

# 涝渍灾害补救措施对水稻产量及其构成的影响

朱珍勇<sup>1</sup>, 陈兰道<sup>1</sup>, 刘国林<sup>1</sup>, 姚存章<sup>1</sup>, 胡雅杰<sup>2</sup>, 钱海军<sup>2</sup>, 顾志英<sup>1</sup>, 王勇<sup>1</sup>, 钱鹤松<sup>1</sup>, 丁万龙<sup>1</sup>, 杨加坤<sup>1</sup>, 沈秀红<sup>1</sup>

(1. 江苏省兴化市农业技术推广中心, 江苏兴化 225700; 2. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009)

**摘要** [目的]筛选水稻涝渍灾害后提高产量的最佳补救措施。[方法]在水稻拔节初期自然受灾条件下,通过不同速效肥、叶面肥生化制剂的优化设计,研究补救措施对水稻产量及其构成的影响。[结果]涝渍灾害后水稻不同速效肥和不同叶面肥生化制剂均不同程度上提高产量,不同速效肥灾后补救恢复效应从高到低依次表现为沃丹农、尿素、海硅、稻速青;不同叶面肥生化制剂补救效应从高到低依次表现为阿瑞斯、粒粒宝、磷酸二氢钾、漂效王;追施尿素并配合喷施2次叶面肥生化制剂利于提高水稻产量。[结论]该研究筛选出较优的补救措施,为大面积生产灾后应变提供了参考。

**关键词** 涝渍灾害;水稻;补救措施;产量

中图分类号 S511 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)17-0034-02

## Effect of Remedial Measures to Waterlogged Disaster on Rice Yield and Its Components

ZHU Zhen-yong, CHEN Lan-dao, LIU Guo-lin et al (Xinghua Agricultural Technology Extension Centre, Xinghua, Jiangsu 225700)

**Abstract** [Objective] To screen the optimum remedial measures to increase rice yield after waterlogged disaster. [Method] Under the condition of natural disaster at the early stage of rice stem elongation, the optimal remedial measures to increase rice yield after waterlogged disaster were studied, through the optimum design of different quick effective fertilizer and foliar fertilizer. [Result] Different quick effective fertilizer and foliar fertilizer could increase the waterlogged rice yield. The remedial measures of quick effective fertilizers increasing waterlogged rice yield showed a trend of Wodannong > Urea > Haigui > Daosqing. The remedial measures of foliar fertilizers showed a trend of Aruisi > Lilibao > KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> > Luoxiaowang. In addition, the application of topdressing urea combined with twice foliar fertilizer was beneficial to increase rice yield. [Conclusion] The optimum remedial measures to increase rice yield after waterlogged disaster were screened, it provided reference for the large-scale production after natural disasters.

**Key words** Waterlogged disaster; Rice; Remedial measures; Yield

水稻发生涝渍灾害严重影响产量形成,危害程度与水温、淹水深度、淹水时间、泥沙含量等有关,温度越高、淹水越深、时间越长、泥沙含量越多,对水稻造成的危害越重<sup>[1]</sup>。兴化市地处江苏里下河腹部地区,平均地面高1.8 m(1.4~3.2 m),是典型的“锅底洼”地区,特别是在每年的梅雨季节,暴雨集中,积水无法及时排出,易造成水稻分蘖期和拔节初期涝渍灾害,影响水稻生长发育。受2015年13号台风“苏迪罗”的影响,8月10日下午及夜间兴化地区暴雨,11日上午雨渐止,但由于“客水”过境,造成该地区处于拔节初期的水稻出现不同程度的涝灾,受灾严重田块“没顶”淹水100多小时(四天五夜),基本绝收。针对这一自然灾害,选择“没顶”受淹48 h左右的田块,进行灾害恢复措施补救试验,筛选较优的补救措施,为大面积生产灾后应变提供参考。

## 1 材料与方

**1.1 试验地点** 试验设在兴化市钓鱼镇,试验田土壤为黏泥土,土壤肥力中等,田块肥力均匀,排灌一般,交通一般,地势相对较低(地面高度2.23 m),前茬作物为小麦。

**1.2 供试材料** 供试水稻品种为迟熟中梗武运梗24号,种植方式为直播(机条播),播种期6月12日。暴雨时间为2015年8月10日,8月11日傍晚“没顶”淹水,8月13日中午叶尖开始出水,“没顶”时间约44 h(近2昼夜),淹水解除时间在8月16日上午。试验田块受灾程度属于中等或中等偏轻类型,试验田面积0.51 hm<sup>2</sup>。

