

施肥水平和方式对红麻生长和产量的影响

王道波^{1,2} 李伏生¹ 周瑞阳¹

1. 广西大学农学院, 南宁 530005; 2. 北京航空航天大学北海学院, 北海 536001

摘要 采用2个红麻品种,即福红992与红优2号;设3种施肥水平,即低肥(F_L :N 0.10 g/kg, P_2O_5 0.05 g/kg 和 K_2O 0.10 g/kg)、中肥(F_M :N 0.15 g/kg, P_2O_5 0.75 g/kg 和 K_2O 0.15 g/kg)和高肥(F_H :N 0.20 g/kg, P_2O_5 0.10 g/kg 和 K_2O 0.20 g/kg),以及3种施肥方式,即全部氮和钾肥作基肥(T_1),60%氮和钾肥作基肥和40%氮和钾肥作追肥(T_2)以及全部氮和钾肥作追肥(T_3),通过盆栽试验探讨施肥水平和方式对不同红麻品种干皮产量与农艺性状的影响。与 F_L 相比, F_M 处理显著增加红麻干皮产量,红优2号和福红992分别增加16.31%~32.33%和6.51%~17.72%,且 F_M 处理均显著提高茎粗、地上部干质量、皮骨比和根干质量。与 T_3 相比, T_1 和 T_2 处理显著增加干皮产量,红优2号分别增加21.30%~34.16%和12.65%~29.36%,福红992分别增加19.09%~40.92%和7.45%~32.50%,且 T_1 和 T_2 处理株高、茎粗和地上部干质量均提高, T_2 处理皮厚和主根长提高,而 T_1 处理根冠比和皮骨比均降低,但是 T_1 和 T_2 处理上述各指标之间的差异不显著。对于红优2号和福红992,中肥水平下 T_1 和 T_2 方式均有利于红麻生长和干皮产量的增加。

关键词 红麻; 施肥方式; 施肥水平; 干皮产量; 农艺性状

中图分类号 S 564.506.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2014)04-0013-06

红麻(*Hibiscus cannabinus* L.)是锦葵科(Malvaceae)木槿属(*Hibiscus*)的短日照、C3型、1年生韧皮纤维作物,具有生长速度快、抗逆性强、适应性广和丰产等生物学特性,其纤维还具有吸水、散水快和抑菌、抗菌等功效^[1-4]。红麻以其巨大的生物产量、极强的二氧化碳吸收能力以及品质可与针叶林木相媲美等突出优点而倍受关注^[2]。由于红麻等麻类纤维植物的适应性强,不与粮、菜、棉等大宗农作物争地,而且纤维产量高、纤维品质各具特色,适应造纸、纺织等不同用途的要求,全球需求量每年正以8%的速度递增,其发展潜力巨大^[5-6]。N、P和K是作物生长所必需的大量元素,也是影响作物生长发育和重要农艺性状的重要因子。合理施肥可以充分发挥肥料的增产作用,是实现高产、稳产、低成本的重要措施,同时可以减少环境污染、资源浪费和防止生态环境的恶化^[7]。饶大恒等^[8]研究表明,密度和施肥水平是影响玉米产量的重要因素,施肥方式效应不明显。王礼焦等^[9]认为,不同施氮量和施肥时

期对港啤1号大麦品种产量及麦芽品质的影响很大,以中氮量(210~240 kg/hm²),且60%作基肥,20%作苗肥,20%作拔节肥的施肥方式最佳。莫本田等^[10]采用裂区试验设计探讨了施肥水平和方式对以苇状羊茅、多年生黑麦草为主的人工混播草地产草量的影响,结果表明:随着施肥水平增加,鲜草产量明显提高,不同施肥水平处理产量之间的差异极显著;随着基肥比例的增大和追肥比例的减少,鲜草产量反而降低,不同基肥比例处理产量之间的差异也达极显著水平。Danalatos等^[11]采用3种灌水处理、4种氮肥水平、2个播种时期和2种植植密度研究红麻在不同条件下生长发育情况,由于位于希腊中部试验田土壤肥沃,4个氮肥水平产量之间的差异不显著。近年来,国内外关于玉米、大麦等作物对施肥的响应有较多的研究,但是不同作物对施肥水平和方式的响应不尽相同,所以有必要深入研究红麻对施肥水平和方式的响应。基于红麻本身存在遗传多样性及对养分吸收和利用的差异,本研究

