

野生新疆桃抗酸碱盐性评价

曲艳华 李冬梅 赵丽君 阿布都外力·木米尼 朱立新 贾克功*

(中国农业大学 农学与生物技术学院,北京 100193)

摘要 为探明野生新疆桃抗酸碱盐种质资源价值,以360株野生新疆桃实生苗为试材,采用pH 3.5 H₃PO₄溶液、pH 9.5 KOH溶液和0.4% NaCl溶液灌根处理的方法,评价其对酸、碱和盐的抗性。结果表明:1)野生新疆桃为极强抗酸型树种,实生个体间抗性差异显著,分离为极强、强、中等3种抗酸型植株,分别占群体总数的86%、9%和5%。2)野生新疆桃为极强抗碱型树种,实生个体间抗性差异显著,分离为极强抗和强抗2种抗碱型植株,极强抗碱型和强抗碱型植株分别占群体总数的98%和2%。3)野生新疆桃为弱抗盐型树种,其实生个体间抗性分离广泛,存在极强、强、中等、弱、极弱全部5种抗盐型植株,分别占群体总数的8%、9%、19%、61%和3%。结果显示,野生新疆桃是优良的抗酸碱型砧木树种和抗酸碱盐型种质资源。

关键词 桃;抗酸性;抗碱性;抗盐性;抗性评价

中图分类号 S 662.1

文章编号 1007-4333(2014)03-0115-06

文献标志码 A

Evaluation on the resistance of wild *Prunus ferganensis* to acidity, alkalinity and salinity

QU Yan-hua, LI Dong-mei, ZHAO Li-jun, ABUDUWAILI · Mumini,
ZHU Li-xin, JIA Ke-gong*

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract In order to research the resistance and the germplasm resource value of wild *Prunus ferganensis* to acidity, alkalinity and salinity, the experiment used 360 seedlings, which were treated with pH 3.5 H₃PO₄ solution and pH 9.5 KOH solution for 16 days, and with 0.4% NaCl solution for 30 days. The results showed from the three following aspects. 1) Wild *P. ferganensis* seedlings had extremely high resistance to acidity and there were significant differences among them. The corresponding percentages of extremely high resistance, high resistance and medium resistance were 86%, 9% and 5% respectively. 2) Wild *P. ferganensis* seedlings had extremely high resistance to alkalinity and the differences were significant. The seedlings could only be separated into two types, including extremely high resistance and high resistance. The percentage of extremely high resistant plants was up to 98%. 3) Wild *P. ferganensis* seedlings had weak resistance to salinity. The seedlings were widely segregated. The corresponding percentages of extremely high resistance, high resistance, medium resistance, weak resistance and extremely weak resistance were 8%, 9%, 19%, 61% and 3% respectively. The results indicate that wild *P. ferganensis* is a good rootstock species and a germplasm resource with excellent resistance to acidity, alkalinity and salinity.

Key words *Prunus ferganensis*; resistance to acidity; resistance to alkalinity; resistance to salinity; resistance evaluation

收稿日期: 2013-09-03

基金项目: 中国农业大学基本科研业务费资助项目

第一作者: 曲艳华, 硕士研究生, E-mail: qu880615yanhua@126.com

通讯作者: 贾克功, 教授, 主要从事果树栽培理论与技术、种质资源评价与品种选育研究, E-mail: jkgong@cau.edu.cn.

我国土壤酸碱度差异很大,西北和北方干旱地区多为碱性土壤,而南方多雨地区则为酸性或中性土壤。据统计,我国土壤酸化面积已达耕地总面积的40%以上^[1]。此外,我国也是世界上的盐碱地大国,现代盐渍土壤、残余盐渍土壤和潜在盐渍化土壤总面积达到9 913.3万hm²^[2],这些盐渍土壤主要分布于西北、华北、东北和滨海地区,且盐渍土面积在不断扩大。

桃树在微酸性到中性土壤中表现最好,其最适pH范围为5.2~6.8^[3],当土壤的pH>7.5时,就会表现出缺铁失绿症,造成大幅度减产^[4];当pH<5时,桃树的生长也会受到影响,必须对土壤进行改良。桃树对土壤的含盐量很敏感,0.14%以上的土壤含盐量即会使桃树叶片失绿、叶尖叶缘甚至整张叶片变褐,0.28%以上的土壤含盐量则会导致整株植株叶片失水萎蔫,甚至枯死^[5]。桃树生产上采用嫁接苗,砧木对树体的抗逆性、适应性具有重要的决定性作用。因此,选育抗酸碱盐性强的砧木品种,是有效提高桃树对酸碱盐土壤适应性、防治桃树酸碱盐危害、保证桃树生产健康发展的低成本途径。而要选育抗酸碱盐型桃树砧木品种,就必须对其砧木种质资源树种进行相关抗性评价,以便对接下来的选育种工作提供理论依据。

