

## 海丰盐碱地区秸秆全量还田下机直播稻水分管理最优模式探究

叶高潮, 陈明, 王美娥, 曹晓利, 孙小明, 赵田芬 (上海海丰现代农业有限公司, 江苏大丰 224153)

**摘要** [目的] 探明海丰盐碱地区机直播稻水分管理的最佳模式。[方法] 以淮稻5号为研究材料, 设置3种水分管理模式, 观察不同水分管理模式对水稻群体发育、株型、穗型、产量及其构成因素的影响。[结果] 轻干-湿灌溉处理下的水稻产量最高, 达10 458.00 kg/hm<sup>2</sup>, 其穗部性状较好, 一次枝梗和二次枝梗数目较多, 株型配置较为合理, 成穗率较高。虽然常规水层灌溉有效穗数较多(318.0万穗/hm<sup>2</sup>), 但由于其无效分蘖数目多, 群体数量过大, 田间通风透光能力较差, 植株下部光照不足, 导致千粒重以及结实率显著降低; 重干-湿处理下由于有效穗数严重减少, 千粒重以及结实率下降显著, 这2种处理下的产量均受不同程度的影响。[结论] 轻干-湿交替灌溉方式优化了海丰盐碱地区机直播稻水分管理模式, 为机直播稻高产栽培提供了实用的配套水分管理技术。

**关键词** 机直播稻; 海丰盐碱地区; 水分管理; 最佳模式

**中图分类号** S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)31-0020-03

### The Optimal Water Management Pattern of Mechanical Direct-seeding Rice in Haifeng Saline Area with Returning Whole Straws to Field

YE Gao-chao, CHEN Ming, WANG Mei'e et al (Shanghai Haifeng Modern Agriculture Co. Ltd., Dafeng, Jiangsu 224153)

**Abstract** [Objective] In order to explore the optimal water management pattern of mechanical direct-seeding rice in Haifeng saline area. [Method] With Huaidao 5 as research object, different water management pattern were conducted to study the effect of different pattern on population development, plant types, panicle characteristics, yield and component factors. [Result] The grain yield of the alternate wetting and moderate soil drying regime was the highest (10 458.00 kg/hm<sup>2</sup>). In this treatment panicle characters of rice performed well, the amount of the first and secondary panicle branches were more, the configuration of plant type was reasonable, and earbearing tiller percentage of rice population was higher. Although the number of productive ear was relatively more under the conventional water irrigation (reached to 318.0 × 10<sup>4</sup> ears/hm<sup>2</sup>), the ineffective tillers and population number were too large, ventilation pervious capacity of the field was poor, and insufficient light reached to lower leaves, all these factors caused 1 000-grain weight and the setting percentage significantly reduced. The number of productive ear, 1 000-grain weight and setting percentage were all severely reduced under the alternate wetting and severe soil drying regime. Therefore the yield of both the two water treatments were influenced at different extents. [Conclusion] The water management pattern of mechanical direct-seeding rice in Haifeng saline area was optimized by the alternate wetting and moderate soil drying regime, which can provide practical water pipe technology for high yield cultivation of mechanical direct-seeding rice.

**Key words** Mechanical direct-seeding rice; Haifeng saline area; Water management; Optimal pattern

麦秸全量旋耕还田是上海海丰现代农业有限公司目前运用较为广泛的一种还田方式, 在麦秸机械还田的基础上, 机直播稻面积不断扩大。水稻机械直播不需要育秧, 其省工省本、节省秧田、提高劳动生产率、减轻劳动强度, 同时便于田间管理、减少病虫害发生、减少农药用量, 为生产无公害粮食创造了条件, 是一种较为理想的栽培技术, 也是水稻实现栽植机械化的发展方向之一。

