

张志晓,王 燕,江 文,等. 不同砧木绿宝苹果幼树对盐碱土的适应性[J]. 江苏农业科学,2017,45(23):153–156.  
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2017.23.042

# 不同砧木绿宝苹果幼树对盐碱土的适应性

张志晓<sup>1</sup>,王 燕<sup>1</sup>,江 文<sup>2</sup>,田 雪<sup>1</sup>,孙 蕊<sup>1</sup>,骆建霞<sup>1</sup>

(1. 天津农学院园艺园林学院,天津 300384; 2. 天津樱桃谷农业科技发展有限公司,天津 301908)

**摘要:**以八棱海棠(*Malus robusta*)、平顶海棠(*M. prunifolia*)、西府海棠(*M. micromalus*)、圆叶海棠(*M. prunifolia* var. *ringo*)、珠美海棠(*M. zumi*)为砧木嫁接绿宝苹果,研究不同砧木的嫁接苗对天津滨海地区盐碱土的适应性。对植株的生长、光合作用及生理指标进行了测定分析,结果表明,以八棱海棠、平顶海棠为砧木的绿宝苹果幼树,其新梢长度、叶面积、根可溶性糖含量均显著或极显著高于其他 3 种砧木,而丙二醛(MDA)含量及过氧化物酶(POD)活性均低于其他 3 种砧木;八棱海棠为砧木时,绿宝苹果幼树的净光合速率及叶绿素含量最高,圆叶海棠、平顶海棠、珠美海棠为砧木时相对较低;以八棱海棠为砧木时绿宝苹果幼树的隶属函数平均值最大,珠美海棠为砧木时最小。综合各项测定指标及幼树的形态表现,初步认为,5 种不同砧木的绿宝苹果幼树在中度盐碱土壤上能正常生长,其适应性由强到弱的嫁接砧木依次为八棱海棠、平顶海棠、西府海棠、圆叶海棠、珠美海棠。

**关键词:**绿宝苹果;砧木;盐碱土;适应性;生理特性;光合特性

**中图分类号:**S661.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002–1302(2017)23–0153–03

绿宝苹果(Bramley),原产于英国,21 世纪初引入我国,该品种为优良高酸苹果品种,是生产浓缩苹果汁的优质原料,极具推广应用价值<sup>[1]</sup>。目前对绿宝苹果的理论研究十分薄弱,主要是对其引种、栽培试验性的研究<sup>[2–5]</sup>。土壤是影响果树生长的主要生态条件之一,天津滨海地区的土壤盐渍化严重,盐渍土面积占土地总面积的 39.3%<sup>[6]</sup>。不同砧木对果树的生长发育和品质均会产生影响,选择适当的砧木可以提高苹果品种的栽培适应性,是实现苹果优质栽培的基础。关于砧木及土壤条件对果树生长发育的影响多有报道,刘国胜等研究了几种砧木对苹果新梢及叶片特性的影响<sup>[7]</sup>;苏婷等通过对青木奈生长及生理指标的测定,研究了青木奈对不同土壤的适应性<sup>[8]</sup>;郑永强等研究了不同砧木对特罗维塔甜橙植株生长、产量和果实品质的影响<sup>[9]</sup>;八棱海棠(*Malus robusta*)、平顶海棠(*M. prunifolia*)、西府海棠(*M. Micromalus*)、圆叶海棠(*M. prunifolia* var. *ringo*)以及珠美海棠(*M. zumi*)在华北地区被广泛用作苹果的砧木,有学者分别对其进行过耐盐性的研究<sup>[10–12]</sup>;尚未见关于不同砧木绿宝苹果幼树对土壤适应性的研究报道。本试验以种植于中度盐碱土壤上的 5 种砧木绿宝苹果幼树为试材,通过对植株生长指标、叶绿素及光合指标、根系活力、超氧化物歧化酶(SOD)等生理生化指标的测定分析,并进行隶属函数分析,了解不同砧木绿宝苹果幼树对盐碱土的适应性,从而为绿宝苹果在生产中推广栽培提供科学依据和理论指导。

