

梨不同品种花粉生活力测定及授粉特性研究

赵纪伟 李 莉 彭建营 许建锋 张玉星

(河北农业大学园艺学院, 保定 071001)

摘要: 以 19 个梨品种为试材, 用离体培养法测定在不同贮藏温度下花粉生活力, 并调查 6 个杂交组合和 15 个梨品种自交的结实特性。结果表明, 在培养基中加入硼酸和赤霉素可提高花粉生活力; 通过镜检发现大慈梨、八月红、黄金梨 3 个品种花粉败育; 在不同的贮藏条件下, 温度越低花粉发芽率下降越缓慢, 因此在低温条件下适合花粉长久贮藏; 在贮藏过程中, 均存在“短期被迫休眠现象”, 且随温度的降低被迫休眠恢复时间向后延伸。6 个杂交组合的花朵坐果率和花序坐果率平均值为 82.54% 和 94.82%, 与自然授粉没有明显差异, 因此金二十世纪可以作为鸭梨、雪花梨的授粉树, 雪花梨、鸭梨、红安久、红茄梨可以作为黄金梨的授粉树; 15 个梨品种自交结实率较低, 而大慈梨、八月红、黄金梨、秦丰、秀玉、新星、雪花梨、丰水 8 个品种不结实, 在生产上均需配置授粉树才能达到产量需求。

关键词: 梨; 花粉生活力; 授粉; 自花结实; 坐果率

Pollination Characteristics and Pollen Viability Test of Different Pear Cultivars

ZHAO Ji-wei, LI Li, PENG Jian-ying, XU Jian-feng, ZHANG Yu-xing

(College of Horticulture, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001)

Abstract: Determination on pollen viability of 19 pear cultivars in different storage temperatures were carried out by testing method of pollens cultured *in vitro*, pollination characteristics of 6 cross combinations and inbred of 15 pear cultivars were also studied. The results showed that addition of boric acid and gibberellin in culture medium can enhance pollen viability. It was found that Daci pear, Bayuehong, Whangkeumbae pear pollen abortion assayed under microscope. In different storage conditions, the lower of the temperature, the more slowly of the pollen germination rate dropped, lower temperature was suitable for long storage. During process of storage, the appearance of “compelled dormancy of short-term” was exist, and with lower temperature forced dormancy recovery time backward outspread. The average of fruit setting rate of flower and inflorescence of 6 cross combinations were 82.54% and 94.82%, and had no significant differences with open pollination. Gold-Nijisseiki could be used as pollination tree for Ya pear and Xuehua pear, also Xuehua pear, Ya pear, Red D'Anjou and Red clapp's favorite could be used as pollination tree for Whangkeumbae. The self-fertile rate of 15 pear cultivars were low, and 8 cultivars included Daci pear, Whangkeumbae, Qinfeng, Xiuyu, Sinsei, Xuehua pear and Housui had no self-fertile rate. In production, pollination tree were needed to achieve production demand.

Key words: Pear; Pollen viability; Pollination; Self-fertile; Fruit setting rate

梨是我国重要果树资源, 栽培历史悠久, 是重要的出口创汇果品^[1]。梨属于配子体型自交不亲和性果树, 绝大多数品种自花授粉不能结实或结实率

低^[2], 生产上为获得高产优质的果品, 需配置授粉树或进行人工辅助授粉。另外, 在杂交育种过程中, 经常会有花期不遇的问题。梨不同品种的花粉生活

收稿日期: 2011-02-24 修回日期: 2011-06-30

基金项目: 河北省科技厅项目(08230903D-4); 安梨资源的评价和选优研究(07220120); 唐山市科技局项目(08120204A-4)

作者简介: 赵纪伟, 在读硕士。研究方向: 果树种质资源和果实营养品质评价。E-mail: zhaojiwei 1983@126.com

通讯作者: 彭建营, 博士, 教授。研究方向: 果树种质资源和分子生物学。E-mail: pjy@hebau.edu.cn

力的测定、合适的花粉贮藏条件和授粉的特性研究是梨高产栽培和杂交育种工作的基础,有关梨花粉生活力方面的研究前人已有所报道^[3-5];对于梨花粉贮藏研究,汪玲等^[4]、朴永浩等^[5]研究认为温度是花粉贮藏的主要原因,干燥条件下,贮藏温度越低,花粉的生活力下降越缓慢,贮藏期越长。研究中所用梨品种较少或温度处理不全,有必要就不同梨品种花粉在不同贮藏温度下花粉活力变化做进一步研究,同时以黄金梨、鸭梨、红茄梨、雪花梨、红安久等梨品种为试材,观察自花授粉结实及异花授粉结实特性,以期为生产应用和理论研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试品种

