

# 不同生育阶段灌水处理对糜子农艺性状及产量的影响

刘天鹏<sup>1</sup>,董孔军<sup>2</sup>,何继红<sup>2</sup>,任瑞玉<sup>2</sup>,张磊<sup>2</sup>,杨天育<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃农业大学生命科学技术学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在年降雨量不足 40 mm 的甘肃省敦煌市,以陇糜 10 号为指示品种,研究了不同生育阶段灌水处理对糜子主要农艺性状及产量的影响,应用灰色关联度法分析了主要农艺性状与产量的相关性。结果表明:水分亏缺延迟糜子成熟,延长了拔节至抽穗阶段的生长发育天数;生育期内任何阶段水分亏缺都降低了糜子株高、千粒重和产量,主穗长缩短,主茎粗变细,抽穗灌浆期水分亏缺极显著地影响单株穗重、单株粒重及单位面积穗数。不同土壤水分条件下,糜子单株粒重、单株穗重、千粒重、株高、主茎粗、主穗长、单位面积穗数都与糜子产量相关性较大。

**关键词:** 糜子;土壤水分;农艺性状;产量

**中图分类号:** S311 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)02-0213-04

## Effect of irrigation on agronomical traits and yield of broomcorn millet at different growing stages

LIU Tian-peng<sup>1</sup>, DONG Kong-jun<sup>2</sup>, HE Ji-hong<sup>2</sup>, REN Rui-yu<sup>2</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup>, YANG Tian-yu<sup>1,2</sup>

(1. Life Science and Technology College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, 730070, China;

2. Crop Research Institute, Gansu Province Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, 730070, China)

**Abstract:** With Longmi10 as test cultivar, effect of irrigation treatment at different growing stages on main morphological characteristics and yield of broom-corn millet was studied at DunHuang city with an annual rainfall less than 40 mm. The results showed that both the broomcorn millet maturation and the period from jointing stage to heading stage were prolonged under deficit irrigation. The plant height, 1000 grains weight, and grain yield were reduced, the main spike length was shortened, and main stem diameter was decreased. In addition, spike weight, grain weight, and spike number were materially affected by water deficit at heading and filling stages. There existed positive correlation between grain weight, panicle weight, plant height, main stem diameter, main panicle length, spike number, and grain yield under different soil water conditions.

**Keywords:** broomcorn millet; soil moisture; agronomic traits; yield

糜子 (*Panicum miliaceum* L.) 是我国北方干旱半干旱地区种植的主要小秋粮食作物<sup>[1]</sup>,具有抗旱、耐贫瘠、耐盐碱、早熟的特性<sup>[2]</sup>,在我国北方旱作农业区粮食稳产和抗旱避灾中起着重要的作用<sup>[3]</sup>。前人关于糜子与水分间相互作用的研究主要集中在水肥调控对糜子产量和水分利用效率的影响<sup>[4-5]</sup>、不同种植模式或种植技术对糜子水分利用的影响<sup>[6-7]</sup>、不同耕作方式对糜子水分利用效率及产量的影响<sup>[8]</sup>、糜子的生态气候适应性<sup>[9]</sup>和水分胁迫下糜子的抗旱性研究<sup>[10-12]</sup>等方面,而对不同生长发育阶

段灌水引起糜子生长发育和产量的响应研究很少。本文通过不同生育时期灌溉对糜子产量和农艺性状的关系研究,旨在探明糜子不同生育阶段土壤水分亏缺对其主要性状及产量的影响,为糜子生产中水分调控提供科学依据。

## 1 试验材料及方法

### 1.1 试区概况

试验设在甘肃省敦煌市甘肃省农业科学院敦煌试验站,位于东经 94°43',北纬 40°08',海拔 1 187 m,

收稿日期:2013-07-05

基金项目:国家现代农业产业技术体系(CARS-07-12.5-A5);甘肃省重大科技专项(0801NKDA016)

作者简介:刘天鹏(1987—),硕士研究生,研究方向为作物生态生理。E-mail:602600048@qq.com。

通信作者:杨天育(1968—),研究员,主要从事小杂粮遗传育种与栽培研究。E-mail:13519638111@163.com。

属典型的暖温带干旱性气候,年均降水量 36.8 mm,年蒸发量 2 486 mm,干燥度 19.6,年均气温 9.4℃,无霜期 142 d,年日照时数 3 246.7 h。