供试肥料:尿素(氮含量46%),宜兴灵谷化工有限公司生产;稻速青(氮含量96%),徐州农业科学院研制,安徽省砀山生物工程研究所生产(内含生物菌、芸苔素内脂和锌、硼、锰、铁、铜等微量元素);海硅(锌、铁、铬、硼、铜≥10%,硅、钙、镁、硫≥38%,肥料增效剂≥10%),武汉惠农乐植物营养科技有限公司生产;沃农丹(微量元素≥20%、锌≥20%、硼≥0.015%、铬≥1%、硫≥7%、镁≥4%、抗倒因子≥2%、生物促生素≥10%),武汉市沃农肥业有限公司生产;磷酸二氢钾(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>≥98%,其中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥51%、K<sub>2</sub>O≥34%),烟台中化作物营养有限公司生产;阿瑞斯(硅≥200 g/L,钾≥210 g/L),以色列钾硅螯合营养液,以色列安格鲁公司生产;粒粒宝(内含腐殖酸和维生素,微量元素水溶液肥料),淮安市农业科学院生产;漂效王(氮、磷、钾≥420 g/L,其中磷≥100 g/L,腐殖酸≥90 g/L),河南漂效王生物科技有限公司生产。

## 1.3 试验设计

**1.3.1 灾后追施尿素、稻速青、海硅、沃农丹等效果比较试验。** 试验采用随机排列,每小区60 m×3 m,设5个处理,处理1:灾后第8天追施尿素150.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理2:灾后第8天追施稻速青75.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理3:灾后第8天追施海硅15.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理4:灾后第8天追施沃农丹7.5 kg/hm<sup>2</sup>;处理5:对照(CK),不采用任何补救措施,各处理重复2次。

**1.3.2 灾后追施尿素及根叶喷施叶面肥试验。** 试验采用随机排列,每小区60 m×3 m,设4个处理,处理1:灾后第8天追施尿素150.0 kg/hm<sup>2</sup>;处理2:灾后第8天追施尿素150.0 kg/hm<sup>2</sup>,间隔7 d喷磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,累计2次;处理3:灾后第8天追施尿素150.0 kg/hm<sup>2</sup>,间隔7 d喷磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,累计1次;处理4:

**基金项目** 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(15)1002]。

**作者简介** 朱珍勇(1969—),男,江苏兴化人,农艺师,从事农业生产研究。

**收稿日期** 2017-04-15

对照(CK),灾后第8天喷施清水,各处理重复2次。

**1.3.3 灾后根外喷施叶面肥不同次数试验。**试验采用随机排列,每小区60 m×3 m,设4个处理,处理1:灾后第8天根外叶面喷施磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,间隔7 d喷1次,累计3次;处理2:灾后第8天根外叶面喷施磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,间隔7 d喷1次,累计2次;处理3:灾后第8天根外叶面喷施磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,累计1次;处理4:对照(CK),灾后第8天喷施清水,各处理重复2次。

**1.3.4 磷酸二氢钾、阿瑞斯等不同生化制剂应用抗逆性减灾效果试验。**试验采用随机区组排列,每小区6 m×3 m,设5个处理,处理1:灾后第8天根外叶面喷施磷酸二氢钾800倍液750.0 kg/hm<sup>2</sup>,间隔7 d喷1次,累计3次;处理2:灾后第8天根外叶面喷施阿瑞斯,1 500 g/hm<sup>2</sup>对水450 kg/hm<sup>2</sup>施用;处理3:灾后第8天根外叶面喷施粒宝宝,3 750 g/hm<sup>2</sup>对水450 kg/hm<sup>2</sup>施用;处理4:灾后第8天根外叶面喷施漂效王,1 500 g/hm<sup>2</sup>对水450 kg/hm<sup>2</sup>施用;处理5:对照(CK),灾后第8天喷施清水450 kg/hm<sup>2</sup>,各处理重复2次。

