

不同生育期灌水水平对红麻生长和产量的影响

王道波^{1,2}, 贝晓晓¹, 李伏生^{1*}, 周瑞阳¹

(1. 广西大学农学院, 广西 南宁 530004; 2. 北京航空航天大学北海学院, 广西 北海 536001)

摘 要: 通过盆栽试验, 研究不同生育期不同灌水水平对红麻生长和产量的影响, 试验有 2 个红麻品种, 处理包括苗期(A)分为高水(A₁)、中水(A₂)和低水(A₃)3 种灌水水平, 旺长期(B)分为高水(B₁)、中水(B₂)和低水(B₃)3 种灌水水平, 开花现蕾期(C)分为高水(C₁)、中水(C₂)和低水(C₃)3 种灌水水平。试验采用正交设计, 每个处理重复 3 次, 不考虑因素间的交互, 完全随机摆放。试验结果表明: (1) 品种、旺长期和开花现蕾期的灌水水平对红麻干物质产量影响显著, 不同生育期的灌水水平对红麻产量的影响顺序为: 旺长期 > 开花现蕾期 > 苗期; 品种之间差异为: 红优 2 号 > 福红 992。对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说, B 因素增产效果如下: 与 B₃ 处理相比, B₁ 与 B₂ 处理的麻皮干质量分别增加了 122.31% 和 130.24%, 49.27% 和 73.81%; C 因素增产效果为: 与 C₃ 相比, C₁ 与 C₂ 处理的麻皮干质量分别增加了 44.77% 和 17.45%, 20.39% 和 5%。(2) 与 B₃ 相比, B₁ 和 B₂ 处理的株高、茎粗、皮厚、主根长、地上部干质量等指标均提高, 且 B₁ 处理的各项指标均高于 B₂ 处理, 除根冠比外, 其它差异显著; B₁ 和 B₂ 处理获取的各项指标中, 除主根长、根冠比外均差异显著。(3) 与 C₃ 相比, C₁ 处理和 C₂ 处理的株高、地上部干质量、皮骨比有所提高; 除 C₃ 与 C₂ 处理的株高、根冠比和地上部干质量不显著以外, 其它处理的各性状差异均显著; C₁ 处理的皮厚和地上部干质量高于 C₂ 处理, 差异显著。在本试验条件下, 对于红优 2 号和福红 992 这两个红麻品种, 旺长期和开花现蕾期均为高水有利于麻皮干质量的积累, 差异显著, 苗期的各灌水水平对麻皮干质量影响不显著。通过极差分析的方法, 得出不同生育期灌水水平最优组合为 B₁C₁A₁。

关键词: 红麻; 灌水水平; 生育期; 产量; 农艺性状; 正交试验

中图分类号: S274.3; S563.507 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2014)03-0062-08

Effects of irrigating level in different stage to the growth and yield of kenaf

WANG Dao-bo^{1,2}, BEI Xiao-xiao¹, LI Fu-sheng^{1*}, ZHOU Rui-yang¹

(1. College of Agronomy, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005, China;

2. Beihai College of Beihang University, Beihai, Guangxi 536001, China)

Abstract: Through the pot experiment, has researched the effect of different irrigating level in different stage to the growth and yield of kenaf. Based on two kenaf varieties as Hongyou 2 and Fuhong 992, the treatment included three factors of growing stages as the seeding stage (A) with 3 irrigation levels as high water (A₁), middle water (A₂) and low water (A₃); the vigorous growing stage (B) with 3 irrigation levels as high water (B₁), middle water (B₂) and low water (B₃); the blossom bud stage (C) with 3 irrigation levels as high water (C₁), middle water (C₂) and low water (C₃). Whole experiment adopted the Orthogonal design with randomized blocks and three repetitions. The results showed that: (1) The variety and the different irrigating level in vigorous stage and blossom bud stage presented the significant effect to the dry matter production of kenaf. The effect sequence of irrigating level in different growth stage to kenaf yield as follows: Vigorous growing stage > blossom bud stage > seedling stage. The difference of the variety was Hongyou 2 > Fuhong 992. For the two varieties of Hongyou 2 and Fuhong 992, compared with the irrigating level B₃, the fiber dry mass of B₁ and B₂ was increased 122.31% and 130.24%, 49.27% and 73.81%, respectively; compared with C₃, the fiber dry mass of C₁ and C₂ was also increased 44.7% and 17.45%, 20.39% and 5.00%, respectively. (2) Com-

收稿日期: 2013-11-10
基金项目: 国家 863 计划(2011AA100504); 广西自然科学基金(2013GXNSFBA019090); 现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-19-E16); 广西高校科技项目(2013LX237); 广西研究生教育创新计划(YCBZ2012002)
作者简介: 王道波(1978—), 男, 江苏灌云人, 博士, 副教授, 主要从事作物水肥高效利用机制与栽培模式研究。E-mail: d.b.wang@fox-mail.com。
* 通信作者: 李伏生(1963—), 男, 湖南祁阳人, 博士, 教授, 主要从事作物水肥高效利用机制研究。E-mail: zhenz@gxu.edu.cn。

pared with B₃, the plant height, stem diameter, bark thickness, main root length, dry mass above-ground of B₁ and B₂ total were increased, also each index of B₁ were higher than B₂, except the ratio of root and mass above-ground. (3) Compared with C₃, the plant height, dry mass above-ground and dermal bone ratio of C₁ and C₂ were increased. The bark thickness and dry mass above-ground of C₁ were higher than C₂, which difference was notable. Under the conditions of this test, for two varieties of Hongyou 2 and Fuhong 992, the high water level in vigorous stage and blossom bud stage was useful to the accumulation of fiber dry mass, the difference was notable. But the different irrigating level in seedling stage was not notable to the fiber dry mass. Through the range analysis method, the optimal irrigation level combination in different growing stages was B₁C₁A₁.

