

## 连作苧麻的部分生理生态特征及细胞学观察

朱四元, 刘头明, 汤清明, 唐守伟\*

(中国农业科学院 麻类研究所, 湖南 长沙 410205)

**摘 要:** 采用盆栽试验, 以中苧一号苧麻为材料, 于 2010、2011 年研究不同连作年限(连作 8~10 年, A 处理; 连作 4~5 年, B 处理; 未种植过苧麻, 对照)土壤栽植苧麻的生理生态及细胞学变化。结果表明: 2010 年不同处理苧麻的株高、茎粗、地上部和地下部干重差异不明显; 2011 年 A 处理二麻、三麻株高显著低于对照, 茎粗、地上部干重极显著低于对照, 连作障碍明显, 障碍始于二麻, 三麻收获期连作障碍加重, 苧麻地下根系基本腐烂, 麻株长到 40 cm 左右生长基本停滞; 不同处理 SOD 活性和 MDA 含量在头麻、二麻差异不明显, A 处理三麻 SOD 活性明显低于对照, MDA 含量高于对照, 植株细胞膜质过氧化作用明显, 膜的正常结构和功能受到损伤, 从而表现出障碍效应。连作 4~5 年土壤种植苧麻未表现出明显连作障碍。显微观察发现, 连作引起麻根横切面内细胞密度降低, 细胞排列疏松, 并有细胞缺失, 影响根系发育, 苧麻从土壤中吸收养分和水分的能力降低, 植株生长受阻。

**关 键 词:** 苧麻; 连作障碍; 超氧化物歧化酶; 丙二醛; 细胞学

中图分类号: S563.2 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2012)04-0360-06

## Physio-ecological and cytological features of ramie from continuous cropping system

ZHU Si-yuan, LIU Tou-ming, TANG Qing-ming, TANG Shou-wei\*

(Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410205, China)

**Abstract:** Variation of physio-ecological and cytological features in continuous cropping ramie soil for 8-10, 4-5, 1 years in Zhongzhu No. 1 as material was studied by pot experiments for 2 years. The results showed that the plant height, stem diameter, shoot and root dry weight difference are not obvious in different treatments in 2010; but in the 2011 year, the plant height of A, B and C treatments are respectively to 50.2 cm, 104.6 cm, 112.6 cm in the secondly cropping period, A treatment was significantly lower than B, C, the stem diameter also showed the same laws; the shoot and root dry weight, A treatment was basically decay; the SOD activity and MDA content of three deal were no obvious differences in the firstly cropping and secondly cropping period of ramie, during the thirdly cropping period, the SOD activity of A treatment was significantly lower than B, C, the content of MDA is higher than that of B, C deal. in the 2010 and 2011 years culture experiment, the continuous cropping obstacle effect in 8-10 years soil was significantly more than that of other tested soil, the continuous cropping obstacle on ramie occurred at seedling stage of the secondly cropping, the thirdly cropping stage are the most serious, root rot and retarded growth of the plants at 40 cm. Cytomorphological studies indicated that cell density reduced, cell arrangement loosely in the transverse section of ramie root caused by continuous cropping, and consequently affected root growth, reduced the absorb ability of nutrients and water from soil, retarded growth of the ramie plants. The plasamembrane lipid peroxidation of the plants led to impaired structure and function of plant cells under continuous cropping, it was suggested that there was a more inharmonious sink-source relation of ramie at the stressful condition of continuous cropping for 8-10 years, the so-called continuous cropping obstacle effect.

**Key words:** ramie; continuous cropping obstacle effect; superoxide dismutase(SOD); malondialdehyde(MDA); cytology

收稿日期: 2012-01-04

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(0032010041)

作者简介: 朱四元(1978—), 女, 湖南汨罗人, 博士, 副研究员, 主要从事苧麻遗传育种与栽培研究, yanmingxuanzhusiyuan2008@yahoo.cn;