新疆桃(*Prunus persica* ssp. *ferganensis* Kost. et Riab.)属于蔷薇科(Rosaceae)李属(*Prunus* L.)植物桃的一个亚种,1978年在甘肃敦煌、金塔等地发现了其油桃和蟠桃变种^[6]。野生新疆桃种核较毛桃小,椭圆形或球形,顶端有凸尖,表面布满纵向棱纹;种仁饱满,萌芽率高;苗期、幼树期生长势显著弱于毛桃;野生新疆桃实生苗生长整齐,个体间长势差异很小。野生新疆桃主要分布于新疆南部和甘肃省^[7],在当地形成了几十个栽培品种,主要采用实生繁殖,果个较小,不耐贮运。野生新疆桃适应性强,抗寒、抗旱和耐涝,中抗根癌病^[8],且具有矮化作用^[9],常被用作桃树砧木,但迄今为止,尚未见有关野生新疆桃抗酸碱盐性的报道,本研究对野生新疆桃的抗酸碱盐性进行评价,旨在为选育抗酸碱盐型桃树砧木品种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

野生新疆桃实生砧木苗360植株。种子购自新疆

焉耆县工厂团林业站,沙藏90d后,播种于10cm×10cm的软质塑料营养钵中,基质由体积比为2:1的田园土和蛭石混合而成,可溶性盐质量分数为0.05%,pH为7.25。钵苗在温室养护。

1.2 方法

1)酸处理^[10-11]:随机取30日龄的野生新疆桃实生砧木苗(高约25cm,粗度约2mm)100株,移入装有蛭石的58cm×24cm×7cm育苗盘中,以株为单位编号、挂牌、登记,用稀释10倍的Hoagland营养液浇灌^[12],植株恢复生长后开始酸处理,每天早晚(6:00和18:00)用pH3.5的H₃PO₄溶液各灌根一次,每次均以育苗盘底流出溶液的pH达到3.5为止。处理时间16d。另取20株浇等量清水作为对照。处理期间,每天傍晚调查记录一次植株受害情况。处理用酸溶液的pH用pHS-3C型精密酸度计测定。

2)碱处理^[11]:另取30日龄野生新疆桃实生砧木苗100株,移入装有蛭石的58cm×24cm×7cm育苗盘中,以株为单位编号、挂牌、登记,用稀释10倍的Hoagland营养液浇灌,植株恢复生长后开始碱处理,每天早晚(6:00和18:00)各用pH9.5的KOH溶液进行灌根处理,每次均以育苗盘底流出溶液pH值达到9.5为止。处理时间为16d。另取20株浇等量清水作为对照。处理期间,每天傍晚调查记录一次植株受害情况。溶液pH用pHS-3C型精密酸度计测定。

3)盐处理^[13-15]:取60日龄野生新疆桃实生苗100株,株高约40cm,粗度约2.5mm,以株为单位编号、挂牌、登记,移入装有已知土壤含盐量和干重的田园土的塑料处理池(67cm×42cm×17.5cm)中养护。2周后(植株已恢复正常生长),用适量NaCl溶液调节处理池中土壤的含盐量至0.4%,加NaCl前3d不浇水,加NaCl溶液后再浇淡水至几近基质含水量饱和状态,使基质内盐分自然扩散,分布均匀。以后视土壤失水情况适量浇水。处理时间30d。另取20株作为对照。每天调查记录一次植株受害情况。

1.3 评价内容与方法

1.3.1 群体抗性评价

根据酸碱处理16d、盐处理30d时的植株受害症状,以株为单位确定其受害等级和抗性。酸、碱、盐受害等级划分与个体抗性评价标准^[11,13](表1)。

表 1 新疆桃酸碱盐害等级与个体抗性划分标准

Table 1 Standard of acidity/alkalinity/salinity injury level and resistance level for wild *P. Ferganensis*