试验在河北农业大学西校区梨种质资源圃进行,选择黄金梨、鸭梨、红茄梨、雪花梨、红安久等 19 个 8 年生供试品种,并选择生长势比较一致的植株为处理树。

1.2 方法

1.2.1 授粉组合 选配雪花梨×金二十世纪、鸭梨×金二十世纪、黄金梨×雪花梨、黄金梨×鸭梨、黄金梨×红安久、黄金梨×红茄梨共 6 个授粉组合,以及黄金梨、新高、红茄梨、雪花梨、红安久等 15 个自交组合。

1.2.2 花粉采集 在供试品种的初花期采集含苞待放的花朵带回实验室,用镊子拨开花瓣,轻轻取下花药,在 20℃ 下散粉,待花药完全散粉后分成 5 份,收集到指形管中,分别贴上标签,注明品种名称,1 份置于 4℃ 冰箱中用于授粉;其他 4 份分别放于室温、4℃ 冰箱、-20℃ 冰箱和超低温冰箱,用于测定花粉生活力。

1.2.3 花粉生活力测定 结合汪玲等^[4]和张绍铃等^[6]的方法,并稍做改动。将配好的培养基[10% 蔗糖、1% 琼脂、0.01% 硼酸、0.01% 赤霉素(GA_3)]倒入培养皿中,待培养基冷却后将花粉均匀地播在上面,放入 25℃ 恒温箱中培养 3h。在 10×4 倍的显微镜下统计花粉发芽率,以萌发出的花粉管长度超过花粉粒直径的为发芽,否则为未发芽,统计 100 粒以上,记录数据并计算萌发率。每个品种重复 3 次。

1.2.4 授粉方法 每个花序上留 2 朵发育正常的边花,除去雄蕊(自交授粉可不去雄),用带橡皮的

铅笔沾上花粉轻轻点在柱头上,然后套袋,挂上标签,注明结实品种和授粉品种;以母本株品种为对照,自然授粉,挂标签注明结实品种。每个处理授粉 80 个花序,160 朵花,重复 3 次。于授粉后 10d 除去纸袋,在生理落果期后进行统计,计算坐果率。

2 结果与分析

2.1 不同培养基对梨花粉发芽率影响

由表 1 可以看出,在培养基①(1% 琼脂 + 10% 蔗糖)中加入 0.01% 硼酸,5 种梨花粉的发芽率明显提高。若在培养基①中同时加入 0.01% 硼酸和 0.01% GA_3 ,其花粉发芽率更高,比培养基①平均提高 9.23%。说明硼酸、 GA_3 有利于花粉的萌发。

表 1 不同培养基对 5 个梨品种发芽率的影响

Table 1 Influence of different culture medium for germination rate of 5 pear cultivars (%)

品种 Cultivar	培养基 Culture medium		
	①	②	③
鸭梨	70.8b	76.0ab	80.2a
红茄梨	81.7b	85.0ab	87.3a
金二十世纪	83.5b	91.4a	94.1a
雪花梨	87.7b	90.6ab	94.6a
红安久	81.6b	86.6a	90.4a
平均值 Average	81.1	85.9	89.3

a 表示 0.05 水平差异显著性,下同。表 1、3、4、5 为横向差异性比较;表 2、6、7 为纵向差异性比较

a stands for significant difference at 0.05 level. The same as follows. Table 1, 3, 4, 5 is the difference of horizontal comparison. Table 2, 6, 7 is the difference of vertical comparison

①: 1% 琼脂 + 10% 蔗糖, ②: ① + 0.01% 硼酸, ③: ② + 0.01% GA_3

①: 1% Agar + 10% Sucrose, ②: ① + 0.01% Boric acid, ③: ② + 0.01% Gibberellin

2.2 不同梨品种花粉发芽率的比较

以 10% 蔗糖、1% 琼脂、0.01% 硼酸、0.01% 赤霉素为培养基,测定梨花粉发芽率,供试品种花粉发芽率较高,平均值为 67.8%,其中没有显著差异的 11 个品种发芽率平均值高达 89.6%;雪花梨发芽率最高,为 94.6% (表 2),新高发芽率最低,为 29.7%;大慈梨、八月红、黄金梨花粉败育,未发现花粉存在。