\*通信作者, yjibfc@263.net

连作障碍在大豆<sup>[1]</sup>、水稻<sup>[2]</sup>、玉米<sup>[3]</sup>、小麦<sup>[4-5]</sup>、高粱<sup>[6]</sup>等多种作物栽培中普遍存在。作物连作可导致土壤速效养分含量下降、理化性状变差、土壤酶活性降低、微生物种群发生变化、产量下降等<sup>[7-11]</sup>。苕麻在生长发育过程中经常会受到连作障碍和高温干旱等不良环境的胁迫,这些因子可引起植物体内一系列生理代谢反应和生长的可逆性抑制,严重时引起植株死亡<sup>[12]</sup>。近年来,麻类的种植面积和总产量大幅度降低,其中一个主要原因是由于多年连作导致苕麻减产,麻农种麻的积极性降低<sup>[13]</sup>。笔者以中苕一号为材料,研究不同连作年限土壤种植苕麻的部分生理生态变化特征,揭示连作苕麻发生障碍效应的起始时间和表现,探索苕麻连作障碍的机理,为实现苕麻种植的可持续发展提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试苕麻为中苕一号,由中国农业科学院麻类研究所提供。供试土壤为连作4~5年和8~10年的老麻园土以及从未种过苕麻的土壤,均为河潮冲积土,均取自湖南沅江试验站。

### 1.2 试验设计

试验于2010年1月至2011年12月在中国农业科学院麻类研究所进行。采用盆栽试验,设3个处理:连作8~10年老麻园土种植苕麻(A处理);连作4~5年土壤种植苕麻(B处理);从未种过苕麻的土壤种植苕麻(对照)。盆栽钵直径40 cm,高35 cm,每钵装土25 kg。于2010年4月中旬选取生长一致的扦插苗移栽到盆钵,每盆栽2株,每个处理30盆。在试验前期测定土壤肥力,根据测定的肥力水平对不同连作年限土壤进行后期施肥处理,使其肥力基本一致。A处理每千克土壤施20 g有机肥、0.2 g 氮肥、0.15 g 磷肥、0.15 g 钾肥;B处理每千克土壤施30 g有机肥、0.15 g 氮肥、0.15 g 磷肥、0.15 g 钾肥;C处理每千克土壤施35 g 有机肥、0.10 g 氮肥、0.15 g 磷肥、0.15 g 钾肥。有机肥、磷肥和40%的氮肥作基肥施,与土壤充分拌匀后装入盆钵中;60%的氮肥作追肥,钾肥在苕麻旺长期一次施入。氮肥为尿素(含N 46%),

磷肥为过磷酸钙(含P 12%),钾肥为氯化钾(含K 60%)。在干旱季节增加浇水次数,定期翻耕并除草。

### 1.3 测定项目与方法

#### 1.3.1 土壤理化性状的测定

取不同连作年限的土壤,自然风干后过0.28 cm孔径筛。土壤有机质、全氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾含量均采用文献<sup>[14]</sup>中的方法进行测定。

#### 1.3.2 植株形态调查

于苕麻栽植后第1年、第2年的头麻、二麻、三麻成熟期,分别选15株测定株高、茎粗,并挖取根部,将泥土洗净烘干,测定地上植株和地下根茎的干重。

#### 1.3.3 SOD活性和MDA含量的测定

取2011年头麻、二麻、三麻不同生育时期的叶片测定SOD活性和MDA含量<sup>[15-16]</sup>。

#### 1.3.4 连作苕麻的显微切片观察

于2011年三麻出现连作障碍时取A处理和对照的茎秆和根部进行显微切片观察。切取苕麻茎秆(从下至上约2/3处)和根部(地下萝卜根约2/3处)长0.46 cm、宽0.35 cm的块片,采用FAA固定液(70%乙醇90.0 mL,冰醋酸5.0 mL,中性甲醛5.0 mL)固定,按文献<sup>[17]</sup>中的方法进行乙醇脱水,二甲苯透明,石蜡包埋连续切片,切片厚度为8 μm,按改良的洋红染色法<sup>[18-19]</sup>对切片进行染色,在OLYMPUS-2显微镜下观察、拍照。

### 1.4 数据处理

采用Excel 2003进行数据处理;采用SPSS进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 各处理土壤的理化性状

从表1可知,不同连作年限土壤的全N、全K、有效K含量以连作8~10年的最高,对照最低,有效N含量以连作8~10年的最低,对照最高。不同连作年限土壤全N、全P、有效P、有效K含量差

异不显著,连作 8~10 年土壤的有机质含量显著高于连作 4~5 年土壤及对照,连作 8~10 年、4~5 年的土壤有效 N 含量显著低于对照。

表 1 不同连作年限土壤的理化性状

Table 1 Changes in soil nutrients of ramie field soil under different years of continuous cropping

