42D | 902.01D | 192.73D | 2 356.03C | 1 098.48C | 214.48A |
| 不喷 CK | 1 092.77D | 455.03B | 240.15C | 1 598.90C | 637.64B | 250.75B | 1 907.16A | 818.84A | 232.91B |
| 平均 | 1 041.015 | 562.785 | 193.84 | 1 668.66 | 769.825 | 221.74 | 2 131.595 | 958.66 | 223.695 |

注: 同列数据后带有不同字母者表示在 0.01 水平上差异显著, 下同

与长期浅水灌溉(CWL)相比, 前期间歇后期浅水灌溉(IGI)增大了各节间(第 2、3 和 4)的弯曲力矩和抗折力, 降低第 2 节间的倒伏指数, 但二者差异不显著, 说明 IGI 模式更有利于直播稻的抗倒。

以上结果说明, 移栽灵和立丰灵以及前期间歇后期浅水灌溉是通过降低穗下第 3、4 节间的长度, 促进茎秆机械组织发育, 增加茎秆壁厚和坚实度, 从

而降低倒伏指数来提高植株的抗倒伏性。

2.2 不同处理水稻植株性状比较

由表 3 可以看出, 与对照相比, 喷施移栽灵与立丰灵增加了株高和叶宽, 减小了剑叶和倒二叶的叶长, 增加了倒三叶长, 并使夹角变小。与长期浅水灌溉比, 前期间歇后期浅水灌溉降低了植株高度和剑叶与倒二叶的夹角, 增大上三叶的叶长、叶宽与倒三叶夹角。

表 3 不同处理水稻植株高度与叶片性状

| 处理 | 株高/cm | 剑叶 | | | 倒二叶 | | | 倒三叶 | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 叶长/cm | 叶宽/cm | 夹角 | 叶长/cm | 叶宽/cm | 夹角 | 叶长/cm | 叶宽/cm | 夹角 |
| 喷药 CWL | 137.03 | 26.79 | 1.87 | 14.80 | 38.72 | 1.77 | 12.60 | 52.91 | 1.60 | 13.80 |
| 不喷 CK | 130.42 | 29.76 | 1.83 | 16.30 | 40.89 | 1.67 | 14.10 | 50.60 | 1.45 | 14.00 |
| 平均 | 133.73 | 28.28 | 1.85 | 15.55 | 39.81 | 1.72 | 13.35 | 51.76 | 1.53 | 13.90 |
| 喷药 IGI | 132.57 | 28.15 | 2.07 | 12.50 | 39.97 | 1.94 | 11.40 | 53.94 | 1.79 | 15.30 |
| 不喷 CK | 126.61 | 33.67 | 2.01 | 17.90 | 48.16 | 1.70 | 15.10 | 53.44 | 1.51 | 15.30 |
| 平均 | 129.59 | 30.91 | 2.04 | 15.2 | 44.07 | 1.82 | 13.25 | 53.69 | 1.65 | 15.30 |

2.3 不同处理水稻产量及产量构成因素

从表 4 可以看出, 在 2 种水分管理模式下, 与对照组相比, 喷施移栽灵与立丰灵均极显著增加了千粒重 ($P<0.01$), 因而提高了理论产量和实际产量。除有效穗数外, 长期浅水灌溉处理各产量构成因素均略高前期间歇+后期浅水灌溉处理, 理论产量与实际产量分别提高 3.83%和 4.41%。

可见, 喷施移栽灵与立丰灵组合不仅通过增加有效穗数即植株有效分蘖数来提高产量, 更主要的可能是通过增加穗下第 1、2 节间长度来提高植株的高度, 改善植株形态, 从而改善了群体的受光条件, 增加千粒重和单穗质量来提高水稻产量(表 3 和表 4)。前期间歇灌溉后期浅水灌溉的水分管理模式则主要通过增加有效穗数来提高产量。

表 4 不同处理水稻产量及产量构成因素

| 处理 | 千粒重/g | 结实率% | 实粒数 | 穗粒数 | 单穗质量 | 有效穗数/(万穗/hm ²) | 理论产量/(kg/hm ²) | 实际产量/(kg/hm ²) |
|--------|--------|--------|---------|---------|-------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 喷药 CWL | 30.41A | 82.88A | 132.79A | 160.22A | 4.04A | 311.51A | 12 579.05A | 11 939.07A |
| 不喷 CK | 29.94B | 82.08A | 132.06A | 160.89A | 3.95A | 279.56B | 11 053.31B | 11 618.87B |
| 喷药 IGI | 29.03A | 82.56A | 135.00A | 163.52A | 3.92A | 335.47A | 13 147.15A | 12 795.41A |
| 不喷 CK | 28.36B | 77.91B | 121.16B | 155.51B | 3.44A | 331.47A | 11 389.77B | 11 801.84B |