由于海丰地处黄海滩涂, 盐碱地较多(占公司总面积的60%左右), 在此条件下构建机直播稻高产高效生产技术体系, 对海丰盐碱地区农业资源高效利用、土壤肥力维持和改良以及可持续稻作体系的建立有着十分重要的意义<sup>[1]</sup>。前人对水稻在不同灌溉方式下的影响做了大量的研究<sup>[2-7]</sup>, 但多数是采用盆钵等方式, 通常以人工秧作为研究对象, 将土壤水分长期控制在某一水平而进行的。在生产上, 除水层灌溉外, 将土壤水分长期保持在某一水平是很困难的。这些研究都难以真实反映田间生产条件下不同灌溉方式对机直播稻的影响。该研究着眼于麦秸全量还田下盐碱地机直播稻的生育特征和产量形成, 通过设置不同水分管理模式, 观察机直播稻生长各阶段土壤水势、产量及其构成因素以及水稻的生育特征, 探讨水分管理模式对机直播稻的影

响及其作用特点, 从而为海丰盐碱地区麦秸还田下机直播稻精确灌溉技术和高产高效栽培提供必要的调控指标和技术途径。

#### 1 材料与方法

**1.1 试验地点及材料** 试验于2015年在上海海丰现代农业有限公司丰华一队2#进行。供试土壤常年耕作制度为稻麦轮作制度, 试验田前茬作物为小麦, 土壤质地为沙壤土, 土壤含盐量3.0 g/kg。

供试品种为海丰地区大面积推广的迟熟中粳品种——淮稻5号, 播种期为2015年6月14日, 播种方式为机械水直播。仪器设备: SM-1型土壤水势监测仪, 由中国科学院南京土壤研究所提供。

**1.2 试验设计与方法** 该试验设置3种水分管理模式: 常规水层灌溉(CK); 轻干-湿交替灌溉(从5 cm浅水层落干至土壤水势-10 kPa, 再灌5 cm水, T<sub>1</sub>); 重干-湿交替灌溉(从5 cm浅水层落干至土壤水势-20 kPa, 再灌5 cm水, 再落干, 如此循环, T<sub>2</sub>)。每个处理小区面积666.7 m<sup>2</sup>, 各小区随机区组排列, 重复2次, 共计6个小区, 各小区间筑埂并包膜以防串灌。肥料运筹、病虫害防治等相关的栽培措施均按照高产栽培要求进行, 各处理小区管理方式一致。

#### 1.3 测定内容及方法

**1.3.1 土壤水势** 采用SM-1型土壤水势测定仪, 每隔5 d实时监测2种非充分灌溉方式下的土壤水分状况。

**1.3.2 茎蘖动态及叶龄** 在各个小区中选择较为均匀的区

**作者简介** 叶高潮(1970-), 男, 安徽桐城人, 中级农艺师, 从事农作物栽培技术研究与推广工作。

**收稿日期** 2016-09-05

域设定调查点,从四叶期起每隔 7 d 调查 1 次茎蘖数量,同时记载叶龄,直至抽穗。

**1.3.3 株型。**从成熟期样本中取 10 个大小平均的单茎,测定植株各节间长度、株高。

**1.3.4 穗部特征。**在成熟期取样(20 个穗),测定穗长、一次枝梗数、二次枝梗数。

**1.3.5 产量及其构成因素。**每小区取水稻植株 40 个单茎(以株为单位),用于测定每穗粒数、千粒重和结实率等,计算理论产量。

**1.4 数据统计** 数据处理采用 Excel2003 软件,统计分析采用 DPS 软件。

## 2 结果与分析

**2.1 群体发育动态** 水分控制对于水稻茎蘖发育具有重要的影响<sup>[8]</sup>。由图 1 可知,CK 处理茎蘖数起落幅度较大,虽然分蘖数较多,但更多增加的是无效分蘖,对有效穗数的增加作用有限; $T_1$  处理后的水稻生长各时期的茎蘖动态相对平缓,无效分蘖较少;而  $T_2$  处理下的茎蘖数在各阶段都低于常规水层灌溉和轻干-湿交替处理,显示出重干-湿交替处理对水稻茎蘖数的增加有一定的抑制作用。