连作年限/年	全 N/(g·kg <sup>-1</sup> )	全 P/(g·kg <sup>-1</sup> )	全 K/(g·kg <sup>-1</sup> )	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	有效 N/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效 P/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效 K/(mg·kg <sup>-1</sup> )
8~10	2.31±0.01	1.13±0.05	(29.28±0.30)a	(32.03±3.84)a	(55.92±2.63)b	34.74±1.29	160.04±2.06
4~5	1.61±0.03	0.72±0.03	(23.71±0.44)a	(21.52±2.13)b	(57.38±1.39)b	30.61±1.86	151.95±2.20
0	1.54±0.02	1.00±0.09	(15.62±0.99)b	(25.53±2.24)b	(69.79±13.69)a	32.40±1.06	136.73±1.81

## 2.2 各处理苧麻的农艺性状

从表 2 可知,2010 年,各处理苧麻不同时期的株高、茎粗、地上部及地下部干重、根冠比的差异不显著,未表现出连作障碍。2011 年,各处理头麻的株高、茎粗、地上部干重差异不显著,A 处理头麻地下部干重显著低于其他处理;A 处理二麻株高

显著低于 B 处理和对照,茎粗、地上部干重均极显著低于 B 处理和对照。A 处理二麻地下根系基本腐烂,无法收获苧麻纤维,存在明显的连作障碍;A 处理三麻收获期的连作障碍更加严重,麻株长到约 40 cm 时生长基本停滞。

表 2 各处理苧麻的农艺性状

Table 2 Agronomic traits of different treatment on ramie

年份	不同时期	处理	株高/cm	茎粗/mm	单株干重/g		根冠比
					地上部	地下部	
2010	扦插苗	A	15.80	5.05	17.05	0.37	0.022
		B	19.15	5.60	17.05	0.37	0.022
		CK	16.70	5.52	17.05	0.37	0.022
	二麻	A	30.15	8.93	26.90	8.98 b	0.330
		B	32.55	7.95	20.05	9.25 b	0.460
		CK	34.20	8.69	25.40	16.10 a	0.630
	三麻	A	72.90	9.03	40.78	18.64	0.460
		B	82.53	9.08	35.53	21.83	0.610
		CK	85.57	9.39	41.08	21.86	0.530
2011	头麻	A	61.45	8.26	27.18	11.18 b	0.410
		B	75.60	10.27	36.03	26.78 a	0.740
		CK	84.40	11.39	37.98	25.90 a	0.680
	二麻	A	50.20 b	4.31 bB	19.28 bB		
		B	104.60 a	9.22 aA	39.75 aA	34.05	0.860
		CK	112.60 a	9.96 aA	41.73 aA	38.70	0.870
	三麻	A	40.00 b	3.84 bB	23.55 bB		
		B	81.40 a	8.39 aA	40.05 aA	35.54	0.890
		CK	86.50 a	8.53 aA	41.53 aA	38.40	0.930

## 2.3 各处理苧麻的 SOD 活性及 MDA 含量

从图 1 可以看出 2011 年各处理苧麻植株 SOD 活性在头麻、二麻不同生育时期的变化趋势基本一致,随着植株的成熟,各处理 SOD 活性均有所增加;三麻不同时期各处理间的差异比较大,成熟期 A 处理苧麻 SOD 活性显著低于 B 处理及对照,这

与 2011 年 A 处理苧麻三麻株高、茎粗出现明显下降的连作障碍现象时期基本一致。苧麻在连作逆境条件下随着逆境时间的延长,其 SOD 活性明显降低,SOD 活性的变化可能导致重茬苧麻植株体内抗氧化系统遭到破坏,进而影响苧麻植株正常的生长发育。