收稿日期:2016–10–21

基金项目:天津市科学技术委员会 2014 年应用基础与前沿技术研究计划(编号:14JCYBJC30200);天津市农村工作委员会农业科技示范推广项目(编号:201101120)。

作者简介:张志晓(1971—),男,河南南阳人,硕士研究生,主要从事果树适应性研究。E-mail:john148@263.net。

通信作者:骆建霞,教授,主要从事果树及园林地被植物资源及其适应性研究。E-mail:tjlujianxia@126.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地土壤基本情况

试验地为天津农学院东校区试验园地(天津市西青区),其土壤为黏壤土,速效氮含量为 183.3 mg/kg,速效磷含量为 106.5 mg/kg,速效钾含量为 348.5 mg/kg,有机质含量 1.504%,全盐量为 0.432%,pH 值为 7.92,土壤容重为 1.42 g/cm<sup>3</sup>,为中度盐碱地。

### 1.2 材料

以绿宝苹果一年生嫁接幼树为试验材料,于 2015 年 8 月底采用 T 字形芽接法将绿宝苹果嫁接在种播繁殖的砧木苗上,其中砧木分别为八棱海棠(*M. robusta*)、平顶海棠(*M. prunifolia*)、西府海棠(*M. Micromalus*)、圆叶海棠(*M. prunifolia* var. *ringo*)以及珠美海棠(*M. zumi*)。2016 年 3 月初移栽定植,进行常规田间管理;6 月中下旬,选取新梢中部成熟、有代表性的叶片进行生长、生理及光合特性等指标的测定,每个嫁接组合至少选取 5 株。采用随机区组设计,4 次重复。

### 1.3 试验指标测定

**1.3.1 生长指标测定** 新梢抽生 1 cm 左右开始用卷尺及卡尺对嫁接苗新梢总生长长度及干径粗度进行测定,以后每 10 d 测 1 次;采用画纸称质量法测定其叶面积;采用徒手切片法在显微镜下用显微测微尺测定其叶片、栅栏组织及海绵组织的厚度。

**1.3.2 光合指标测定** 于晴天 10:00—12:00 使用 CI–340(美国生产)便携式光合测定仪测定净光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $E$ )及气孔导度( $C$ )等指标,每个指标读数 3 次取平均值。

**1.3.3 生理生化指标测定** 随机选取新梢中部成熟有代表性的叶片,采用乙醇提取法测定叶绿素的含量;蒽酮法测定可溶性糖的含量;硫代巴比妥酸(TBA)法测定丙二醛(MDA)的含量;氮蓝四唑(NBT)法测定超氧化物歧化酶(SOD)的活

性;用愈创木酚法测过氧化物酶(POD)的活性;用紫外吸收法测过氧化氢酶(CAT)的活性;取部分须根用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测根系活力<sup>[13]</sup>。

1.4 数据的统计处理

采用 SPSS V17.0 统计软件进行数据分析,邓肯氏新复极差法进行差异比较。其隶属函数分析的计算公式为

$$R_{(1)} = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}};$$
$$R_{(2)} = 1 - \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}。$$

式中: $R_{(1)}$ 、 $R_{(2)}$ 分别表示隶属函数值、反隶属函数值; $X_i$ 为指标测定值; $X_{\min}$ 、 $X_{\max}$ 分别为所有参试材料某一指标的最小值、最大值。

2 结果与分析

2.1 不同砧木的绿宝苹果生长指标比较

由不同砧穗组合的新梢及叶片生长的测定结果(表1)可知,嫁接在八棱海棠、平顶海棠上的绿宝苹果幼树的新梢长度和粗度均极显著高于其他嫁接组合;而嫁接在西府海棠上的绿宝苹果幼树的新梢长度极显著低于其他砧木,以圆叶海棠为砧木时绿宝苹果幼树的新梢粗度最小;嫁接在八棱海棠及平顶海棠上的绿宝苹果叶面积均显著高于其他3种砧木,嫁接在珠美海棠上的绿宝苹果叶面积最小。