受害等级 Injury grade	症状 Symptom	抗性 Resistance
0 级 Grade 0	叶片无明显受害症状	极强
1 级 Grade 1	0~1/3 的叶片出现叶尖、叶缘萎蔫或褐化干枯	极强
2 级 Grade 2	1/3~1/2 的叶片叶尖、叶缘萎蔫或褐化干枯	强
3 级 Grade 3	1/2~2/3 的叶片叶尖、叶缘萎蔫或褐化干枯,叶片焦枯面积扩大,一半叶片脱落	中等
4 级 Grade 4	所有叶片的叶片叶尖、叶缘萎蔫或褐化干枯,至所有叶片焦枯或脱落,苗茎基部尚未干枯。	弱
5 级 Grade 5	整株枯死	极弱

根据处理结束时野生新疆桃实生苗的个体受害等级,计算受害指数,据此评价其群体抗酸碱盐性。

$$\text{受害指数} = \frac{\sum(\text{受害级数} \times \text{相应等级株数})}{\text{最高受害级数} \times \text{总株数}} \times 100$$

抗性评价标准,根据受害指数将野生新疆桃抗酸碱盐性分为 5 个等级:极强, $0 \leq \text{受害指数} \leq 20$; 强, $20 < \text{受害指数} \leq 40$; 中等, $40 < \text{受害指数} \leq 60$; 弱, $60 < \text{受害指数} \leq 80$; 极弱, $80 < \text{受害指数} \leq 100$ 。

1.3.2 群体抗性分离情况

根据受害等级逐一确定个体抗性,分别统计每种抗性类型的株数,并计算其占该处理群体总数的百分比,分析野生新疆桃群体抗酸碱盐性分离情况。

2 结果与分析

处理结束时,所有对照植株均未出现受害症状,表明处理期间未受其他因素干扰,处理植株所表现的受害症状完全由酸、碱或盐害所致。

2.1 野生新疆桃的抗酸性

酸处理第 7 天时,有 2 株出现叶尖、叶缘失水萎蔫现象。此后,受害植株逐渐增多。处理结束(第 16 天)时,出现 1 级、2 级和 3 级症状的株数分别为 20 株、9 株和 5 株,其余 66 株未出现受害症状,酸害指数为 10.6,根据抗性评价标准,判定野生新疆桃为极强抗酸型树种(表 2)。个体抗性评价结果表明,

表 2 野生新疆桃的抗酸碱盐性

Table 2 Resistance of wild *P. Ferganensis* to acidity/alkalinity/salinity

抗性种类 Resistance types	处理植株 Processing plant	抗酸碱盐等级 Resistance level to acidity/alkalinity/salinity						受害指数 Injury index	抗性 Resistance
		0	1	2	3	4	5		
		酸 Acidity	100	66	20	9	5		
碱 Alkalinity	100	86	12	2	0	0	0	3.2	极强
盐 Salinity	100	0	8	9	19	61	3	68.4	弱

野生新疆桃的抗酸性存在显著的株间分离现象(表 3),其实生个体的抗酸性分离为极强、强和中等 3 种类型,未发现弱抗酸型和极弱抗酸型植株。极强抗酸型(86 株),强抗酸型(9 株),中等抗酸型(5 株)植株分别占群体总数(100 株)的 86%、9%和 5%。

2.2 野生新疆桃的抗碱性

碱处理第 10 天时,有 1 株植株出现受害症状,此后又有少量植株陆续出现受害症状。处理结束

(第 16 天)时,出现 1 级症状 12 株,2 级 2 株,其余 86 株未出现受害症状,碱害指数为 3.2。根据抗碱性评价标准,判定野生新疆桃为极强抗碱型树种(表 2)。个体抗性评价结果表明,野生新疆桃的抗碱性存在显著的株间分离现象,但分离范围很小(表 3),100 株实生苗中有极强抗碱型 98 株,强抗碱型 2 株,未发现其他抗性类型植株。极强、强抗碱型植株分别占群体总数(100 株)的 98%和 2%。

表3 野生新疆桃实生苗的抗性分离情况

Table 3 Resistant segregation of wild *P. Ferganensis* to acidity/alkalinity/salinity

抗性类型 Resistance types	抗酸性 Resistance to acidity		抗碱性 Resistance to alkalinity		抗盐性 Resistance to salinity	
	植株数量	占群体比例/%	植株数量	占群体比例/%	植株数量	占群体比例/%
	Number	Proportion	Number	Proportion	Number	Proportion
极强 Extremely high resistance	86	86	98	98	8	8
强 High resistance	9	9	2	2	9	9
中等 Medium resistance	5	5	0	0	19	19
弱 Weak resistance	0	0	0	0	61	61
极弱 Extremely weak resistance	0	0	0	0	3	3