Keywords: kenaf; irrigating level; crop growth stage; production; agronomic traits; orthogonal experiment

红麻 (*Hibiscus cannabinus* L.) 是锦葵科 (Malvaceae) 木槿属 (*Hibiscus*) 的短日照韧皮纤维作物, 生长快、需水多, 年生物生产能力是速生桉的 6 倍, 同时其产品品质好, 深受西方国家的重视, 并开展了大量的研究^[1-4]。红麻在我国主要分布在广西、福建、湖南、安徽、河南、河北等地, 主要用途包括精品纺织、高端造纸、榨油、青饲料等, 同时作为生物质新能源潜力巨大而备受关注^[5-6]。

目前, 关于水分亏缺对农作物影响方面的研究较多。张鹏等^[7]研究表明, 任何生育期不灌水都会降低春玉米株高、叶面积和籽粒产量。雷艳等^[8]的结果表明, 冬小麦拔节期、抽穗期等生育期的水分亏缺对产量影响很大。杨振宇等^[9]研究表明, 茄子盛果期的水分亏缺不仅限制根系生长和空间分布, 而且降低茄子产量。郭艳波等^[10]研究表明, 不同生育期水分亏缺对番茄株高、茎粗、叶绿素相对含量、日光合及蒸腾速率变化等均有不同程度的影响。但是关于红麻灌溉方面的研究相对很少^[11]。揭雨成等^[12]研究表明, 水分胁迫降低了红麻生长速度, 减少了植株叶面积, 抑制干物质积累, 促进了根/冠比; 旺长后期对水分胁迫的反应较旺长前期敏感。Nkaa^[13]和 Quaranta^[14]等采用固定灌溉用水, 缩量灌溉的办法来研究红麻需水情况, 结果表明: 随着灌溉量的增加, 茎产量增加, WUE 减少; 株高、茎粗等生长指标也有类似的规律, 但不显著。Gary^[11], Danalatos^[15], Moreno^[16]等根据蒸发量来灌溉, 结果表明, 随着灌水量的增加, 红麻的株高、叶面积指数、总干重增加, 在 125% Etc 时效果最佳。

近年来, 国内外学者对红麻、玉米、小麦、蔬菜等作物对灌溉的响应有了一定的研究, 但是不同作物需水规律不尽相同, 不同生育期生理需水、生态需水也不相同。因此, 本文基于红麻本身存在遗传多样性及对水分吸收和利用的差异, 研究不同生育期灌溉水平对 2 个红麻品种的生长和产量的影响, 为红麻合理灌溉提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点和材料

试验地点设在广西大学农学院玻璃网室, 该网室防雨、通风、透光, 可以保障红麻生产期内自然光照、温度和湿度等条件与室外基本一致, 并可人为控水。供试土壤采自该校农科教学实习基地的赤红壤, 其 pH 值为 5.0、有机质 19.2 g·kg⁻¹、碱解氮(N) 77.6 mg·kg⁻¹ (1 mol·L⁻¹ NaOH 碱解扩散法)、速效磷(P) 21.1 mg·kg⁻¹ (0.5 mol·L⁻¹ NaHCO₃ 法)、速效钾(K) 59.8 mg·kg⁻¹ (1 mol·L⁻¹ 中性 NH₄Ac 法), 田间持水量 28% (质量含水量)。

1.2 试验方法

盆栽试验采用正交试验方案设计, 设计了 9 个不同时期不同灌水水平及其组合处理, 2 个红麻品种, 重复 3 次, 共 54 盆, 每周随机摆放 1 次, 以减少光照等因素对其生长的影响。2 个红麻品种为福红 992 和红优 2 号。9 个灌水组合处理见表 1。不同时期灌水水平设 3 个, 即高水(W_H)、中水(W_M)和低水(W_L)。根据红麻的需水规律, 苗期 W_H、W_M 和 W_L 处理土壤含水量分别控制在田间持水量的 60%、50% 和 40%, 其它生育期 W_H、W_M 和 W_L 分别控制在田间持水量的 80%、70% 和 60%。各处理肥料用量为: N 0.15 g·kg⁻¹, P₂O₅ 0.075 g·kg⁻¹, K₂O 0.15 g·kg⁻¹, N 肥用尿素 (含 N46%), P 肥用重过磷酸钙 (含 P₂O₅ 54%), K 肥用氯化钾 (含 K₂O 60%), 所用肥料均为分析纯。全部肥料用作基肥, 在装盆时与土壤混匀施入。

1.3 试验管理

试验在塑料桶 (上部开口内径 32 cm, 底部内径 28 cm, 高 28 cm) 中进行, 每盆装过筛后的风干土 20 kg。2012 年 5 月 29 日播种, 每盆播 12 粒种子, 5 片叶 (约高 10 cm) 留取大小一致的 2 棵苗。各处理不同时期的灌水水平见表 1, 误差控制在 3% 田间持水量之间。用称质量法确定各处理灌水量, 用量筒量

