

分蘖期水分胁迫对寒地粳稻农艺性状及产量的影响

胡继芳¹, 刘传增¹, 马 波¹, 谭可菲¹, 王秋菊², 赵富阳¹, 王宇先¹

(1. 黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了探讨分蘖期水分胁迫对水稻产量的影响机理, 试验以寒地早熟水稻品种垦稻 12 为材料, 通过盆栽方式人为控制土壤水分, 研究了分蘖期水分胁迫对水稻农艺性状及产量的影响。结果表明: 分蘖期控水, 单株有效穗数、穗长、穗粒数、结实率、千粒重和单株产量均低于 CK 水平; 水稻农艺性状与产量的相关性分析表明: 正常灌水与水分胁迫两种环境条件下单株有效穗数、穗长和结实率与产量均呈极显著或显著正相关($r=0.745\ 6^{**}$, $r=0.810\ 6^{**}$; $r=0.595\ 2^{*}$, $r=0.745\ 3^{**}$; $r=0.689\ 8^{**}$, $r=0.585\ 1^{*}$); 正常灌水条件下影响产量的主要性状是有效穗数和结实率, 水分胁迫条件下影响产量的主要性状是有效穗数和穗长。

关键词:寒地; 水稻; 分蘖期; 水分胁迫; 农艺性状; 产量

中图分类号:S511 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2015)08-0031-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.08.0031

“国以民为本, 民以食为天, 食以粮为先”, 保障粮食安全历来是各国关注的焦点。我国是人口大国, 也是粮食消费大国, 粮食安全问题更为重要。稻米是人们赖以生存的主要食粮, 我国有 60% 以上的人口以稻米为主食, 其消费量约占全部粮食消费量的 40%^[1]。黑龙江省是我国最重要的水稻生产基地, 截至 2014 年水稻栽培面积已达到 400 万 hm^2 , 是水稻种植面积最大的省份^[2]。水稻作为黑龙江省的重要粮食作物, 其生产规模的稳定与发展, 对保障国家粮食安全和社会安定起着十分重要的作用。然而北方稻区十年九旱, 水资源严重不足, 成为制约北方粳稻发展的主要因素^[3], 在有限的水资源条件下保证水稻的安全生产, 进行水稻抗旱和节水稻作研究是节省水资源和获得水稻高产稳产的有效途径之一, 对水稻生产的可持续发展具有重要意义。试验通过采用抗旱盆栽的方法, 分析分蘖期水分胁迫对寒地粳稻农艺性状及产量的影响, 旨在探讨水稻在分蘖期的抗旱能力, 以期为实行节水灌溉栽培提供理论依据。

1 材料与方法

试验于 2012 年在黑龙江省农业科学院齐

哈尔分院盆栽场进行, 地点位于齐齐哈尔市富拉尔基区。该地年降水量在 400~550 mm, 年均活动积温 2 700℃ 左右。

1.1 材料

试验材料为黑龙江省第二积温区早熟水稻品种垦稻 12。4 月 15 日播种, 大棚早育苗, 5 月 21 日移栽。试验采用盆栽, 栽苗盆钵上口直径 30 cm, 下口直径 20 cm, 盆高 26 cm, 每盆装过筛风干土 10 kg。土壤类型为黑钙土, 土壤的基础条件为有机质 26.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、碱解氮 103 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有效磷 16.5 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 132 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、pH7.6。

1.2 方法

1.2.1 试验处理 水分胁迫处理从返青发生分蘖开始至拔节始期结束(拔节始期: 10% 的植株茎秆基部第一伸长节间长度达到 1~2 cm 时的日期), 历时 30 d。设水分胁迫与对照(保持浅水层)两个处理, 每个处理 3 次重复, 随机排列, 每盆插 4 棵苗, 插单株, 均匀分布。盆栽在秧苗移栽前施入基肥, 每盆施尿素 1.0 g、重过磷酸钙 1.1 g、硫酸钾 0.7 g。6 月 1 日施分蘖肥, 每盆施尿素 0.62 g。7 月 3 日施穗肥, 每盆施尿素 0.41 g、硫酸钾 0.46 g。