**1.4 试验方法** 试验田8月10日开始受灾,8月11日傍晚—8月13日中午淹水“没顶”,约44 h,8月16日基本解除深水淹苗状况。此时稻株处于基部第1节间伸长、第2节间开始伸长期,淹水后叶片发黄、下披,心叶及倒二叶叶色深绿,发暗色,茎秆柔嫩易折。等稻株缓慢恢复后于灾后第8天,即8月24日下午实施试验。试验田除肥料运筹根据试验要求进行,其他如病虫害防治与大田相同。试验田9月15日始穗,9月22日左右齐穗,10月底成熟,成熟后收割前取样室内考种,同时各小区割方计实产,每小区收割10 m<sup>2</sup>。

## 2 结果与分析

**2.1 灾后不同追施肥料比较试验** 由表1可知,水稻拔节初期发生“没顶”涝渍灾害后通过不同追肥补救措施明显提高产量,改善穗粒结构。与CK相比,灾后追施尿素、稻速青、海硅和沃农丹均能提高水稻产量,增产幅度为3.97%~10.95%,其中追施尿素和沃农丹产量较CK差异达显著水平。涝渍灾害后不同追肥补救措施均能提高水稻穗数、每穗粒数,结实率和千粒重也有所改善。综合分析,涝渍灾害后追施尿素和沃农丹更利于提高水稻产量。

表1 不同追施肥料对灾后水稻产量及其构成的影响

Table 1 Effect of topdressing fertilizer on waterlogged rice yield and its components

编号 No.	处理 Treatment	穗数 No. of panicles ×10 <sup>4</sup> /hm <sup>2</sup>	每穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Filled grains %	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield kg/hm <sup>2</sup>	实产 Observed yield kg/hm <sup>2</sup>	产量增幅 Yield increase %
1	尿素	475.5 a	83.4 a	92.0 a	28.5 b	10 398.0 a	9 469.5 ab	6.67
2	稻速青	465.0 a	81.7 ab	91.6 a	29.0 ab	10 092.0 a	9 229.5 bc	3.97
3	海硅	463.5 a	83.2 a	92.1 a	29.6 a	10 513.5 a	9 265.5 bc	4.38
4	沃农丹	471.0 a	82.5 a	93.0 a	28.9 ab	10 443.0 a	9 849.0 a	10.95
5	CK	439.5 b	79.3 b	92.0 a	28.5 b	9 138.0 b	8 877.0 c	—

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P < 0.05$ )

**2.2 灾后追施尿素及根外喷施叶面肥试验** 由表2可知,涝渍灾害后水稻追施肥料和喷施叶面肥次数不同对产量的影响不同。与CK相比,单施尿素以及尿素与磷酸二氢钾配

套施用均能提高水稻产量,增产幅度为4.71%~10.56%,尿素+2次磷酸二氢钾处理增产幅度最大。说明水稻涝渍灾害后追施尿素+2次磷酸二氢钾更利于提高产量。

表2 追施尿素和喷施叶面肥对灾后水稻产量及其构成的影响

Table 2 Effect of topdressing urea and foliar fertilizer on waterlogged rice yield and its components

编号 No.	处理 Treatment	穗数 No. of panicles ×10 <sup>4</sup> /hm <sup>2</sup>	每穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Filled grains %	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield kg/hm <sup>2</sup>	实产 Observed yield kg/hm <sup>2</sup>	产量增幅 Yield increase %
1	尿素	469.5 a	82.8 a	92.9 b	28.8 b	10 401.0 b	9 295.5 b	4.71
2	尿素 +2 次磷酸二氢钾	466.5 a	82.2 a	95.4 a	30.2 a	11 062.5 a	9 814.5 a	10.56
3	尿素 +1 次磷酸二氢钾	468.0 a	83.4 a	94.6 a	30.0 a	11 092.5 a	9 520.5 ab	7.25
4	CK	439.5 b	79.3 b	92.0 b	28.5 b	9 138.0 c	8 877.0 c	—

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P < 0.05$ )