收稿日期: 2013-08-23

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100504)、广西自然科学基金项目(2013GXNSFBA019090)、现代农业产业技术体系建设专项(NYCYTX-19-E16)、广西高校科技项目(2013LX237)和广西研究生教育创新计划项目(YCBZ2012002)

王道波, 博士, 副教授, 研究方向: 作物水肥高效利用机制. E-mail: 363583837@qq.com

通信作者: 李伏生, 博士, 教授, 研究方向: 水土资源利用与环境、植物营养与施肥. E-mail: zhenz@gxu.edu.cn;

周瑞阳, 博士, 教授, 研究方向: 作物种质创新、作物雄性不育与杂种优势利用. E-mail: ry_zhou@tom.com

探讨不同施肥水平和方式对不同品种红麻农艺性状与产量性状的影响,旨在为红麻合理施肥提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验地点和材料

试验在广西大学农学院温网室(顶部是玻璃,四周是防虫网)中进行。供试土壤采自该校教学实习基地的赤红壤,其基本理化性状为:pH 值 5.0、有机质 19.2 g/kg、碱解氮(N) 77.6 mg/kg(1 mol/L NaOH 扩散法)、速效磷(P) 21.1 mg/kg(0.5 mol/L NaHCO₃)、速效钾(K) 59.8 mg/kg(1 mol/L 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 2 个红麻(*Hibiscus cannabinus* L.)品种、3 种施肥水平和 3 种施肥方式,共 18 个处理,每个处理重复 3 次,随机区组排列。

2 个红麻品种:福红 992 和红优 2 号。福红 992(国品鉴麻 2007005)由福建农林大学以(福红 951×福红 952)F1×福红 952 系统选育而成。3 种施肥水平:(1)低肥(F_L:N 0.10 g/kg, P₂O₅ 0.05 g/kg 和 K₂O 0.10 g/kg);(2)中肥(F_M:N 0.15 g/kg, P₂O₅ 0.75 g/kg 和 K₂O 0.15 g/kg)和(3)高肥(F_H:N 0.20 g/kg, P₂O₅ 0.10 g/kg 和 K₂O 0.20 g/kg)。3 种施肥方式:(1)T₁,全部氮和钾肥作基肥,在装盆时与土壤混匀施入;(2)T₂,60% 氮和钾肥作基肥,在装盆时与土壤混匀施入,余下 40% 氮和钾肥用作旺长初期追肥,分别在株高 50 和 100 cm 时随灌水施入;(3)T₃,全部氮和钾肥作追肥,追肥时期与方式同 T₂。所有处理磷肥全部用作基肥,在装盆时与土壤混匀施入。氮肥用尿素(含 N 46%),磷肥用重过磷酸钙(含 P₂O₅ 54%),钾肥用氯化钾(含 K₂O 60%),所用肥料全部为分析纯。

1.3 试验管理

试验在塑料桶(上部开口直径 32 cm,底部直径 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)时留取大小一致的 2 株红麻幼苗。苗期各处理灌水量控制在田间持水量 55%~65% 的范围内;旺长初期、旺长盛期、现蕾结果期各处理灌水量控制在田间持水量 75%~85% 的范围内。用称质量法确定各处理灌水量,用量筒量取灌水量,苗期隔 1 d 称盆质量 1 次,进入旺长初期以后每天称盆质量 1 次。各处理其他管理措施相同。