表 1 不同水分管理模式对机直播稻各节间长度和株高的影响

Table 1 Effects of different water management patterns on length of each section and plant height of mechanical direct-seeding rice cm

| 处理<br>Treatment | 基一<br>Base one | 基二<br>Base two | 基三<br>Base three | 基四<br>Base four | 基五<br>Base five | 株高<br>Plant height |
|-----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| CK              | 2.9 a          | 9.3 a          | 13.3 a           | 18.2 a          | 23.4 b          | 82.8 a             |
| $T_1$           | 2.5 a          | 8.8 a          | 14.7 a           | 19.5 a          | 25.0 a          | 86.0 a             |
| $T_2$           | 2.0 b          | 8.3 b          | 12.5 a           | 15.2 b          | 21.1 b          | 72.8 b             |

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Data followed by different lowercases in the same column stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

由表 1 可知,CK 处理下的基部第一、二节间的长度较长,基部节间的伸长,增加了水稻后期倒伏的风险。 $T_2$  处理明显抑制了基部第一、二节间长度,株高显著降低,光合作用减弱,影响后期植株光合能力。对穗下节间长度的变化趋势分析可见, $T_1$  处理的穗下节间较长,占秆长的比例较大(占株高的 29.0%),有利于上三叶在空间的优化分布和高产量下功能叶片的光合生产。

可见,在盐碱地区机直播稻大田栽培管理上,由于机直播稻根系浅,为了防止后期倒伏、提高结实率,轻干-湿交替灌溉使机直播稻基一、基二节间变短,同时增加穗下节间长度和株高,增加抽穗后植株受光量,提高植株的总同化产物量,为产量的提高奠定了基础。

**2.3 穗部性状及成穗率** 稻穗的一次枝梗数更多决定于分蘖期的壮苗,而形成大穗的前提是壮苗和壮株。在保证获得适宜穗数的前提下,提高群体的茎蘖成穗率是群体质量的综合指标。由表 2 可知, $T_1$  处理穗部性状较好,一次枝梗和二次枝梗数目较多,成穗率较高。CK 处理由于群体过大,个体生长条件变差,个体素质减弱,穗长、一次枝梗数降低,成穗率下降,最终影响产量。 $T_2$  处理下的穗部性状较差,成穗率不高,显示出重干-湿处理对水稻最终穗数的增加有一定的抑制作用。

由此可以看出,轻干-湿交替灌溉对机直播稻成穗率的

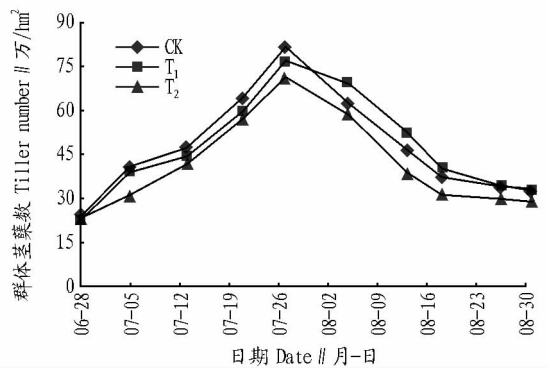


图 1 不同水分管理模式下机直播稻群体发育动态

Fig. 1 The group growth dynamics of mechanical direct-seeding rice under different water management patterns

**2.2 株型** 水稻茎秆各节间长度的配比与高产有密切关系。基部节间较短,说明无效分蘖期和拔节期前后水浆管理控制得当,无效分蘖发生量低。而穗下节间较长,说明水稻孕穗前到抽穗期的营养状况较好,施肥较为及时,颖花数退化较少。高产群体茎秆各节间长度的组成,都是基部节间粗短,上部节间长,尤其是穗下节间较长。

提高有一定的促进作用,在这种灌溉模式下,机直播稻促进早发、完成穗数的同时,有效地控制了群体的茎蘖数和无效分蘖发生,为主攻大穗创造了条件,而常规水层灌溉和重干-湿交替灌溉显著降低了成穗率。

表 2 不同水分管理模式对机直播稻穗部性状及成穗率的影响

Table 2 Effects of different water management patterns on ear characters and percentage of earbearing tiller of mechanical direct-seeding rice

| 处理<br>Treatment | 一次枝梗数<br>Number of primary branches // 个 | 二次枝梗数<br>Number of secondary branches // 个 | 穗长<br>Ear length cm | 成穗率<br>Percentage of earbearing tiller // % |
|-----------------|--|--|---------------------|---|
| CK              | 9.3 b                                    | 20.6 b                                     | 15.5 a              | 55.4 b                                      |
| $T_1$           | 11.3 a                                   | 26.1 a                                     | 15.7 a              | 69.7 a                                      |
| $T_2$           | 10.4 a                                   | 23.6 a                                     | 13.8 b              | 50.5 b                                      |

