

宋莎,韩秀梅,郑伟,等.不同供磷水平下苹果砧木叶片的生理特性[J].江苏农业科学,2018,46(18):147-150.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.036

不同供磷水平下苹果砧木叶片的生理特性

宋莎,韩秀梅,郑伟,吴亚维

(贵州省农业科学院果树科学研究所,贵州贵阳 550006)

摘要:以 12 种苹果砧木为试材,采用盆栽培养法,测定不同供磷水平下苹果砧木叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量以及酸性磷酸酶活性等指标,并进行隶属函数分析。结果表明:供磷水平对苹果砧木叶片脯氨酸含量和酸性磷酸酶活性有显著影响,大多数苹果砧木叶片在高磷或低磷时脯氨酸含量升高,酸性磷酸酶活性下降;供磷水平对黄果三叶海棠、毛山荆子、青砧 1 号、八棱海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木叶绿素含量影响不显著,黄果三叶海棠、青砧 2 号、湖北海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木叶片丙二醛含量对磷供应水平不敏感,其余苹果砧木在高磷或低磷时丙二醛含量多为升高;隶属函数分析结果显示,毛山荆子和平邑甜茶是比较耐磷胁迫的苹果砧木。叶绿素含量、丙二醛含量和酸性磷酸酶活性 3 个指标间显著相关,可作为研究苹果砧木磷胁迫的主要评价指标。

关键词:苹果砧木;供磷水平;生理特性;酸性磷酸酶

中图分类号: S661.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0147-03

磷(P)是果树重要的营养元素之一,也是影响果树生长发育、产量和果实品质的限制因子^[1-2]。中国南方土壤磷肥当季利用率低,土壤条件较差,磷利用问题更为突出。果树属木本植物,迄今有关果树磷胁迫的研究还远不如其他一年生作物深入,耐低磷果树筛选与鉴定的相关报道很少,主要集中在磷吸收利用^[3-4]以及耐低磷胁迫的果树砧木和品种的筛选等^[5-6]。苹果主要采用嫁接繁殖,砧木是重要的种质资源和生产资料,影响苹果生长、整齐度、产量、成熟期、抗病性及适应性等方面,发掘耐低磷基因型苹果砧木或磷利用效率高的苹果砧木并加以利用,以克服土壤磷素缺乏问题,对苹果增产以及地力维护都具有重要意义。贵州省的苹果栽培工作在逐步发展,且省内多个地区都有丰富的野生苹果砧木种质资源^[7-8],由于长期的变异积累和环境选择,存在丰富的遗传多样性,有可能发掘出优异的苹果砧木资源。

磷胁迫条件下,果树与磷代谢相关的生理指标会发生相应变化。果树叶片、根系及土壤中的酸性磷酸酶活性、根系分泌性酸性磷酸酶活性与供磷水平呈显著负相关^[9],随着供磷水平下降,不同果树叶片和根系的酸性磷酸酶活性均增强,硝酸还原酶活性均下降^[6]。很多研究者将低磷胁迫下植物酸性磷酸酶活性和根系有机酸分泌量作为评价植物耐低磷胁迫能力的重要生理指标^[10-12]。本研究将叶片叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量及酸性磷酸酶活性作为评价苹果砧木磷胁迫响应评价指标,对 12 份苹果砧木资源在不同供磷水平下叶片的生理特性进行探讨,以期发掘利用耐低磷苹果砧木资源提供

依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为黄果三叶海棠(*Malus sieboldii* Rehd.)、垂丝海棠(*Malus halliana* Koehne)、青砧 2 号(Qingzhen No. 2)、毛山荆子[*Malus mandshurica* (Maxim.) Kom.]、青砧 1 号(Qingzhen No. 1)、湖北海棠(*Malus hupehensis* Rehd.)、八棱海棠[*Malus micromalus* (Carr.) Rehd.]、平邑甜茶[*Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd.]、红果三叶海棠(*Malus sieboldii* Rehd.)、花红(*Malus asiatica* Nakai.)、丽江山荆子(*Malus rockii* Rehd.)、西府海棠(*Malus micromalus*) 12 种生长基本一致的苹果砧木实生苗,其中青砧 1 号、青砧 2 号、八棱海棠和平邑甜茶种子由烟台果树科学研究所提供,其余种子采自贵州省威宁县。

