

不同水分胁迫对剑麻生理特性的影响

冯海燕¹, 习金根^{2*}

(1. 中国热带农业科学院南亚热带作物研究所, 广东湛江 524091; 2. 中国热带农业科学院环境与植物保护研究所, 农业部儋州农业环境科学观测实验站, 海南海口 571101)

摘要 [目的] 研究不同水分胁迫对剑麻生理特性的影响。[方法] 通过盆栽试验, 研究了轻度(T_1)、重度(T_2)水分胁迫处理对剑麻幼苗生长和抗旱性的影响。[结果] 各个时期剑麻株高、植株鲜重、叶片含水量、根系活力从大到小均依次为 CK、 T_1 、 T_2 , 相对电导率(REC)、过氧化物酶(POD)活性、游离脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量从低到高依次为 CK、 T_1 、 T_2 , N、P、K 含量均随着水分胁迫的加剧呈下降趋势。随着处理时间的延长, 不同处理剑麻叶片含水量均呈上升趋势; CK 和 T_1 处理 REC 和 POD 活性均呈先增后减的趋势, T_2 处理则呈增加趋势; T_1 、 T_2 处理 MDA 含量呈增加趋势; 各处理 N 含量均呈先增后减的趋势, P 含量逐渐降低; CK 和 T_1 处理 K 含量逐渐增加, 而 T_2 处理则逐渐降低。[结论] 研究结果可为剑麻的抗旱栽培提供理论参考。

关键词 剑麻; 水分胁迫; 生理特性; 抗旱性

中图分类号 S563.8 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)19-0013-03

Effects of Different Water Stress on Physiological Characteristics of *Agave sisalana*FENG Hai-yan¹, XI Jin-gen^{2*}

(1. South Subtropical Crops Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Zhanjiang, Guangdong 524091; 2. Environment and Plant Protection Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou Scientific Observing and Experimental Station of Agro-Environment of Ministry of Agriculture, Haikou, Hainan 571101)

Abstract [Objective] To study the effects of different water stress on the physiological characteristics of *Agave sisalana*. [Method] Pot experiment was used to study the effects of mild water stress (T_1) and severe water stress (T_2) on the growth and drought resistance of *A. sisalana* seedlings. [Result] The plant height, fresh weight, leaf water content and root vigor changed regularly by the order as CK > T_1 > T_2 during the whole growing period. The relative electric conductivity(REC), POD activity, free proline (Pro) content and malondialdehyde (MDA) content changed by the order as CK < T_1 < T_2 . The contents of N, P, K showed declining trends with the increasing of water stress. Along with prolonging of water stress time, the leaf water content showed an increasing trend under different treatments. REC and POD activity increased at first and then decreased in control (CK) and T_1 treatments, and increased in T_2 treatment. The content of MDA increased in T_1 and T_2 treatments. The content of N increased at first and then decreased in different treatments. The content of P decreased in different treatments. The content of K gradually increased in CK and T_1 treatments, K content in T_2 treatment gradually decreased. [Conclusion] The research results can provide theoretical basis for the drought-resistant cultivation of *A. sisalana*.

Key words *Agave sisalana*; Water stress; Physiological characteristics; Drought resistance

剑麻为龙舌兰科 (Agavaceae) 龙舌兰属 (*Agave linnaeus*) 多年生草本植物, 是热带、亚热带地区重要的硬质纤维作物。目前, 全世界种植剑麻的国家主要有巴西、中国、墨西哥、哥伦比亚、坦桑尼亚等。剑麻在我国主要分布在广东、广西、海南、云南和福建等省 (区), 2010 年末种植面积为 2.05 万 hm^2 , 收获面积为 1.83 万 hm^2 , 纤维总产量为 4.63 万 t。剑麻具有纤维拉力强、耐磨、耐酸、耐碱、耐腐蚀等特性, 广泛用于制作绳缆、钢索绳心、地毯等, 是国防、航海、工矿等领域的重要原料。随着绿色天然产品的大量开发, 剑麻纤维的用途将会更广泛, 用量将不断增加^[1-3]。水分是作物生长发育的必要条件之一, 是作物生产力的关键生态因素。水分缺乏会直接影响植物光合系统的结构和功能, 降低光能利用率。水分胁迫是指植物水分散失超过水分吸收, 使植物组织含水量下降, 正常代谢失调的现象, 可导致植物同化效率降低^[4-5]。目前, 水分胁迫在小麦、胡萝卜、香蕉等作物上已有大量研究^[4-6], 但有关剑麻水分胁迫研究的报道较少。笔者以龙舌兰 H. 11648 幼苗为材料, 进行盆栽种植, 通过人工控制土壤水分含量, 设置对照、轻度胁迫、重度胁迫 3 个处理, 研究剑麻在水分胁迫下的生长情况和生理特性, 以期剑麻的抗旱