分蘖期胁迫在插秧返青后取消水层, 开始控水, 直到拔节始期胁迫结束, 恢复水层, 胁迫期间, 当有 50% 的植株叶片在 14:00 左右全部卷成筒状时(此时盆内土壤体积含水量在 20% 左右)要进行定量浇水, 以灌到土壤含水量达饱和为止(此时盆内土壤体积含水量为 60% 左右), 灌水饱和

收稿日期: 2015-04-08

基金项目: 黑龙江省省长基金资助项目(2009HSJ-A-2); 哈尔滨市创新工程资助项目(2010RFQYN112)

第一作者简介: 胡继芳(1983-), 女, 黑龙江省富裕县人, 硕士, 助理研究员, 从事水稻育种与栽培研究。E-mail: hujifang7@163.com。

通讯作者: 刘传增(1969-), 男, 硕士, 副研究员, 从事水稻育种及栽培研究。E-mail: cjf69@163.com。

后排除水层继续胁迫,直到 50% 的植株叶片再次全部卷成筒状时再定额灌水,循环进行,直到胁迫结束,恢复水层。胁迫处理在防雨棚内进行,生育期间遇雨及时遮挡,晴天时将棚撤开,以保证与对照处理接受的温光条件一致。对照在旱棚外进行,采用浅水灌溉方法,整个生育期保留 3~5 cm 浅水层,蜡熟期撤水,生育期间人工除草和防虫,9 月中旬收获。

1.2.2 测定项目及方法①灌水量测定。整个试验期间,记录各处理灌水日期、灌水量和灌水次数,每盆灌水量一致。同时测定每次浇水前后的土壤湿度。②生育期调查。各处理从播种开始分别记载播种期、返青期、抽穗期、成熟期。③株高动态测定。移栽后 15 d 开始,定点 10 株测定株高,每 7 d 测定 1 次,株高的测定在出穗前是从土面至最高叶片尖端的长度,出穗后则是量至最高穗顶(不连芒)的长度。④分蘖动态测定。移栽后 15 d 开始,定点 10 株测水稻分蘖,每 7 d 测定 1 次植株的茎蘖数。根据调查株高和分蘖数计算水稻生长量(生长量=株高×分蘖数)。⑤产量性状与产量测定。谷粒成熟时,取 5 株带回室内考察产量性状,具体指标包括:株高、穗长、单株有效穗数、穗粒数、结实率、千粒重等性状,称量单株实际产量。⑥水分胁迫反应指数计算。水分胁迫反应指数(WRI)(%)=(水分胁迫处理区性状表型值/对照区性状表型值)×100。

1.2.3 数据处理 试验数据和图表是采用 Excel 2003 进行计算和绘制,数据的相关统计分析通过 DPS 8.01 来完成。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫处理对水稻生长发育的影响

2.1.1 水分胁迫处理对水稻生育期的影响 由表 1 可知,供试水稻品种在分蘖期水分胁迫处理后,抽穗期和成熟期都明显延后于 CK,受胁迫影响,处理后的水稻抽穗期较 CK 延迟 5 d,成熟期较 CK 延迟 8 d。由于分蘖期水分供应减少,不能满足水稻在该生育阶段的水分需求,抑制了水稻正常生长,胁迫结束后恢复水层,水稻生长速度虽然有所恢复,受前期的影响水稻生育期仍比 CK 延迟。

2.1.2 水分胁迫处理对水稻株高的影响 从图 1 可以看出,分蘖期水分胁迫的株高与 CK 的株高整体动态趋势基本一致,但在胁迫处理期间二者略有不同。在水分胁迫始期,株高与 CK 生长

速度基本相同,到 6 月 13 日起出现一个很小幅度的增加,说明此时植株处于轻度胁迫,可以满足水稻对水分的需求,盆栽内 0 水层土温升高,利于水稻生长,随着干旱胁迫的加重,水分胁迫的植株生长速度开始降低,与 CK 的差距逐渐拉大,在 6 月 27 日至 7 月 4 日期间,水分胁迫的株高明显低于 CK,说明此时的水分已不能满足水稻正常生长从而抑制了株高,在分蘖期结束胁迫恢复水层后,进入拔节期植株迅速生长,与 CK 株高差距逐渐减小,至 9 月 12 日时胁迫处理的株高较 CK 低 4.7%。