6 月 25 日喷施 90% 敌百虫(1:1 000)、百菌灵,消除和预防地老虎、斜纹夜蛾、线虫等病虫害。

1.4 测定方法

收获后,用皮尺测量红麻株高,即从子叶节到顶端的距离;使用钢卷尺,采用细线法测量红麻子叶节处的周长,反算其直径;用游标卡尺测量皮厚(子叶节处麻皮的厚度);用钢卷尺测量红麻主根长,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 °C 杀青 30 min 后于 65 °C 烘干至恒质量,分别称干皮、秆、叶子和花蕾、根系等干物质质量;地上部干质量是干皮、秆、叶子和花蕾的干物质质量之和。根冠比为根干物质质量与地上部干物质质量的比值;皮骨比为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 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,方差分析包括施肥水平、施肥方式和品种以及它们之间的交互效应。不同指标各处理平均值的比较用 Duncan's 法。

2 结果与分析

2.1 不同施肥水平和方式对红麻农艺性状的影响

1)株高。由表 1 看出,施肥水平对红麻株高的影响不显著,这说明本试验条件下,2 个红麻品种株高并不随施肥水平提高而明显提高。但是施肥方式对株高的影响极显著,与全部氮和钾肥作追肥(T₃)相比,全部氮和钾肥作基肥(T₁)和 60% 氮和钾肥作基肥,40% 氮和钾肥作追肥(T₂)处理株高均提高,红优 2 号平均株高分别提高 0.50 m 和 0.61 m,福红 992 平均株高分别提高 0.28 m 和 0.48 m。整体来看,与 T₃ 相比,T₁ 和 T₂ 处理的株高提高显著,但是 T₁ 和 T₂ 处理株高之间的差异不显著。此外,红优 2 号各施肥处理株高一般略高于福红 992,但差异不显著。

2)茎粗。施肥水平和施肥方式对红麻茎粗的影响均极显著(表 1)。与 F_L 相比,F_M 和 F_H 的茎粗有所提高,但 F_M 和 F_H 的差异不显著。施肥方式为 T₁ 时,F_M 处理福红 992 茎粗比 F_L 提高 4.9 mm,而其他施肥条件下茎粗并没有比 F_L 显著提高,且红优 2 号不同施肥水平茎粗之间的差异也不显著。与 T₃ 相比,施肥水平为 F_H 时,T₁ 和 T₂ 处理福红 992 茎粗分别提高 4.0 mm 和 5.0 mm,施肥水平为 F_M 时,T₁ 处理福红 992 茎粗提高 4.6 mm,而红优 2 号不同施

肥方式茎粗之间的差异不显著。此外,各施肥处理红优 2 号茎粗与福红 992 茎粗之间的差异不显著。

3)皮厚。由表 1 看出,施肥水平对红麻皮厚的影响不显著,这说明本试验条件下,2 个红麻品种不同施肥水平皮厚之间的差异不明显。但是施肥方式对皮厚的影响显著,与 T₁ 相比,仅 F_M 时,红优 2 号 T₂ 处理皮厚提高 0.34 mm,而红优 2 号其他不同施肥方式皮厚之间的差异不明显,且福红 992 不同施肥方式皮厚之间的差异也不显著。整体上看,与 T₃ 相比,T₂ 处理皮厚提高,但 T₁ 和 T₃ 处理之间的差异不明显。此外,各施肥处理红优 2 号皮厚和福红

992 皮厚之间的差异不显著。

4)主根长。由表 1 看出,施肥水平对红麻主根长的影响不显著,这说明本试验条件下,2 个红麻品种主根长不随施肥水平的增加而明显变化。但是施肥方式对主根长的影响极显著,施肥水平为 F_M 时,红优 2 号 T₂ 处理主根长比 T₁ 和 T₃ 提高 8.5 cm 和 10.7 cm,而福红 992 不同施肥方式主根长之间的差异不显著。此外,各施肥处理红优 2 号主根长与福红 992 主根长之间的差异不显著。但是施肥水平和施肥方式的交互作用,品种、施肥水平和施肥方式的交互作用均对主根长影响显著。