本试验于 2016 年 7 月在贵州省农业科学院院内大棚进行。

1.2 试验设计

盆栽培养基质为珍珠岩,营养液选用 Hoagland 营养液,以 KH_2PO_4 为磷源,营养液配制用分析纯试剂,水为蒸馏水。对 12 种供试材料分别设 3 个供磷水平处理,3 个处理中有效磷含量分别为 45 mg/L(高磷水平)、25 mg/L(中磷水平)、5 mg/L(低磷水平)。按照 KH_2PO_4 不同设计水平,用 KCl 补充钾元素,使得各处理钾元素水平相同。

将不同苹果砧木实生苗分别移栽至珍珠岩盆栽中,先用 1/2 完全营养液培养 7 d,再用不同浓度的营养液进行处理,每 3 d 浇灌营养液 1 次,每次每盆 100 mL;每 7 d 浇灌蒸馏水 1 次,每次每盆 2 000 mL。培养第 21 天采集各试验材料第 4~5 张新梢中部成熟叶样-80℃保存待测。

1.3 试验方法

叶绿素(Chl)含量测定采用 96%乙醇提取法^[13],丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法^[14],脯氨酸(PRO)含

收稿日期:2017-04-11

基金项目:贵州省科学技术基金(编号:黔科合 J 字[2013]2162 号、黔科合 J 字[2014]2103 号);贵州省旱粮作物研发与转化及园区技术服务能力建设项目(编号:黔科合服企[2014]4002)。

作者简介:宋莎(1985—),女,河北保定人,硕士,助理研究员,主要从事果树生物技术研究。E-mail: sssshijia@163.com。

通信作者:吴亚维,博士,副研究员,主要从事果树生理生态研究。E-mail: yaweiwu2006@163.com。

量测定采用磺基水杨酸法,植物酸性磷酸酶(ACP)活性测定采用磷酸苯二钠法。每个样品每个指标测定各3次重复。

1.4 数据处理

数据分析均在 WPS Excel 2016 和 SAS 9.1 软件进行,多重比较采用 SNK-q 检验。结果以平均值±标准差表示。

隶属函数分析^[15] 计算公式为 $U(X) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。式中, $U(X)$ 为隶属函数值; X 为苹果砧木某一指标的测定值; X_{\max} 和 X_{\min} 为所有苹果砧木某一指标内的最大值和最小值。如果苹果砧木某一指标综合评判结果为负,则使用反隶属函数进行评定, $U(X) = 1 - (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。

2 结果与分析

2.1 供磷水平对苹果砧木叶绿素含量的影响

由表1可看出,不同供磷水平下黄果三叶海棠、毛山荆子、青砧1号、八棱海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木叶绿素含量差异不显著。在高磷水平时,垂丝海棠、青砧2号和丽江山荆子3种苹果砧木的叶绿素含量比中磷时显著降低,分别降低了14.44%、4.86%和16.69%;在低磷水平时,湖北海棠、丽江山荆子和西府海棠3种苹果砧木的叶绿素含量比中磷水平显著降低,分别降低了22.82%、21.26%和5.25%。毛山荆子和青砧1号在不同供磷水平下叶绿素含量均较高。