取灌水量,并记下各处理各次灌水量,苗期隔 1 天称盆质量 1 次,进入旺长期以后每天称盆质量 1 次。各处理其它农学管理相同。6 月 25 日喷施 90%敌百虫(1:1000)、百菌灵,消除和预防地老虎、斜纹夜蛾、线虫等病虫害。收获时沿着子叶节进行环切。

表 1 红麻不同时期灌水水平
Table 1 Amount of irrigation water under three treatments in different stages

处理 Treatment	苗期(A) Seedling stage	旺长期(B) Vigorous growth period	现蕾结果期(C) Blossom bud period
T ₁	W _H (A ₁)	W _H (B ₁)	W _H (C ₁)
T ₂	W _H (A ₁)	W _M (B ₂)	W _M (C ₂)
T ₃	W _H (A ₁)	W _L (B ₃)	W _L (C ₃)
T ₄	W _M (A ₂)	W _H (B ₁)	W _M (C ₂)
T ₅	W _M (A ₂)	W _M (B ₂)	W _L (C ₃)
T ₆	W _M (A ₂)	W _L (B ₃)	W _H (C ₁)
T ₇	W _L (A ₃)	W _H (B ₁)	W _L (C ₃)
T ₈	W _L (A ₃)	W _M (B ₂)	W _H (C ₁)
T ₉	W _L (A ₃)	W _L (B ₃)	W _M (C ₂)

1.4 测定方法

收获后,用钢卷尺测量红麻株高,即从子叶节到顶端的距离;用游标卡尺测量红麻茎粗(子叶节处的直径)、皮厚(子叶节处麻皮的厚度);用直尺测量红麻主根长,即从子叶节到主根端点的距离。采集各处理地上部分及其根系,在 90℃杀青 30min 后于 65℃烘干至恒质量,分别称麻皮、秆、叶子和花蕾、根

系等干物质质量。地上部干质量是麻皮、秆、叶子和花蕾的干物质质量之和;根冠比指根干物质质量与地上部干物质质量的比值;皮骨比指麻皮干物质质量与秆干物质质量的比值。

1.5 统计分析

试验数据在 EXCEL 2003 中采用极差分析法;在 SPSS 17 软件中使用通用线性模型单因素变量法进行方差分析,边际主效应比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 各生育期不同灌水水平对红麻农艺性状的影响

2.1.1 株高 不同生育时期不同灌水水平对不同红麻品种株高、茎粗、皮厚、主根长、根干质量等指标的影响结果见表 2。由表 2 和图 1 看出,品种和苗期灌水水平对红麻株高的影响不显著,这说明本试验条件下,两种红麻品种株高在相同的处理下差异不大,苗期的灌水水平对红麻的株高影响不显著。但是旺长期的灌水水平对株高的影响极显著,与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均株高分别提高了 0.69 m 和 0.33 m,差异显著,同时 B₁ 和 B₂ 之间的差异显著。开花现蕾期的灌水水平对株高存在着一定的影响,与 C₃ 相比,C₁ 和 C₂ 的株高分别提高了 0.15 m 和 0.02 m,其中 C₁ 和 C₃ 的株高差异显著,C₁ 和 C₂ 之间、C₂ 和 C₃ 之间的株高差异均不显著。

表 2 不同生育期灌水水平对红麻生长的影响
Table 2 Effect of different irrigation on growth of kenaf

因素 Factors	因素水平 Levels of factor	株高/m Plant height	茎粗/cm Stem diameter	皮厚/mm Skin thickness	主根长/cm Root length
品种 Variety(V)	V ₁	2.64a	1.55a	0.98a	17.70a
	V ₂	2.55a	1.59a	1.04a	17.54a
苗期 Seedling stage(A)	A ₁	2.60a	1.54a	0.98a	17.21a
	A ₂	2.62a	1.58a	1.06a	18.65a
	A ₃	2.58a	1.59a	0.98a	17.01a
旺长期 Vigorous growth period(B)	B ₁	2.94a	1.81a	1.22a	19.76a
	B ₂	2.59b	1.55b	0.97b	18.20a
	B ₃	2.26c	1.36c	0.84c	14.91b
开花现蕾期 Blossom bud period(C)	C ₁	2.69a	1.60a	1.06a	18.04a
	C ₂	2.56ab	1.52a	0.94b	18.61a
	C ₃	2.54b	1.60a	1.02ab	16.22a

注:表中数值为平均值,同一列数据后标不同小写字母,则处理之间差异显著(P<0.05)。下同。
Note: Values are means. Data followed by different letters in the same column indicate significant difference (P<0.05). The same as below.