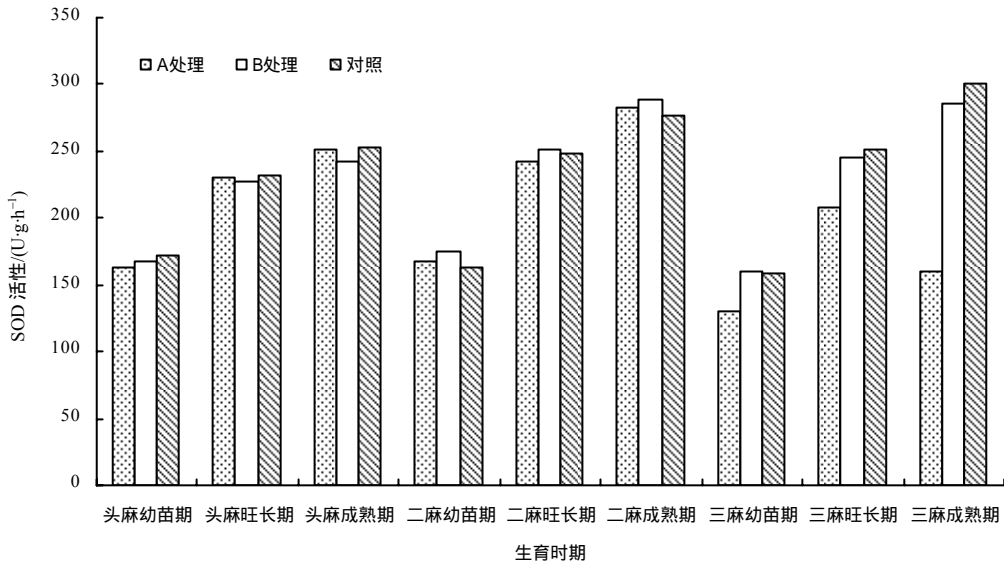


图 1 各处理苕麻不同生育时期植株的 SOD 活性

Fig.1 SOD activities of ramie at different growing of different treatments

从图 2 可以看出, 2011 年各处理苕麻植株 MDA 含量在头麻、二麻的不同生育时期的变化趋势基本一致, 随着植株的不断成熟, MDA 含量有所增加; 三麻不同时期各处理间的差异比较大, 在幼苗期和旺长期, A 处理苕麻 MDA 含量高于 B 处理及对照,

成熟期 A 处理显著高于 B 处理及对照。在连作逆境条件下, 苕麻植株的 MDA 含量增加, 苕麻叶片中产生的活性氧毒害加重, 这可能是导致连作苕麻生长缓慢的原因之一。

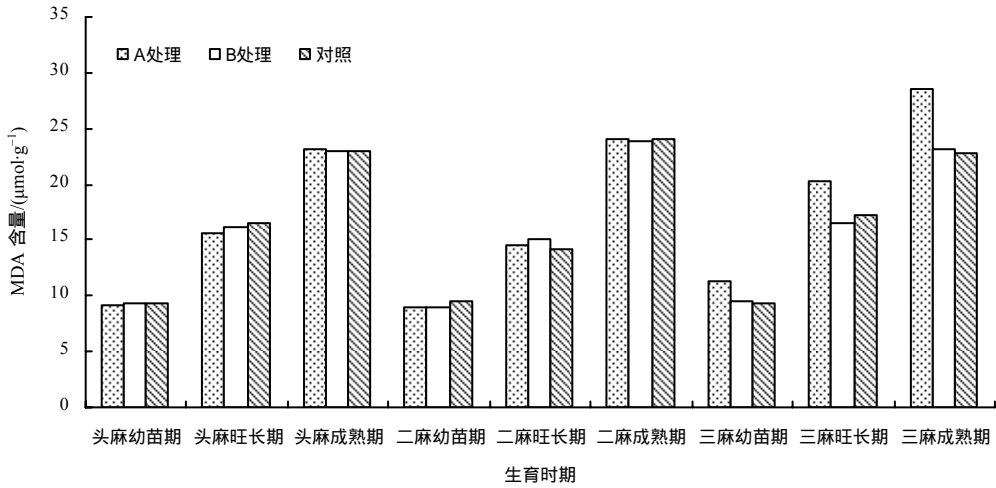


图 2 各处理苕麻不同生育时期植株的 MDA 含量

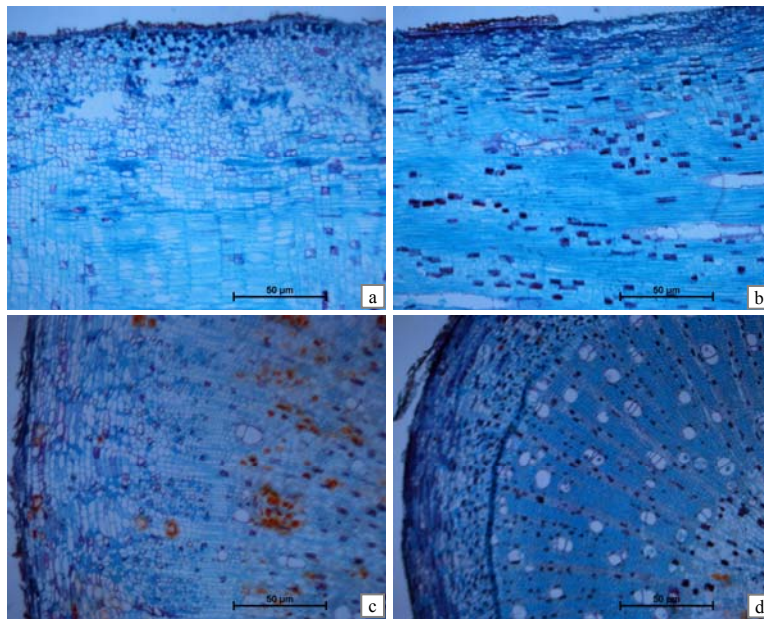
Fig.2 MDA content of ramie at different growing of different treatments