表1 不同供磷水平下12种苹果砧木叶片的叶绿素含量			
苹果砧木	叶绿素含量(mg/g)		
	高磷	中磷	低磷
黄果三叶海棠	5.51±0.49a(b)	5.55±0.16a(bc)	5.42±0.24a(bc)
垂丝海棠	5.39±0.10b(b)	6.30±0.35a(abc)	4.32±0.21a(d)
青砧2号	5.87±0.05ba(b)	6.17±0.16a(abc)	5.35±0.09a(bc)
毛山荆子	6.62±0.11a(a)	7.08±0.21a(a)	6.73±0.30a(a)
青砧1号	6.43±0.16a(a)	6.53±0.10a(ab)	6.53±0.23a(a)
湖北海棠	5.09±0.45a(b)	5.61±0.16a(bc)	4.33±0.29b(d)
八棱海棠	5.50±0.57a(b)	5.24±0.44a(c)	5.04±0.21a(c)
平邑甜茶	5.42±0.24a(b)	5.90±0.61a(bc)	5.28±0.16a(bc)
红果三叶海棠	6.57±0.79a(a)	6.16±0.42a(abc)	5.67±0.08(ab)
花红	6.41±0.13a(a)	6.30±0.82a(abc)	6.35±0.15a(a)
丽江山荆子	5.29±0.33b(b)	6.35±0.28a(ab)	5.00±0.17b(c)
西府海棠	6.08±0.05a(ab)	5.91±0.25a(bc)	5.60±0.12b(b)

注:同行括号外不同小写字母表示不同供磷水平下同一砧木差异达0.05显著水平,同列括号内不同小写字母表示同一供磷水平下不同砧木差异达0.05显著水平。表2、表3、表4同。

2.2 供磷水平对苹果砧木丙二醛含量的影响

由表2可看出,不同供磷水平下黄果三叶海棠、青砧2号、湖北海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木丙二醛含量差异不显著。在高供磷水平时,垂丝海棠、毛山荆子、青砧1号和八棱海棠丙二醛含量比中磷水平分别升高了89.25%、17.63%、11.99%和77.01%,丽江山荆子和西府海棠丙二醛含量比中磷水平分别降低了44.68%和38.27%;在低供磷水平时,垂丝海棠、青砧1号、八棱海棠、西府海棠丙二醛含量比中磷时分别升高了55.59%、33.33%、24.67%和3.19%,毛山荆子、丽江山荆子丙二醛含量比中磷时分别降低了15.79%和39.85%。

表2 不同供磷水平下12种苹果砧木叶片的丙二醛含量			
苹果砧木	丙二醛含量(nmol/g)		
	高磷	中磷	低磷
黄果三叶海棠	69.25±4.46a(c)	55.70±9.04a(c)	55.48±10.38a(b)
垂丝海棠	83.44±6.37a(b)	44.09±11.29b(c)	68.60±8.17a(b)
青砧2号	95.05±7.53a(ab)	104.09±15.39a(a)	100.00±5.81a(a)
毛山荆子	96.13±4.65a(ab)	81.72±1.97b(b)	68.82±1.34c(b)
青砧1号	46.24±2.91b(d)	41.29±3.92b(c)	55.05±5.17a(b)
湖北海棠	99.14±8.95a(ab)	103.44±3.89a(a)	102.15±11.07a(a)
八棱海棠	89.46±16.03a(ab)	50.54±5.99b(c)	63.01±3.55b(b)
平邑甜茶	99.57±11.83a(ab)	108.17±5.37a(a)	98.71±8.08a(a)
红果三叶海棠	107.31±9.88a(a)	107.31±8.17a(a)	109.89±5.82a(a)
花红	99.35±8.68a(ab)	107.96±6.62a(a)	94.62±5.41a(a)
丽江山荆子	49.25±2.61b(d)	89.03±7.82a(ab)	53.55±3.41b(b)
西府海棠	58.28±4.89b(cd)	94.41±7.42a(ab)	97.42±3.87a(a)

2.3 供磷水平对苹果砧木游离脯氨酸含量的影响

由表3可看出,供磷水平对苹果砧木脯氨酸含量有明显影响。在高供磷水平时,黄果三叶海棠、青砧2号和毛山荆子脯氨酸含量比中磷时分别降低了13.30%、5.87%和11.21%,其余9种苹果砧木脯氨酸含量均上升,上升幅度最大的是八棱海棠,升高了83.14%;在低供磷水平时,黄果三叶海棠、毛山荆子、红果三叶海棠和丽江山荆子脯氨酸含量比中磷水平分别降低了13.32%、34.86%、6.03%和20.96%,其余8种砧木脯氨酸含量均上升,西府海棠上升幅度最大,升高了58.17%。