从极差分析中可以看出(表 3),对于两种不同品种的红麻来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻株高影响的主次顺序为旺长期>开花现蕾期>苗期,其中红优 2 号的最优组合为 B₁C₁A₃,福红

992 的最优组合为 B₁C₁A₁。B 因素(旺长期灌水水平)对株高的影响明显高于其它时期,B 因素在高水(B₁)处理时达到最大值,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₁ 处理相比,B₂ 与 B₃

处理的株高分别下降了 0.35 m 和 0.37 m,0.65 m 和 0.72 m。

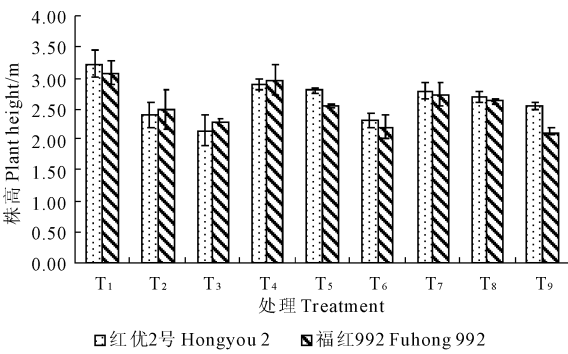


图 1 株高对红麻不同生育期灌水水平的响应

Fig.1 Effect of different irrigation on plant height of kenaf

2.1.2 茎粗 旺长期灌水水平对红麻茎粗的影响显著(表 2,图 2),其它时期的灌水水平和红麻品种对茎粗的影响不显著。与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均茎粗分别提高了 0.45 cm 和 0.19 cm,差异显著,同时 B₁ 和 B₂ 之间的差异显著。从极差分析情况可以看出(表 3),对于红优 2 号来说,3 个不同生育时期

不同灌水水平对红麻茎粗影响的主次顺序为旺长期 > 苗期 > 开花现蕾期,最优组合为 B₁A₃C₃;对福红 992 的影响主次顺序为旺长期 > 开花现蕾期 > 苗期,最优组合为 B₁C₁A₂。B 因素对茎粗的影响明显高于其它时期,B 因素在高水(B₁)处理时达到最大值,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₁ 处理相比,B₂ 与 B₃ 处理的株高分别下降了 0.24 cm 和 0.27 cm,0.41 cm 和 0.47 cm。

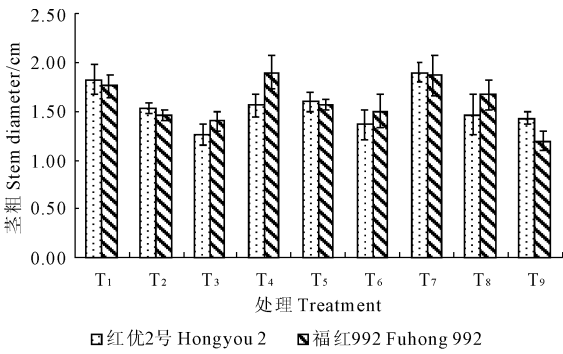


图 2 茎粗对红麻不同生育期灌水水平的响应

Fig.2 Effect of different irrigation on stem diameter of kenaf

表 3 不同生育期灌水水平对红麻生长影响的极差分析

Table 2 Range analysis of the effect of different irrigation on growth of kenaf

项目 Item	均值 Average	红优 2 号 Hongyou 2			福红 992 Fuhong 992		
		A	B	C	A	B	C
株高/m Plant height	k ₁	2.58	2.97	2.74	2.61	2.92	2.63
	k ₂	2.67	2.62	2.61	2.56	2.55	2.52
	k ₃	2.67	2.32	2.57	2.49	2.19	2.51
	极差 R Range	0.09	0.65	0.17	0.12	0.72	0.13
茎粗/cm Stem diameter	k ₁	1.54	1.77	1.56	1.54	1.84	1.64
	k ₂	1.51	1.53	1.51	1.66	1.57	1.52
	k ₃	1.60	1.36	1.59	1.58	1.37	1.61
	极差 R Range	0.09	0.41	0.08	0.11	0.48	0.12
皮厚/mm Skin thickness	k ₁	0.92	1.13	1.02	1.05	1.31	1.10
	k ₂	1.04	0.98	0.90	1.08	0.96	0.98
	k ₃	0.98	0.83	1.01	0.98	0.85	1.03
	极差 R Range	0.12	0.30	0.12	0.10	0.46	0.12
主根长/cm Root length	k ₁	18.39	19.56	18.01	16.02	19.96	18.07
	k ₂	16.43	18.71	17.77	20.87	17.69	19.44
	k ₃	18.27	14.82	17.31	15.74	14.99	15.12
	极差 R Range	1.96	4.73	0.70	5.12	4.97	4.32

注: k₁, k₂, k₃ 表示每个因素各个水平下的指标均值。下同。
Note: k₁, k₂, k₃ shows the average of each levels values in different factor. The same as below.

2.1.3 皮厚 由表 2、图 3 得出,旺长期灌水水平对红麻皮厚的影响极显著,其它时期的灌水水平和红麻品种对皮厚的影响不显著。与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均皮厚分别提高了 0.38 mm 和 0.13 mm,差异

显著,同时 B₁ 和 B₂ 之间的差异显著。开花现蕾期的灌水水平对株高存在着一定的影响,与 C₂ 相比,C₁ 和 C₃ 的株高分别提高了 0.12 mm 和 0.08 mm,其中 C₁ 和 C₂ 的皮厚差异显著,C₁ 和 C₃ 之间、C₂ 和 C₃