从新梢长势上看,绿宝苹果嫁接在八棱海棠和平顶海棠上时,新梢充实,个体比较齐整,长势较好;而嫁接在西府海棠及珠美海棠上时,其新梢细弱,长势较弱。

2.2 叶片解剖结构及色素含量分析

由表2可看出,以八棱海棠为砧木的绿宝苹果,其叶绿素含量、叶片厚度、栅栏组织厚度均极显著高于其他嫁接组合;以圆叶海棠为砧木的绿宝苹果,其叶绿素含量、叶片厚度及栅栏组织厚度均最小;从栅栏组织与海绵组织厚度的比值看,以

表1 不同砧木对绿宝苹果新梢及叶片生长的影响

砧木	新梢长度 (cm)	新梢粗度 (mm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )
八棱海棠	140.580 0aA	16.020 0aA	37.050 8aA
平顶海棠	136.450 0abA	14.340 0abA	33.147 0aAB
圆叶海棠	112.350 0bB	7.260 0cC	26.190 5bCD
西府海棠	92.680 0cC	8.480 0cB	27.202 3bBC
珠美海棠	116.240 0bB	10.880 0bB	19.860 4cD

注:同列数据后不同大写字母、小写字母分别表示差异达极显著( $P<0.01$ )、显著( $P<0.05$ )水平。下表同。

表2 不同砧木的绿宝苹果叶绿素及叶片解剖结构的比较分析

砧木	叶绿素含量 (mg/g)	叶片厚度 (μm)	栅栏组织厚度 (μm)	栅栏/海绵
八棱海棠	3.078 0aA	282.278 7aA	184.706 0aA	1.893 0
平顶海棠	1.952 8cC	254.743 9cC	156.044 2cC	1.581 0
圆叶海棠	1.748 0cC	243.799 8dD	150.242 9dD	1.605 9
西府海棠	2.651 5bB	263.737 3bB	166.732 3bB	1.718 8
珠美海棠	1.916 9cC	236.542 0eD	159.832 3cC	2.083 6

嫁接在珠美海棠上为最高,虽然珠美海棠的叶片厚度较小,但其栅栏组织所占比例较大,从而可为其叶绿素含量提供保障。

2.3 不同砧木绿宝苹果幼树叶片的的光合特性分析

由表3可以看出,嫁接在八棱海棠上的绿宝苹果幼树的 $P_n$ 最高,在西府海棠上的 $P_n$ 最低; $C_i$ 的变化趋势与 $P_n$ 变化趋势基本一致;而 $E$ 与胞间 $CO_2$ 浓度( $C_i$ )的变化趋势基本一致,以嫁接在圆叶海棠上最高,在西府海棠及珠美海棠上则相对较低;绿宝苹果嫁接在八棱海棠和平顶海棠上时,其幼树叶片具有相对较高的蒸腾速率、气孔导度以及胞间 $CO_2$ 浓度,利于光合作用的进行;嫁接在珠美海棠上时,绿宝苹果幼树的胞间 $CO_2$ 浓度最低。综合来看,绿宝苹果嫁接在八棱海棠上时具有较高的光合效能,嫁接在西府海棠上时光合效能较低。

表3 不同砧木对绿宝苹果光合特性的影响

砧木	净光合速率 [μmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	蒸腾速率 [mmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	气孔导度 [mmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	胞间CO <sub>2</sub> 浓度 (μmol/mol)
八棱海棠	16.359 8aA	2.988 4cdBC	82.899 3aA	164.652 4bB
平顶海棠	10.014 0cBC	3.400 1bB	58.448 4bB	209.516 7aA
圆叶海棠	12.196 7bB	4.660 0aA	76.601 6aA	215.050 0aA
西府海棠	9.498 4cC	2.705 0dC	39.556 1dC	153.225 0bB
珠美海棠	10.934 1bcBC	3.076 4cBC	47.009 3cC	138.516 7bB

