

不同时期干旱胁迫对水稻产量和生长特性的影响

朱海平¹ 李贵勇¹ 夏琼梅¹ 龙瑞平¹ 邓安凤¹ 黄军² 相军章³ 杨从党^{1*}

(¹ 云南省农业科学研究院粮食作物研究所, 昆明 650200; ² 云南省勐腊县农业技术推广中心, 云南 勐腊 666300; ³ 云南省孟连县农业技术推广中心, 云南 孟连 665800; 第一作者: haipingzhu_1@163.com; * 通讯作者: yangcd2005@163.com)

摘要:为明确水稻生长过程中的水分敏感时期,探索水稻抵御干旱的栽培措施,以常规粳稻楚梗 29 号和云梗 39 号为材料,通过盆栽试验准确控制土壤水分(水势),研究不同时期干旱胁迫对水稻产量和生长特性的影响。结果表明,楚梗 29 号干旱胁迫处理较对照减产 10.63%~47.60%,云梗 39 号干旱胁迫处理较对照减产 6.19%~47.27%,减产程度依次为穗分化前期干旱胁迫(T2) > 有效分蘖期干旱胁迫(T1) > 穗分化后期干旱胁迫(T3) > 孕穗期干旱胁迫(T4)。与对照相比,2 个品种有效分蘖期干旱胁迫降低了有效穗数,穗分化前期干旱胁迫使每穗粒数明显减少,穗分化后期干旱胁迫使每穗实粒数减少和结实率明显降低,孕穗期干旱胁迫对结实率或千粒重有影响。

关键词:水稻;干旱胁迫;产量;生长特性

中图分类号:S511.07 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)04-0135-04

水稻作为云南省的主要粮食作物,稻谷生产对保障云南省粮食安全至关重要。然而,云南地理地貌和气候情况复杂多样,造成该地区季节性干旱频发。发生季节性干旱的主要原因是降雨时空分布不均,气候出现异常引起的长时间降雨偏少和气温偏高^[1]。云南全省一般年份至少有一半以上县市受到不同程度的干旱,受灾面积占全省面积的一半左右^[2]。水稻产量是由单位面积穗数、每穗实粒数、千粒重构成,这些产量构成因素是在不同生育阶段形成,所以不同生育时期干旱会对不同的产量构成因素产生影响^[3]。本研究通过对水稻不同生育时期进行干旱胁迫处理,研究干旱胁迫条件下水稻生长特性和对产量及其构成因素的影响,以期水稻抗旱节水栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以常规粳稻品种楚梗 29 号和云梗 39 号为试验材料。

1.2 试验设计

2016 年在云南省农业科学院嵩明现代农业试验基地温室内进行盆栽试验,在 2015 年预备试验的基础上得到各品种总叶龄 14.5 片叶,4 个伸长节间。不同处理设置见表 1。每个处理每个品种种植 20 盆,3 次重复,每盆插 1 丛,每丛栽 2 苗。盆规格:长 23.5 cm、宽 19.5 cm、高 22.0 cm。4 月 5 日播种,5 月 12 日移栽,秧苗 4 叶 1 心,每盆一次性施水稻专用控释肥(N:P₂O₅:

K₂O=25:5:8)2.44 g,移栽后第 8 d(5.1 叶期)开始干旱胁迫处理。用 TEN-50 型真空负压式张力计(浙江托普仪器有限公司生产)监测 15~20 cm 深处土壤水势,灌水方式参照陈宇眺等^[4]的方法。当各处理水势达到下限值时补充灌水,至盆内有 2~3 cm 水层。全生育期严格防控病虫害。

1.3 测定项目与方法

各处理每个品种定点 10 株标记叶龄,定点 10 丛调查茎蘖数,每 7 d 调查 1 次叶龄和茎蘖数。齐穗期按平均茎蘖数取 3 丛样品,用 LI-3100 叶面积仪测定高效叶面积(顶部 3 片叶)和低效叶面积。将茎、叶、穗分剪后装袋,105℃杀青 30 min 后,80℃烘干至恒质量后称重。收获前按平均有效穗数取 3 丛样品进行考种,考察穗粒数、穗实粒数、千粒重,茎、叶、穗分别装袋,80℃烘干至恒质量后称重。单打实收,测定含水量及杂质后换算成标准含水量(14.5%)的实际产量。