之间的皮厚差异均不显著。

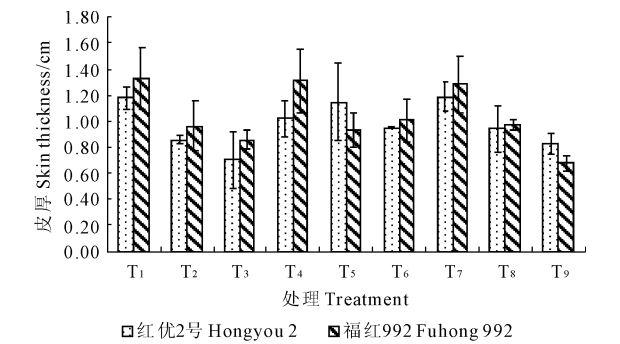


图 3 皮厚对红麻不同生育期灌水水平的响应

Fig.3 Effect of different irrigation on skin thickness of kenaf

从极差分析情况可以看出(表 3),对于两个红麻品种来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻皮厚影响的主次顺序为旺长期>开花现蕾期>苗期,最优组合均为 B₁C₁A₂。B 因素对皮厚的影响明显高于其它时期,B 因素在高水(B₁)处理时达到最大值,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₁ 处理相比,B₂ 与 B₃ 处理的皮厚分别下降了 0.15 mm 和 0.35 mm,0.30 mm 和 0.46 mm。

2.1.4 主根长 旺长期灌水水平对红麻主根长的影响显著(表 3),其它时期的灌水水平和红麻品种对主根长的影响不显著。与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均主根长分别提高了 4.85 cm 和 3.29 cm,差异显著,但 B₁ 和 B₂ 之间的差异不显著。从极差分析情况可以看出(表 3),对于红优 2 号来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻主根长影响的主次顺序为旺长期>苗期>开花现蕾期,最优组合为 B₁A₁C₁;福红 992 的影响主次顺序为苗期>旺长期>开花现蕾期,最优组合为 A₂B₁C₂。

2.1.5 地上部干质量 由表 4 可以看出,品种、旺长期灌水水平和开花现蕾期灌水水平对地上部干质量的影响显著,苗期灌水水平对地上部干质量的影响不显著。与 V₂ 相比,V₁ 的平均干物质量增加 6.37 g,差异显著。与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均地上部干质量分别提高了 97.2% 和 46.92%,差异显著,同时 B₁ 和 B₂ 之间的差异显著。与 C₁ 相比,C₂ 和 C₃ 的地上部干质量均减少了 16.01%,差异显著,但 C₂ 和 C₃ 之间的株高差异不显著。

表 4 不同生育期灌水水平对红麻干物质积累的影响

Table 4 Effect of different irrigation on dry mass accumulation of kenaf

因素 Factor	因素水平 Levels of factor	地上部干质量/(g·株 ⁻¹) Shoot dry mass/(g·plant ⁻¹)	根干质量/(g·株 ⁻¹) Root dry mass/(g·plant ⁻¹)	根冠比 Root / shoot
品种 Variety(V)	V ₁	58.72a	6.19a	0.108a
	V ₂	52.35b	5.75a	0.109a
苗期 Seedling stage(A)	A ₁	56.04a	5.62b	0.086b
	A ₂	52.52a	7.27a	0.138a
	A ₃	58.03a	5.00b	0.101b
旺长期 Vigorous growth period(B)	B ₁	73.97a	7.70a	0.114a
	B ₂	55.11b	6.13b	0.113a
	B ₃	37.51c	4.07c	0.098a
开花现蕾期 Blossom bud period(C)	C ₁	61.80a	5.89a	0.110a
	C ₂	52.89b	5.91a	0.108a
	C ₃	51.91b	6.10a	0.108a

从极差分析情况可以看出(表 5),对于红优 2 号来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻地上部干质量影响的主次顺序为旺长期>开花现蕾期>苗期,最优组合为 B₁C₁A₃;福红 992 的影响主次顺序为旺长期>苗期>开花现蕾期,最优组合为 B₁A₃C₁。B 因素对地上部干质量的影响明显高于其它时期,B 因素在 B₁ 处理时达到最大值,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₁ 处理相比,B₂ 与 B₃ 处理的地上部干质量分别下降了

18.52 g 和 18.21 g,36.32 g 和 36.60g。

2.1.6 根干质量 由表 4 知,苗期灌水水平和旺长期灌水水平对根干质量存在一定的影响,品种和开花现蕾期灌水水平对根干质量的影响不显著。与 A₃ 相比,A₁ 和 A₂ 的根干质量分别增加了 0.62 g 和 2.27 g,其中 A₁ 和 A₃ 之间的差异不显著,A₁ 和 A₂、A₂ 和 A₃ 之间的差异显著。与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的平均根干质量分别提高了 3.63 g 和 2.06 g,差异显著,同时 B₁ 和 B₂ 之间的差异显著。

表 5 不同生育期灌水水平对红麻干物质积累影响的极差分析

Table 5 Range analysis of the effect of different irrigation on dry mass accumulation of kenaf