## 1.2 试验材料与试验设计

以陇糜 10 号为指示品种。试验设 8 个处理(见表 1),以生育期内正常灌水(W7)为对照。采用单因素随机区组试验设计,4 次重复,小区面积 12 m<sup>2</sup>,基本苗 5 万株·667m<sup>-2</sup>。灌水方法采用管灌,水表计量。试验 2012 年 4 月 18 日播种,播前为保证出苗统一灌 60 mm·667m<sup>-2</sup>底墒水,6 月 3 日拔节期第一次灌水,6 月 23 日抽穗期第二次灌水,8 月 1 日灌浆期第三次灌水。试验地土壤为灌淤土,播前整地时施 N<sub>2</sub> 11 kg·667m<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 13 kg·667m<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 7 kg·667m<sup>-2</sup>作底肥。3 叶期间苗,5 叶期定苗、中耕除草和培土,抽穗期搭网防止鸟害。

## 1.3 测定项目及方法

土壤水分测定采用烘干法,在出苗期、抽穗期和成熟期采用三点式取样,测定 0~40 cm 耕层土壤水分。记载各生育时期,成熟期统计小区成穗数,成熟后各处理每小区中间随机取样 10 株,参照《黍稷种质资源描述规范和数据标准》<sup>[13]</sup>,分别对株高、主茎粗、主茎节数、主穗长、单株穗重、单株粒重、千粒重 7 个性状进行室内考种,以 4 次重复平均作为各处理性状指标的代表值。

表 2 各处理不同阶段耕层土壤含水量/%

Table 2 Soil moisture content in different depth for the eight treatments

土层 Depth	生育期 Growth stage	处理 Treatments								平均值 Average
		W0	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	
0~20cm	出苗期 Emergence	11.00	10.60	10.50	11.40	11.20	11.00	11.10	11.20	11.00
	抽穗期 Heading	7.60	7.20	7.80	7.00	7.80	7.70	8.40	7.80	7.66
	成熟期 Maturation	7.00	7.50	6.60	7.10	7.30	6.70	5.90	6.90	6.88
0~40 cm	出苗期 Emergence	12.40	11.90	12.00	12.50	12.60	12.60	12.70	12.50	12.40
	抽穗期 Heading	8.60	7.40	8.40	6.30	8.20	7.90	9.60	8.30	8.09
	成熟期 Maturation	7.30	6.40	7.10	8.70	6.80	7.80	9.50	8.90	7.81
	平均值 Average	8.98	8.50	8.73	8.83	8.98	8.95	9.53	9.27	8.97
	标准差 SD	2.22	2.20	2.10	2.56	2.35	2.31	2.32	2.15	2.20
	变异系数 CV/%	24.68	25.93	24.01	29.01	26.16	25.76	24.36	23.15	24.47

## 2.2 不同生育阶段灌水处理下糜子生育期的变化

从表 3 可以看出,与拔节期+抽穗期+灌浆期正常灌水 W7 处理相比,除抽穗期+灌浆期灌水处理 W6 外,其它各处理与对照相比生育期延长了 0~9 天,其中全生育期不灌水处理 W0 和苗期灌水处理 W1 生育期最长,说明干旱胁迫对糜子生育期有明显影响,干旱胁迫后糜子生育期延长。

表 1 试验处理/mm

Table 1 Experimental design

处理 Treatments	拔节期 Jointing	抽穗期 Heading	灌浆期 Filling	灌水次数 Times of irrigation	灌水总量 Irrigation quota
W0	0	0	0	0	0
W1	60	0	0	1	60
W2	0	60	0	1	60
W3	0	0	60	1	60
W4	60	60	0	2	120
W5	60	0	60	2	120
W6	0	60	60	2	120
W7	60	60	60	3	180

## 1.4 数据处理与分析

数据整理采用 Excel,方差分析及关联度分析采用 DPS,多重比较采用最小显著差数法(LSD)。关联度分析采用邓聚龙<sup>[14]</sup>的方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同生育阶段灌水处理耕层土壤含水量变化