表 1 水分胁迫对水稻生育期的影响

Table 1 Effect of water stress on rice growth period

| 处理 Treatments | 抽穗期 Heading stage | 成熟期 Ripening stage |
|-------------------|----------------------|-----------------------|
| 对照(CK) | 07-24 | 09-01 |
| 水分胁迫 Water stress | 07-29 | 09-09 |

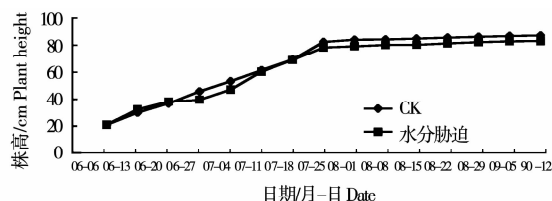


图 1 水分胁迫对水稻株高的影响

Fig. 1 Effect of water stress on plant height of rice

2.1.3 水分胁迫处理对水稻分蘖的影响 分蘖发生早晚和数量对寒地水稻高产稳产影响很大。由图 2 可见,在分蘖期水分胁迫后,水稻茎蘖数的增加速率是明显低于 CK 的。受胁迫影响,水稻的分蘖数明显减少,到 7 月 4 日时,胁迫处理的茎蘖数低于 CK 达 65.2%,其差异达到极显著水平,7 月 6 日恢复水层后植株产生了新的分蘖,出现一个较明显的茎蘖数增加过程,逐渐缩短与 CK 的差距,胁迫处理后水稻最终茎蘖数仍低于 CK 14.8%,说明分蘖期控水对水稻产生分蘖影响很大。

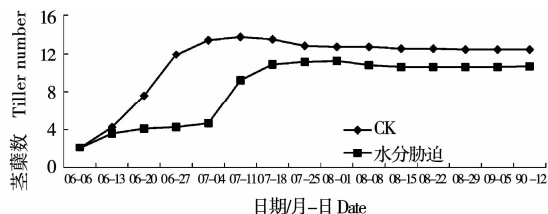


图 2 水分胁迫对水稻茎蘖数的影响

Fig. 2 Effect of water stress on tiller number of rice

2.1.4 水分胁迫处理对水稻生长量的影响 生长量的大小可以从横向和纵向表现出作物生长速度的快慢和生长势的强弱。由图 3 可知,受胁迫影响,水稻植株在 7 月 4 日前生长的非常缓慢,该品种的生长量明显低于 CK,由于分蘖期控水会减少植株分蘖数和降低株高,导致水稻植株生长缓慢生长量较低,7 月 4 日后生长量出现一个快速增长的过程,是由于胁迫结束复水,产生新的分蘖和株高的恢复,生长量快速增长,逐渐缩小与 CK 的差距,但最终生长量仍低于 CK18.8%,说明生育前期的缺水是会影响到水稻后期生长的。

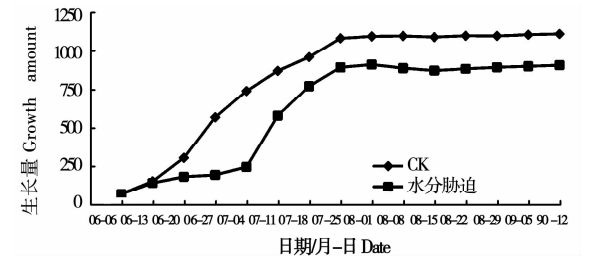


图 3 水分胁迫对水稻生长量的影响

Fig. 3 Effect of water stress on growth amount of rice

2.2 水分胁迫处理对水稻农艺性状及产量的影响

由表 2 可知,水分胁迫条件下单株有效穗数、穗长、穗粒数、结实率、千粒重和单株产量均低于 CK,说明受干旱的影响,水稻各农艺性状均受到不同程度的抑制。表 2 中数据均为平均值,从单株有效穗数来看,正常管理的 CK 有效穗数为 12.3