栽培提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试剑麻为大小一致的 H. 11648 品种幼苗, 规格为 20 cm × 18 cm × 20 cm 的塑料盆。供试土壤为玄武岩发育的砖红壤, 有机质含量 21.4 mg/g, pH 5.05, 速效钾 120.3 mg/kg, 全氮 1.60 mg/g, 全磷 2.50 mg/g, 交换性钙 20.3 mg/kg, 交换性镁 5.9 mg/kg, 田间持水量 22%。土壤过筛后装盆, 每盆土壤重 4.4 kg, 按 N 0.3 g/kg、 P_2O_5 0.2 g/kg、 K_2O 0.3 g/kg 一次性施肥。

1.2 试验设计 选取长势正常一致的剑麻苗进行盆栽试验, 采用称重法快速测定土壤水分含量, 及时补充水量, 维持土壤水分在处理水平。试验设置对照 (CK, 田间持水量 60% ~ 70%)、轻度水分胁迫 (T_1 , 田间持水量 40% ~ 50%)、重度水分胁迫 (T_2 , 田间持水量 20% ~ 30%) 共 3 个处理, 4 次重复。每天 18:00 用称重法补充损失的水分, 使含水量维持在各预定胁迫水平。试验持续 120 d, 水分胁迫期间, 晴天将盆栽苗置于露天环境下接受自然光照, 阴雨天置于简易温棚中。

1.3 测定项目与方法 试验期间, 每隔 30 d 每个处理取样 1 次, 每次取 4 盆, 分别测量剑麻株高、地上部和根系生物量; 采用愈创木酚法测定过氧化物酶 (POD) 活性, 采用酸性茚三酮法测定游离脯氨酸 (Pro) 含量, 以相对电导率 (REC) 来测定叶片质膜相对透性, 采用硫代巴比妥酸法测定丙二醛 (MDA) 含量, 采用 α -萘胺法测定根系活力^[7-9]。

基金项目 广东省科技厅自然科学基金项目 (2015A070708006); 国家麻类产业技术体系建设专项 (CARS-19)。**作者简介** 冯海燕 (1981—), 女, 广东阳江人, 助理农艺师, 从事热带作物栽培技术研究。* 通讯作者, 副研究员, 硕士, 从事热带作物营养与施肥研究。**收稿日期** 2017-04-22

1.4 数据处理 使用 Excel 2007 软件和 SPSS 19.0 统计软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 水分胁迫对剑麻生长的影响

2.1.1 水分胁迫对剑麻株高的影响。由表 1 可知,不同水分胁迫处理的剑麻株高差异显著。随着水分胁迫的加剧,各个时期剑麻株高均显著下降。随着处理时间的延长,不同处理的剑麻株高均逐渐增加,但增幅有所不同。第 30~60 天, T_1 和 T_2 处理剑麻株高的增幅较大,而对照 (CK) 处理增幅较小。这说明水分胁迫明显抑制剑麻植株的生长,但随着时间的推移,剑麻逐渐适应水分胁迫条件后,植株生长速度逐渐恢复正常。

表 1 不同水分胁迫处理剑麻的株高

Table 1 The plant height of *A. sisalana* under different water stress treatments cm

