

doi:10.11937/bfy.20171760

核桃花粉萌发适宜培养基的筛选

赵爽¹, 苏彦苹², 李寒^{1,3}, 张雪梅^{1,3}, 范舒畅¹, 齐国辉^{1,3}

(1. 河北农业大学 林学院, 河北 保定 071000; 2. 廊坊师范学院 生命科学学院, 河北 廊坊 065000;
3. 河北省核桃工程技术研究中心, 河北 临城 054300)

摘要:以早实核桃品种“绿岭”和“绿波”花粉为试材,采用离体培养方法,研究了培养基中不同比例蔗糖、硼酸、氯化钙对花粉萌发的影响,以明确核桃花粉萌发的适宜条件,为核桃花粉萌发找到适宜的培养基提供参考依据。结果表明:“绿岭”和“绿波”核桃花粉在蔗糖浓度为 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的发芽率最高,分别为 48.09% 和 57.23%;“绿岭”和“绿波”花粉萌发最适宜的硼酸浓度分别为 0.10 、 $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; 2 个品种的花粉萌发最适宜的氯化钙浓度为 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。适宜“绿岭”核桃花粉萌发的最佳培养基为蔗糖 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸 $0.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,在此培养基下“绿岭”核桃花粉萌发率达到 61.06%;适宜“绿波”核桃花粉萌发的最佳培养基为蔗糖 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸 $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,在此培养基下“绿波”核桃花粉萌发率为 72.71%。

关键词:核桃;花粉;培养基

中图分类号:S 664.103.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0042-06

核桃(*Juglans regia* L.)是四大干果之一,享有“长寿果”的美誉,是理想的滋补食品。核桃仁含有丰富的营养物质,对人体健康十分有益,可强健大脑。因核桃具有极高的营养价值、医疗保健价值和生态价值,我国政府十分重视核桃产业的发展,已将核桃列为六大战略经济树种之一。核桃为雌雄同株异花的树种,雄花为柔荑花序,花粉数量大,但核桃多数品种的雌雄花期不同,导致同一品种核桃雌雄花期不遇,不能互相授粉,如果园内只有一个核桃园,则核桃坐果率低,异花授粉坐果率较高^[1]。因此为提高核桃坐果率,在生产上一般采用人工授粉提高核桃的坐果率,进而提高

核桃产量^[2]。花粉生活力强弱是提高人工授粉成功率的关键^[3],检测花粉活力是获得高质量花粉的技术保障,花粉离体萌发试验可以有效的检测花粉活力^[4]。影响花粉萌发的因素除温度、湿度外,与培养基的组成密切相关,尤其是培养基中的矿物质、糖类、硼酸等。近年来,有研究者^[5-7]对早实核桃、美国山核桃、新疆核桃等核桃品种花粉适宜萌发的培养基进行了报道研究,结果表明,固体培养基较液体培养基更适合核桃花粉的萌发。但不同的品种在蔗糖、硼酸和矿质元素等物质的应用浓度上仍有一定的差异。

该试验以早实核桃品种“绿岭”和“绿波”花粉为试验材料,采用花粉离体培养的方法,研究了固体培养基中不同比例蔗糖、硼酸、氯化钙对花粉萌发的影响,以期核桃花粉萌发试验及核桃人工授粉及杂交育种等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于河北省临城县河北绿岭果业有限

第一作者简介:赵爽(1990-),女,博士研究生,研究方向为经济林栽培生理。E-mail:zhaoshuang0823@sina.com.

责任作者:齐国辉(1969-),女,博士,教授,现主要从事经济林栽培教学及科研工作。E-mail:bdqgh@sina.com.

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2013BAD14B03);河北省科技支撑计划资助项目(16236810D)。

收稿日期:2017-07-14

公司示范园,该基地位于临城县城北 6 km 处,海拔 80~135 m,土壤母质为洪积、冲积及岩石的残坡积物,类别为褐土,土层厚度多在 40~100 cm,且砾石较多。坡度较缓,多在 10°以下,pH 为 7.7~7.9,有机质含量为 4.0 g·kg⁻¹。年均日照 2 653 h,年平均气温 13 °C,极端最高气温 41.8 °C,极端最低气温-23 °C,无霜期 202 d,年均降水量 521 mm。

1.2 试验材料

供试早实核桃品种为“绿岭”“绿波”,均为 10 年生盛果期树。当雄花序达到该品种固有长度,小花开始分离,花药变黄但未散粉时,采集该品种核桃雄花花序,放入硫酸纸袋中迅速带回实验室,将采集的雄花花序按品种分别摊放在硫酸纸上,