叶面积指数(LAI)=叶片总面积/土地面积。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 进行数据录入,用 SPSS

收稿日期:2017-06-23

基金项目:农业部公益行业(农业)科研专项(201303102;201303129);国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2013CB835205);国家重点研发计划(2016YFD0300506);云南省科技惠民专项(2016RA001)

表 1 不同处理设置

处理	时期	水势
有效分蘖期干旱胁迫(T1)	5~9 叶龄期进行干旱胁迫,其余时期盆内保持 2~3 cm 水层至收获前 1 周	低限土壤水势为-10 kPa
穗分化前期干旱胁迫(T2)	10~12 叶龄期进行干旱胁迫,其余时期盆内保持 2~3 cm 水层至收获前 1 周	低限土壤水势为-15 kPa
穗分化后期干旱胁迫(T3)	13~14.5 叶龄期进行干旱胁迫,其余时期盆内保持 2~3 cm 水层至收获前 1 周	低限土壤水势为-20 kPa
孕穗期干旱胁迫(T4)	叶抽完后 30 d 进行干旱胁迫,其余时期盆内保持 2~3 cm 水层至收获前 1 周	低限土壤水势为-10 kPa
对照(CK)	盆内一直保持 2~3 cm 水层至收获前 1 周	

表 2 不同时期干旱胁迫对产量及其构成因素的影响

品种	处理	实际产量 (g/丛)	理论产量 (g/丛)	有效穗数 (穗/丛)	总粒数 (粒/穗)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)
楚粳 29 号	CK	35.17 a	35.10 a	12.12 a	131.26 a	114.56 b	87.27 bc	25.33 a
	T1	22.13 bc	20.83 c	6.98 b	136.20 a	126.27 a	92.70 a	24.67 a
	T2	18.43 c	17.92 c	7.24 b	107.73 c	95.87 c	89.07 abc	25.40 a
	T3	24.23 bc	27.41 b	10.56 a	121.30 b	102.50 c	84.50 c	25.00 a
	T4	31.43 ab	33.68 a	11.02 a	134.76 a	121.60 ab	90.20 ab	25.07 a
	平均	26.28	26.99	9.58	126.25	112.16	88.75	25.09
云粳 39 号	CK	36.03 a	34.01 a	12.54 a	123.23 a	112.03 b	91.93 a	24.23 a
	T1	20.00 b	20.20 c	6.64 c	133.76 a	123.63 a	92.47 a	24.43 a
	T2	19.00 b	18.62 c	7.12 c	111.36 b	103.53 c	92.93 a	25.50 a
	T3	21.60 b	24.56 b	10.14 b	128.80 a	95.33 d	74.10 b	25.37 a
	T4	33.80 a	32.01 a	11.40 ab	132.23 a	117.83 ab	89.10 a	24.13 a
	平均	26.09	25.88	9.57	125.88	110.47	88.11	24.73