表 2 可以看出,糜子不同生长发育阶段相同处理的耕层土壤含水量变异系数均在 23% 以上,而不同处理间耕层土壤含水量变异系数达到 24.47%,说明灌水处理下土壤含水量差异较大。

### 2.3 不同生育阶段灌水处理对糜子主要农艺性状的影响

从表 4 可见,与拔节期+抽穗期+灌浆期正常灌水(W7)处理相比,水分胁迫后,总体上不同阶段胁迫处理糜子的株高降低,茎节缩短,穗长变小,茎粗变细,单位面积穗数减少,单株穗重、单穗粒重和千粒重下降,处理间差异达到了显著或极显著水平。

其中,胁迫最严重的全生育期不灌水处理 W0 受影响最大,与正常灌水处理 W7 相比,株高降低 53 cm,主茎节数减少 1.9 节,穗长变小 5.3 cm,茎粗变细 0.1 cm,667 m<sup>2</sup> 穗数减少 0.62 万穗,单株穗重下降 2.33 g,单穗粒重下降 1.31 g,千粒重下降 0.7 g。

从表 4 也可以看出,全生育期水分胁迫(W0)对糜子各性状都有显著影响,前期(拔节期)水分胁迫对株高影响显著,后期(灌浆期)水分胁迫对千粒重影响显著,中期(抽穗期)水分胁迫各性状都受到较大影响,说明不同生育阶段水分胁迫对糜子生长发育的影响不同,抽穗期可能是糜子水分敏感期。

#### 2.4 不同生育阶段灌水处理对糜子产量的影响

从表 5 可见,各处理产量由高到低依次为 W6 > W3 > W2 > W4 > W7 > W5 > W0 > W1,各处理间差异达到显著或极显著水平,其中产量最高的处理 W6 (256.70 kg·667m<sup>-2</sup>)与产量最低的处理 W1(116.82 kg·667m<sup>-2</sup>)产量相差 139.88 kg·667m<sup>-2</sup>。

表 3 不同阶段灌水下糜子生育期变化

Table 3 The change of Broom-corn Millet growth period under the different stages

处理 Treatments	出苗期 Emergence (M - d)	抽穗期 Heading (M - d)	成熟期 Maturation (M - d)	生育期 Period of duration/d
W0	05 - 02	07 - 20	09 - 01	122
W1	05 - 02	07 - 09	09 - 02	123
W2	05 - 02	07 - 07	08 - 25	115
W3	05 - 02	07 - 20	08 - 30	120
W4	05 - 02	07 - 09	08 - 23	113
W5	05 - 02	07 - 18	08 - 28	118
W6	05 - 02	07 - 08	08 - 20	110
W7	05 - 02	07 - 09	08 - 23	113
	平均数 Average			116.75
	标准差 SD			4.71
	变异系数 CV/%			4.03

表 4 不同灌水处理主要农艺性状差异

Table 4 The differences in main agronomical traits among different irrigation treatments

处理 Treatments	株高 Height /cm	主穗长 Main panicle length /cm	主茎粗 Main stem diameter /cm	主茎节数 Nodes per main stem /node	单株穗重 Panicle weight per plant /g	667 m <sup>2</sup> 穗数 Spike number per 667m <sup>2</sup> /myriad	单株粒重 Seed weight per plant /g	千粒重 1000-seed weight /g
W0	109.10**	25.10**	0.35**	6.4**	3.20**	4.7728*	1.16**	6.00**
W1	135.30**	31.00**	0.42**	6.6**	3.39**	5.4509	1.26**	6.75
W2	142.40**	39.20**	0.38**	6.5**	4.73	5.7492	2.64	7.65**
W3	133.10**	27.90**	0.41**	6.1**	3.60**	4.6931*	2.51	6.95**
W4	170.20**	37.10**	0.56**	7.7**	5.38	6.8794**	3.34**	7.30**
W5	141.40**	29.20**	0.51**	7.4**	4.42*	5.0896	2.80	7.05**
W6	150.40**	35.10**	0.53**	6.9**	5.08	6.3828**	3.55**	7.35**
W7	162.10	30.40	0.45	8.3	5.53	5.3934	2.47	6.70

注:“\*”为 0.05 显著水平,“\*\*”为 0.01 显著水平。 Note: “\*” at 0.05 level, “\*\*” at 0.01 level.