在室内自然晾晒 24 h 左右,抖出花粉,收集新鲜花粉,备用。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计

采用固体培养基对收集到的新鲜花粉进行发芽试验。培养基中的蔗糖、硼酸、氯化钙设 3 个水平,分别为蔗糖 160、200、240 g·L⁻¹,硼酸 0.07、0.10、0.13 g·L⁻¹,氯化钙 0.10、0.15、0.20 g·L⁻¹,采用随机区组试验设计,共 27 个处理(表 1),每处理重复 5 次。调整培养基 pH 为 5.5,随后在培养基中加入琼脂 6.5 g·L⁻¹,煮沸,121 °C 灭菌 20 min 后在无菌台上倒入灭菌的培养皿中。

表 1 核桃花粉萌发培养基配方

处理号 Treatment numbers	蔗糖浓度 Sucrose concentration	硼酸浓度 Boric acid concentration	氯化钙浓度 Calcium chloride concentration	处理号 Treatment numbers	蔗糖浓度 Sucrose concentration	硼酸浓度 Boric acid concentration	氯化钙浓度 Calcium chloride concentration	处理号 Treatment numbers	蔗糖浓度 Sucrose concentration	硼酸浓度 Boric acid concentration	氯化钙浓度 Calcium chloride concentration
1	160	0.07	0.10	10	200	0.07	0.10	19	240	0.07	0.10
2	160	0.07	0.15	11	200	0.07	0.15	20	240	0.07	0.15
3	160	0.07	0.20	12	200	0.07	0.20	21	240	0.07	0.20
4	160	0.10	0.10	13	200	0.10	0.10	22	240	0.10	0.10
5	160	0.10	0.15	14	200	0.10	0.15	23	240	0.10	0.15
6	160	0.10	0.20	15	200	0.10	0.20	24	240	0.10	0.20
7	160	0.13	0.10	16	200	0.13	0.10	25	240	0.13	0.10
8	160	0.13	0.15	17	200	0.13	0.15	26	240	0.13	0.15
9	160	0.13	0.20	18	200	0.13	0.15	27	240	0.13	0.20

1.3.2 花粉培养

培养基凝固后,用棉签蘸取花粉尽量均匀播撒在培养基上,用封口膜封口,放入培养箱中黑暗、恒温 25 °C 条件下培养 24 h。

1.3.3 花粉发芽率观察

花粉培养 24 h 后在光学显微镜下观察。每培养基中随机选取 10 个左右不重复的视野,每个视野花粉不少于 50 个进行观察,花粉管长度大于花粉粒直径的视为萌发花粉。对视野进行拍照并计算花粉发芽率。花粉发芽率(%)=发芽的花粉数/花粉总数×100。

1.4 数据分析

数据采用 DPS 软件进行 Duncan 新复极差法

方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同蔗糖浓度对花粉萌发的影响

由表 2 可知,随着培养基蔗糖浓度的增加,核桃花粉发芽率迅速下降。蔗糖浓度为 160 g·L⁻¹时,2 个品种花粉的平均发芽率最高,分别为 48.09%和 57.23%;蔗糖浓度为 200 g·L⁻¹时的花粉发芽率低于 160 g·L⁻¹处理;当培养基中的蔗糖浓度达 240 g·L⁻¹时,2 个品种花粉发芽率均降为 0%。“绿岭”花粉在蔗糖浓度为 160、200 g·L⁻¹的培养基中的发芽率与蔗糖浓度为 240 g·L⁻¹的培养基花粉发芽率存在极显著差异;“绿波”花粉在

3个蔗糖浓度的培养基中花粉发芽率均存在极显著差异。由此可知,在蔗糖浓度为 $160\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 适宜核桃的花粉发芽。

表2 不同蔗糖浓度下核桃花粉发芽率

Table 2 Pollen germination rates of walnut on different sucrose concentrations %

品种 Varieties	蔗糖浓度 Sucrose concentration/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)		
	160	200	240
“绿岭”‘Lyuling’	48.09±3.48A	46.81±2.57A	0±0.00B
“绿波”‘Lyubo’	57.23±3.04A	48.94±2.32B	0±0.00C

注:同行不同大写字母表示0.01差异水平,不同小写字母代表0.05差异水平,下同。

Note: Different capital letters in same row indicate significant difference at 0.01 level, and the lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same as below.