表3 不同供磷水平下12种苹果砧木叶片的脯氨酸含量			
苹果砧木	脯氨酸含量(μg/g)		
	高磷	中磷	低磷
黄果三叶海棠	123.41±0.80b(b)	142.34±0.35a(a)	123.38±1.45b(c)
垂丝海棠	165.66±0.38a(a)	122.03±0.32c(c)	147.04±0.60b(a)
青砧2号	91.56±0.18c(g)	97.27±0.32b(e)	138.30±2.30a(b)
毛山荆子	111.24±1.01b(d)	125.29±4.31a(b)	81.62±0.53c(f)
青砧1号	114.82±0.91a(c)	100.92±1.08b(d)	114.74±0.10a(d)
湖北海棠	123.54±0.89a(b)	96.10±0.84b(e)	122.28±3.15a(c)
八棱海棠	106.59±0.23a(e)	58.20±0.44c(j)	80.08±0.87b(f)
平邑甜茶	83.50±0.47b(h)	76.98±0.39c(h)	115.30±0.28a(d)
红果三叶海棠	71.23±0.25a(j)	58.86±0.45b(j)	55.31±0.72c(h)
花红	93.36±0.93b(f)	89.81±0.46c(f)	103.31±2.57a(e)
丽江山荆子	107.19±0.25a(e)	83.36±0.37b(g)	65.89±3.13c(g)
西府海棠	74.70±0.67b(i)	64.50±1.37c(i)	102.02±1.35a(e)

2.4 供磷水平对苹果砧木酸性磷酸酶活性的影响

由表4可看出,供磷水平对苹果砧木叶片酸性磷酸酶活性有明显影响。在高供磷水平时,黄果三叶海棠、垂丝海棠和青砧2号酸性磷酸酶活性比中磷时分别增强了190.68%、25.67%和41.51%,其余9种苹果砧木酸性磷酸酶活性均下降,降幅最大的是青砧1号,降低了76.40%;在低供磷水平时,除八棱海棠、平邑甜茶、西府海棠酸性磷酸酶活性比中磷时增强,其余9种砧木酸性磷酸酶活性均下降,其中毛山荆子降幅最大,降低了90.59%。

2.5 苹果砧木综合评价

3个供磷水平下,叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量及酸性磷酸酶活性4个生理指标在不同苹果砧木之间存在差异,单一指标无法客观评价苹果砧木对磷胁迫的适应性,因此采用隶

表 4 不同供磷水平下 12 种苹果砧木叶片的酸性磷酸酶含量

苹果砧木	酸性磷酸酶活性[$\mu\text{mol}/(\text{min} \cdot \text{g})$]		
	高磷	中磷	低磷
黄果三叶海棠	15.90 \pm 0.86a(a)	5.47 \pm 0.41b(d)	4.44 \pm 0.30b(d)
垂丝海棠	11.65 \pm 0.56a(b)	9.27 \pm 0.05b(c)	7.96 \pm 0.36c(b)
青砧 2 号	5.42 \pm 0.09a(e)	3.83 \pm 0.02b(ef)	2.61 \pm 0.21c(f)
毛山荆子	5.67 \pm 0.06b(e)	13.29 \pm 0.63a(a)	1.25 \pm 0.08c(h)
青砧 1 号	2.11 \pm 0.17b(gh)	8.94 \pm 0.38a(c)	1.09 \pm 0.03c(h)
湖北海棠	8.64 \pm 0.19b(c)	9.24 \pm 0.43a(c)	3.75 \pm 0.22c(e)
八棱海棠	3.53 \pm 0.05c(f)	4.17 \pm 0.30b(def)	5.33 \pm 0.17a(c)
平邑甜茶	2.46 \pm 0.19c(g)	9.20 \pm 0.28b(c)	12.04 \pm 0.85a(a)
红果三叶海棠	1.37 \pm 0.09c(h)	3.24 \pm 0.06a(f)	1.98 \pm 0.02b(g)
花红	7.02 \pm 0.64b(d)	10.67 \pm 0.95a(b)	3.05 \pm 0.05c(f)
丽江山荆子	2.10 \pm 0.14b(gh)	4.51 \pm 1.53a(def)	1.70 \pm 0.01b(gh)
西府海棠	3.97 \pm 0.08c(f)	4.84 \pm 0.13b(de)	5.12 \pm 0.15a(c)