从表 5 还可以看出,灌一次水的处理间产量大小顺序为 W3 > W2 > W1,即灌浆期灌水 > 抽穗期灌水 > 拔节期灌水,说明灌浆期水分供给对糜子产量形成更为重要。灌两次水的处理产量大小依次为 W6 > W4 > W5,即抽穗期 + 灌浆期灌水 > 拔节期 + 抽穗期灌水 > 拔节期 + 灌浆期灌水,说明抽穗期水分亏缺更易影响糜子的最终产量。灌三次水处理(W7)和灌两次水处理(W4、W5、W6)间产量大小顺序为 W6 > W4 > W7 > W5,即灌三次水处理的产量要比拔节期 + 抽穗期和抽穗期 + 灌浆期两次灌水处理的产量低,但比拔节期 + 灌浆期两次灌水处理的产量高,这进一步说明抽穗期水分对糜子产量很重要。

表 5 不同处理间产量差异

Table 5 Yield differences among different treatments

处理 Treatments	小区产量 Yield per plot /(g·12m <sup>-2</sup> )	产量 Yield /(kg·667m <sup>-2</sup> )	5%显著 水平 0.05 level	1%极显 著水平 0.01 level
W6	4618.33	256.70	a	A
W3	4526.67	251.61	ab	AB
W2	4265.00	237.06	abc	ABC
W4	4198.33	233.36	bc	ABC
W7	4081.67	226.87	c	BC
W5	3896.67	216.59	c	C
W0	2275.00	126.45	d	D
W1	2101.67	116.82	d	D

## 2.5 不同处理下糜子主要农艺性状与产量的关系

从表 6 可以看出, 9 个性状与产量的关联度依次为单株粒重 > 单株穗重 > 千粒重 > 株高 > 主茎粗 > 主穗长 > 单位面积穗数 > 主茎节数 > 生育期, 说明产量构成因素中单株粒重、单株穗重、千粒重均与产量相关程度最高。与对照(W7)相比较, 生育期内不灌水(W0), 单株穗重、主穗长、生育期关联系数相差大于 0.2038; 生育期内灌一次水处理, 中后期缺水(W1), 主茎粗、单位面积穗数、生育期, 前期和后

期缺水(W2), 主茎粗、单株穗重, 前中期缺水(W3), 生育期、单位面积穗数、主茎粗关联系数相差均大于 0.2354; 生育期内灌二次水处理, 后期缺水(W4), 千粒重、主茎节数, 中期缺水(W5), 千粒重、生育期、单株穗重、主茎节数, 前期缺水(W6), 千粒重、单株穗重关联系数相差均大于 0.2063, 说明尽管各个阶段水分胁迫对糜子不同性状都有影响, 但受影响最大的主要还是产量构成因子性状。

表 6 各农艺性状对产量的关联系数及关联度

Table 6 The correlation coefficients and association degree between agronomic traits and grain yield

处理 Treatments	生育期 Growth	株高 Height	主穗长 Main panicle length	主茎粗 Main stem diameter	主茎节数 Nodes per main stem	单株穗重 Panicle weight per plant	单位面积穗数 Spike number per 667m <sup>2</sup>	单株粒重 Seed weight per plant	千粒重 1000-seed weight
W0	0.3658	0.8265	0.9497	0.9175	0.6820	0.9042	0.7637	0.9877	0.7779
W1	0.3342	0.5455	0.5036	0.5467	0.5677	0.7347	0.4953	0.8501	0.5502
W2	0.6266	0.7303	0.6026	0.5047	0.5610	0.8929	0.8509	0.8238	0.6463
W3	0.9395	0.5329	0.4821	0.5287	0.4319	0.4722	0.4396	0.6707	0.6454
W4	0.5452	0.6030	0.7072	0.6031	0.7539	0.7184	0.5399	0.7323	0.8853
W5	0.9326	0.8648	0.6806	0.7055	0.7919	0.9118	0.6654	0.8675	0.9973
W6	0.3933	0.7556	0.8767	0.9025	0.6008	0.9057	0.8813	0.8038	0.9238
W7	0.5697	0.6899	0.7002	0.8095	0.5155	0.6330	0.7340	0.8188	0.6331
关联度 Association degree	0.5884	0.6936	0.6878	0.6898	0.6131	0.7716	0.6713	0.8193	0.7574