2.2 不同硼酸浓度对花粉萌发的影响

由表3可以看出,随着培养基中硼酸浓度的增加,“绿岭”核桃花粉发芽先上升后下降,以硼酸浓度为 $0.10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的培养基中花粉发芽率最高,为35.18%;“绿波”核桃花粉发芽率随着培养基硼酸浓度的增加而呈下降趋势,以硼酸浓度为 $0.07\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的培养基中花粉发芽率最高,为36.54%。该试验中发现2个核桃品种在各硼酸浓度的培养基中花粉发芽率均无显著差异,可能与硼酸浓度较低有关。

表3 不同硼酸浓度下核桃花粉发芽率

Table 3 Pollen germination rates of walnut on different boric acid concentration %

品种 Varieties	硼酸浓度 Boric acid concentration/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)		
	0.07	0.10	0.13
“绿岭”‘Lyuling’	31.48±3.29	35.18±3.93	30.32±2.43
“绿波”‘Lyubo’	36.54±3.54	35.23±2.97	34.40±1.06

2.3 不同氯化钙浓度对花粉萌发的影响

由表4可知,随着培养基氯化钙浓度的增加,2个品种核桃花粉发芽率均呈先下降再上升的趋势,以 $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氯化钙浓度花粉发芽率最高,此浓度下2个核桃品种花粉的平均发芽率分别为34.56%和40.19%。其中,“绿岭”核桃花粉在各氯化钙浓度的培养基中花粉发芽率均无显著差异,“绿波”核桃花粉在氯化钙浓度为 $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时的发芽率极显著大于氯化钙浓度为 $0.15\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

表4 不同氯化钙浓度下核桃花粉发芽率

Table 4 Pollen germination rates of walnut on different calcium chloride concentrations %

品种 Varieties	氯化钙浓度 Calcium chloride concentration/($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)		
	0.10	0.15	0.20
“绿岭”‘Lyuling’	31.32±1.04Aa	29.09±2.56Aa	34.56±1.10Aa
“绿波”‘Lyubo’	35.36±0.98AB	30.62±3.86B	40.19±2.28A

表5 不同培养基的花粉发芽率

Table 5 Pollen germination rates on different mediums %

处理号 Treatment numbers	“绿岭” ‘Lyuling’		处理号 Treatment numbers	“绿波” ‘Lyubo’	
	“绿岭” ‘Lyuling’	“绿波” ‘Lyubo’		“绿岭” ‘Lyuling’	“绿波” ‘Lyubo’
1	41.86±2.85DEFdef	60.63±2.56BCDbed	15	54.18±5.91Aa	59.28±2.67BCbc
2	36.24±5.33EFf	44.95±1.69Gi	16	49.05±4.37ABCDEbed	50.88±2.55DEFGfghi
3	59.84±5.79ABa	72.71±3.06Aa	17	34.84±5.74Ff	34.15±2.90Hj
4	56.26±4.18ABCab	59.57±3.27BCDEcde	18	40.77±2.52ABCab	51.89±2.36CDEFGfghi
5	47.37±3.67BCDEFbcde	47.90±4.61FGghi	19	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
6	61.06±5.91Aa	56.67±3.86BCDEFdef	20	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
7	38.05±2.63EFef	50.00±4.33EFGghi	21	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
8	56.38±4.18ABCab	54.73±3.33CDEFGdefg	22	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
9	35.80±2.44EFf	67.91±5.53ABab	23	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
10	43.01±2.23CDEFcdef	51.73±2.30CDEFGefghi	24	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
11	42.31±2.98DEFdef	45.62±3.82Ghi	25	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
12	59.41±3.31ABa	53.23±4.48CDEFGdefgh	26	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
13	53.04±6.93ABCDabc	45.45±3.00Ghi	27	0.00±0.00Gg	0.00±0.00Ik
14	44.69±4.45CDEFcdef	48.20±3.84Ghi			

注:同列不同大写字母表示0.01差异水平,不同小写字母代表0.05差异水平。

Note: Different capital letters in same column indicate significant difference at 0.01 level, and the lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level.