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	37.00 a	40.38 a	43.38 a	46.25 a
T_1	31.38 b	36.38 b	38.50 b	43.25 b
T_2	28.75 c	33.75 c	36.50 c	39.50 c

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.1.2 水分胁迫对剑麻生物量的影响。由表 2 可知,不同时期剑麻植株鲜重均随着水分胁迫的加剧而显著减少。随着水分胁迫时间的延长,不同处理剑麻植株鲜重总体上均有所增加,但其增幅随着水分胁迫的加剧而减少,这反映出剑麻的生物量积累随着水分胁迫的加剧而减少。由此可见,水分胁迫强度越大,剑麻生长就越缓慢。

表 2 不同水分胁迫处理剑麻植株鲜重

Table 2 The fresh weight of *A. sisalana* plants under different water stress treatments g

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	51.05 a	70.01 a	119.14 a	161.30 a
T_1	43.77 b	60.60 b	99.75 b	116.90 b
T_2	30.23 c	44.74 c	77.91 c	96.45 c

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.1.3 水分胁迫对剑麻叶片含水量的影响。由表 3 可知,各个时期剑麻叶片含水量总体上随着水分胁迫的加剧而减少,但轻度水分胁迫处理 (T_1) 与 CK 差异不显著。随着处理时间的延长,不同处理剑麻叶片含水量均有所提高,但增幅不同。其中,CK 增幅较小, T_1 处理次之, T_2 处理增幅最大。这说明水分胁迫会明显降低剑麻叶片含水量,但水分胁迫强度较小时降幅不明显。随着胁迫时间的延长,剑麻逐渐适应水分胁迫条件,产生抗旱性,植株生长恢复正常,叶片含水量逐渐提高。

2.2 水分胁迫对剑麻细胞膜透性和根系活力的影响

2.2.1 水分胁迫对剑麻细胞膜透性的影响。植物受到水分

胁迫时,质膜会受到不同程度破坏,电导率增大,因而常用测定电导率变化的方法来判别植物组织受伤害的程度^[10-12]。由表 4 可知,各个时期剑麻相对电导率 (REC) 均随着水分胁迫的加剧而增加。随着处理时间的延长,CK 和 T_1 处理 REC 均呈先升高后下降的趋势, T_2 处理 REC 逐渐增加。这说明水分胁迫条件下剑麻组织受到一定程度破坏,且受破坏程度随着胁迫的加剧而增强。当水分胁迫强度较低时,随着胁迫时间的延长,剑麻逐渐适应胁迫条件,并产生抗旱性,组织受破坏程度逐渐减轻;但当水分胁迫较为严重,超出了剑麻可以忍耐的程度后,组织将逐渐受破坏,无法修复。

表 3 不同水分胁迫处理剑麻的叶片含水量

Table 3 The leaf water content in *A. sisalana* under different water stress treatments %

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	88.96 a	90.18 a	90.29 a	91.13 a
T_1	85.88 a	87.39 a	89.94 a	90.08 a
T_2	78.84 b	79.93 b	85.27 b	86.04 b

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

表 4 不同水分胁迫处理剑麻的相对电导率

Table 4 The relative electrical conductivity of *A. sisalana* under different water stress treatments %

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	44.23 c	47.72 c	43.62 c	34.80 c
T_1	53.59 b	56.28 b	56.30 b	53.07 b
T_2	59.55 a	62.54 a	65.22 a	67.81 a

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.2.2 水分胁迫对剑麻根系活力的影响。在干旱胁迫下,根系氧化活力和还原活力明显增加。研究表明,根系活力从本质上反映苗木根系生长与土壤水分及环境之间的动态关系^[10-13]。由表 5 可知,不同水分胁迫对剑麻根系活力的影响显著,总体上各个时期剑麻根系活力均随着水分胁迫的加剧而逐渐降低。随着处理时间的延长,不同处理剑麻根系活力的变化不明显。

表 5 不同水分胁迫处理剑麻的根系活力

Table 5 The root vigor of *A. sisalana* under different water stress treatments $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	2.57 a	2.58 a	2.57 a	2.84 a
T_1	2.35 b	2.42 b	2.33 b	2.49 b
T_2	2.14 c	2.20 c	2.16 c	2.13 c