项目 Item	均值 Average	红优 2 号 Hongyou 2			福红 992 Fuhong 992		
		A	B	C	A	B	C
地上部干质量/g Shoot dry weight	k_1	58.49	77.00	69.30	53.60	70.95	54.30
	k_2	57.48	58.48	56.83	47.56	51.74	48.94
	k_3	60.18	40.68	50.01	55.88	34.35	53.80
	极差 R Range	2.69	36.32	19.29	8.32	36.60	5.36
根干质量/g Root dry weight	k_1	6.41	6.50	6.59	4.74	8.81	5.86
	k_2	6.11	7.96	7.20	6.60	5.06	6.06
	k_3	6.05	4.10	4.78	5.89	3.37	5.31
	极差 R Range	0.36	3.86	2.42	1.85	5.44	0.75

从极差分析情况可以看出(表 5),对于红优 2 号来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻根干质量影响的主次顺序为旺长期>开花现蕾期>苗期,最优组合为 B₂C₂A₁;福红 992 的影响主次顺序为旺长期>苗期>开花现蕾期,最优组合为 B₁A₂C₂。B 因素对根干质量的影响明显高于其它时期,红优 2 号在 B₂ 处理时达到最大值,福红 992 在 B₁ 处理达到最大值。

2.1.7 根冠比 由表 4 可以看出,本试验处理条件下,苗期灌水水平对根冠比产生一定的影响,其它因素对根冠比的影响均不显著。与 A₁ 相比,A₂ 和 A₃ 的平均根冠比分别提高了 0.052 和 0.015,A₁ 和 A₃ 之间的差异不显著,A₁ 和 A₂、A₂ 和 A₃ 之间的差异均显著。

2.2 不同生育期不同灌水水平对不同品种红麻产量性状的影响

2.2.1 麻皮干质量 由表 6 可看出,红麻品种、旺长期灌水水平和开花现蕾期灌水水平对红麻麻皮干质量的影响均显著,苗期灌水水平对红麻麻皮干质量的影响不显著。从红麻品种间差异来看,除 T₃ 处理以外,红优 2 号的麻皮干质量均高于福红 992(见图 4);与福红 992 相比,红优 2 号的麻皮干质量提高 11.60%,差异显著。从图 4 可以看出,B₁ 各处理的麻皮干质量均高于 B₂,B₂ 各处理的麻皮干质量均高于 B₃。从表 4 可以看出,与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的麻皮干质量分别提高 125.93%和 60.46%;与 C₃ 相比,C₁ 和 C₂ 的麻皮干质量分别提高 31.02%和 12.97%,差异均显著,且 C₁ 和 C₂ 之间的差异也显著。

从极差分析情况可以看出(表 7),对于两个品种红麻来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻地上部干质量影响的主次顺序为旺长期>开花现蕾期>苗期,最优组合均为 B₁C₁A₁。B 因素对麻皮干质量的影响明显高于其它时期,对于红优 2 号和

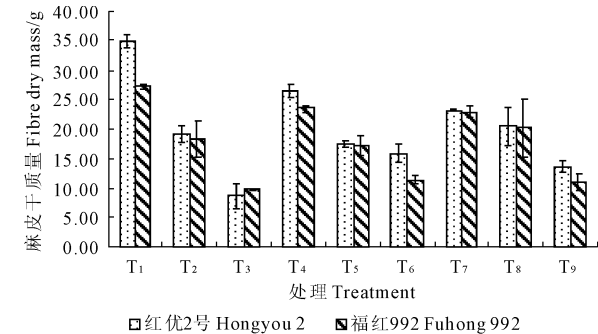


图 4 麻皮干质量对红麻不同生育期灌水水平的响应

Fig.4 Effect of different irrigation on the yield of kenaf

表 6 不同生育期灌水水平对红麻产量及皮骨比的影响

Table 6 Effect of different irrigation on the yield and phloem / xylem and pith of kenaf

因素 Factor	因素水平 Levels of factor	麻皮干质量 /(g·株 ⁻¹) Fibre dry mass /(g·plant ⁻¹)	皮骨比 Phloem / xylem and pith
品种 Variety(V)	V ₁	19.96a	0.606a
	V ₂	17.88b	0.616a
苗期 Seedling stage(A)	A ₁	19.59a	0.597b
	A ₂	18.65a	0.666a
	A ₃	18.52a	0.571b
旺长期 Vigorous growth period(B)	B ₁	26.37a	0.679a
	B ₂	18.73b	0.621b
	B ₃	11.67c	0.534c
开花现蕾期 Blossom bud period (C)	C ₁	21.62a	0.632a
	C ₂	18.64b	0.643a
	C ₃	16.50c	0.558b

福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₃ 处理相比,B₁ 与 B₂ 处理的麻皮干质量分别增加了122.31%和 130.24%,49.27%和 73.81%。C 因素对产量的影响同样显著,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 C₃ 处理相比,C₁ 与 C₂ 处理的麻皮干

质量分别增加了 44.77%和 17.45%,20.39%和 5%。

2.2.2 皮骨比 表 6 结果表明,红麻品种对皮骨比的影响不显著,苗期灌水水平、旺长期灌水水平和开花现蕾期灌水水平对皮骨比的影响均显著。从苗期灌水水平对皮骨比的影响来看,与 A₂ 相比,A₁ 和 A₃ 的皮骨比分别降低 0.069 和 0.095,差异显著;但 A₁ 和 A₃ 之间的皮骨比差异不显著。从旺长期灌水水平对皮骨比的影响来看,与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 的皮骨比分别提高 0.145 和 0.087,差异显著,且 B₁ 和 B₂ 的皮骨比之间的差异显著。从开花现蕾期灌水水平对皮骨比的影响来看,与 C₃ 相比,C₁ 和 C₂ 的皮骨比