3 结论与讨论

3.1 不同水分管理模式对直播稻抗倒能力与产量的影响

田间水分管理模式对水稻倒伏的影响很显著。研究表明,水稻分蘖后期搁田质量的好坏,对水稻的倒伏有很大的影响,搁田质量好与倒伏面积之间存在极显著负相关^[12]。杨长明等对水稻水分管理模式研究表明^[13],干湿交替和控水模式配合可以提高水稻茎秆的硅、钾含量,从而提高水稻基部茎秆、茎壁厚度、茎质量和抗折力,并有效防止倒伏的发生。本研究结果表明,前期间歇后期浅水灌溉的水分管理模式降低了穗下第 3、4 节间的长度,增加了茎秆粗度和壁厚,增大植株的抗折力,从而降低倒伏指数,增大植株的抗倒伏能力。这与前人研究结果一致。本试验结果还表明,前期间歇后期浅水灌溉的水分管理模式降低植株高度,增大上三叶的叶长、叶宽与夹角,改善植株形态,增加有效穗数。

3.2 移栽灵与立丰灵对直播稻抗倒能力与产量的影响

已有研究表明^[14],茎秆的抗折断力与株高的平方成反比。本试验结果表明,喷施移栽灵与立丰灵组合后,直播稻株高增加和单穗质量提高,茎秆的负荷却相应减少,可能是由于增加穗下第 1、2 节间的长度,缩小了其茎秆粗度和壁厚,故弯曲力矩也降低,同时,抗折力显著提高,两者协同效果使倒伏指数显著降低,说明直播稻喷施移栽灵+立丰灵后虽然植株较高,但增强了植株的抗倒伏性,这主要与其茎秆抗折力的显著提高有关。

水稻茎秆抗折力与诸多因素有关^[9, 11, 15-16]。本试验结果表明,喷施移栽灵+立丰灵后直播稻抗折力大、倒伏指数小。增强植株的抗倒伏能力的主要原因在于:一是喷施移栽灵与立丰灵后,虽然株高增加,但穗下第 3、4 节间的长度显著缩小,尤其第 4 节间,而基部节间长度对植株抗倒性至关重要。二是基部节间物理性状明显改善,喷施移栽灵+立丰灵后直播稻穗下第 2、3、4 节间茎秆粗而且茎壁厚,不仅增强茎秆的抗折力,而且显著改善植株性状,使上三叶长度缩小,宽度及叶片与茎秆的夹角增大,同时提高单穗质量与籽粒产量。水稻倒伏分根倒和茎倒。喷施移栽灵+立丰灵后可以降低植株茎秆的倒伏指数,防止茎倒,但是喷施移栽灵与立丰灵后是否可以促进植株根系的生长,防止根部倒伏,还有待于

进一步研究。

参考文献:

- [1] 凌启鸿. 稻作新理论[M] . 北京: 科学出版社, 1994: 280-283.
- [2] 宫坂昭. 水稻直播栽培[M] . 黄细喜, 顾克礼泽, 译. 南京: 东南大学出版社, 1991.
- [3] 夏有龙. 水稻栽培实用新技术[M] . 南京: 江苏科学技术出版社, 1993: 143-150.
- [4] 马均, 马文波, 田彦华, 等. 重穗型水稻植株抗倒伏能力的研究[J] . 作物学报, 2004, 30(2): 143-148.
- [5] Hossain K A, Horiuchi T, Miyagawa S. Effects of powdered rice chaff application on lodging resistance, Si and yield components of rice (*Oryza sativa* L) under shaded conditions[J] . Agron Hungarica, 1998, 46(3): 273-281.
- [6] Ismail A A. Study of some characters related to lodging resistance and yield under different nitrogen levels in bread wheat[J] . Assiut J Agric Sci, 2001, 32(2): 23-47.
- [7] Kaur G, Kler D S, Singh S I, et al. Relationship of height, lodging score and silica content with grain yield of wheat (*Triticum aestivum* L) under different planting techniques at higher nitrogen[J] . Environ Ecol, 2001, 19(2): 412-417.
- [8] Baker C J, Spink J H, Sylvester Bradley R, et al. A method for the assessment of the risk of wheat lodging[J] . J Theor Biol, 1998, 194(4): 587-603.
- [9] 孙旭初. 水稻茎秆抗倒性的研究[J] . 中国农业科学, 1987, 20(4): 32-37.
- [10] 王勇, 李晴祺. 小麦品种抗倒性评价方法的研究[J] . 华北农学报, 1995, 10(3): 84-88.
- [11] 张忠旭, 陈温福, 杨振玉, 等. 水稻抗倒伏能力与茎秆物理性状的关系及其对产量的影响[J] . 沈阳农业大学学报, 1999, 7(1): 15-18.
- [12] 陈斌, 鲁嘉, 丁华萍, 等. 海安县 1998 年水稻倒伏原因调查与分析[J] . 上海农业科技, 2000(4): 20-21.
- [13] 杨长明, 杨林章, 颜延梅, 等. 不同养分和水分管理模式对水稻抗倒伏能力的影响[J] . 应用生态学报, 2004, 15(4): 646-650.
- [14] Yoshida S. Physiological aspect of grain yield[J] . Ann Rev Plant Physiology, 1972, 23: 437-464.
- [15] Takahisa A, Qingsen Z, Yulong W, et al. Case studies on high yield rice in Jiangsu province, China[J] . Jpn J Crop Sci, 1993, 62(2): 275-281.
- [16] Taiichi O, Kuni I. Varietal difference of physical characteristics of the culm related to lodging resistance in paddy rice[J] . Jpn J Crop Sci, 1992, 61(3): 419-425.