**2.3 灾后根外喷施叶面肥不同次数试验** 由表3可知,涝渍灾害后根外喷施叶面肥不同次数对水稻补救恢复效应不同。与CK相比,根外喷施叶面肥处理均能提高水稻产量,增产幅度为3.14%~6.91%,其中喷施3次磷酸二氢钾处理和喷施2次磷酸二氢钾处理差异达显著水平。由表3还可知,喷施3次磷酸二氢钾处理和喷施2次磷酸二氢钾处理产量相当,但2个处理产量均高于喷施1次磷酸二氢钾处理。综合考虑补救措施经济效益,水稻涝渍灾害后喷施2次磷酸二

氢钾利于提高产量和经济效益。

**2.4 不同叶面肥应用抗逆减灾效果试验** 由表4可知,涝渍灾害后喷施不同叶面肥种类对水稻补救恢复效应不同。与CK相比,涝渍灾害后喷施叶面肥均不同程度提高水稻产量,增产幅度为1.50%~6.80%。不同叶面肥种类间产量从高到低依次为阿瑞斯、粒粒宝、磷酸二氢钾、漂效王。

(下转第75页)

## 参考文献

- [1] MIYAHARA M, SUZUKI T, SAITO Y. Multiresidue method for some pesticides in lanolin by capillary gas chromatography with detection by electron capture, flame photometric, mass spectrometric, and atomic emission techniques[J]. J Agric Food Chem, 1992, 40: 64-69.
- [2] 李芳, 张静, 杨中, 等. QuEChERS/液质联用法测定蔬菜中 17 种农药残留[J]. 吉林农业科学, 2013, 38(3): 93-96.
- [3] 张璇, 姜敏, 何锦惠, 等. 高效液相色谱-质谱联用仪测定韭菜中多菌灵、吡虫啉等 7 种农药残留量[J]. 农药科学与管理, 2016, 37(4): 42-47.
- [4] 高斌富, 金秀华, 方赤光, 等. 高效液相色谱法同时测定食品中除虫脲、灭幼脲和杀铃脲残留量[J]. 分析化学, 1996, 24(7): 865.
- [5] 许慎毅, 袁兴旺, 姜成彪. 高效液相色谱法测定武夷岩茶中除虫脲残留量[J]. 福建茶叶, 2014(1): 22-23.
- [6] 厚生劳动省医药食品局食品安全部. 食品中农业化学品残留检测方
- 法: 食安发第 1129002 号[S]. 东京: 厚生劳动省医药食品局食品安全部, 2005.
- [7] 吉林省卫生防疫站. 植物性食品中除虫脲残留量的测定: GB/T 5009.147-2003[S]. 北京: 中国质检出版社, 2003.
- [8] Foods of plant origin; Determination of pesticide residues using GC-MS and/or LC-MS/MS following acetonitrile extraction/partitioning and clean-up by dispersive SPE (QuEChERS-method); BS EN 15662:2008[S]. London: BSI, 2008.
- [9] AOAC. AOAC Official Method 2007.01. Pesticide Residues in Foods by Acetonitrile Extraction and Partitioning with Magnesium Sulfate[S]. AOAC, 2007.
- [10] SCHENCK F J, BROWN A N, PODHORNIAK L V, et al. A rapid multi-residue method for determination of pesticides in fruits and vegetables by using acetonitrile extraction/partitioning and solid-phase extraction column clean-up[J]. Journal of AOAC international, 2008, 91(2): 422-438.

(上接第 35 页)

表 3 喷施叶面肥次数对灾后水稻产量及其构成的影响

Table 3 Effect of spray times of foliar fertilizer on waterlogged rice yield and its components

编号 No.	处理 Treatment	穗数 No. of panicles $\times 10^4/\text{hm}^2$	每穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Filled grains %	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield $\text{kg}/\text{hm}^2$	实产 Observed yield $\text{kg}/\text{hm}^2$	产量增幅 Yield increase %
1	3 次磷酸二氢钾	450.0 a	80.7 a	94.0 a	29.4 a	9 919.5 a	9 490.5 a	6.91
2	2 次磷酸二氢钾	447.0 a	80.8 a	92.5 b	29.4 a	9 811.5 a	9 432.0 a	6.25
3	1 次磷酸二氢钾	441.0 b	80.5 a	92.5 b	28.6 a	9 391.5 ab	9 156.0 ab	3.14
4	CK	439.5 b	79.3 a	92.0 b	28.5 a	9 138.0 b	8 877.0 b	—

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P < 0.05$ )