分别提高 0.074 和 0.085,差异均显著,但 C₁ 和 C₂ 的皮骨比之间的差异不显著。

从极差分析情况可以看出(表 7),对于两个品种红麻来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻地上部干质量影响的主次顺序为旺长期>苗期>开花现蕾期,红优 2 号的最优组合均为 B₁A₂C₂,福红 992 的最优组合均为 B₁A₂C₁。B 因素对麻皮干质量的影响明显高于其它时期,B 因素在 B₁ 处理时达到最大值,对于红优 2 号和福红 992 两个不同品种的红麻来说,与 B₁ 处理相比,B₂ 与 B₃ 处理的皮骨比分别下降了 0.082 和 0.035,0.130 和 0.159。

表 7 不同生育期灌水水平对红麻产量及皮骨比影响的极差分析							
Table 7 Effect of different irrigation on the yield and phloem / xylem and pith of kenaf							
项目 Item	均值 Average	红优 2 号 Hongyou 2			福红 992 Fuhong 992		
		A	B	C	A	B	C
麻皮干质量/g Fibre dry mass	k ₁	20.82	28.23	23.74	18.36	24.51	19.50
	k ₂	19.99	18.95	19.74	17.31	18.50	17.54
	k ₃	19.06	12.70	16.40	17.98	10.64	16.60
	极差 R Range	1.76	15.53	7.34	1.05	13.86	2.90
皮骨比 Phloem /xylem and pith	k ₁	0.600	0.677	0.609	0.594	0.680	0.655
	k ₂	0.646	0.595	0.640	0.686	0.646	0.647
	k ₃	0.574	0.547	0.570	0.568	0.522	0.546
	极差 R Range	0.072	0.130	0.070	0.118	0.159	0.109

3 讨 论

研究表明,在不同灌溉水平下,红麻品种对红麻的麻皮干质量、地上部干质量、根干质量的影响显著;对红麻株高、皮厚、主根长、根冠比等其它指标的影响不显著。这说明本试验条件下,两种红麻品种株高、皮厚、主根长、根冠比等性状并不随施肥水平提高而明显提高,与前人的结果相一致^[12-16]。虽然 2 个红麻品种的株高、茎粗、皮厚等指标之间的差异不显著,并且这些因素与红麻麻皮产量密切相关^[1],但红优 2 号的产量显著高于福红 992 的产量,这也表明农艺性状与产量之间不存在直接的线性关系。

国内外对红麻需水规律的研究,主要体现在整个生育期的用水总量上,并且平均分配灌水量。Nkaa 等^[13]在尼日利亚东部进行红麻需水试验,每次分别灌溉 20.3、14.1、7.8 mm,每周灌溉两次,生长期为 4 个月。该试验的结果表明,不同生育期红麻水分胁迫对红麻的品质影响不显著,并提高了造纸的品质。Quaranta 等^[14]在意大利中部进行试验,以蒸发量作为灌溉依据,采用缩量灌溉的办法,结果表明:随着灌溉量的增加,茎产量增加,WUE 减少;株高、茎粗等生长指标也有类似的规律,但影响不显

著。Danalatos 等^[16]在希腊中部进行红麻需水试验,将灌水设置标准为 25% ETM(最大蒸散量,maximum evapotranspiration),50% ETM,100% ETM,试验结果表明,随着灌水量的增加,红麻的株高、叶面积指数、总干重增加。Moreno 等^[16]在西班牙进行红麻需水规律研究,将灌水标准设置为:不灌溉、25% PET(潜在蒸发量,potential evapotranspiration)、50% PET 和 100% PET,该研究结果表明,灌溉可以显著地影响株高、茎粗等生长指标;随着灌水量的增加,红麻的株高、茎粗、产量增加。Gary 等^[11]将灌水水平设置为:25% Etc(作物蒸散量,crop evapotranspiration)、50% 的 Etc、100% 的 Etc、125% 的 Etc 和 150% 的 Etc。随着灌水量的增加,WUE 下降;随着灌水量从 25% 增加到 125%,灌溉能显著提高株高、产量等,但 125% Etc 和 150% Etc 之间的差异不显著。农作物的生长,除了蒸发用水以外,还有自生生长需水,维持状态的生理生态需水,Gary 的研究结果较之前的研究更具意义,但考虑到红麻的不同生育期的需水与蒸发不存在线性关系,对水分亏缺的表现也不相同^[11]。

本研究结果表明,对于两种不同品种的红麻来说,3 个不同生育时期不同灌水水平对红麻株高影

响的主次顺序为旺长期 > 开花现蕾期 > 苗期。旺长期不同灌水水平下,根冠比差异不显著,其它的指标中,与 B₃ 相比,B₁ 和 B₂ 处理明显提高株高、茎粗、地上部干质量和麻皮干质量等农艺性状指标;与 B₂ 相比,除了主根长 B₁ 处理与 B₂ 处理之间差异不显著以外,株高等其它农艺的差异显著。这说明本试验条件下,旺长期的灌水水平对红麻主要生长指标的影响显著,并呈现出随着灌水水平的提高,各项农艺性状指标均得到很大的改善;对于农业生产来说,为了得到理想的株高和麻皮干质量,旺长期必须充分灌溉。