属函数法对不同供磷水平对不同苹果砧木叶片生理特性的影响进行分析。结果(表 5)表明,与中磷水平相比,在高磷水平下排序上升的苹果砧木有黄果三叶海棠、垂丝海棠、八棱海棠和红果三叶海棠等;在低磷水平下排序上升的苹果砧木有青砧 2 号、八棱海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和西府海棠等。

表 5 不同磷水平下苹果砧木隶属函数值及综合评价结果

苹果砧木	高磷		中磷		低磷	
	平均隶属值	排序	平均隶属值	排序	平均隶属值	排序
黄果三叶海棠	0.55	4	0.40	8	0.39	10
垂丝海棠	0.63	2	0.50	5	0.48	5
青砧 2 号	0.45	7	0.49	6	0.57	2
毛山荆子	0.64	1	0.85	1	0.39	9
青砧 1 号	0.35	9	0.45	7	0.40	8
湖北海棠	0.48	6	0.55	3	0.46	6
八棱海棠	0.38	8	0.06	12	0.28	11
平邑甜茶	0.32	10	0.54	4	0.71	1
红果三叶海棠	0.49	5	0.38	10	0.41	7
花红	0.59	3	0.68	2	0.57	3
丽江山荆子	0.15	12	0.44	9	0.12	12
西府海棠	0.27	11	0.35	11	0.55	4

2.6 生理指标间相关性分析

对不同供磷水平下 12 种苹果砧木叶绿素、丙二醛、脯氨酸含量及酸性磷酸酶活性 4 个指标之间进行相关性分析结果(表 6)表明,不同供磷水平下不同苹果砧木叶绿素含量和酸性磷酸酶活性之间相关系数最高,为 0.93;叶绿素含量、丙二醛含量及酸性磷酸酶活性 3 个指标间显著正相关,而脯氨酸含量与其他 3 个指标间相关性较低。

表 6 4 个生理指标间的相关性

指标	相关系数			
	叶绿素含量	丙二醛含量	游离脯氨酸含量	酸性磷酸酶活性
叶绿素含量	1.00			
丙二醛含量	0.91 *	1.00		
游离脯氨酸含量	0.19	0.26	1.00	
酸性磷酸酶活性	0.93 *	0.72 *	0.26	1.00

注:“*”表示显著相关($P < 0.05$)。

3 讨论

磷素是植物生长发育的必需元素之一。本试验结果表明,供磷水平对黄果三叶海棠、毛山荆子、青砧 1 号、八棱海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木叶片叶绿素含量的影响不显著,其他苹果砧木在高磷或低磷时叶绿素含量降低;供磷水平对黄果三叶海棠、青砧 2 号、湖北海棠、平邑甜茶、红果三叶海棠和花红等苹果砧木叶片丙二醛含量影响不显著,其他苹果砧木在高磷或低磷时丙二醛含量多为升高,这可能是由于不同苹果砧木叶片叶绿素和丙二醛含量受供磷水平影响的时段不同。大多苹果砧木叶片在高磷或低磷时脯氨酸含量升高,对磷元素较敏感。而本试验中苹果砧木叶片多在高磷或低磷时酸性磷酸酶活性下降;仅八棱海棠、平邑甜茶和西府海棠 3 种苹果砧木酸性磷酸酶活性随着供磷水平的下降而增强,与樊卫国等的结论^[6]一致,可能和测定样品差异有关。