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

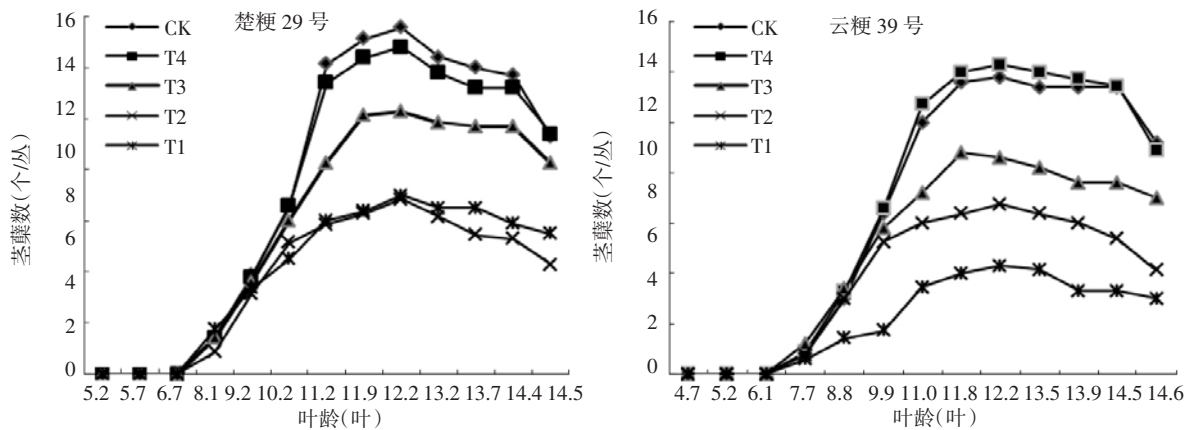


图 1 不同处理之间茎蘖动态比较

19.0 数据处理系统进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同时期干旱胁迫对产量及其构成因素的影响

从表 2 可见,2 个品种不同时期干旱胁迫处理的理论产量与实际产量均显著低于对照。楚粳 29 号 T1、T2、T3 和 T4 处理分别比 CK 减产 37.08%、47.60%、31.11%和 10.63%,云粳 39 号 T1、T2、T3 和 T4 处理分别比 CK 减产 44.49%、47.27%、40.05%和 6.19%。从产量构成因素看,2 个品种不同时期干旱胁迫处理有效穗数均小于 CK,表现为 CK > T4 > T3 > T2 > T1,其中

T1 和 T2 处理有效穗数显著小于其他处理;2 个品种 T2 处理的每穗总粒数显著小于 CK 和其他处理;2 个品种 T2 和 T3 处理每穗实粒数显著小于 CK 和其他处理;2 个品种 T3 处理对结实率影响最大,显著小于其他处理;2 个品种不同处理间千粒重差异不显著。说明 T1 处理对有效穗数影响最大,T2 处理对每穗粒数影响最大,T3 处理对结实率影响最大。

2.2 不同时期干旱胁迫对茎蘖的影响

从图 1 可以看出,2 个品种 T4 处理与 CK 相比,茎蘖动态较一致,相差不大。T1、T2 和 T3 处理茎蘖数明显小于 CK 和 T4 处理,2 个品种存在差异,其中楚粳

表 3 不同处理之间齐穗期叶面积指数和干物质量比较

品种	处理	总 LAI	高效 LAI	低效 LAI	干物质量(g/丛)		
					齐穗期	成熟期	齐穗-成熟期
楚粳 29 号	CK	4.81 a	3.71 a	1.10 a	51.40 a	88.33 a	36.93 a
	T1	3.30 b	2.42 b	0.89 ab	36.00 bc	48.52 c	12.52 b
	T2	2.12 c	1.24 c	0.89 ab	29.10 c	45.42 c	16.32 b
	T3	3.78 ab	3.45 a	0.32 b	45.20 ab	70.44 b	25.24 ab
	T4	4.74 a	3.65 a	1.08 a	50.67 a	76.99 b	26.34 ab
	平均	3.75	2.89	0.86	42.47	65.94	23.47
云粳 39 号	CK	4.75 a	3.49 a	1.25 a	49.30 a	84.86 a	35.56 a
	T1	2.87 b	1.86 c	1.01 b	36.53 b	47.00 c	10.47 b
	T2	2.20 c	1.26 d	0.94 b	25.97 c	49.84 c	23.88 a
	T3	3.04 b	2.76 b	0.28 c	39.03 b	64.06 b	25.02 a
	T4	4.67 a	3.44 a	1.23 a	48.53 a	81.97 a	33.41 a
	平均	3.51	2.56	0.94	39.87	65.55	25.67

29 号高峰苗及以后时期茎蘖数大小依次为 T3 > T1 > T2, 云粳 39 号高峰苗及以后时期茎蘖数大小依次为 T3 > T2 > T1。T1、T2 和 T3 处理的最终有效穗数较少, 且 T1 和 T2 处理对分蘖和有效穗数的影响程度大于 T3 处理。