注:同列不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.3 水分胁迫对剑麻保护酶活性的影响

2.3.1 水分胁迫对剑麻 POD 活性的影响。从表 6 可以看出,不同处理剑麻体内 POD 活性存在显著差异。各个时期

不同处理 POD 活性均有较大差异,总体上随着水分胁迫的加剧而增加。这说明剑麻的保护酶活性在水分胁迫条件下明显增强,以抵御干旱逆境造成的伤害。随着胁迫时间的延长,CK 和 T₁ 处理 POD 活性均呈先增加后减小的趋势,但二者出现峰值的时间不同,前者出现在第 60 天,后者则出现在第 90 天,而 T₂ 处理的 POD 活性则随着处理时间的延长而逐渐增加。由此可见,水分胁迫条件下,随着胁迫时间的延长,剑麻可通过增强保护酶活性来逐渐适应干旱逆境。水分胁迫强度越低,适应速度越快,胁迫强度越高,剑麻对逆境的适应速度越慢,甚至无法适应,造成植株死亡。

表 6 不同水分胁迫对剑麻 POD 活性的影响

Table 6 The effects of different water stress on POD activity of *A. sisalana*

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	705.00 c	739.00 b	649.00 c	621.25 c
T ₁	789.00 b	820.50 a	881.25 b	727.75 b
T ₂	821.00 a	860.00 a	945.00 a	995.75 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.3.2 水分胁迫对剑麻游离脯氨酸含量的影响。游离脯氨酸含量是植物抗旱性的一个指标,植物遭受逆境胁迫时大量累积游离脯氨酸这一现象已被人们证实^[14]。由表 7 可知,不同水分胁迫处理剑麻游离脯氨酸含量存在显著差异,各个时期均随着水分胁迫的加剧而升高。随着处理时间的延长,CK 处理剑麻游离脯氨酸含量逐渐降低,但 T₁、T₂ 处理则相对稳定。这说明水分胁迫条件下,剑麻可通过增加体内游离脯氨酸含量,降低渗透势,维持细胞膨压,来适应外界干旱逆境条件。

表 7 水分胁迫对剑麻游离脯氨酸含量的影响

Table 7 The effects of different water stress on free proline content in *A. sisalana*

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	0.150 c	0.145 c	0.140 c	0.113 c
T ₁	0.180 b	0.178 b	0.180 b	0.163 b
T ₂	0.210 a	0.215 a	0.215 a	0.220 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

表 9 水分胁迫对剑麻 N、P、K 吸收的影响

Table 9 The effects of water stress on the adsorption of N, P, K in *A. sisalana*

处理 Treatment	N 含量 N content//%			P 含量 P content//%			K 含量 K content//%		
	60 d	90 d	120 d	60 d	90 d	120 d	60 d	90 d	120 d
CK	1.21 a	2.69 a	2.08 a	0.195 a	0.150 a	0.150 b	1.395 a	1.584 a	1.672 a
T ₁	1.09 a	2.73 a	2.16 a	0.174 a	0.161 a	0.160 a	0.937 a	1.224 b	1.502 a
T ₂	1.28 a	2.32 b	1.73 b	0.195 a	0.088 b	0.110 c	1.179 a	1.079 b	1.060 b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

3 结论与讨论

该试验结果表明,随着水分胁迫的加剧,各个时期剑麻株高、植株鲜重、叶片含水量和根系活力,以及 N、P、K 含量均呈下降趋势,而相对电导率(REC)、过氧化物酶(POD)活性、

2.3.3 水分胁迫对剑麻 MDA 含量的影响。MDA 是脂质过氧化的主要产物之一,其积累的多少及其变化幅度反映植物膜系统的稳定性及受到的伤害程度,植物体内 MDA 积累越多,表明组织的自我保护能力越弱^[15-16]。从表 8 可以看出,各个时期剑麻 MDA 含量均随着水分胁迫的加剧而增加。随着处理时间的延长,CK 处理剑麻 MDA 含量起伏变化,而 T₁ 处理 MDA 含量缓慢增加,T₂ 处理逐渐升高,增幅较为明显。这说明水分胁迫条件下,剑麻叶片膜脂过氧化作用明显加强,膜系统受到破坏,膜透性增加。