不同供磷水平对苹果砧木生理特性的影响,是苹果砧木对不同磷浓度适应性强弱反映。隶属函数分析结果显示,毛山荆子在高磷和中磷时均排在第 1 位,对高供磷水平不敏感,在正常条件下是生长较好的苹果砧木;低磷时平邑甜茶排在第 1 位,且本试验中平邑甜茶在低磷时酸性磷酸酶活性显著较高,与季萌萌等报道的平邑甜茶根系发达,磷酸根离子亲和性高,相对磷效率和磷吸收效率仅次于富平楸子结论^[4]相一致,证实了平邑甜茶是比较耐低磷胁迫的苹果砧木,为今后进一步研究平邑甜茶耐低磷的分子机制和其作为耐低磷苹果砧木加以利用提供了依据。垂丝海棠和花红这 2 种苹果砧木在不同供磷水平下排序都排在前几位,可能对磷素敏感性较低。

磷在果树光合作用过程中具有重要作用。叶绿体是细胞对磷最敏感的细胞器,不同供磷水平影响叶绿素含量^[16],丙二醛含量是抗性生理研究中最重要指标之一;脯氨酸积累是许多植物受到逆境胁迫的一种信号^[17];酸性磷酸酶是植物中活性高、分布广的一种诱导酶,其活性受植物供磷水平影响,在植物磷代谢中起重要作用^[18]。综合考虑后选用这几个生理生化指标开展本次研究并对试验数据进行相关性分析,研究结果显示,叶绿素、丙二醛含量以及酸性磷酸酶活性这 3 个指标间显著相关,可作为今后研究苹果砧木磷胁迫响应的评价指标。

参考文献:

[1] van de Wiel C C M, van der Linden C G, Scholten O E, et al. Improving phosphorus use efficiency in agriculture: opportunities for breeding[J]. Euphytica, 2016, 207(1): 1-22.

[2] 马振强, 贾明方, 王金欢, 等. 磷肥追施时期对‘摩尔多瓦’葡萄磷素吸收利用的影响[J]. 果树学报, 2014, 31(5): 848-853.

[3] 范伟国, 杨洪强, 韩小娇. 低磷胁迫下平邑甜茶根构型与磷吸收特性的变化[J]. 园艺学报, 2007, 34(6): 1341-1346.

[4] 季萌萌, 许海港, 彭玲, 等. 低磷胁迫下五种苹果砧木的磷吸收与利用特性[J]. 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 974-980.

[5] Fernando C Z, Dirceu M, Pedro R F, et al. Efficiency of phosphorus uptake and utilization in citrus rootstocks[J]. Revista Brasileira de Ciênciã, 2012, 36(2): 485-496.

姜宗庆,李成忠,余 乐,等. 不同层积处理对薄壳山核桃种子发芽的调控效应[J]. 江苏农业科学,2018,46(18):150-152.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.18.037

不同层积处理对薄壳山核桃种子发芽的调控效应

姜宗庆¹, 李成忠¹, 余 乐¹, 汤庚国^{1,2}

(1. 江苏农牧科技职业学院,江苏泰州 225300; 2. 南京林业大学森林资源与环境学院,江苏南京 210037)

摘要:研究了不同层积处理对薄壳山核桃种子发芽的调控效应。研究发现,不同基质配比处理种子萌动率均高于对照,表现为基质 4 > 基质 2 > 基质 1 > 基质 3,种子萌动率分别为 44.8%、41.2%、40.5%、35.9%,对照河沙处理种子萌动率最低,仅为 32.5%。不同层积时间对薄壳山核桃种子萌动的影响存在差异,层积 30 d,种子没有萌动的迹象;层积 60 d,种子有 8.3% 开始萌动;层积 90 d,种子有 30.8% 开始萌动;层积 120 d 萌动种子达 45.2%。层积 30 d 处理,播种后发芽速度最慢,播种后 20 d 未见发芽,播种后 40 d 发芽率只达到 10.2%,烂种率最高,达 46.2%,播种后 60 d,好种率仍为 24.8%,说明层积时间不足,以致播种后部分好种子未能发芽;层积 120 d 处理,发芽速度最快,播种后 20 d 发芽率 38.2%,40 d 发芽率达到 53.9%,好种率为 0。播种后 0~20 d,薄壳山核桃种子内的可溶性糖含量缓慢下降,之后可溶性糖含量急剧下降直至播种后 40 d,播种后 50~60 d,可溶性糖含量下降缓慢。可溶性蛋白含量从播种开始到播种后 20 d 下降缓慢,播种后 20~40 d,可溶性蛋白含量下降幅度最大,播种后 50 d 可溶性糖含量逐渐上升。淀粉含量播种后 0~10 d 缓慢下降,播种后 10~40 d 淀粉含量下降幅度较大,播种后 50 d,淀粉含量的下降速度变缓。研究表明,泥炭:蛭石:珍珠岩=1:1:1 的基质配比在质量、吸湿性和透气性上具有优势,是较为理想的层积基质。层积 120 d 处理,种子萌动率最高,发芽速度最快。