2.3 不同时期干旱胁迫对叶面积和干物质积累的影响

从表 3 可以看出, 2 个品种齐穗期 CK 和不同干旱胁迫处理之间总 LAI、高效 LAI 和低效 LAI 变化趋势一致, 总 LAI 和高效 LAI 从大到小依次为 CK > T4 > T3 > T1 > T2。2 个品种 T4 处理总 LAI、高效 LAI 和低效 LAI 小于 CK, 但差异不显著; T1、T2 和 T3 处理总 LAI、高效 LAI 和低效 LAI 大多显著低于 T4 处理和 CK, 其中 T2 处理总 LAI 和高效 LAI 显著小于其他干旱胁迫处理, T3 处理低效 LAI 小于 CK 和其他干旱胁迫处理。

所有干旱处理均降低了齐穗期和成熟期干物质的积累, 其中 T1、T2、T3 处理大多显著低于 CK, T4 由于处理时期在齐穗期, 齐穗期干物质积累量与 CK 差异不大, 主要是降低了水稻灌浆期的干物质积累量。

3 讨论

关于干旱胁迫与水稻产量之间的研究已有很多, 王成媛等^[5]利用盆栽的方式人工控制土壤水分(水势), 研究了不同生育时期干旱胁迫对水稻产量及碾米品质的影响, 结果表明, 各时期干旱均导致产量下降, 与本研究得到的结果相符。徐正浩等^[6]研究认为, 水分胁迫使单株产量显著降低的主要原因在于有效穗数、总粒数和实粒数显著减小。本研究发现, 有效分蘖期干旱胁迫(T1)抑制了分蘖的发生, 致使有效穗数明显减少, 造

成减产; 穗分化前期干旱胁迫(T2)抑制了水稻颖花的分化, 降低了每穗总粒数; 穗分化后期干旱胁迫(T3)抑制了水稻减数分裂和花粉粒的充实, 降低了每穗实粒数和结实率; 穗分化期干旱胁迫(T2 和 T3)通过影响每穗总粒数、实粒数和结实率, 进而影响产量。这与江学海等^[7]研究得到各生育阶段干旱均较对照减产, 有效分蘖期和幼穗分化前期干旱处理对产量的影响最大, 有效分蘖期干旱处理降低了有效穗数, 幼穗分化期干旱处理降低了穗粒数这一研究结果相一致。

段素梅等^[8]利用土壤水势张力计控制土壤水分, 在分蘖期和孕穗期进行自然干旱处理与常规水分管理, 研究干旱对不同品种水稻生长、生理特性和产量的影响, 结果发现, 干旱处理对水稻分蘖动态、绿叶面积、叶片水势均产生明显影响。江学海等^[7]研究发现, 在水稻群体形成过程中, 有效分蘖期干旱处理导致分蘖生长受到抑制, 即使成穗率高, 但是群体过小, 干物质积累的基础小; 幼穗分化期干旱处理抑制叶的生长, 干物质积累少, 幼穗发育不良, 抑制了颖花分化。本研究发现, 有效分蘖期干旱胁迫(T1)抑制了水稻分蘖的发生, 使有效穗数和齐穗至成熟期干物质积累量明显减少; 穗分化前期干旱胁迫(T2)抑制了幼穗分化的正常进行, 使叶面积明显减小, 齐穗期和成熟期干物质积累量减小。本研究中干旱胁迫处理 2 个品种均减产的原因是抑制了分蘖的产生、幼穗的分化和物质的转运等, 进而影响叶面积、穗粒数和结实率。

水稻生长过程中不同生育时期存在一个临界水分指标, 当水分状况低于这一临界值后, 前期分蘖减少, 中后期导致大量空粒形成, 影响籽粒充实, 产量下降。

参考文献

[1] 王树鹏, 张云峰, 方迪. 云南省旱灾成因及抗旱对策探析[J]. 中国

- 农村水利水电, 2011 (9): 139-144.
- [2] 李雅坤. 干旱对西南四省水稻生产影响的实证研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2012.
- [3] 王成媛, 王伯伦, 张文香, 等. 干旱胁迫时期对水稻产量及产量性状的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 160-166.
- [4] 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
- [5] 王成媛, 王伯伦, 张文香, 等. 不同生育时期干旱胁迫对水稻产量与碾米品质的影响[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(6): 643-649.
- [6] 徐正浩, 朱丽青, 徐林娟, 等. 土壤水分供给对不同水稻的产量构成及其淀粉品质的影响[J]. 核农学报, 2011, 25(6): 1 249-1 254.
- [7] 江学海, 李刚华, 王绍华, 等. 不同生育阶段干旱胁迫对杂交稻产量的影响[J]. 南京农业大学学报, 2015, 38(2): 173-181.
- [8] 段素梅, 杨安中, 黄义德, 等. 干旱胁迫对水稻生长、生理特性和产量的影响[J]. 核农学报, 2014, 28(6): 1 124-1 132.