表 1 不同施肥水平和方式对不同品种红麻生长发育的影响¹⁾

Table 1 Effect of different fertilization levels and methods on kenaf growth of different varieties

品种 Varieties	施肥水平 Fertilization level	施肥方式 Fertilizing methods	株高/m Plant height	茎粗/cm Stem diameter	皮厚/mm Skin thickness	主根长/cm Root length
红优 2 号 Hongyou 2	F _H	T ₁	3.01±0.56 abc	1.70±0.36 abcde	1.03±0.17 ab	19.40±5.16 ab
		T ₂	3.13±0.28 ab	1.90±0.10 abcd	1.22±0.29 ab	19.87±1.46 ab
		T ₃	2.47±0.17 cde	1.60±0.26 bcde	1.08±0.27 ab	13.90±2.78 bc
	F _M	T ₁	3.08±0.26 abc	1.80±0.20 abcde	0.97±0.08 b	16.37±5.77 b
		T ₂	3.28±0.46 a	1.93±0.16 abc	1.31±0.24 a	24.87±5.23 a
		T ₃	2.73±0.55 abcde	1.60±0.36 bcde	1.05±0.06 ab	14.13±1.68 bc
	F _L	T ₁	2.87±0.24 abcde	1.57±0.15 cde	0.98±0.05 b	17.93±4.43 ab
		T ₂	2.90±0.43 abcde	1.80±0.10 abcde	1.17±0.13 ab	15.07±1.85 b
		T ₃	2.26±0.21 e	1.57±0.15 cde	0.89±0.09 b	14.53±2.45 bc
福红 992 Fuhong 992	F _H	T ₁	2.60±0.18 bcde	1.83±0.15 abcde	1.03±0.27 ab	16.67±2.29 b
		T ₂	2.88±0.18 abcde	1.93±0.15 abc	1.33±0.08 a	19.80±4.68 ab
		T ₃	2.35±0.18 de	1.43±0.31 e	1.03±0.16 ab	7.83±4.65 c
	F _M	T ₁	2.77±0.55 abcde	2.06±0.38 a	1.03±0.16 ab	18.07±3.85 ab
		T ₂	2.96±0.03 abcd	2.00±0.10 ab	1.19±0.19 ab	19.90±2.10 ab
		T ₃	2.52±0.10 bcde	1.60±0.10 bcde	0.93±0.08 b	19.17±3.96 ab
F _L	T ₁	2.77±0.16 abcde	1.57±0.12 cde	1.02±0.14 ab	18.10±4.94 ab	
	T ₂	2.91±0.46 abcde	1.60±0.10 bcde	1.13±0.14 ab	19.87±3.74 ab	
	T ₃	2.43±0.19 cde	1.50±0.00 de	0.95±0.09 b	16.67±0.41 b	

1)表中数值为平均值±标准误差,同一列不同小写字母表示处理之间差异显著(P<0.05),相同小写字母表示差异不显著(P>0.05)。F_L表示低肥,F_M表示中肥,F_H表示高肥。T₁表示全部N和K肥作基肥,T₂表示40%N和K肥作追肥,T₃表示全部N和K肥作追肥。下同。Values are means± standard errors. Different letters in the same column indicate significant difference (P<0.05), same letters indicate in significant difference (P>0.05). F_L: Low fertilization, F_M: Middle fertilization, F_H: High fertilization. T₁: All N and K fertilizer as basal fertilizer, T₂: 40% N and K as basal fertilization and 60% N and K as top-dressing, T₃: All N and K fertilizer as topdressing. The same as below.