2.4 不同培养基对花粉发芽率的影响

由表 5 可知,不同培养基中的花粉发芽率存在一定的差异。其中,“绿岭”核桃的花粉发芽率以处理 6 最高,即蔗糖浓度 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,在该培养基中核桃花粉发芽率为 61.06%;处理 3 与处理 6“绿岭”核桃的花粉发芽率间无显著差异,即蔗糖浓度 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,在该培养基中“绿岭”核桃花粉发芽率为 59.84%。“绿波”核桃的花粉发芽率以处理 3 最高,即蔗糖浓度 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,花粉发芽率为 72.71%;其次是处理 9,即蔗糖浓度 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.13 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,在该培养基中“绿波”核桃的花粉发芽率为 67.91%,与处理 3 无显著差异。在 5% 显著水平下,“绿岭”核桃花粉发芽率在处理 3、4、6、8、12、13、15、18 间差异不显著,处理 1、2、7、9、10、11、14、17 间差异不显著;“绿波”核桃花粉发芽率在处理 2、5、7、10、11、13、14、16、17、18 间差异不显著。处理 19~27 的花粉发芽率均为 0.00%,即蔗糖含量为 $240 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的培养基对核桃的花粉发芽有抑制作用。

3 结论与讨论

常用的花粉活力检测方法有染色法、离体培养法和体内萌发法。染色法只能反映花粉的代谢情况或营养物质含量,且颜色判断误差较大,只是对花粉生活力的间接检测,并不能直接准确地表现花粉的实际萌发率。花粉离体萌发法提供的条件与花粉在柱头萌发的条件更为接近,是检测花粉生活力最可靠的方法。对花粉进行离体培养时,培养基的成分组成起重要的作用。培养基又分为液体培养基和固体培养基 2 种类型,在对核桃花粉进行培养时,不同品种的花粉适宜的培养基也不同。齐国辉等^[5]采用液体培养基对不同核桃品种花粉萌发率进行了测定,结果表明不同核桃品种的花粉萌发率在 5% 以下,而朱雪晨等^[8]采用液体培养基对美国山核桃的花粉萌发率进行测定的结果表明,花粉的萌发率最高可达 70%。吴开志等^[9]采用固体培养基对云新核桃花粉进行培养的结果表明,不同配比的培养基中的花粉萌

发率在 0%~45%。该试验结果表明,在不同配比的固体培养基中,核桃花粉萌发率最高可达 72%,相对前人的研究结果,花粉的萌发率明显较高。可能是因为:1)该试验中采用的是新鲜花粉为试材,花粉没有经过贮藏,没有营养物质的流失,花粉生活力强;2)采用的是固体培养基,相较于液体培养基的透气性较好,有利于核桃花粉萌发。3)培养基配比合理,适宜核桃花粉的萌发。

培养基中蔗糖浓度对花粉萌发有一定的影响,蔗糖对花粉萌发和花粉管生长具有极其重要的作用。蔗糖是花粉粒萌发和花粉管壁合成的主要营养物质^[10],是许多植物花粉离体培养所必需的重要成分,它能为花粉萌发和花粉管生长提供营养,同时又是参与花粉代谢与跨膜运输的碳源,在培养过程中不断被消耗,以保持培养基的物理、化学稳定性^[11]。当外界糖浓度低于花粉内部的渗透压时,花粉壁破裂,内容物析出,而蔗糖浓度高时,又会造成花粉的质壁分离从而抑制花粉的萌发。该研究结果表明,在蔗糖浓度为 $160 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时最适宜核桃的花粉萌发,当蔗糖浓度为 $240 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时的花粉发芽率为 0.00%。这与吴开志等^[9]对云新核桃和朱雪晨等^[8]对美国山核桃的研究结果不同,可能与核桃品种不同有关。

硼酸能够增加花粉对糖的吸收、运转和代谢^[12],形成糖-硼酸复合体,增加氧的吸收并促进果胶物质的合成,从而促进花粉萌发和花粉管生长。在花粉萌发过程中,硼的缺失不仅会造成花粉管生长缓慢甚至于停滞。在核桃花粉离体培养的条件下,在培养基中添加一定量的硼酸可提高花粉的萌发率和花粉管的长度^[13]。不同植物种类花粉萌发和花粉管生长所需的最适硼浓度是不同的,如腊梅为 0.05%,梨为 0.01%^[14]。该试验结果表明,“绿岭”核桃花粉萌发最适宜的硼酸浓度为 $0.10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ，“绿波”品种花粉萌发最适宜的硼酸浓度为 $0.07 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在实际生产中,花期可以采用喷施含硼的花粉营养液来辅助核桃受精坐果。但花期喷硼的适宜质量浓度应根据环境、树龄、品种等因素经试验而定。

钙是花粉萌发和花粉管生长必不可少的,花粉离体培养中,钙离子可通过多种途径影响花粉萌发和花粉管的生长,其中涉及细胞骨架的生长、分泌小泡的运输和融合、花粉管顶端脉冲式生长、花粉管生长方向调控等各个方面^[15]。