2.4 砧木对绿宝苹果幼树生理生化特性的影响

由表4可知,不同砧木绿宝苹果幼树叶片的MDA含量未达到极显著差异,嫁接在圆叶海棠、西府海棠及珠美海棠上的绿宝苹果幼树MDA含量高于嫁接在八棱海棠、平顶海棠上;MDA含量反映细胞膜在高盐浓度下的受伤害程度,本试验结果说明,嫁接在八棱海棠、平顶海棠上的绿宝苹果对此盐碱土的适应性相对较强。嫁接砧木对绿宝苹果叶片的抗氧化酶活性产生了不同程度的影响,嫁接在圆叶海棠上的绿宝苹果幼树的SOD活性最高;POD活性以嫁接在珠美海棠上的绿宝苹果幼树最高;CAT活性在西府海棠上最高。同时,嫁接在八棱海棠和珠美海棠上的绿宝苹果幼树的根系活力显著高于其他嫁接组合,根可溶性糖含量以嫁接在八棱海棠和平顶海棠

上的较高。结果说明,在中度盐碱地上,以八棱海棠、平顶海棠为砧木的绿宝苹果幼树适应性相对较好。

2.5 隶属函数分析

用任何单一指标评价不同砧木绿宝苹果幼树的适应性都是片面的,应对多指标进行综合分析;隶属函数就是在多指标测定的基础上进行的综合评价,此法在植物的适应性及抗逆性研究中应用广泛<sup>[14-15]</sup>。对参试植物的各项指标进行隶属函数分析,隶属函数平均值越大者,适应性越强,否则,适应性越弱。由此可评价5种砧木绿宝苹果幼树对中度盐碱地的适应性由强至弱的砧木类型依次为八棱海棠、平顶海棠、西府海棠、圆叶海棠、珠美海棠(表5)。

表 4 不同砧木对绿宝苹果生理生化的影响

砧木	丙二醛含量 ( $\mu\text{mol/g}$ )	SOD 活性 [U/(g FW)]	POD 活性 [U/(g FW)]	CAT 活性 [U/(g FW)]	根系活力 [mg, TTF/(g·h)]	根可溶性糖 含量(%)	叶可溶性糖 含量(%)
八棱海棠	0.187 5bA	59.272 6cA	396.937 5bB	95.500 0bcBC	0.005 225aA	2.800 0aA	3.440 2bA
平顶海棠	0.210 0bA	69.225 6abcA	434.812 5bB	66.500 0cBC	0.004 175bBC	2.665 3abA	3.817 5aA
圆叶海棠	0.352 5aA	78.869 2aA	452.937 5bB	121.750 0bB	0.003 175cCD	2.435 3bAB	3.534 6bA
西府海棠	0.290 0abA	63.879 0bcA	436.187 5bB	181.000 0aA	0.002 175cD	1.650 0dCD	3.640 0abA
珠美海棠	0.290 2abA	76.681 3abA	693.250 0aA	56.750 0cC	0.005 150aAB	2.017 5cBC	2.574 6cB

表 5 不同砧木的绿宝苹果幼树各指标隶属函数的分析

砧木	隶属函数值										均值	均值排序
	新梢 生长量	叶面积	叶片厚度	栅栏组 织厚度	叶绿素 含量	丙二醛	SOD	净光合 速率	根系活力	叶可溶 性糖		
八棱海棠	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.696	0.870	1
平顶海棠	0.914	0.773	0.397	0.168	0.154	0.864	0.508	0.075	0.656	1.000	0.551	2
圆叶海棠	0.411	0.390	0.159	0.000	0.000	0.000	1.000	0.394	0.328	0.772	0.345	4
西府海棠	0.000	0.421	0.595	0.481	0.670	0.379	0.235	0.000	0.000	0.857	0.364	3
珠美海棠	0.491	0.000	0.000	0.278	0.121	0.378	0.888	0.209	0.975	0.000	0.334	5