5)地上部干质量。施肥水平和方式对红麻地上部干质量的影响均极显著(表 2)。施肥方式 T₁ 条件下,与 F_L 相比,F_H 和 F_M 红优 2 号地上部干质量每株分别提高 22.70 和 19.08 g,而福红 992 不同施肥水平地上部干质量之间的差异也不显著。对于 3 种不同的施肥方式 F_H、F_M 和 F_L 条件下,与 T₁ 相比,福红 992 T₃ 处理地上部干质量每株分别减少 17.42、31.84 和 30.90 g,红优 2 号地上部干质量每株分别减少 31.11、11.39 和 16.98 g。T₂ 处理略低于 T₁ 处理,但差异不显著。此外,各施肥处理红优

2 号地上部干质量与福红 992 地上部干质量之间的差异不显著。

6)根干质量。施肥水平和施肥方式对红麻根干质量的影响均显著(表 2)。红优 2 号 T₂ 处理时,与 F_L 相比, F_H 处理和 F_M 处理的根干质量每株分别提高了 4.17 和 6.07 g,福红 992 的差异不明显。与 T₁ 相比,红优 2 号 T₂ 处理 F_H 时提高了 3.38 g/株,福红 992 提高了 4.58 g/株。T₁ 和 T₃ 处理之间的差异不显著。此外,各施肥处理红优 2 号根干质量与福红 992 根干质量之间的差异不显著。

7)根冠比。由表 2 看出,施肥水平对红麻根冠比的影响不显著,这说明本试验条件下,2 个红麻品种根冠比并不随施肥水平的提高而明显变化。但是施肥方式对根冠比的影响显著,与 T_1 相比, T_2 处理

提高根冠比,但是 T_2 和 T_3 处理根冠比之间的差异不显著。此外,各施肥处理红优 2 号根冠比与福红 992 根冠比之间的差异不显著,但是品种、施肥水平和施肥方式的交互作用对根冠比的影响显著。

表 2 不同施肥水平和方式对 2 个红麻品种干物质积累的影响

Table 2 Effect of different fertilization levels and methods on dry mass accumulation of two kenaf varieties

品种 Varieties	施肥水平 Fertilization level	施肥方式 Fertilizing methods	地上部干质量/(g/plant) Shoot dry mass	根干质量/(g/plant) Root dry mass	根冠比 Root/shoot ratio
红优 2 号 Hongyou 2	F_H	T_1	78.99±23.72 ab	5.78±3.77 bcd	0.07±0.03 d
		T_2	64.32±6.64 abcdef	9.16±5.49 abcd	0.15±0.09 abcd
		T_3	47.88±3.57 fgh	4.86±3.22 bcd	0.10±0.07 abcd
	F_M	T_1	76.37±20.81 abc	7.48±2.94 bcd	0.10±0.01 abcd
		T_2	67.93±6.29 abcde	11.06±2.39 ab	0.16±0.046 abc
		T_3	64.98±12.80 abcdef	8.44±4.12 abcd	0.12±0.05 abcd
	F_L	T_1	57.29±13.44 cdefg	7.36±1.31 bcd	0.13±0.02 abcd
		T_2	48.07±5.28 fgh	4.99±1.60 bcd	0.11±0.04 abcd
		T_3	40.31±3.18 gh	3.25±0.79 d	0.08±0.02 cd
福红 992 Fuhong 992	F_H	T_1	64.89±5.01 abcdef	5.43±2.68 bcd	0.09±0.05 bcd
		T_2	59.87±5.02 bcdef	10.01±1.15 abc	0.17±0.03 ab
		T_3	47.47±7.08 fgh	4.54±1.69 cd	0.10±0.05 abcd
	F_M	T_1	82.12±10.76 a	13.78±8.52 a	0.16±0.09 abc
		T_2	70.55±2.66 abcd	8.73±1.88 abcd	0.12±0.03 abcd
		T_3	50.28±6.12 efgh	4.91±0.45 bcd	0.10±0.01 abcd
	F_L	T_1	68.33±8.49 abcde	7.68±0.24 abcd	0.11±0.02 abcd
		T_2	56.52±5.33 defgh	10.18±3.38 abvc	0.18±0.04 a
		T_3	37.43±4.98 h	5.02±0.46 bcd	0.14±0.03 abcd

表 3 不同施肥水平和方式对 2 个红麻品种干皮产量及皮骨比的影响

Table 3 Effect of different fertilization levels and methods on the yield and the ratio of phloem to xylem and pith for two kenaf varieties