表 2 不同梨品种花粉发芽率的比较

Table 2 Comparison of pollen germination rate of different pear cultivars (%)

品种 Cultivar	发芽率 Germination rate	品种 Cultivar	发芽率 Germination rate	品种 Cultivar	发芽率 Germination rate
大慈梨	0	王子二十世纪	74. 6cd	爱甘水	48. 8e
八月红	0	金二十世纪	94. 1a	丰水	90. 5ab
黄金梨	0	秀玉	87. 4ab	茎梨	91. 9a
鸭梨	80. 2bed	新星	87. 5ab	红安久	90. 4ab
秦丰梨	85. 4abc	新雪	89. 6ab	5-6	87. 3ab
红茄梨	87. 3ab	寒红	69. 6d		
新高	29. 7f	雪花梨	94. 6a		

2.3 贮藏条件和贮藏时间对不同梨品种花粉发芽率的影响

2.3.1 室温贮藏下花粉发芽率的变化 从表 3 可以得知 ,在室温条件下随着贮藏时间延长 ,花粉发芽率迅速下降 ,下降最快的为茎梨 ,下降最慢的为红安久。新高、王子二十世纪、寒红、丰水 4 个品种(占

25%) 在贮藏 10d 内有先下降后升高的趋势。2 个月后 ,所有梨花粉均失去活力。从表中各列比较发现 ,16 个梨品种各自在不同时期差异性均达到显著水平。由此可见 ,室温保存花粉效果较差。如进行短时间(5 ~ 10d) 贮藏 ,其保存效果还是比较理想的。

表 3 室温贮藏对梨花粉发芽率的影响

Table 3 Influence of room temperature storage for pear pollen germination rate (%)

品种	贮藏时间(d) Storage time													
Cultivar	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
鸭梨	80. 2a	65. 1b	57. 2c	43. 5d	40. 5e	6. 7f	4. 0g	2. 3gh	0h					
秦丰	85. 4a	58. 7b	45. 8c	35. 6d	32. 0e	4. 8f	0. 7g	0g						
红茄梨	87. 3a	77. 6b	63. 0c	54. 8d	51. 8d	21. 7e	12. 8f	9. 3fg	6. 6g	1. 8h	0. 1h	0h		
新高	29. 7a	12. 60c	18. 2b	5. 0d	1. 9de	0e								
王子二十世纪	74. 6a	57. 2c	62. 7b	52. 2c	40. 2d	4. 8e	2. 2e	1. 7e	0e					
金二十世纪	94. 1a	44. 6b	9. 3c	6. 7cd	4. 6d	0e								
秀玉	87. 4a	61. 3b	53. 3c	36. 2d	25. 8e	2. 8f	0. 6f	0f						
新星	87. 5a	75. 0b	43. 3c	37. 9d	34. 4d	2. 6e	2. 1e	1. 4e	0. 6e	0e.				
新雪	89. 6a	82. 5b	53. 2c	39. 3d	36. 0d	3. 3e	2. 9e	2. 0e	0e					
寒红	69. 6a	26. 2c	37. 5b	23. 4cd	21. 2d	7. 9e	1. 0f	0. 9f	0f					
雪花梨	94. 6a	89. 0b	53. 3c	46. 8d	41. 2e	11. 8f	3. 6g	2. 1g	1. 1g	0ge				
爱甘水	48. 8a	26. 2b	23. 5b	18. 3c	11. 0d	2. 9e	0e							
丰水	90. 5a	72. 9c	78. 1b	71. 8c	63. 1d	5. 7e	3. 0ef	2. 4ef	0f					
茎梨	91. 9a	9. 7b	4. 5c	2. 2cd	1. 1d	0d								
红安久	90. 4a	84. 2b	84. 1b	75. 5c	51. 8d	35. 4e	11. 8f	9. 6f	3. 1g	3. 0g	1. 5g	0. 6g	0g	
5-6	87. 3a	57. 7b	40. 3c	39. 1c	35. 8d	7. 6e	0f							
平均值 Average	80. 6	56. 3	45. 5	36. 8	30. 8	7. 4	2. 8	2. 0	0. 7	0. 3	0. 1	0	0	