表 4 不同叶面肥对灾后水稻产量及其构成的影响

Table 4 Effect of different foliar fertilizers on waterlogged rice yield and its components

编号 No.	处理 Treatment	穗数 No. of panicles $\times 10^4/\text{hm}^2$	每穗粒数 Spikelets per panicle	结实率 Filled grains %	千粒重 1 000-grain weight//g	理论产量 Theoretical yield $\text{kg}/\text{hm}^2$	实产 Observed yield $\text{kg}/\text{hm}^2$	产量增幅 Yield increase %
1	磷酸二氢钾	484.5 a	80.9 b	95.3 a	29.4 a	10 981.5 a	9 360.0 ab	3.78
2	阿瑞斯	469.5 b	84.6 a	95.2 a	29.4 a	11 116.5 a	9 633.0 a	6.80
3	粒粒宝	487.5 a	80.4 b	95.1 a	29.8 a	11 107.5 a	9 438.0 ab	4.64
4	漂效王	469.5 b	80.5 b	94.4 ab	29.3 a	10 453.5 b	9 154.5 ab	1.50
5	CK	465.0 b	80.9 b	93.3 b	29.2 a	10 248.0 b	9 019.5 b	—

注: 同列数据后小写字母不同表示差异显著 ( $P < 0.05$ )Note: Different small letters within the same column mean significant differences ( $P < 0.05$ )

## 3 小结与讨论

前人关于水稻涝渍灾害已有较多的研究, 夏石头等<sup>[1]</sup>、茅弼华等<sup>[2]</sup>、王斌等<sup>[3]</sup>研究分蘖期淹水“没顶”天数对水稻产量形成的影响, 认为水稻分蘖期发生涝渍灾害后, 新生叶片变小, 节间长度缩短, 高位分蘖增多。王国清等<sup>[4]</sup>研究表明, 生长后期稻株受淹死亡的均为无效小分蘖, 对后期产量影响较小。李阳生等<sup>[5]</sup>总结出供洪涝灾害具有突发性、迁移性、群发性等特点。随着淹水“没顶”时间延长, 水稻产量减幅增大。而陈忠平等<sup>[6]</sup>、王洁等<sup>[7]</sup>、张旭晖等<sup>[8]</sup>研究不同补救措施对水稻抗涝渍害能力的影响, 认为排水露苗、追肥提苗、化学调控、施药防病综合措施能有效提高水稻抗涝渍害能力。在水稻拔节初期自然受灾条件下, 通过不同肥料、不同叶面肥以及配套施用的优化设计, 明确兴化地区水稻涝渍灾害后有效的补救恢复措施。该研究认为, 水稻涝渍灾害后补救恢复效应施用沃农丹高于常规尿素, 而其他肥料补救恢复效应

低于常规尿素; 追施尿素并配合 2 次磷酸二氢钾喷施利于水稻生长, 提高产量; 不同叶面肥对水稻灾后补救效应从高到低表现为阿瑞斯、粒粒宝、磷酸二氢钾、漂效王。

## 参考文献

- [1] 夏石头, 彭克勤, 曾可. 水稻涝害生理及其与水稻生产的关系[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(6): 581-588.
- [2] 茅弼华, 王荫传, 陆仁峥, 等. 受淹水稻的生育特点及其培管技术[J]. 江苏农业科学, 1992(3): 1-5.
- [3] 王斌, 周永进, 许有尊, 等. 不同淹水时间对分蘖期中稻生育动态及产量的影响[J]. 中国稻米, 2014, 20(1): 68-72.
- [4] 王国清, 刘道宏, 段民廷, 等. 受淹中稻的特点及补救措施[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(5): 692-693.
- [5] 李阳生, 李绍清. 湖南农业的洪涝灾害问题及对策[J]. 农业现代化研究, 1998, 19(2): 102-105.
- [6] 陈忠平, 黄大山, 黄梅梅, 等. 不同补救措施对水稻抗涝渍害能力的影响[J]. 中国农机推广, 2013(4): 20-22.
- [7] 王洁, 周有炎, 沙安勤, 等. 中稻涝渍害影响与补救恢复效应试验研究[J]. 北方水稻, 2015, 45(3): 24-26.
- [8] 张旭晖, 朱海涛, 杨洪建, 等. 江苏涝渍灾害影响程度评估[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(9): 407-411.