表 2 水分胁迫对水稻农艺性状及产量的影响

Table 2 Effect of water stress on rice agronomic traits and yield

| 农艺性状 Traits | 对照 CK | 水分胁迫 Water stress | 水分胁迫反 应指数/% Water stress response index |
|------------------------------------|----------|----------------------|--|
| 单株有效穗数 Panicle number per plant | 12.3 | 10.5 | 85.4 |
| 穗长/cm Panicle length | 16.5 | 15.1 | 91.5 |
| 穗粒数 Spikelet umber per panicle | 86.0 | 75.2 | 87.4 |
| 结实率/% Seed setting rate | 95.4 | 92.2 | 96.7 |
| 千粒重/g 1000-seed weight | 27.4 | 26.2 | 95.6 |
| 单株产量/g Yield per plant | 27.7 | 19.1 | 68.9 |

个,水分胁迫后水稻有效穗数为 10.5 个,比 CK 低 14.6%,可见干旱抑制水稻产生分蘖;从穗长来看,胁迫处理后的穗长较 CK 穗长降低 8.5%,说明分蘖期胁迫对水稻穗长也是略有影响;从穗粒数来看,受水分胁迫影响,水稻总粒数明显低于 CK,处理后植株总粒数较 CK 总粒数降低 12.6%;从结实率和千粒重来看,二者受干旱影响不大;从单株产量来看,水分胁迫处理的单株产量显著低于 CK,降低幅度为 31.1%。

水分胁迫反应指数(WRI)值越大,说明对水分胁迫的反应比较迟钝,否则相反。从表 2 可以看出,水稻单株有效穗数和穗粒数的水分胁迫反应指数相对较低,分别为 85.4%、87.4%,说明这两个性状对水分胁迫的反应相对较为敏感,容易受干旱环境的影响;穗长、结实率和千粒重的水分胁迫反应指数较高,分别为 91.5%、96.7%和 95.6%,说明这几个性状对水分胁迫的反应较为迟钝,不易受干旱环境影响;单株产量的水分胁迫反应指数最低,仅为68.9%,这是由于单株有效穗数和穗粒数等产量因子易受水分胁迫影响,降低幅度较大,从而直接影响了单株产量。

2.3 水稻农艺性状与产量的相关分析

试验采用相关性对水稻农艺性状与产量之间的关系进行分析,以此探讨分蘖期水分胁迫对水稻产量的影响机理。由表 3 可以看出,水稻各性状与产量之间的关系:在正常水层管理条件下,水稻穗长、单株有效穗数、结实率与产量呈显著或极显著正相关($r=0.5952^*$, $r=0.7456^{**}$, $r=0.6898^{**}$),千粒重与产量呈显著负相关($r=-0.4860^*$),每穗粒数则与产量的相关性不显著。根据相关系数绝对值大小可以判断出,各性状对产量的作用程度顺序为:单株有效穗数>结实率>穗长>千粒重,由此可见,在正常水层管理条件下有效穗数对垦稻 12 产量的总作用程度最大,其次是结实率;在水分胁迫条件下,水稻穗长、单株有效穗数、穗粒数、结实率及千粒重与产量均呈极显著或显著正相关($r=0.7453^{**}$, $r=0.8106^{**}$, $r=0.5079^*$, $r=0.5851^*$, $r=0.5287^*$)。根据相关系数的绝对值大小可以判断出,各农艺性状对产量的作用程度顺序为:有效穗数>穗长>结实率>千粒重>穗粒数,由此可见分蘖期进行控水处理,有效穗数对垦稻 12 产量影响最大,其次为穗长。

表 3 水稻农艺性状与产量的相关系数

Table 3 The correlation coefficient of rice agronomic traits and yield

| 处理 Treatments | 穗长 Panicle length | 单株有效穗数 Panicle number per plant | 穗粒数 Spikelet number per panicle | 结实率 Seed setting rate | 千粒重 1000-seed weight |
|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 对照 CK | 0.5952* | 0.7456** | 0.4348 | 0.6898** | —0.4860* |
| 水分胁迫 Water stress | 0.7453** | 0.8106** | 0.5079* | 0.5851* | 0.5287* |

* 表示 5%水平差异显著; ** 表示 1%水平差异极显著。
* mean significant difference at 0.05 level, ** mean extremely significant difference at 0.01 level.