表 8 水分胁迫对剑麻 MDA 含量的影响

Table 8 The effects of water stress on MDA content in *A. sisalana*

处理 Treatment	水分胁迫时间 Water stress time//d			
	30	60	90	120
CK	0.160 b	0.177 c	0.152 c	0.172 c
T ₁	0.190 ab	0.210 b	0.210 b	0.228 b
T ₂	0.220 a	0.232 a	0.240 a	0.252 a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

2.4 水分胁迫对剑麻 N、P、K 吸收的影响 N、P、K 是植物体内的大量元素,N、P、K 的含量直接影响剑麻的品质,研究剑麻体内 N、P 和 K 含量可以反映水分胁迫对剑麻吸收 N、P 和 K 的影响。由表 9 可知,各个时期不同处理剑麻 N 含量的变化规律不同。第 60 天,不同处理剑麻 N 含量差异不显著;第 90 和 120 天,T₂ 处理 N 含量显著低于 CK 和 T₁ 处理。随着处理时间的延长,不同处理剑麻 N 含量均呈先增后减的趋势。

不同处理剑麻 P 含量的变化规律总体上与 N 含量相似。水分胁迫初期,不同处理剑麻 P 含量差异不显著,而水分胁迫中后期,T₂ 处理的 P 含量显著低于 CK 和 T₁ 处理。但随着处理时间的延长,不同水分胁迫处理 P 含量均明显降低。

不同处理剑麻 K 含量的变化规律与 N、P 含量有相似之处。第 60 天,不同处理剑麻 K 含量差异不显著;第 90 天,T₁ 和 T₂ 处理 K 含量均显著低于 CK;第 120 天,剑麻 T₂ 处理 K 含量显著低于 CK 和 T₁ 处理,而 T₁ 处理 K 含量最高,显著高于 CK。随着处理时间的延长,CK 和 T₁ 处理 K 含量逐渐增加,而 T₂ 处理 K 含量则逐渐降低。

游离脯氨酸(Pro)含量、丙二醛(MDA)含量均呈增加趋势。这说明在水分胁迫下,剑麻细胞膜遭到破坏,膜透性增加,根系活力下降。虽然剑麻可通过保护酶活性的增加,来减轻细
(下转第 33 页)