2.3.2 低温贮藏下花粉发芽率的变化 在 4℃ 和 - 20℃ 低温贮藏的花粉发芽率与保存前花粉相比 ,下降幅度均不大(表 4) ,下降最大的是茎梨。可见低温条件对梨花粉寿命的维持效应十分明显。在 4℃ 贮藏过程中有 13 个品种(占 81. 3%) 花粉活力

呈先下降后上升 ,下降到最低值集中在第 20 天和第 30 天; 在 - 20℃ 贮藏过程中有 15 个品种(占 93. 8%) 花粉活力呈先下降后上升 ,下降到最低值均在第 20 天。另外 ,在 60d 的贮藏期限中 4℃ 和 - 20℃ 条件下花粉发芽率无明显差异。

表 4 低温贮藏对梨花粉发芽率的影响

Table 4 Influence of low temperature storage for pear pollen germination rate

(%)

品种 Cultivar	4℃ 贮藏时间(d) 4℃ storage time						-20℃ 贮藏时间(d) -20℃ storage time					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
鸭梨	78.7a	71.7b	72.1b	75.6ab	73.2ab	71.8b	79.4a	57.8c	66.3b	68.3b	76.8a	75.2a
秦丰	82.8a	70.2c	37.2d	75.8b	79.9ab	77.9b	81.7ab	49.9c	79.0b	84.8a	83.6ab	82.3ab
红茄梨	85.8a	79.8b	84.8ab	83.9ab	83.0ab	81.7ab	61.5b	60.9b	86.0a	85.3a	84.7a	83.3a
新高	28.3a	27.5ab	26.4abc	25.4abc	24.2bc	23.3c	28.4a	27.6a	26.7a	26.1a	25.9a	25.1a
王子二十世纪	73.8a	72.3ab	64.9c	70.0abc	68.7abc	67.0bc	63.1b	49.7c	72.1a	71.1a	70.3a	68.4ab
金二十世纪	92.9a	72.3d	90.7ab	88.2bc	86.5c	84.6c	93.6a	55.8b	88.1a	92.7a	91.8a	89.6a
秀玉	86.5a	83.1a	69.3b	75.8b	73.5b	72.9b	86.3a	64.3d	78.8c	83.7ab	82.3bc	82.1bc
新星	84.9a	76.5b	84.8a	82.8a	81.2a	80.8a	66.4b	55.1c	87.1a	84.3a	83.2a	82.5a
新雪	88.8a	87.1ab	82.5abc	81.2bc	80.5c	78.8c	88.9a	64.8d	76.9c	84.2ab	83.4abc	81.9bc
寒红	67.0a	64.4ab	63.7ab	57.3cd	53.0d	61.2bc	68.1a	46.2b	67.9a	65.6a	63.1a	62.1a
雪花梨	93.2a	85.9bc	88.8b	87.4b	85.1bc	82.9c	55.0b	36.5c	92.3a	91.5a	91.1a	90.3a
爱甘水	27.6c	19.0d	42.0a	39.3ab	37.8b	36.0b	39.2a	30.6b	42.9a	45.2a	44.4a	44.0a
丰水	89.6a	88.5ab	87.3ab	86.4ab	85.9ab	84.2b	71.3b	61.3c	89.9a	88.2a	87.9a	86.4a
茎梨	83.5a	69.2b	56.6c	64.2b	50.9d	47.6d	66.3c	50.7d	88.0a	84.0a	76.1b	70.1c
红安久	89.5a	82.2b	60.7c	86.5ab	85.9ab	85.0ab	79.0b	77.5b	89.6a	89.3a	87.6a	86.7a
5-6	81.2a	62.8c	58.4c	73.3b	71.7b	70.2b	86.8a	76.9b	84.1a	82.6ab	81.1ab	80.8ab
平均值 Average	77.1	69.5	66.9	72.1	70.1	69.1	69.7	54.1	76.0	76.7	75.8	74.4

2.3.3 超低温贮藏下梨花粉发芽率的变化 在超低温贮藏下,花粉发芽率与保存前差异很小(表5),没有显著差异。同样,在超低温贮藏条件下有14个品种(占87.5%)出现先下降后升高的趋势,最低值集中在第15天和第30天。