关键词:层积处理;薄壳山核桃;种子;发芽

中图分类号: S664.043 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)18-0150-03

薄壳山核桃(*Carya illinoensis* K. Koch)为胡桃科山核桃属落叶乔木,别称长山核桃、美国山核桃。原产地为美国或墨西哥,我国将其作为一种多用途树种引进^[1-4]。薄壳山核桃的繁殖多以实生为主,方法简单,育苗快,在一定程度上保持了母树的部分性状,如结实早晚、核壳薄等。实生苗具有对环境适应性较强,但子代变异较大的特点。目前,国内对薄壳山

核桃种子萌发特性的研究较少且研究结果不尽一致^[5-9],笔者进行了薄壳山核桃播种繁殖试验,研究不同层积处理对薄壳山核桃播种繁殖及相关生理生化指标的调控效应,以期为薄壳山核桃播种繁殖技术的推广提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取种仁饱满、无霉变、无虫蛀和无损坏的薄壳山核桃种子供试。

1.2 试验方法

1.2.1 不同层积基质配比试验 试验于 2014—2015 年进

收稿日期:2017-03-27

基金项目:江苏省林业三新工程(编号:lysx[2016]30)。

作者简介:姜宗庆(1976—),男,江苏兴化人,博士,副教授,研究方向为植物品质生理。E-mail:wheatjzq@126.com。

[6]樊卫国,罗 燕. 不同磷水平下 4 种柑橘砧木的生长状况、根系形态和生理特性[J]. 中国农业科学,2015,48(3):534-545.

[7]樊卫国,康杏媛,范恩普,等. 贵州苹果属植物资源调查报告[J]. 贵州农学院学报,1990,9(1):93-98.

[8]班小重. 威宁、赫章两县苹果砧木资源类型调查报告[J]. 贵州农业科学,1991(5):53-56.

[9]樊卫国,王立新. 供磷水平对纽荷兰脐橙幼树磷酸酶活性和磷素吸收利用效率的影响[J]. 西南农业学报,2013,26(1):217-222.

[10]Gaume A, Machler F, León C D, et al. Low-P tolerance by maize (*Zea mays* L.) genotypes: significance of root growth, and organic acids and acid phosphatase root exudation[J]. Plant and Soil, 2001, 228(2):253-264.

[11]Lim J H, Chung I M, Ryu S S, et al. Differential responses of rice acid phosphatase activities and isoforms to phosphorus deprivation[J]. Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 2003, 36(6):

597-602.

[12]黄 宇,张海伟,徐芳森. 植物酸性磷酸酶的研究进展[J]. 华中农业大学学报,2008,27(1):148-154.

[13]高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.

[14]张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 中国台北:艺轩图书出版社,2009.

[15]解贝贝,戴洪义,张玉刚,等. 苹果砧木资源果实品质的评价[J]. 落叶果树,2013,45(6):4-6.

[16]刘建福. 磷胁迫对澳洲坚果幼苗叶片光合作用的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2007,32(2):45-48.

[17]朱 虹,祖元刚,王文杰,等. 逆境胁迫条件下脯氨酸对植物生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2009,37(4):86-89.

[18]陈永亮,李修岭,周晓燕. 低磷胁迫对落叶松幼苗生长及根系酸性磷酸酶活性的影响[J]. 北京林业大学学报,2006,28(6):46-50.