品种 Varieties	施肥水平 Fertilization level	施肥方式 Fertilizing methods	干皮产量/(g/plant) Dry hide yield	皮骨比 Ratio of phloem to xylem and pith
红优 2 号 Hongyou 2	F_H	T_1	20.38±1.16 abcde	0.47±0.14 f
		T_2	19.81±1.75 abcdef	0.60±0.07 cdef
		T_3	15.15±2.71 def	0.61±0.12 cdef
	F_M	T_1	26.06±6.93 a	0.61±0.05 cdef
		T_2	23.48±0.55 abc	0.65±0.03 bcde
		T_3	20.51±3.36 abcde	0.63±0.12 bcdef
	F_L	T_1	21.08±5.14 abcd	0.71±0.06 abcd
		T_2	19.65±1.62 bcdef	0.86±0.15 a
		T_3	13.88±0.51 f	0.66±0.07 bcde
福红 992 Fuhong 992	F_H	T_1	19.49±2.57 bcdef	0.52±0.03 ef
		T_2	17.04±3.38 def	0.47±0.09 f
		T_3	15.77±1.45 def	0.66±0.03 bcde
	F_M	T_1	25.98±6.95 a	0.56±0.09 def
		T_2	23.39±2.44 abc	0.62±0.11 bcdef
		T_3	17.44±1.16 cdef	0.72±0.02 abcd
	F_L	T_1	24.29±3.03 ab	0.69±0.01 bcde
		T_2	21.26±0.56 abcd	0.74±0.09 abc
		T_3	14.35±2.39 ef	0.78±0.01 ab

2.2 不同施肥水平和方式对红麻产量的影响

1)干皮产量。由表 3 可看出,施肥水平和方式对红麻干皮产量的影响均极显著。对 2 个红麻品种来说,与 F_L 相比,红优 2 号平均干皮产量 F_M 处理

在 T_1 、 T_2 和 T_3 时分别提高了 19.11%、16.31%和 32.33%,福红 992 平均干皮产量分别提高 6.51%、9.11%和 17.72%; F_H 处理和 F_L 处理的差异不显著。与 T_3 相比, T_1 和 T_2 处理均显著提高干皮产

量,施肥水平 F_L 条件下,红优2号平均干皮产量分别提高34.16%和29.36%,福红992平均干皮产量分别提高40.92%和32.50%。虽然 T_1 处理的干皮产量略高于 T_2 处理,但2个处理之间的差异不显著。此外,各施肥处理红优2号和福红992干皮产量之间的差异不显著。

2)皮骨比。表3结果表明,施肥水平对红麻皮骨比的影响极显著,施肥方式对皮骨比的影响显著。对2个红麻品种来说,与 F_L 相比, F_M 和 F_H 处理均显著降低皮骨比,施肥方式为 T_2 时,红优2号平均皮骨比分别降低0.21和0.26,福红992平均皮骨比分别降低0.12和0.27。与 T_1 相比, T_3 处理皮骨比有一定程度提高,施肥水平为 F_M 时,福红992平均皮骨比分别提高0.16。此外,各施肥处理红优2号皮骨比和福红992皮骨比之间的差异不显著,但是品种与施肥方式的互作对红麻皮骨比的影响显著。

3 讨论

3.1 施肥水平对红麻生长发育及其产量性状的影响

施肥水平对红麻株高、皮厚、主根长、根冠比的影响不显著,这说明本试验条件下,2个红麻品种株高、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。有研究表明,虽然株高等因素与红麻产量密切相关,但与产量不存在直接的线性关系^[11-12]。因此,株高等因素只能作为红麻长势的辅助指标,不能作为衡量产量的依据。