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Data followed by different lowercases in the same column stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

**2.4 产量及其构成因素** 由表 3 可知, $T_1$  处理产量最高,达到 10 458.00 kg/hm<sup>2</sup>,较 CK、 $T_2$  处理分别增加了 13.2%、45.1%。对产量构成因素分析可见,虽然 CK 有效穗数较多(318.0 万穗/hm<sup>2</sup>),但由于高峰苗过多,群体数量较大,田间通风透光能力较差,植株下部光照不足,导致千粒重以及结实率降低; $T_2$  处理有效穗数明显减少(仅为 274.5 万穗/hm<sup>2</sup>),极

显著低于CK(318.0万穗/hm<sup>2</sup>)和T<sub>1</sub>处理(301.5万穗/hm<sup>2</sup>)。由于严格控制水分,导致处理小区的盐分过高,抑制了千粒

重和结实率的提高。可见重干-湿交替灌溉对盐碱地机直播稻生长产生了较为明显的不利影响。

表3 不同水分管理模式对机直播稻产量及其构成因素的影响

Table 3 Effects of different water management patterns on yield and components of mechanical direct-seeding rice

| 处理<br>Treatment | 有效穗数<br>Effective ears<br>万/hm <sup>2</sup> | 每穗总粒数<br>Total grain number<br>per ear//粒 | 结实率<br>Seed-setting<br>rate//% | 千粒重<br>1 000-grain<br>weight//g | 理论产量<br>Theoretical<br>yield//kg/hm <sup>2</sup> |
|-----------------|---|---|--------------------------------|---------------------------------|--|
| CK              | 318.0 a                                     | 130.1 a                                   | 82.1 b                         | 27.2 b                          | 9 238.50 b                                       |
| T <sub>1</sub>  | 301.5 a                                     | 128.8 a                                   | 95.5 a                         | 28.2 a                          | 10 458.00 a                                      |
| T <sub>2</sub>  | 274.5 b                                     | 120.3 b                                   | 81.1 b                         | 26.9 b                          | 7 206.00 c                                       |

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著(P<0.05)。

Note: Data followed by different lowercases in the same column stand for significant difference(P<0.05).

综合产量构成因素和产量差异可知,轻干-湿处理下产量达最高值,千粒重和结实率也同时达到最高值,可见轻干-湿交替灌溉处理产量的提高主要是由于结实率以及千粒重增加,轻干-湿交替灌溉可以有效提高水稻产量。

### 3 小结与讨论

(1)轻干-湿交替灌溉主要是提高水稻前期分蘖的比例,各时期大分蘖比例提高,这些早生分蘖和大分蘖有利于分蘖成穗<sup>[4]</sup>。该试验结果表明,轻干-湿交替灌溉不仅使土壤水气协调,而且为早生分蘖快发创造了一个昼夜温差大、光照条件好、田间通风透光性好的生态环境,因而茎蘖数上升快,同时充分控制了无效分蘖,提高了群体质量,使得中后期水稻群体通风透光好,有利于减少分蘖死亡,增加分蘖成穗数,提高成穗率。常规水层灌溉虽然分蘖数较多,但更多增加的是无效分蘖,对有效穗数的增加作用较为有限,而重干-湿交替灌溉处理对水稻茎蘖数的增加有一定的抑制作用,成穗率较低。

(2)麦秸全量还田下轻干-湿灌溉处理下的产量最高,穗部性状较好,株型配置较为合理。常规水层灌溉虽然有效穗数较多,但由于群体数量过大,田间通风透光能力较差,植株下部光照不足,导致千粒重以及结实率降低;重干-湿处理下有效穗数严重减少,穗部性状较差,株型配置不合理,千粒重和结实率下降极为显著,制约着产量的提高。可见盐碱地高产水稻并非要长时间进行水层灌溉,在水分非亏缺条件下全生育期进行轻干-湿交替灌溉,更有利于产量的提高,达到水分高效利用的效果。