开花现蕾期和旺长期不同灌水水平对红麻地上部干质量、麻皮干质量和皮骨比的影响显著。与 C₃ 相比,C₁ 处理和 C₂ 处理提高了株高、地上部干质量、麻皮干质量和皮骨比,除了 C₂ 处理的株高和皮厚,其它差异显著。在本试验的条件下,苗期灌水水平差异对根干质量和根冠比的影响显著,中水时达到最大,差异显著,但高水和低水之间的差异不显著;对产量等其它指标差异不显著,与张鹏、雷艳等^[7-8]的研究结果相一致。前人研究结果表明,灌水水平对作物的生长很重要,关键时期灌溉是获得高产稳产的关键,但不同的生育期对水分的敏感程度不同^[7-8]。张鹏等人研究发现,任何一个生育期不灌水都降低春玉米的株高、叶面积、籽粒产量;灌水对苗期株高影响不显著;与处理 CK 相比,拔节期不灌水和拔节期 + 灌浆成熟期不灌水对株高的影响最大,最高降低了 11.42%;灌水效应对玉米的千粒重、穗粒重、籽粒产量都有显著的影响,与处理 CK 相比,抽穗期不灌水和苗期 + 抽穗期不灌水对籽粒产量的影响最大;苗期不灌水对产量影响最小^[7]。雷艳等研究发现,与全生育期不亏水处理相比,返青期水分亏缺处理冬小麦干物质显著降低了 7.70%;拔节期、抽穗期水分亏缺处理产量显著降低了 5.69%,8.06%,且对有效穗数、穗粒数也有显著降低作用;灌浆期水分亏缺对冬小麦产量影响不显著;冬小麦对拔节期、抽穗期、返青期 + 拔节期、拔节期 + 抽穗期水分亏缺很敏感^[8]。

4 结 论

不同生育期不同灌水水平条件下,红麻品种之间的生物产量差异显著,红优 2 号显著高于福红 992。对于红优 2 号和福红 992 这两个红麻品种来说,旺长期和开花现蕾期均为高水有利于麻皮干质量的积累,与其它处理之间差异显著;苗期的灌水水平对结果差异不显著。3 个不同生育时期不同灌水

水平对红麻株高影响的主次顺序为旺长期 > 开花现蕾期 > 苗期,不同生育期灌水水平的最优组合为 B₁C₁A₁。

参 考 文 献:

[1] 洪建基,祁建民,王晓飞,等.红麻产量与品质性状的相关及其主成分分析[J].福建农林大学学报(自然科学版),2008,37(6): 561-564.

[2] Tahery Y, Yaghoob Tahery. Growth characteristics and biomass production of kenaf[J]. African Journal of Biotechnology, 2011,10(63): 13756-13761.

[3] Bahtoe A, Zargari K, Baniani E, et al. Ebadollah Baniani. An investigation on fiber production of different kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) genotypes[J]. World Applied Sciences Journal, 2012,16(1):63-66.

[4] 陈幼玉,林荔辉,吴建梅,等.红麻亲本与杂交组合产量、品质性状的遗传效应分析[J].中国麻业,2004,26(6):261-266.

[5] 方平平,祁建民,粟建光,等.世界黄麻红麻生产概况与发展前景[J].中国麻业科学,2009,31(3):215-219.

[6] Alexopoulou E, Christou M, Mardikis M, et al. Growth and yields of kenaf varieties in central Greece[J]. Industrial Crops and Products, 2000,11:163-172.

[7] 张 鹏,张富仓,吴立峰,等.不同灌水和施氮对河西绿洲春玉米生长、产量和水分利用的影响[J].干旱地区农业研究,2011, 29(4):137-143.

[8] 雷 艳,张富仓,寇雯萍,等.不同生育期水分亏缺和施氮对冬小麦产量及水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(5):167-174,180.

[9] 杨振宇,张富仓,邹志荣.不同生育期水分亏缺和施氮量对茄子根系生长、产量及水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):141-148.

[10] 郭艳波,冯 浩,吴普特.水分亏缺对番茄生理特性及水分生产效率的影响[J].灌溉排水学报,2008,27(3):52-55.

[11] Gary S B, David R B, Charles G C. Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in central California[J]. Industrial Crops and Products, 2002,15:237-245.

[12] 揭雨成,王朝云.红麻水分胁迫及水、肥效应研究[J].中国麻作,2000,22(2):23-26,45.

[13] Nkaa F A, Ogbonnaya C I, Onyike N B, et al. Effect of differential irrigation on physical and histochemical properties of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown in the field in Eastern Nigeria[J]. African Journal of Agricultural Research, 2007,2(6):252-260.

[14] Quaranta F, Belocchi A, Bottazzi P, et al. Limited water supply on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in central Italy[J]. Italian Journal of Agronomy, 2000,4(1):1-9.

[15] Danalatos N G, Archontoulis S V. Growth and biomass productivity of kenaf under different agricultural inputs and management practices in central Greece[J]. Industrial Crops and Products, 2010,32:231-240.

[16] Moreno A G, de Andre's E F, Walter I, et al. Kenaf responses to irrigation and nitrogen fertilization in central region of Spain[C]// Proc of the 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Rome, 2004:395-397.