3 结论与讨论

试验结果表明,水稻品种垦稻 12 分蘖期控水,不仅株高降低,而且严重影响产生分蘖,当胁迫结束水分条件好转后,经过自我调节,植株各项生理活动逐渐恢复正常,受前期胁迫影响,水稻生育后期的生长水平依然低于 CK,这说明分蘖期干旱会影响水稻后期生长。

从分蘖期水分胁迫对水稻农艺性状及产量影响来看,单株有效穗数、穗长、穗粒数、结实率、千粒重等农艺性状均受到不同程度的抑制,其中对有效穗数、穗粒数、穗长影响较大;从水分胁迫反应指数来看,单株有效穗数、穗粒数对水分胁迫的反应较为敏感,易受干旱环境的影响;综合二者可见分蘖期水分胁迫对水稻有效穗数和穗粒数影响较大。分蘖期水分胁迫减少了有效穗数,降低了穗长和穗粒数,水稻的单株总粒数过低,导致水稻最终产量降低。

通过对比正常灌水条件下和分蘖期水分胁迫条件下水稻农艺性状与产量的相关性分析:两种水分管理条件下的单株有效穗数、穗长和结实率

与产量均呈极显著或显著正相关;正常灌水条件下单株有效穗数和结实率是影响产量的主要性状,在分蘖期水分胁迫条件下对产量影响较大的主要性状是有效穗数和穗长,可见,受分蘖期水分胁迫的影响,影响产量的主要性状也发生改变。

不论在哪种环境条件下,水稻农艺性状与水稻产量是相互联系、相互制约的,分蘖期水分胁迫会对这些农艺性状造成不同程度的影响,而这些性状的变化也会直接或间接影响水稻的最终产量。因此,水稻分蘖期缺水时间不能过长,否则水稻前期生长不足、基本穗数过少,很难保证后期高产。生产上可以选择大穗型品种,增加基础苗数、加大插秧密度,生育初期增施氮肥来弥补因有效穗数过少而造成的产量损失。

参考文献:

[1] 孙海正. 黑龙江省水稻生产特点及对我国粮食安全的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2012(8):134-136.

[2] 李大林,刘成才,李修平,等. 黑龙江省水稻生产存在的问题与建议[J]. 黑龙江农业科学, 2015(1):23-26.

[3] 陈温福. 北方水稻生产技术问答[M]. 北京:中国农业出版社, 2007:207-208.

Effect of Water Stress at Tillering Stage on Rice Agronomic Traits and Yield in Cold Region

HU Ji-fang¹, LIU Chuan-zeng¹, MA Bo¹, TAN Ke-fei¹, WANG Qiu-ju², ZHAO Fu-yang¹, WANG Yu-xian¹
(1. Qiqihar Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar, Heilongjiang 161006; 2. Soil Fertilizer and Environment Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to investigate the mechanism of water stress at tillering stage on rice yield, taking cold region rice variety cultivated rice Kendao 12 as material, through a pot of soil moisture artificially controlled manner, the effect of water stress at tillering stage on rice agronomic traits and yield was studied. The results showed that controlled water stress at tillering stage, panicle per plant, panicle length, spikelet per panicle, seed setting rate, 1 000-seed weight and yield per plant were lower than CK; By correlation analysis on agronomic traits and yield of rice, normal irrigation and water stress conditions in both of environments panicle per plant and panicle length and seed setting rate and yield were highly significant or significant positive correlation ($r=0.7456^{**}$, $r=0.8106^{**}$; $r=0.5952^{*}$, $r=0.7453^{**}$; $r=0.6898^{**}$, $r=0.5851^{*}$); Under normal irrigation conditions the main agronomic traits affected yield was the number of effective panicles and seed setting rate, under the conditions of water stress, the main agronomic traits affected yield was the number of effective panicles and panicle length.

Keywords: cold region; rice; tillering stage; water stress; agronomic traits; yield

(本文的作者还有柴丽丽,单位同第一作者)