花粉管的顶端生长需要精确的游离钙离子的平衡,打破平衡钙离子就会受到抑制^[16]。该试验结果表明2种品种花粉萌发最适宜的氯化钙浓度均为 $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,这个浓度高于LUZA等^[17]的报道。

碳源、硼和钙3个因素均影响核桃花粉的萌发率,3种因素缺一不可,任何一种因素均不能成为花粉萌发率的决定性因素。该试验通过随机区组试验设计对核桃花粉萌发适宜的培养基进行了筛选。试验结果表明,培养基中蔗糖浓度对核桃花粉萌发起主导作用,结合试验中的花粉萌发率和花粉管生长状况的观察统计,可以初步选出较为适宜的培养基,蔗糖浓度 $160\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,适宜“绿岭”核桃花粉的萌发;蔗糖浓度 $160\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、硼酸浓度 $0.07\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 、氯化钙浓度 $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 是“绿波”的最适培养基。除此之外,花粉的萌发还受外界一些其它因素的影响。例如pH、温度、光照等的影响也会对花粉萌发造成影响^[15];关于其它因素对核桃花粉萌发的影响还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 张玉星. 果树栽培学各论(北方本)[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2003.
 [2] 李保国,齐国辉. 核桃优良品种及无公害栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2008.
 [3] 冯连芬,吕芳德,张亚萍,等. 我国核桃育种及其栽培技术研究进展[J]. 经济林研究,2006,24(2):69-73.

- [4] 武冲,唐树梅,张勇,等. 植物花粉培养研究进展[J]. 农业基础科学,2008,24(11):146-149.
 [5] 齐国辉,张景兰,郭军,等. 不同核桃品种花粉生活力的比较研究[J]. 河北林果研究,2007,22(1):54-55,61.
 [6] 张瑞,李洋,梁有旺,等. 薄壳山核桃花粉离体萌发和花粉管生长特性研究[J]. 西北植物学报,2013,33(9):1916-1922.
 [7] 王艳,金强,冯一峰,等. 新疆早实核桃花粉离体培养基的筛选[J]. 塔里木大学学报,2015,27(2):28-33.
 [8] 朱雪晨,王改萍,彭方仁. 不同美国山核桃品种花粉萌发与活力研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(4):1-6.
 [9] 吴开志,肖千文,廖运洪. 核桃花粉离体萌发的培养基研究[J]. 果树学报,2008,25(6):941-945.
 [10] FEI S, NELSON E. Estimation of pollen viability, shedding pattern, and longevity of creeping bentgrass on Artificial media[J]. Crop Science,2003,43(6):2177-2181.
 [11] 张佩霞,于波,陈金峰,等. 金花茶花粉离体萌发及低温处理探究[J]. 西部林业科学,2016,45(2):94-97.
 [12] 陈文涛,袁德义,张日清,等. 硼及植物生长调节剂对枣花粉萌发的影响[J]. 江西农业大学学报,2013,35(3):496-501.
 [13] 张绍玲,陈迪新,康琅,等. 培养基组分及pH值对梨花粉萌发和花粉管生长的影响[J]. 西北植物学报,2005,25(2):205-230.
 [14] 曾丽霞,艾应伟. 硼对花粉生物化学功能影响的研究进展[J]. 中国土壤与肥料,2008(3):9-11.
 [15] 龚双姣,马陶武,刘强. 培养基组分及培养条件对蜡梅花粉萌发及花粉管的生长[J]. 西北植物学报,2012,32(6):254-260.
 [16] DIGONNET C, ALDON D, LEDYC N, et al. First evidence of a calcium transient in following plants at fertilization[J]. Development,1997,124(15):2867-2874.
 [17] LUZA J G, POLITO V S. *In vitro* germination and storage of English walnut pollen[J]. Scientia Horticulture, 1985(27):303-316.

Screening of Optimum Medium for Pollen Germination of Walnut

ZHAO Shuang¹, SU Yanping², LI Han^{1,3}, ZHANG Xuemei^{1,3}, FAN Shuchang¹, QI Guohui^{1,3}

(1. College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding, Hebei 071000; 2. College of Life Science, Langfang Teachers University, Langfang, Hebei 065000; 3. Research Center for Walnut Engineering and Technology of Hebei, Lincheng, Hebei 054300)