轻干-湿交替灌溉优化了海丰盐碱地区机直播稻水分管理模式,为机直播稻高产栽培提供了实用的配套水管技术,高效利用了海丰农业资源,提高了水稻产量,达到节省人工、降低成本、增加效益的目的。

(3)该试验用土壤水势作为灌溉的指标有许多优点,但该指标在大面积应用中仍有一定难度,如土壤水势测定仪的校正和使用过程中需加无气水等。如何将土壤水势与土壤水分形态指标(如土壤地下水埋深、土壤地表外观状况等)进行结合,建立较为准确的、更易操作的灌溉指标,有待于进一步深入研究。另外,该试验所选用品种为迟熟中粳品种淮稻5号,品种较为单一,今后还需扩大品种类型,进一步完善海丰盐碱地区机直播稻高产优质灌溉技术模式,扩大该技术的推广应用。

### 参考文献

- [1] 杨文钰,王兰英.作物秸秆还田的现状与展望[J].四川农业大学学报,2005,17(2):211-216.
- [2] 陈宇眺,周欢,熊昊,等.基于土壤水势的灌溉对水稻生长和产量的影响[J].灌溉排水学报,2009,28(5):82-85.
- [3] 俞双恩,彭世彰,王士恒,等.控制灌溉条件下水稻的群体特征[J].灌溉排水,1997,16(2):20-23.
- [4] 林贤青,朱德峰,李春寿,等.水稻不同灌溉方式下的高产生理特性[J].中国水稻科学,2005,19(4):328-332.
- [5] 朱庆森,邱泽森,姜长鉴,等.水稻各生育期不同土壤水势对产量的影响[J].中国农业科学,1994,27(6):15-22.
- [6] 杨建昌,朱庆森,王志琴.土壤水分对水稻产量与生理特性的影响[J].作物学报,1995,21(1):110-114.
- [7] 李国生,张慎凤,王学明,等.结实时土壤水分对水稻产量与品质的影响[J].中国农学通报,2007,23(12):177-181.
- [8] 原晓明,俞双恩,谢俊英,等.农田水位调控对水稻茎蘖动态和株高的影响[J].灌溉排水学报,2011,30(3):56-59.
- [9] 李波,刘建,熊飞,等.稻秆还田量对盆栽冬小麦生理特性的影响[J].麦类作物学报,2012,32(5):937-940.
- [10] 李波,刘建,熊飞,等.稻秆还田深度对盆栽冬小麦结构和生理特性的影响[J].麦类作物学报,2012,32(4):722-727.
- [11] 李波,魏亚凤,汪波,等.稻草还田与不同耕作方式对麦田土壤脲酶和土壤无机氮的影响[J].江苏农业学报,2014,30(1):106-111.
- [12] 李波,魏亚凤,李桦,等.稻草还田与不同耕作方式对小麦出苗以及产量的影响[J].中国农学通报,2012,28(24):122-126.
- [13] 张爽,潘伟.植物化感作用研究进展[J].现代化农业,2006(8):16-17.
- [14] LIN W X, KIM KU, SMIN D H. Rice allelopathic potential and its modes of action on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) [J]. Allelopathy, 2000, 7(2): 215-224.
- [15] 李逢雨,孙锡发,冯文强,等.水稻秸秆水浸提液对小麦的化感作用研究[J].西南农业学报,2008,21(4):960-964.
- [16] 李晶,赵先龙,乔天长,等.秸秆腐解液对玉米幼苗的生理效应及酚酸类化感成分的检测[J].核农学报,2015,29(9):1799-1805.
- [17] 刘秀芬,晓军.化感物质阿魏酸对小麦幼苗内源激素水平的影响[J].中国生态农业学报,2001,9(1):86-89.
- [18] 宋亮,潘开文,王进闯.化感活性物质影响种子萌发作用机理的研究进展[J].世界科技研究与发展,2006,28(4):52-57.

(上接第19页)