### 3 讨论与结论

果树对土壤的适应性是多种生理性状的综合反映,盐碱性土壤的含盐量较高,土壤溶液渗透压高,果树根系细胞膜首先受到盐离子的影响而产生变化;高盐浓度能增加其细胞膜透性,加快膜质过氧化作用,最终导致膜系统的损伤,同时可引起一系列的生理生化变化,进而影响到水分和矿质营养及其他代谢活动,如根系活力、MDA 含量、抗氧化酶活性等<sup>[16-17]</sup>;MDA 是细胞膜脂过氧化作用的主要产物,其含量的高低可以反映细胞膜及膜系统的受伤害程度,植株体内的 SOD、POD 及 CAT 在消除超氧化物自由基和减轻膜伤害方面有重要作用,能够清除膜脂过氧化作用产生的 MDA、活性氧和其他自由基,达到保护膜结构的作用,从而提高植株的抗逆性及适应性<sup>[18]</sup>。有研究发现,植物 MDA 的积累量随土壤盐浓度的升高迅速上升<sup>[12]</sup>;关于 SOD 活性在逆境条件下的变化,多数研究认为,SOD 活性随着逆境胁迫程度的增加而逐渐增加,但在重度胁迫下逐渐下降<sup>[16]</sup>。本试验中,嫁接在八棱海棠、平顶海棠上的绿宝苹果幼树的 MDA 含量及 SOD 活性处于相对较低的水平,说明盐碱性土壤对细胞膜虽然具有一定程度的破坏作用,但以八棱海棠及平顶海棠为砧木的绿宝苹果幼树耐盐胁迫能力较强,自我调节能力及适应性强,可能尚无需启动 SOD 保护程序;圆叶海棠及珠美海棠为砧木的绿宝苹果 SOD、POD 活性均较高,因此可快速清除 MDA、活性氧及其他自由基,从而维护其活性氧的代谢平衡,使其能在盐碱地正常生长。本试验的 SOD 活性、MDA 含量的变化趋势也与杨升等对 16 种园林树木的耐盐性及朱世平等对 15 种柑橘砧木出苗期耐盐碱性的研究结果<sup>[18-19]</sup>一致。

可溶性糖可为果树的各代谢提供能量和中间产物,同时也是参与果树渗透调节的重要因子,因此可影响果树的根系活力及其他新陈代谢,从而影响到植株的生长和适应性<sup>[18]</sup>。在本试验中,当嫁接于八棱海棠及平顶海棠时,绿宝苹果幼树根的可溶性糖含量高于其他 3 种砧木上,以八棱海棠为砧木时其根系活力最高,此结果与刘兵等关于土壤盐度与植物生理功能关系研究结果<sup>[16,18]</sup>一致。

不同嫁接组合植株的生理功能由砧、穗分担,同时植株地上地下又具有相关性,砧木通过根系的生理活动来影响接穗生长,接穗通过叶片的光合作用来影响根系的生长及其生理指标,从而构成了既协调又矛盾的关系。生长指标是果树嫁接组合对土壤综合条件的外在反映,直观反映其对土壤条件的适应程度。光合指标可反映果树的光合作用能力,其中叶面积、叶片厚度、栅栏组织在叶片中所占的比例越大,叶绿素含量越多;叶绿素等色素是光合作用的基础,其含量越高,光合积累的有机物也就越多,从而影响到果树地上部分的生长,如株高、新梢长度、主干粗度等<sup>[12,20]</sup>。在本试验中,绿宝苹果嫁接在不同砧木上,叶片光合特性与叶片解剖结构的变化具有一定的相关性;当嫁接在八棱海棠上时,绿宝苹果幼树的叶面积、叶片厚度及叶片栅栏组织所占比例均较大,嫁接在珠美海棠上时叶面积最小;绿宝苹果嫁接在八棱海棠和西府海棠上时,其叶片的叶绿素含量相对较高; $P_n$ 以嫁接在八棱海棠、圆叶海棠上的绿宝苹果较高,在西府海棠上的则最低。这也印证了史宝胜等关于叶片解剖结构与光合作用关系的研究结果<sup>[20]</sup>。同时在本试验中,嫁接在八棱海棠、平顶海棠上的绿宝苹果幼树的新梢长度极显著高于其他嫁接组合。结果说明,以八棱海棠、平顶海棠为砧木的绿宝苹果对盐碱性土壤的适应性较高。