2.3 野生新疆桃的抗盐性

盐处理第3天时,有1株植株出现受害症状,随着处理时间的延长,受害植株逐渐增多,症状也逐渐加重,处理结束(第30天)时,100株实生苗均出现了不同程度的受害症状,其中3株死亡(5级),61株出现4级症状,表现为3级、2级和1级受害症状的株数分别为19株、9株和8株,盐害指数为68.4,根据抗性评价标准判定野生新疆桃为弱抗盐型树种(表2)。个体抗性评价结果的统计分析表明,野生新疆桃的抗盐性存在极广泛的个体抗性分离现象(表3),其中存在极强到极弱全部5种抗性类型,极强、强、中等、弱、极弱抗盐型植株分别为8、9、19、61和3株,分别占群体总数(100株)的8%、9%、19%、61%和3%。

3 讨论

3.1 植物抗性评价内容与评价结果的理论及应用价值

迄今为止,人们对植物抗盐碱胁迫的研究多集中在某些重要盐生植物上,如碱蓬^[16]、盐角草^[17]、罗布麻^[18]、黑枸杞^[19]和碱地肤^[20]等,其目的是滨海及内陆重度盐碱地的开发利用,而对果树等木本植物的研究较少。我国华北、东北、西北、中华和华东等果树最适与适宜栽培区内存在大范围轻度,甚至中度盐碱地,这些地区种植果树,常常导致叶片黄化、白化、生长缓慢、树势衰弱,甚至死亡,对果树结果早晚、果实产量与品质、树木寿命和生产效益均有不同程度的负面影响。我国南方不少地区土壤酸化严重,对果树生产造成的危害也很重。酸碱盐性土壤治理难度大、周期长、成本高。因此,选育抗盐碱和

抗酸型优良砧木品种,就成了广袤盐碱、酸性土壤地区有效降低,乃至彻底消除酸、碱和盐危害的低成本的根本性途径。

目前对抗酸碱盐型植物品种的选育主要依靠利用生物技术、杂交技术进行培育以及利用现存植物进行筛选^[21]。由于植物的耐酸碱盐性是由多基因控制的复合性状,并且现代植物生理学对耐酸碱盐机制的研究还不够明确,所以虽然转基因技术在提高植物抗逆性上取得了一定进展,但是发展缓慢^[22];通过杂交育种培育多抗型果树砧木品种不仅周期过长,而且必须事先取得各种抗性良好的种质资源;而直接对砧用性能良好的现有砧木树种的实生苗进行酸、碱、盐、旱、涝和根癌病、根结线虫抗性评价,根据评价结果(极强抗型或强抗型植株所占比例)设计筛选群体大小,则可在1~2年内筛选出一元至多元抗型的植株,再通过对所筛选出的植株进行繁殖,即可进行无性系砧木生产。

建立科学的评价体系,是客观评价植物抗酸碱盐性能,使评价结果充分客观地反映被评价植物的抗性种质资源价值,并可直接用于选种实生群体数量的确定;是果树抗酸碱盐型砧木品种选种的前提与基础。但迄今为止,果树砧木种质资源抗酸耐碱盐性评价研究极少,而且缺少相对比较科学的评价体系,根本无法满足果树种质资源抗性评价和抗性砧木品种选育的要求。针对这种情况,在多年的多抗型果树砧木品种选育工作中,本实验室逐步建立并完善了一整套果树抗性种质资源评价体系,包括群体抗性、个体抗性、群体抗性分离情况、评价指标、盐碱酸处理方法等等,不仅使不同年份、不同品种及不同研究者的研究结果有很好的可比性,而且评价

结果可为进行抗性无性系砧木品种选育提供理论指导和设计依据,具有理论与应用价值。

3.2 抗性评价体系

科学的评价体系应包括评价内容、群体大小、胁迫程度与时间、处理方法、评价指标与标准等。

1)评价内容直接影响评价结果的客观性、理论价值与应用价值。以往的评价内容只有树种的群体抗性,而未对个体抗性与群体抗性分离情况进行评价^[23],这不仅会导致大量的优异种质资源树种的价值被淹没,而且使评价结果的理论价值、应用价值均大打折扣。如野生新疆桃为弱抗盐型树种,但其实生个体间抗盐性分离广泛,其中17%的植株为极强抗盐型和强抗盐型,是极优异的抗盐型种质资源树种。如果只评价其群体抗性,而忽略其抗性分离情况评价,这个优异的抗盐型种质资源树种就很难被后来者开发利用。评价群体抗性分离情况的基础是个体抗性评价,而个体抗性评价的结果不仅可以用来分析群体抗性分离情况,而且还可直接从中选出极强或强抗型植株,从而大幅度缩短选种周期,降低选种成本。