### 2.4 A 处理与对照苕麻显微结构的对比

从图 3-a、b 可以看出, 连作苕麻根部皮层薄壁细胞排列不整齐, 视野中存在细胞缺失, 结构分层不明显。

从图 3-c、d 可以看出, 从外皮层往里看, A 处理苕麻根部结构分层不如对照明显, 连作苕麻根皮层薄壁细胞排列由致密变为疏松, 视野内有细胞缺

失, 次生韧皮部和次生木质部之间由长方形排列整齐的薄壁细胞组成的维管形成层不够发达, 维管形成层产生的新细胞数量减少, 不利于麻根次生木质部和次生韧皮部的发育, 导致根系吸收水分和养分的能力降低, 生长缓慢, 发育不良, 而对照各部分结构都很明显, 根系发育正常, 这与盆栽试验中肉眼观察到的连作苕麻根系不如对照发达的特征相符。



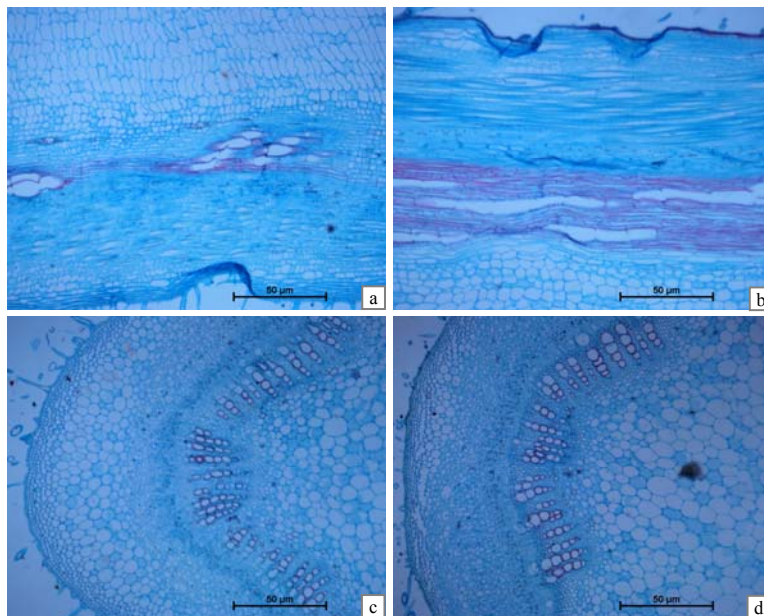
a A处理苕麻根部纵切面; b 对照苕麻根部纵切面; c A处理苕麻根部横切面; d 对照苕麻根部横切面。

图3 A处理与对照苕麻根部的显微结构

Fig.3 Microstructure of the root for ramie on A treatment and the control

图4为A处理与对照苕麻茎杆的显微切片图。与对照相比,A处理苕麻皮层薄壁细胞较疏松、中柱组成部分的维管束椭圆形不明显,髓细胞体积变

小,髓与髓射线不够发达,这些将影响茎杆贮藏淀粉的能力,影响植株生长,这与从外形观察到的连作植株矮小、生长缓慢的表现一致。



a A处理苕麻茎纵切面; b 对照苕麻茎纵切面; c A处理苕麻茎横切面; d 对照苕麻茎横切面。

图4 A处理与对照苕麻茎的显微结构

Fig.4 Microstructure of the stem for ramie on A treatment and the control

### 3 结论与讨论

本研究结果表明,不同连作年限土壤种植苕麻

表现出连作障碍的程度不同。连作8~10年苕麻土壤新栽麻第2年的二麻株高显著低于对照,茎粗、地

上部干重极显著低于对照,表现出明显的连作障碍现象,三麻生长基本停滞,无法收麻。连作4~5年土壤新栽麻连作障碍现象不明显。对于长期种植苕麻的地区来说,种植年限太长势必产生严重的连作障碍现象。显微切片观察发现,连作苕麻根皮层薄壁细胞排列疏松、细胞缺失、形成层结构不发达,导致苕麻地下根系储存养分和运输水分和养分的能力降低,地上部的生长受到一定抑制,连作引起根部腐烂导致植株正常生长的“源-库”关系遭到破坏是苕麻连作障碍因子之一。苕麻根系分泌他感物质、根际微生物变化等因素对苕麻连作的影响还有待进一步研究。