与 F_L 相比, F_M 处理和 F_H 处理的茎粗、地上部干质量、皮骨比有显著提高,但 F_M 处理和 F_H 处理的差异不显著。与 F_L 相比, F_M 处理根干质量有显著提高,但 F_L 处理和 F_M 处理的差异不显著。有研究表明^[12-15],随着施肥水平的提高,红麻干皮产量等指标逐渐上升,但超过某一值后,产量反而降低。威士章等^[16]根据不同施肥条件下红麻皮麻产量,拟合二元方程,求出当地红麻的最佳施肥水平。王朝云等^[17]研究表明,施用氮、磷和钾肥均可促进苧麻干物质积累和本身养分的吸收,在一定范围内,增施氮、钾肥对构成苧麻产量的茎粗、有效株数均有促进作用,原麻产量也随着氮钾肥用量的增加而提高。

本研究表明,适当增加施肥量能够提高干皮产量,但超过一定范围以后,增产效果不明显。同时,过多的肥料投入将提高生产成本,降低增产效果^[18]。可见,在本试验条件下 F_M 处理有利于红麻生长发育和干皮产量的提高。

3.2 施肥方式对红麻生长发育及其产量性状的影响

与 T_3 相比, T_1 和 T_2 处理明显提高株高、茎粗、地上部干质量和干皮产量,但是 T_1 和 T_2 处理株高、干皮产量等指标之间的差异不显著, T_2 处理茎粗和根干质量最大, T_1 处理则地上部干质量最高。与 T_3 相比, T_2 处理皮厚、主根长提高,但 T_1 和 T_3 处理之间的差异不显著;与 T_3 相比, T_1 处理根冠比、皮骨比均降低,但 T_2 和 T_3 处理之间的差异不显著。这说明本试验条件下,基肥对红麻主要生长指标的影响显著,为了得到理想的株高和干皮产量,必须施足基肥。前人研究结果表明^[9,19-20],基肥对作物的生长很重要,施足基肥是获得高产稳产的关键。王礼焦等^[9]研究表明,60%作基肥、40%作追肥时港啤1号大麦产量最高。再吐尼古丽·库尔班等^[19]研究表明,与习惯施肥(氮用量280 kg/hm²)处理相比,氮肥一次性深施处理(氮用量240 kg/hm²,播种时一次深施在15 cm处)增产11.48%。战秀梅等^[20]研究表明,新高粱9号以生育前期全部作基肥一次施入处理的生物产量最高。本研究表明, T_1 和 T_2 均能够有效地促进红麻生长和提高干皮产量,其他各项指标也有一定的提高,但就干皮产量而言, T_1 处理干皮产量略高于 T_2 处理,但两者之间的差异不显著。

盆栽试验往往限制个体发育和减少生物量,与大田试验存在一定的差距,但盆栽试验能够有效地控制水、肥等农艺措施,作物生长规律与大田试验基本一致。在本试验条件下,中肥水平可以提高2个红麻品种干皮产量;对于红优2号和福红992,中肥水平下 T_1 和 T_2 方式均有利于红麻生长和干皮产量的增加。