2)被评价群体的大小直接影响评价结果的客观性。群体过小或偏小,则很难包含植物种内的全部抗性植株,也难以确定其抗性分离情况,使评价结果失去客观性;群体过大,则浪费科技资源。对毛桃、山桃、陕甘山桃、蒙古扁桃、长柄扁桃、毛樱桃、大叶草樱、东北黑山樱和八棱海棠等野生果树种质资源树种对根癌病、根结线虫及酸、碱、盐、旱和涝等抗性评价的研究实践结果表明,认为被评价实生群体大小以100株为宜。这样的群体规模,基本可以保证评价结果的客观性,亦不浪费科技资源。

3)客观评价植物的抗酸耐碱盐性时,处理的胁迫程度和胁迫时间的确定极为重要。胁迫过重,胁迫反应过快、过重,会导致不同抗型植物在很短时间内叶片焦枯、落叶,甚至死亡,因而很难客观反应植物群体及个体间的抗性差异;胁迫程度偏轻,则不仅出现症状晚、需处理时间过长,而且很难反映抗性中等、强、极强型群体及个体之间的抗性差异。因此,制定植物抗酸碱盐性评价体系时,胁迫程度的确定应选择至极重度范围内。这样,既可以客观评价出各种抗型植物种或品种的抗性,处理时间又不太长,具备覆盖所有植物类型,快速、简便、实用的特点。丁洁、张笑颜^[11,13]研究了不同胁迫水平下,毛桃、毛樱桃、蒙古扁桃、长柄扁桃、筑波4号和筑波5号等

树种/品种及其实生个体受害症状随处理时间变化的情况,表明pH 3.5和pH 9.5处理16 d,0.4% NaCl处理30 d时,所处理树种/品种全部受害症状显著,且树种/品种间或树种/品种内个体间受害症状差异最大。这表明,上述3个处理组合即可用来评价多种核果类果树树种/品种的抗酸碱盐性能和树种/品种内个体抗酸碱盐性分离情况。本实验室对野生樱桃李^[24]和八棱海棠^[25]等树种抗酸碱盐性评价研究表明,这个处理组合是可行的。

4)植物在逆境胁迫下常常表现为生长速度下降乃至停长,叶片萎蔫、焦枯、脱落,乃至枝条或整株死亡,在此过程中,其体内也会发生相应的生理生化变化。生理生化指标的测定需要仪器设备和化学试剂,且测定过程复杂,评价成本偏高;生长量指标虽易于操作,但果树种质资源评价中,每个实生个体的抗逆性都可能是独一无二的,生长量指标测定要求每个个体都要有2株无性繁殖的、大小长势几乎完全一致的植株(处理、对照各1株),这将会给评价工作带来极大的困难,甚至那些尚无成熟无性繁殖技术的作物的抗性评价根本无法进行。植物在受到逆境胁迫时,根茎叶都会出现受害症状,但植物叶片对环境条件的反应最敏锐^[26]。采用叶片受害症状等级作为抗性评价指标具有直观、数据采集方法简单、快速、实用等特点,而且既可以用来评价植物的群体抗性,又可以评价个体抗性和群体抗性分离情况。

对本研究结果的综合分析表明:①野生新疆桃实生群体中存在极强、强和中等3种抗酸型植株,分别占群体总数的86%、9%和5%,是优异的抗酸型砧木树种和抗酸型种质资源树种;②野生新疆桃实生群体中存在极强抗碱型和强抗碱型2种类型植株,分别占群体总数的98%和2%,是极优异的抗碱型砧木树种和抗碱型种质资源树种;③野生新疆桃是弱抗盐型树种,但其实生群体抗性分离广泛,极强抗盐型植株占群体总数的8%,亦属于优良的抗盐型核果类果树砧木种质资源树种。④野生新疆桃是优异的抗酸碱盐型砧木种质资源树种,在不大的群体中即可筛选出多抗型植株,加之其已知的抗旱、耐寒和使所嫁接桃树植株矮化的特性,表明新疆桃是极珍贵的矮化多抗型桃树砧木种质资源树种,具有很好的开发价值和广阔的应用前景。