## 3 讨论

水分临界期是作物需水的关键期<sup>[15]</sup>。房全孝等<sup>[16]</sup>研究显示, 拔节期是冬小麦需水的生理生态临界期; 陈晓远等<sup>[17]</sup>认为冬小麦水分临界期灌水既可促进生长, 又可提高水分利用效率; 白向历等<sup>[18]</sup>指出任何时期的土壤干旱均会导致玉米减产, 特别是水分临界期(抽雄吐丝期)严重影响玉米的产量; 樊修武等<sup>[19]</sup>研究表明, 在谷子水分临界期(孕穗 - 开花期), 补水与未补水之间产量差异达极显著水平。前人研究说明, 虽然不同作物水分临界期不同, 但水分临界期的水分亏缺均对其生长发育、产量都有较大影响。本研究结果显示, 糜子抽穗期和灌浆期对水分反应敏感, 抽穗灌浆期水分供给充分, 有利于糜子产量的形成, 尤其是糜子抽穗期对水分亏缺最为敏感, 对产量形成最为重要, 可确定为水分临界期。因此, 糜子生产实践中, 抽穗期和灌浆期可作为水分管理的重点时期。

作物水分供给不足会对其农艺性状造成影响。白莉萍等<sup>[20]</sup>的研究结果显示, 玉米生育前期干旱胁迫将使生育进程明显延缓, 严重干旱胁迫可使抽雄

吐丝期较水分充足滞后 4 d 左右, 并引起成熟期推迟。这与本研究在糜子上不同生育时期水分亏缺导致生育期延长的结果是一致的。张卫星等<sup>[21]</sup>指出, 水分亏缺条件下水稻株高和分蘖数都受到了不同程度的抑制, 穗长缩短, 空秕粒增加, 结实率下降, 千粒重低, 产量下降, 这与本研究结果基本一致。

## 参考文献:

- [1] 柴岩. 糜子[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 2-3.
- [2] 王显瑞, 赵敏, 柴晓娇, 等. 施肥对糜子密度、产量及农艺性状的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(6): 160-165.
- [3] 胡银岗, 林凡云, 王士强, 等. 糜子抗旱节水相关基因 PmMYB 的克隆及表达分析[J]. 遗传, 2008, 30(3): 373-379.
- [4] 李军, 邵明安, 王立祥, 等. 宁南半干旱偏旱区旱作糜子田水分利用调控技术研究[J]. 西北农业学报, 2002, 11(3): 122-127.
- [5] 罗世武, 杨军学, 张尚沛, 等. 宁南干旱区糜子水肥调控丰产试验研究[J]. 陕西农业科学, 2003, (1): 52-55.
- [6] 屈洋, 冯佰利. 不同节水种植模式对糜子籽粒产量和水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 68-73.
- [7] 王俊鹏, 韩清芳, 王龙昌, 等. 宁南半干旱区农田微集水种植技术效果研究[J]. 西北农业大学学报, 2000, 24(4): 16-20.

表 2 各年代末水土保持措施面积增加倍数表

Table 2 Increased areas of the soil and water conservation measures in the end of each decade

年份 Year	梯田 Terraces	林地 Woodland	草地 Meadow	坝地 Dam land
1959	0.0	0.0	0.0	0.0
1969	9.5	2.0	3.5	7.1
1979	29.7	5.9	10.8	33.4
1989	43.6	28.7	20.1	52.5
1996	64.2	39.2	26.3	73.9

## 4 结 论

采用水文诊断系统对秃尾河流域年径流序列进行了变异分析,初步确定其变异点为 1978 年,变异形式为跳跃变异。该系统通过对传统数学检验方法的检验结果进行综合分析,有效地解决了单一检验方法检验结果可信度较差,多种检验方法检验结果不一致的问题,对复杂的时间序列变异点的识别与检验有一定的效果。同时,结合实际的水文调查分析,对所确定的变异点从物理成因上进行论证,提高了结果的可信度,为进一步研究变化情况下流域水文水资源情势演变提供了理论依据。