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] TAHER Y Y, SHUKOR N A A, ABDUL-HAMID H, et al. Growth characteristics and biomass production of kenaf [J]. African Journal of Biotechnology, 2011, 10(63): 13756-13761.
- [3] 陶爱芬,涂辉荣,祁建民,等.红麻遗传资源多样性数量分类与优异种质综合评价[J].福建农林大学学报:自然科学版,2003,32(增刊):158-163.
- [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] 刘宗华, 卫晓轶, 汤继华, 等. 低氮胁迫对不同基因型玉米根部性状的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(5): 50-53, 57.
- [8] 饶大恒, 邹细标. 密度、施肥水平和施肥方式对玉米性状及产量影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 1993, 15(4): 418-422.
- [9] 王礼焦, 鲍继友, 孙承军, 等. 不同施肥水平和施肥方式对港啤1号产量及麦芽品质的影响[J]. 大麦科学, 2000(2): 32-35.
- [10] 莫本田, 罗天琼, 韩永芬. 施肥水平和施肥方式对人工混播草地产草量的影响[J]. 草业科学, 2000, 17(4): 13-16, 20.
- [11] DANALATOSA 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.
- [12] 叶继标, 招雄文. 留种红麻施肥期与肥料分配模式的研究[J]. 福建农业科技, 2001(1): 9-10.
- [13] 余同海, 陈其荣. 红麻青皮3号经济施肥研究探讨与分析[J]. 耕作与栽培, 1990(3): 57-59.
- [14] 李祖士, 俞琦英. 密度施肥对造纸用红麻品质和产量的影响[J]. 耕作与栽培, 1995(5): 42-45.
- [15] 朱强, 郁永明, 胡兆金. 不同施肥水平对红麻植株体内养分分布及代谢变化的影响[J]. 中国麻作, 1997, 19(4): 30-33.
- [16] 威士章, 李广洋, 刘素芬, 等. 沿渭湾区红麻增施化肥的效应[J]. 安徽农业科学, 2001, 29(3): 371.
- [17] 王朝云, 严文淦, 揭雨成. 苧麻养分吸收动态及施肥效果的研究[J]. 中国农业科学, 1994, 27(2): 62-71.
- [18] 罗慧, 李伏生, 韦彩会, 等. 灌水方式对不同施肥水平烤烟产量和品质的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(1): 173-179.
- [19] 再吐尼古丽·库尔班, 陈维维, 叶凯. 施肥方式对甜高粱秸秆产量和糖分含量以及酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2012, 32(11): 2305-2312.
- [20] 战秀梅, 李亭亭, 韩晓日. 不同施肥方式对春玉米产量、效益及氮素吸收和利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 861-868.

Effects of levels and methods of fertilization on growth and yield of kenaf

WANG Dao-bo^{1,2} LI Fu-sheng¹ ZHOU Rui-yang¹

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

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

Abstract The response of different kenaf varieties to different methods and levels of fertilization were investigated to provide the rational fertilization for high yield and high efficient cultivation of kenaf. The effects of methods and levels of fertilization on the growth and yield of different kenaf varieties were studied with a pot experiment. The experiments included two kenaf varieties, i. e. Fuhong 992 and Hongyou 2, three fertilization levels, i. e. low fertilization (F_L : N 0. 10 g/kg, P_2O_5 0. 05 g/kg and K_2O 0. 10 g/kg), middle fertilization (F_M : N 0. 15 g/kg, P_2O_5 0. 075 g/kg, K_2O 0. 15 g/kg) and high fertilization (F_H : N 0. 20 g/kg, P_2O_5 0. 10 g/kg, K_2O 0. 20 g/kg), and three fertilization methods, i. e. T_1 (all N and K fertilizers as basal fertilizer), T_2 (60% N and K fertilizers as basal fertilizer, 40% N and K fertilizers as topdressing) and T_3 (all N and K fertilizers as topdressing). Compared to F_L , F_M increased dry hide yield of kenaf by 16. 31%-32. 33% for Hongyou 2 and 6. 51%-17. 72% for Fuhong 992. F_M significantly increased stem diameter, shoot dry mass, root dry mass and ratio of phloem to xylem and pith. Compared to T_3 , T_1 and T_2 increased dry hide yield by 21. 30%-34. 16% and 12. 65%-29. 36% for Hongyou 2 and 19. 09%-40. 92% and 7. 45%-32. 50% for Fuhong 992. T_1 and T_2 increased plant height, stem diameter and shoot dry mass. T_2 increased skin thickness and root length, but T_1 decreased root/shoot ratio and the ratio of phloem to xylem and pith. There was no significant difference of all indices between T_1 and T_3 . For Fuhong 992 and Hongyou 2, both T_1 (all N and K fertilizers as basal fertilizer) and T_2 (60% N and K fertilizers as basal fertilizer, 40% N and K fertilizers as topdressing) can increase the growth and dry hide yield of kenaf under middle fertilization level.

Key words kenaf; fertilization method; fertilization level; dry hide yield; agronomic trait

(责任编辑: 张志钰)