4 结论

野生新疆桃抗酸性极强,实生个体间抗性差异

显著,分离为极强、强和中等3种抗性类型,分别占群体总数的86%、9%和5%,是优异的抗酸型桃树砧木树种和种质资源。

野生新疆桃抗碱性极强,实生个体间抗性差异显著,分离为极强抗碱型和强抗碱型2种类型,极强抗碱型植株高达98%,是极优异的抗碱型桃树砧木树种和种质资源。

野生新疆桃抗盐性弱,但其个体间抗性分离广泛,差异极大,群体内存极强、强、中等、弱、极弱5种抗型植株,极强抗盐型植株占盐群体总数的8%,是优良的抗盐型桃树砧木种质资源树种。

参 考 文 献

- [1] 张治国. 重视土壤酸化 消除土壤板结[J]. 农村实用科技信息, 2009(6):8
- [2] 刘小京,李向军,陈丽娜,等. 盐碱区适应性农作制度与技术探讨[J]. 中国生态农业学报,2010,18(4):911-913
- [3] 陈军. 果树生长于土壤条件的关系探析[J]. 现代农业技术, 2010(9):155-156
- [4] Jonathan N E, David H B. The search for peach rootstocks tolerant to alkalinity[J]. Fruit Varieties Journal, 1989, 43(1): 7-11
- [5] 王中堂. 有机物料覆盖对桃园土壤理化性质及桃生长结果的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2011
- [6] 汪祖华,庄恩及. 中国果树志桃卷[M]. 北京:中国林业出版社 2001
- [7] 张钊. 新疆桃树种质资源[J]. 中国种业, 1990(4):5-6
- [8] 李冬梅,邵姗姗,宗鹏鹏,等. 新疆桃对桃树根癌病的抗性评价[J]. 中国果树, 2012(4):11-13
- [9] 余德浚,阎振龙,张鹏,等. 中国果树砧木资源[J]. 中国果树, 1979(1):1-7
- [10] 丁洁,贾克功,叶航,等. 几种核果类果树耐酸性与抗酸性的研究[J]. 北京农学院学报, 2008(2):9-11
- [11] 丁洁. 几种核果类果树的抗酸性和抗碱性研究[D]. 北京:中国农业大学,2008
- [12] Hoagland D R, Arnon D I. The Water-Culture Method for Growing Plants Without Soil, Circular [M]. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950:16-23
- [13] 张笑颜. 几种核果类果树的耐盐性研究[D]. 北京:中国农业大学,2008
- [14] 马凯,汪良驹,王业遴,等. 十八种果树盐害症状与耐盐性研究[J]. 果树科学, 1997, 14(1):1-5
- [15] 汪良驹,马凯,姜卫兵,等. 五种落叶果树的氯离子分布与耐盐性的研究[J]. 中国南方果树, 1996, 25(4):34-38
- [16] 孙宇梅,赵进,周威,等. 我国盐生植物碱蓬开发的现状与前景[J]. 北京工商大学学报:自然科学版, 2005, 23(1):1-4
- [17] 赵惠明. 盐生植物盐角草的资源特点及开发利用[J]. 科技通报, 2004, 20(2):167-171
- [18] 陈莉艳,魏晓敏,张秀双,等. 滨海盐碱地区罗布麻栽培技术研究[J]. 现代农村科技, 2012(2):63-64
- [19] 冯立田,汪智军,苏斌,等. 黑枸杞重盐碱地人工栽培技术研究[J]. 中国科技成果, 2010, 11(23):68-69
- [20] 贾娜尔·阿汗,杨春武,石德成,等. 盐生植物碱地肤对盐碱胁迫的生理响应特点[J]. 西北植物学报, 2007, 27(1):79-84
- [21] 王波,宋凤斌,张金才,等. 植物耐盐性研究进展[J]. 农业系统科学与综合研究, 2007, 23(2):212-216
- [22] 利容千,王建波. 植物逆境细胞及生理学[M]. 武汉:武汉大学出版社, 2002
- [23] 陈长兰,龚欣,贾敬贤. 梨树野生砧木的抗盐性和抗旱性鉴定初报[J]. 作物品种资源, 1996(4):30-31
- [24] 王仙林. 野生櫻桃李对重要根系有害生物及非生物逆境的抗性评价[D]. 北京:中国农业大学, 2011
- [25] 宗鹏鹏,曲艳华,柴朋,等. 八棱海棠耐盐碱性评价[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(3):96-100
- [26] K. 伊稍. 种子植物解剖学[M]. 李正理,译. 2版. 上海:上海科学技术出版社, 1982:1-4

责任编辑:苏燕