Abstract: Pollens of precocious walnut varieties ‘Lyuling’ and ‘Lyubo’ were used by culture method *in vitro* to study the effects of different proportion of sucrose, in order to determine the appropriate condition for walnut pollen germination and find out optimum medium, boric acid, calcium chloride on pollen germination. The results showed that the pollen germination rates of ‘Lyuling’ and ‘Lyubo’ on the medium with sucrose concentration of $160\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ were the highest, which were 57.23% and 48.09%, respectively. The optimum boric acid concentrations for pollen germination of ‘Lyuling’ and ‘Lyubo’ were $0.10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ and $0.07\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$; the optimum calcium chloride concentration for pollen germination of the two varieties was $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$; the optimum medium for ‘Lyuling’ walnut pollen germination was as follows, $160\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ sucrose, $0.10\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ boric acid, $0.20\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ calcium chloride,

doi:10.11937/bfyy.20171937

影响石榴籽硬度相关因素的分析

张立华, 朱晓梅, 徐加喜, 吕 慧

(枣庄学院 生命科学学院, 山东 枣庄 277160)

摘 要:以 9 个代表性石榴品种为试材, 分别采用氧化还原滴定法、称重法及游标卡尺测量法测定了石榴种皮纤维素、木质素含量和种皮厚度, 使用硬度计测定籽粒的硬度, 并分析了 3 种指标与石榴籽硬度之间的皮尔森相关系数, 以探讨石榴籽硬度的影响因素, 为石榴资源开发利用及石榴品种选育提供参考。结果表明: 不同石榴品种之间籽粒硬度、种皮纤维素、木质素含量及种皮厚度存在着一定差异; 籽粒硬度与种皮纤维素、木质素含量及种皮厚度均呈正相关, 相关系数分别为 0.936、0.965 和 0.994, 其中种皮厚度与硬度的相关性最显著, 其次是木质素含量和纤维素含量; 表明石榴籽粒硬度受种皮纤维素、木质素含量以及厚度等多种因素影响, 其中种皮厚度是最重要的影响因素。

关键词:石榴; 籽粒硬度; 纤维素; 木质素; 种皮厚度

中图分类号:S 665.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)23-0047-05

石榴(*Punica granatum* L.)属石榴科石榴属落叶灌木或小乔木, 果实酸甜可口, 含有丰富的天然活性物质, 具有较高的保健价值^[1]。石榴的食用品质受多方面因素影响, 其中石榴籽粒的硬度是影响石榴食用品质的重要指标。硬籽石榴给食用带来不便, 研究者对石榴籽粒硬度的相关研究越来越关注, 尤其石榴籽粒硬度形成的影响因素和软籽石榴的选育方面。汪小飞等^[2]采用硬度计分析了国内 36 个石榴品种的籽粒硬度, 硬度在 2.9~4.6 kg·cm⁻², 品种间籽粒硬度差异显著;

薛辉^[3]研究了不同肥料对“突尼斯”软籽石榴籽粒硬度的影响, 发现多施磷肥可以明显降低石榴种子的硬度; 陆丽娟等^[4]研究发现同一植株不同方位的果实籽粒硬度不同, 树冠北面和内堂的果实种子较软, 南面和西南面较硬, 东面居中; 薛辉等^[5]还研究了“豫大籽”和“突尼斯”2 个石榴品种在不同发育时期种皮木质素含量与硬度的关系, 认为种子硬度与木质素含量呈正相关; 张水明等^[6]通过分析 6 个品种的石榴籽粒硬度与种子总木质素含量的关系, 也得出相同的结论, 说明石榴籽粒硬度可能受到多种因素的影响。

石榴的内种皮(硬的种壳部分)由石细胞组成, 主要成分是纤维素、半纤维素和木质素, 现有研究表明木质素含量与籽粒硬度呈正相关性^[5-6], 纤维素含量和种皮厚度对籽粒硬度的影响, 以及影响程度是否相同, 这些问题尚鲜见报道。该

第一作者简介:张立华(1968-), 男, 山东枣庄人, 博士, 教授, 研究方向为植物资源开发及采后生理。E-mail: chinazhanglh@163.com.

基金项目:山东省重点研发计划资助项目(2016GSF202010); 国家大学生创新创业训练资助项目(201610904052)。

收稿日期:2017-07-13

and the pollen germination rate of 'Lyuling' walnut on this medium reached 61.06%; the optimum medium for 'Lyubo' walnut pollen germination was as follows, 160 g·L⁻¹ sucrose, 0.07 g·L⁻¹ boric acid, 0.20 g·L⁻¹ calcium chloride, and the pollen germination rate of 'Lyubo' walnut on this medium reached 72.71%.

Keywords: walnut; pollen; medium