综合各测试指标及隶属函数分析结果,同时结合不同砧木绿宝苹果幼树的生长势、整齐度等,初步认为绿宝苹果幼树对中度盐碱土壤的适应性强弱按其嫁接砧木依次为八棱海棠、平顶海棠、西府海棠、圆叶海棠、珠美海棠。

关于不同砧木的绿宝苹果对盐碱土壤的适应性,还需要跟踪其生长、结果等情况做进一步研究。

### 参考文献:

- [1] 韩林. 我国高酸榨汁苹果的栽培现状及发展前景[J]. 山西果树, 2007(3): 38-39.
- [2] 徐世彦, 高建国, 康小亚. 苹果加工品种绿宝引种与选育[J]. 中国果树, 2011(3): 26-28.
- [3] 高彦明. 加工苹果品种绿宝在甘肃天水的引种试验[J]. 中国果

吴宝成, 韦敏, 宋春风, 等. 江苏地区杨树林下套种细柱五加栽培模式[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(23): 156–160.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.23.043

# 江苏地区杨树林下套种细柱五加栽培模式

吴宝成<sup>1</sup>, 韦敏<sup>1</sup>, 宋春风<sup>1</sup>, 吕晔<sup>1</sup>, 郑生智<sup>1</sup>, 徐友贵<sup>2</sup>

[1. 江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏南京 210014; 2. 盱眙华佗中药厂, 江苏淮安 211715]

**摘要:**在江苏地区不同杨树林分栽培条件下, 套种不同栽培密度的细柱五加, 对其农艺性状、产量、次生代谢产物有效成分含量以及综合效益进行研究。结果表明, 低杨树林分栽培条件下, 套种的细柱五加株高、根长、根宽、根冠比、根皮鲜质量等农艺性状以及根皮产量部分显著高于露地无遮阴、中林分、高林分处理, 株幅、分枝数显著低于其他处理 and 对照 ( $P < 0.05$ ), 具有相对较高的株高, 较窄的株幅, 单一粗壮的主枝, 根较粗壮向下, 不向两侧扩展; 低林分条件下更有利于次生代谢产物有效成分紫丁香苷、总黄酮和总三萜的积累, 其含量显著高于其他条件处理 ( $P < 0.05$ ); 低林分时细柱五加 35 cm × 35 cm 栽培条件下, 杨树和细柱五加单位面积综合收益最高, 达到 5 005 元/667 m<sup>2</sup>。结合本次试验结果, 杨树与细柱五加套种复合经营模式应选择在低杨树林分即树龄 3 年, 郁闭度 50% 左右条件下, 以收获一年生或二年生细柱五加根皮为生产目的栽培株间距应为 35 cm × 35 cm。

**关键词:**细柱五加; 杨树; 套种; 农艺性状; 紫丁香苷; 产量; 栽培模式

**中图分类号:** S567.5<sup>3</sup>0.48 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)23-0156-05

江苏北部地区是我国杨树的主要种植区之一, 自 20 世纪 70 年代起杨树得到了大面积的推广, 极大地推动了江苏北部地区(徐州、淮安、连云港、盐城、宿迁等地区)杨树产业的发

收稿日期: 2016-07-15

基金项目: 国家中医药公益性行业科研项目(编号: 201407002); 江苏省科技支撑计划(编号: BE2012410)。

作者简介: 吴宝成(1980—), 男, 江苏南京人, 硕士, 副研究员, 主要从事药用植物栽培和资源开发研究。Tel: (025) 84347085; E-mail: wubaocheng2015@163.com。