## 参 考 文 献:

- [1] 穆兴民,张秀勤,高 鹏,等.双累积曲线方法理论及在水文气象领域应用中应注意的问题[J].水文,2010,30(4):47-51.
- [2] 熊立华,于坤霞,董磊华,等.水文时间序列变点分析的可靠性检验[J].武汉大学学报(工学版),2011,44(2):137-141.
- [3] 夏 军.水问题的复杂性与不确定性研究与发展[M].北京:中国水利水电出版社,2004.
- [4] 谢 平,窦 明,朱 勇,等.流域水文模型——气候变化和土地利用/覆被变化的水文水资源效应[M].北京:科学出版社,2010:140.
- [5] 谢 平,陈广才,雷红富,等.变化环境下地表水水资源评价方法[M].北京:科学出版社,2009:135-149.
- [6] 谢 平,陈广才,李 德,等.水文变异综合诊断方法及其应用研究[J].水电能源科学,2005,23(2):11-14.
- [7] 谢 平,陈广才,雷红富.基于 Hurst 系数的水文变异分析方法[J].应用基础与工程科学学报,2009,17(1):32-39.
- [8] 周 芬.Kendall 检验在水文序列趋势分析中的比较研究[J].人民珠江,2005,(2):35-37.
- [9] 李占斌,符素华,鲁克新.秃尾河流域暴雨洪水产沙特性的研究[J].水土保持学报,2001,15(2):88-91.
- [10] 范念念.秃尾河水沙冲淤特征与变化趋势分析[J].西北水电,2008,(3):1-3.
- [11] 穆兴民,李 靖,王 飞,等.基于水土保持的流域降水—径流统计模型及其应用[J].水利学报,2004,(5):122-128.

(上接第 216 页)

- [8] 姚爱华,冯佰利,柴 岩,等.不同耕作方式对小杂粮产量及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):97-101.
- [9] 蒲金涌,姚小英,辛昌业,等.甘肃糜子(*Panicum miliaceum* L.)生态气候适宜性研究[J].干旱地区农业研究,2010,28(1):223-232.
- [10] 贾根良,代惠萍,冯佰利,等.PEG 模拟干旱胁迫对糜子幼苗生理特性的影响[J].西北植物学报,2008,28(10):2073-2079.
- [11] 冯晓敏,张永清.水分胁迫对糜子植株苗期生长和光合特性的影响[J].作物学报,2012,38(8):1513-1521.
- [12] 张盼盼,冯佰利,王鹏科,等.糜子芽期抗旱性指标鉴定与利用研究[J].河北农业科学,2010,14(11):22-27.
- [13] 王星玉,王 纶,崔彩霞,等.黍稷种质资源描述规范和数据库标准[M].北京:中国农业出版社,2006:38-49.
- [14] 邓聚龙.灰色系统基本方法[M].武汉:华中理工大学出版社,1987:95-128.
- [15] 杜尧东,宋丽莉,邵 洋.春小麦水分敏感指数与有限水量生育期的最优分配[J].华南农业大学学报(自然科学版),2003,24(4):1-4.
- [16] 房全孝,陈雨海.节水灌溉条件下冬小麦耗水规律及其生态基础研究[J].华北农学报,2003,18(3):18-22.
- [17] 陈晓远,高志红,罗远培.考虑土壤水分影响的小麦根、冠干物质积累及其相互关系模型[J].生态学报,2005,25(8):1921-1927.
- [18] 白向历,孙世贤,杨国航,等.不同生育时期水分胁迫对玉米及生长发育的影响[J].玉米科学,2009,17(2):60-63.
- [19] 樊修武,池宝亮.谷子杂交种与常规种水分利用效率及耗水规律差异[J].山西农业科学,2011,39(5):428-431,452.
- [20] 白莉萍,隋方功,孙朝晖,等.土壤水分胁迫对玉米形态发育及产量的影响[J].生态学报,2004,24(7):1556-1560.
- [21] 张卫星,朱德峰.水分亏缺对水稻生长发育、产量和稻米品质影响的相关研究[J].中国稻学,2007,(5):1-4.