Effects of Drought Stress on Yield and Growth Characteristics of Rice in Different Periods

ZHU Haiping¹, LI Guiyong¹, XIA Qiongmei¹, LONG Ruiping¹, DENG Anfeng¹, HUANG Jun², XIANG Hanzhang³, YANG Congdang^{1*}

(¹ Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650200, China; ² Mengla Promotion Center of Agricultural Technology, Mengla, Yunnan 666300, China; ³ Menglian Promotion Center of Agricultural Technology, Menglian, Yunnan 665800, China; 1st author: haipingzhu_1@163.com; *Corresponding author: yangcd2005@163.com)

Abstract: In order to clarify the sensitive period of water during the growth of rice, explore the cultivation measures to resist drought, the effects of drought stress on yield and growth characteristics of rice in different periods were studied, using two conventional *japonica* cultivars Chugeng 29 and Yungeng 39 as materials, to precisely control soil moisture (water potential) by pot experiment. The results indicated that the yield of Chugeng 29 and Yungeng 39 at different drought stress treatments decreased by 10.63%~47.60% and 6.19%~47.27% respectively, compare with the control. Yield decreased degree ranked as follows: drought stress in early stage of panicle initiation (T2) > drought stress in effective tillering stage (T1) > drought stress in late stage of panicle initiation (T3) > drought stress in booting stage (T4). Compared with the control, effective panicles per pot of two cultivars were reduced by drought stress in effective tillering stage, the number of spikelet per panicle was obviously reduced by drought stress in early stage of panicle initiation, the number of filled grain per panicle and seed setting rate were obviously reduced by drought stress in late stage of panicle initiation, the seed setting rate or 1 000-grain weight was influenced by drought stress in booting stage.

Key words: rice; drought stress; yield; growth characteristics

(上接第 134 页)

Effects of Combined Application of Slow-release Nitrogen Fertilizer and Urea on Yield and Growth Characters of Machine Transplanting *Indica* Rice in Plateau Areas

LONG Ruiping¹, ZHU Lifeng², ZHAO Lijuan², LI Guiyong¹, XIA Qiongmei¹, ZHU Haiping¹, PA Sanshi², YIN Jiao², YANG Congdang^{1*}

(¹ Food Crops Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China; ² Mangshi Agricultural Technology Extension Center, Mangshi, Yunnan 678400, China; 1st author: lrp725@126.com; *Corresponding author: yangcd2005@163.com)

Abstract: In order to conform the optimal proportion of the slow-release nitrogen fertilizer and urea combined application of machine transplanting *indica* rice in plateau areas, using Chuanguyou 7329 as the material, the effects of the different proportion (10:0, 7:3, 5:5 and 3:7) on yield and growth characters of machine transplanting *indica* rice were studied under nitrogen application rate of 150 kg/hm² and 105 kg/hm². The results showed that the yield of rice under different nitrogen application rate were not significant. According to the proportion of the slow-release nitrogen fertilizer and urea combined application, the yield of machine transplanting *indica* rice was 5:5>10:0>7:3>3:7. The increase of nitrogen application rate could increased the high effective leaf length in heading stage and improved the rice tiller number and leaf area index of heading stage, but decreased the agronomic use efficiency of nitrogen fertilizer and grain-leaf ratio at heading stage under the same proportion. In the different proportion of facilities, the higher the proportion of urea was, the lower the spike rate was. When the proportion is 5:5, the apparent export percentage and agronomic use efficiency of nitrogen fertilizer of rice was higher. The appropriate application rate of nitrogen fertilizer was 105 kg/hm², and the best proportion of slow-release nitrogen fertilizer and common urea was 5:5.

Key words: slow-release nitrogen fertilizer; machine transplanting *indica* rice; yield; growth characters; plateau