2.4 异花授粉组合坐果率调查

从表6可以看出,分别以鸭梨、雪花梨、黄金梨为母本、以金二十世纪、雪花梨、鸭梨、红茄梨为父本的杂交组合中,花朵坐果率和花序坐果率平均值为82.5%、94.8%,花朵坐果率最低的是雪花梨×金二十世纪,为72.9%,最高的是黄金梨×红安久,为87.8%;以黄金梨为母本花朵坐果率要高于自然授粉的花朵坐果率,以金二十世纪为父本的花朵坐果率低于自然授粉花朵坐果率,6个组合与自然授粉花序坐果率基本没有显著差异,且都较高。

2.5 自花授粉品种坐果率调查

对15个梨品种自花授粉比较发现(表7),有8个品种自花不结实,占梨品种的53.3%,其中大慈梨、八月红、黄金梨3个品种由于花粉败育而不能自花结实;其他7个品种自花授粉可结果,坐果率最高的为茎梨。日本学者林真二^[7]研究指出:梨品种自

表 5 超低温贮藏对梨花粉发芽率的影响

Table 5 Influence of ultra low temperature storage for pear pollen germination rate (%)

品种 Cultivar	贮藏时间(d) Storage time			
	15	30	45	60
鸭梨	69.4b	79.5a	78.6a	77.6a
秦丰	70.0c	79.7b	84.8a	84.5a
红茄梨	86.4a	65.9b	86.2a	85.7a
新高	21.0b	29.1a	28.6a	27.4a
王子二十世纪	67.8b	69.5ab	73.4a	72.9a
金二十世纪	93.3a	90.3a	91.4a	92.9a
秀玉	70.6b	86.9a	86.4a	86.1a
新星	77.6b	86.7a	86.0a	85.5a
新雪	89.1a	88.6a	87.4a	86.6a
寒红	69.1a	57.9b	58.8b	68.0a
雪花梨	91.5a	93.2a	93.0a	92.5a
爱甘水	48.3a	37.3b	39.8b	47.9a
丰水	90.3a	85.1b	86.2ab	89.1ab
茎梨	88.4a	86.4ab	84.9b	80.8c
红安久	80.3b	84.5ab	89.8a	89.6a
5-6	86.4a	86.2a	85.7a	85.0a
平均值 Average	75.0	75.4	77.6	78.3

表 6 异花授粉坐果率

Table 6 Fruit setting rate of cross-pollination (%)

杂交组合 Cross combination	花朵坐果率 Fruit setting rate of flower	花序坐果率 Fruit setting rate of inflorescence
黄金梨 × 红安久	87.8a	98.0a
黄金梨 × 红茄梨	83.8a	94.2a
黄金梨 × 鸭梨	84.9a	92.9b
黄金梨 × 雪花梨	84.9a	97.0a
黄金梨自然授粉	80.1b	100.0a
鸭梨 × 金二十世纪	81.0a	90.5b
鸭梨自然授粉	81.9a	100.0a
雪花梨 × 金二十世纪	72.9b	94.0b
雪花梨自然授粉	90.1a	100.0a

表 7 自花授粉坐果率

Table 7 Fruit setting rate of self-pollination (%)

自交品种 Self-cross cultivar	花朵坐果率 Fruit setting rate of flower	花序坐果率 Fruit setting rate of inflorescence
大慈梨	0e	0c
八月红	0e	0c
黄金梨	0e	0c
鸭梨	4.9bc	7.3b
秦丰	0e	0c
红茄梨	8.3a	16.7a
王子二十世纪	1.0de	2.1c
金二十世纪	5.9abc	11.8ab
秀玉	0e	0c
新星	0e	0c
雪花梨	0e	0c
丰水	0e	0c
茎梨	7.4ab	14.8a
红安久	3.9cd	7.7b
5-6	4.7bc	7.1b

花结实率大于 20% 时,不需要配授粉树即可获得商业产量。由此可见,在 15 个自交授粉品种中自花结实率均低于 20%,不能满足生产需要。

3 讨论

3.1 梨的雄性不育特性

梨品种间花粉活力差异显著,甚至有些品种不具有花粉,表现为雄性不育^[8-10]。通过镜检发现大慈梨、八月红、黄金梨 3 个品种花粉败育。这一结果与

前人^[11-13]在黄金梨上的报道结果相一致,花粉败育的主要原因是在四分体分离后形成单核花粉细胞时期,绒毡层提前解体,花药维管束细胞木栓化,二者共同导致营养供应困难,致使花粉败育。而大慈梨、八月红的花粉败育现象未见报道,具体是何原因所致,尚不清楚,有待今后进行深入研究。上述 3 个品种在生产上不能作为授粉树配置。