- [19] 张黎明, 却志群. 不同留叶方式和数目对烤烟生长及产质量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(9): 48-51.
- [20] 陈文, 刘红恩, 王勇, 等. 烟田微生态环境对烤烟光合作用影响研究进展[J]. 江西农业学报, 2011, 23(2): 85-88.
- [21] 张喜峰, 张立新, 高梅, 等. 密度、留叶数及其互作对烤烟光合特性及经济性状的影响[J]. 中国烟草科学, 2014, 35(5): 23-28.
- [22] 钱华, 史宏志, 赵晓丹, 等. 豫中烟区烟草 NC297 不同留叶水平的光合生理特性[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 90-93.
- [23] 徐照丽, 杨宇虹, 侯彤瑜, 等. 基于精确三维建模方法的大田烟草群体结构优化研究[C]//中国烟草学会 2014 年学术年会论文集. 北京: 中国烟草学会, 2014: 84-92.
- [24] 张小艳. 田间消化处理不适用鲜烟叶探讨[J]. 现代农业科技, 2011(17): 108, 110.
- [25] 刘洪祥. 烤烟几个性状间相关性的初步分析[J]. 中国烟草科学, 1980(2): 8-10.
- [26] 黄一兰, 王瑞强, 王雪仁, 等. 打顶时间与留叶数对烤烟产质量及内在化学成分的影响[J]. 中国烟草科学, 2004(4): 18-22.
- [27] 黄莺, 黄宁, 冯勇刚, 等. 不同氮肥用量·密度和留叶数对贵烟 4 号烟叶经济性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(2): 597-600.
- [28] 申宴斌, 刘彦中, 马剑雄, 等. 不同留叶数对烤烟新品种 NC297 生长及产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(6): 57-60, 64.
- [29] 戴勋, 王毅, 张家伟, 等. 不同留叶数对美引烤烟新品种 NC297 生长及质量的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(1): 101-103.
- [30] 潘广为, 向炳清, 孔伟, 等. 高海拔地区烟草留叶数对烤烟产量、质量的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(14): 3338-3341.
- [31] 阎超, 付懿, 张加征, 等. 不同打叶数对烤烟综合性状的影响[J]. 农学报, 2013, 3(2): 57-60.
- [32] 潘秋亚, 杨旒, 杨通隆. 施肥方式、打顶时期、留叶数不同组合对烤烟产质量的影响[J]. 湖南农业科学, 2013(18): 18-20.
- [33] 黄夸克, 马彦清, 李祖红, 等. 田间不适用鲜烟叶的消化时期与消除叶片数对烟叶经济性状的影响[J]. 中国农学通报, 2013, 29(4): 163-167.
- [34] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 朱尊权, 译. 上海: 远东出版社, 1993: 449.
- [35] HIL D. 迎接挑战: 认识烟叶的质量和可用性[J]. 烟草科技, 1997(1): 34-36.
- [36] 朱尊权. 烟叶的可用性性与卷烟的安全性[J]. 烟草科技, 2000(8): 3-6.
- [37] 张国, 朱列书, 李小忠, 等. 湖南烤烟评吸质量与化学成分、烟气成分关系的研究[J]. 中国农学通报, 2006, 22(2): 94-97.
- [38] 章新军, 任晓红, 毕庆义, 等. 鄂西南烤烟主要化学成分与评吸质量的关系[J]. 烟草科技, 2009(9): 58-60.
- [39] 闫克玉, 王建民, 屈剑波, 等. 河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J]. 烟草科技, 2001(10): 5-9.
- [40] 杨斌, 窦玉青, 付秋娟, 等. 国产烤烟烟叶主要物理特性影响因素及其与烟叶质量关系研究进展[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(29): 11839-11842.
- [41] 张永安, 周冀衡, 黄义德, 等. 不同打顶时期对上部烟叶物理性状及化学成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(21): 5567-5569.
- [42] 王斌, 周冀衡, 杨未, 等. 不同时间二次打顶对烤烟上部烟叶理化性质的影响[J]. 湖南农业科学, 2012(13): 43-45.
- [43] 杜咏梅, 马剑雄, 黄传华, 等. 烤烟外观品质因素与其内在质量的关系研究综述[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(1): 74-78.
- [44] 赵芳, 史燕平, 查洪波, 等. 田间不适用鲜烟叶不同处置方法对烤烟农艺性状及产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(19): 8112-8113.
- [45] 郭芳军, 刘盛富, 宋江雨, 等. 不同时期优化结构对烤烟生长发育和产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(2): 55-56, 126.
- [46] 邵维雄, 杨立强, 孙艳萍, 等. 不同留叶数和去除脚叶数对烤烟 KRC26 烟叶产质量的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4482-4485.
- [47] 莫静静, 陈晓明, 刘国顺, 等. 打顶时期对烤后烟叶品质的影响[J]. 江西农业学报, 2011, 23(1): 20-23.
- [48] 史宏志, 刘国顺, 杨惠娟, 等. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [49] 赵铭钦, 王莹, 李元实, 等. 种植密度及留叶数对延边烤烟多酚及石油醚提取物含量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(2): 60-65.
- [50] 赵铭钦, 韩静, 刘友杰, 等. 种植密度和留叶数对延边烤烟中性致香物质含量及评吸质量的影响[J]. 浙江农业学报, 2009, 21(2): 178-182.
- [51] 张世渠. 留叶数对彭水烤烟品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(18): 283-285.
- [52] 李继新, 梁贵林, 陈叶君, 等. 贵烟 11 号密度、留叶数对烤烟产质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2000, 28(S1): 30-37.