植物通过体内保护酶系统清除或减少逆境胁迫所产生的活性氧,避免其对组织细胞的伤害,从而表现出氧化胁迫的抗性<sup>[20]</sup>。本研究中连作苕麻SOD活性在种植第2年的二麻开始出现下降,之后在三麻幼苗期开始急剧下降,可能是因为连作逆境下苕麻植株启动了其防御机制,使得体内SOD活性降低。一般认为,MDA在植物体内的积累是活性氧毒害的表现,其含量的多少是判断膜脂过氧化程度的一个重要指标,连作苕麻植株体内MDA含量呈上升趋势,且在3麻的旺长期显著升高,表明此时期连作苕麻叶片中产生大量活性氧和自由基,引发膜脂过氧化作用,使膜的正常结构和功能受到损伤,从而导致植株生长缓慢,甚至停止生长。

#### 参考文献:

- [1] 胡江春,王书锦.大豆连作障碍研究I.大豆连作紫青霉菌的毒素作用研究[J].应用生态学报,1996,7(4):396-400.
- [2] Anaya A L, Calera M R, Mata R. Allelopathic potential of compounds isolated from *Ipomoea tricolor* CAV[J]. Journal of Chemical Ecology, 1990, 16(7): 2145-2152.
- [3] Turco L E, Bischoff M, Breakwell D P. Contribution of soil-borne bacteria to the rotation effect in corn[J]. Plant and Soil, 1990, 122: 115-120.
- [4] Guenzi W D, McCalla T M. Phenolic acids in oats, wheat, sorghum and corn residues and their phytotoxicity[J]. Agronomy Journal, 1966, 58(3): 303-304.
- [5] Lodhi M A K, Bilal R, Malik K A. Allelopathy in agroecosystems: Wheat phytotoxicity and its possible roles in crop rotation[J]. Journal of Chemical Ecology, 1987, 13(8): 1881-1891.
- [6] Guenzi W D, McCalla T M. Inhibition of germination and seedling development by crop residues[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1962, 26: 456-458.
- [7] 马春梅,刘侃,唐远征,等.作物定位轮作体系长期试验研究.轮作与连作对土壤微生物数量的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(2):147-152.
- [8] 阮维斌,王敬国,张福锁.连作障碍因素对大豆养分吸收和固氮作用的影响[J].生态学报,2003,23(1):22-29.
- [9] 孙秀山,封海胜,万书波,等.连作花生田主要微生物类群与土壤酶活性变化及其交互作用[J].作物学报,2001,27(5):617-621.
- [10] 于广武,许艳丽,刘晓冰,等.大豆连作障碍机制研究初报[J].大豆科学,1993,3:24-29.
- [11] 张淑香,高子勤,刘海玲.连作障碍与根际微生态研究III.土壤酚酸类及其生物学效应[J].应用生态学报,2000,11(5):741-744.
- [12] Liu Fei-hu, Liu Qi-yuan, Liang Xue-ni, et al. Morphological, anatomical, and physiological assessment of ramie [*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.] tolerance to soil drought[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2005, 52: 497-506.
- [13] 毛长文,毛宗礼.湖北省苕麻生态产业发展面临的问题与对策[J].安徽农业科学,2010,38(24):13469-13470,13512.
- [14] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第3版.北京:农业出版社,2005.
- [15] 刘祖琪,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1992:371.
- [16] Heath R L, Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation[J]. Archives of Biochemistry and Biophysics, 1968: 125, 189-198.
- [17] 郑国锷.生物显微技术[M].北京:人民教育出版社,1979.
- [18] Zhou Z H, Yu P, Liu G H, et al. Morphological and molecular characterization of two *G. somalense* monosomic alien addition lines(MAALs)[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(9): 910-914.
- [19] 周仲华,何鉴星,陈金湘.陆×索棉异附加单体系的形态学及细胞学鉴定[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2004,30(4):316-318.
- [20] Lara L, Luca S. Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: Growth and antioxidant enzymes responses of *in vitro* grown plants[J]. Plant Science, 2005: 168, 797-802.

责任编辑:杨盛强