通信作者: 宋春风, 博士, 副研究员, 主要从事药用植物分类和资源研究。Tel: (025) 84347085; E-mail: cfsong79@cnbg.net。

树, 2010(6): 73。

[4] Mac ant Saoir S, Cross G, Harun R. Millennium planting density trial of ‘Bramley’s seedling’ apple on M. 9 and M. 27 rootstocks 2000—2007[J]. Acta Horticulturae, 2011, 903(1058): 627–631

[5] 张婷, 江文, 王凯平, 等. 树龄对“绿宝”苹果生长及光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2014(14): 31–33。

[6] 姜世平, 袁东升, 赵万冬, 等. 天津滨海盐碱地绿化技术研究[J]. 园林科技, 2011(4): 1–6。

[7] 刘国胜, 马玉芳, 段玉春. 几种砧木对苹果新梢及叶特性的影响[J]. 果树学报, 2002, 19(6): 373–376。

[8] 苏婷, 史燕山. 土壤条件对青(木奈)的生长及生理特性的影响[J]. 天津农学院学报, 2012, 19(1): 15–18。

[9] 郑永强, 邓烈, 何绍兰, 等. 不同砧木对特罗维塔甜橙植株生长、产量和果实品质的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(4): 611–615。

[10] 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。

[11] 沙广利, 郝玉金, 万述伟, 等. 苹果砧木种类及应用进展[J]. 落叶果树, 2015, 47(3): 2–6。

[12] 卢艳, 王飞, 韩明玉, 等. NaCl 胁迫对 4 种砧穗组合苹果的

展, 江苏北部各县木材生产的产值在当地农业总收入中的比重为 15%~30%。杨树产业已成为江苏淮北地区特别是徐州、淮安、宿迁 3 市的支柱产业, 在江苏农业产业发展中具有举足轻重的地位<sup>[1-5]</sup>。然而, 伴随着“杨树热”, 带来了一系列的社会和生态问题, 主要表现为(1)杨树生产周期长, 即使是速生杨树, 其生产周期至少也要 5 年, 营种前期投入大, 无任何收益, 同时还面临 10~15 年左右的品种更新期, 在一定程度上影响了种植经营户的积极性;(2)林下资源(特别是营种前期林下)的光热、土壤资源浪费, 整体效益低下<sup>[6-8]</sup>。

细柱五加[*Eleutherococcus nodiflorus* (Dunn) S. Y. Hu] 别称五加, 为五加科(Araliaceae A. L. Jussieu)五加属

生长及光合特性的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(8): 106–110。

[13] 张治安, 张美善, 蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 138–145。

[14] 赵红星, 耿攀, 杨勇. 39 份柿属种质资源的抗寒性综合评价[J]. 西北农业学报, 2010, 19(12): 128–133。

[15] 玉苏甫·阿不力提甫, 阿依古丽·铁木儿, 帕提曼·阿布都热合曼, 等. 利用隶属函数法综合评价梨砧木抗寒性[J]. 中国农业大学学报, 2014, 19(3): 121–129。

[16] 刘兵, 周晓梅, 刘强, 等. 土壤条件对蓝莓栽培的影响研究进展[J]. 广东农业科学, 2012, 39(15): 56–59。

[17] Wang G P, Wang J Z, Xue X M, et al. Research progress and identification method of apple stress resistance[J]. Agricultural Science & Technology, 2013, 14(10): 1413–1416。

[18] 杨升, 张华新, 刘涛. 16 个树种盐胁迫下的生长表现和生理特性[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(5): 744–754。

[19] 朱世平, 陈娇, 刘小丰, 等. 15 种柑橘砧木出苗期耐盐碱性评价[J]. 西南大学学报: 自然科学版, 2014, 36(6): 47–52。

[20] 史宝胜, 徐继忠, 马宝焜, 等. 几种苹果矮化砧木枝条与叶片的解剖结构研究[J]. 河北林果研究, 2000, 15(4): 334–338。