(上接第 15 页)

胞膜的受害程度, 但效果有限。水分胁迫在一定程度上影响剑麻对水分和矿质营养的吸收, 导致植株生长受到抑制, 生物量积累降低。

该试验结果表明, 随着胁迫时间的延长, 不同处理剑麻叶片含水量均呈上升趋势。这与笔者前期的研究以及任丽花等^[15]、习金根等^[17]有所不同, 前者发现剑麻叶片含水量在水分胁迫前期增加而后期持续下降, 后者试验结果表明圆叶决明叶片含水量随着胁迫时间的延长而持续下降。造成这种差异的原因, 还有待进一步研究。该试验还发现, CK 和 T₁ 处理 REC 和 POD 活性均呈先增后减的趋势, 而 T₂ 处理则呈增加趋势; CK 处理 Pro 含量逐渐降低; T₁、T₂ 处理 MDA 含量呈增加趋势; 各处理 N 含量均呈先增后减的趋势, P 含量均逐渐降低, CK 和 T₁ 处理 K 含量逐渐增加, 而 T₂ 处理则逐渐降低。这说明轻度水分胁迫初期, 剑麻逐渐表现出旱害现象, 但随着胁迫时间的延长, 剑麻通过提高自身保护酶活性, 逐渐适应水分胁迫条件, 各种生理指标恢复正常。在重度水分胁迫下, 剑麻自我调控相对缓慢, 甚至失去自我调控能力。剑麻 N、P、K 含量受到多种因素的影响, 总体上变化规律不明显。

参考文献

- [1] 薛刚, 王越川. 近十年世界剑麻生产与贸易概况[J]. 热带农业科学, 2010, 30(4): 62-66.
- [2] 周文钊, 张燕梅, 陆军迎. “十二五”剑麻科技发展趋势与建议[J]. 热带农业工程, 2011, 35(3): 49-52.
- [3] 黄艳. 国内外剑麻产业研究现状与发展趋势[J]. 热带农业科学, 2013, 33(4): 87-90.
- [4] 张军, 吴秀宁, 鲁敏, 等. 拔节期水分胁迫对冬小麦生理特性的影响[J]. 华北农学报, 2014, 29(1): 129-134.
- [5] 陈菁菁, 王晓巍, 杨德龙. 地面覆盖和水分胁迫对胡萝卜叶片光合特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2014(3): 47-52.
- [6] 黄鹤丽, 林电, 章金强, 等. 水分胁迫对巴西香蕉幼苗水分状况、质膜透性和根系活力的影响[J]. 基因组学与应用生物学, 2009, 28(4): 740-744.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [8] 上海植物生理学会. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [9] 华东师范大学生物系植物生理教研组. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1980.
- [10] 习金根, 周文钊, 石伟琦, 等. 部分根系施肥对剑麻植株和根系生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(29): 14171-14172.
- [11] 丁金玲, 段承俐, 文国松, 等. 氮素用量对 K326 生理生化特性的影响[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(2): 204-208.
- [12] 刘彦琴, 张丰雪, 杨敏生. 电导率在白杨杂种无性系耐旱性鉴定中的应用[J]. 河北林果研究, 1997, 12(4): 301-305.
- [13] 谭勇, 梁宗锁, 董娟娥, 等. 水分胁迫对不同产地板蓝根幼苗抗氧化酶活性和根系活力的影响[J]. 华北农学报, 2006, 21(5): 20-23.
- [14] 王守生. 茶树游离脯氨酸含量及水分胁迫对其影响[J]. 茶叶科学, 1995, 21(1): 22-25.
- [15] 任丽花, 王义祥, 罗旭辉, 等. 水分胁迫对圆叶决明生理生化特性的影响[J]. 福建农业学报, 2013, 28(11): 1093-1098.
- [16] 桑子阳, 马履一, 陈发菊. 干旱胁迫对红花玉兰幼苗生长和生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(1): 109-115.
- [17] 习金根, 郑金龙, 易克贤. 干旱胁迫对剑麻幼苗生理生化的影响[J]. 中国麻业科学, 2012, 34(5): 216-219.