3.2 贮藏过程中梨花粉生活力特性

对于大多数植物的花粉来说,温度、湿度、大气成分是贮藏条件的 3 个重要的因素^[14],其中温度的影响尤为重要。原因是低温可以降低花粉的呼吸强度和代谢速度,从而使花粉活力保持时间延长。在 4 种贮藏条件下,室温贮藏的花粉发芽率下降迅速,在 2 个月内全部失去活力,低温和超低温贮藏的花粉生活力下降缓慢,且温度越低,生活力下降速度越缓慢。

试验结果表明,在花粉贮藏过程中,随着贮藏时间的增加,花粉生活力并非呈直线下降趋势,而是在花粉贮藏的某个阶段,花粉生活力有明显先下降后上升的现象,即短期被迫休眠现象,这种现象在枣^[15]、猕猴桃^[16]、新疆野苹果^[17]、野生櫻桃李^[18]中已有报道。可能是由于在贮藏过程中花粉在低温条件下酶受到抑制,经过一定时间后测定,冷热交替刺激酶活性回复,致使发芽率升高,而室温贮存的花粉,未经过冷热交替,短期被迫休眠现象就少的多。具体原因有待进一步研究。

3.3 梨杂交和自交结实特性

在 6 个杂交组合中,坐果率平均值为 82.5%,远高于理论值(20%),而且父本花粉发芽率也较高,由此可见:在生产上金二十世纪可以作为鸭梨、雪花梨的授粉树;雪花梨、鸭梨、红安久、红茄梨可以作为黄金梨的授粉树。

梨绝大多数品种表现为配子体型自交不亲和性。对 15 个梨品种自交结实研究发现,自交授粉结实率较低,而多数品种不结实,在生产上需要配置授粉树才能达到经济产量。

参考文献

- [1] 曹玉芬,刘凤之,王昆,等.梨种质资源主要描述标准比较分析[J].植物遗传资源学报,2005,6(4):460-463
- [2] 胡昌炽.梨之不结实性第一、二报告[R].农林新报,1936:2
- [3] 姜雪婷,杜玉虎,张绍铃,等.梨 43 个品种花粉生活力及 4 种测定方法的比较[J].果树学报,2006,23(2):178-181
- [4] 汪玲,张绍铃.贮藏温度和湿度对丰水梨花粉生活力的影响[J].中国果树,2006(4):18-20

(下转 162 页)

色,并已作为治疗糖尿病的新药进行开发^[19-20]。有关南瓜果实中肌醇的积累规律和遗传机制尚待进一步研究。

参考文献

- [1] Oyeibiodun G L, Gabriel O F, Babatunde L F. Nutritional value of the fluted pumpkin(*Telfaria occidentalis*) [J]. J Agric Food Chemistry, 1983, 31: 898-992
- [2] Fahmim A T, Fattan E I. Effect of pumpkin seed oil on the level of free radical scavenger induced during adjuvant arthritis in rats [J]. Pharmacol Res, 1995, 31: 73-79, 52
- [3] 黄黎慧, 黄群, 于美娟. 南瓜的营养保健价值及产品开发生[J]. 现代食品科技, 2005, 21(3): 176-179
- [4] 卢运超, 黄兆峰. 南瓜粉冲剂的研制及临床应用[J]. 时珍国药研究, 1997, 8(3): 264-265
- [5] 白学敏, 张雪萍. 复方南瓜粉对糖尿病模型小鼠肾脏的保护作用[J]. 健康和医学, 2006, 25(7): 616-618
- [6] 李全宏, 田泽, 蔡同一. 南瓜提取物对糖尿病大鼠降糖效果研究[J]. 营养学报, 2003, 25(1): 35-37
- [7] Fu C L, Tian H J, Cai T Y, et al. Some properties of an acidic protein-bound polysaccharide from the fruit of pumpkin [J]. Food Chemistry, 2007, 100(3): 944-947
- [8] 熊学敏, 石扬. 南瓜多糖降糖有效部位的提取分离及降血糖作用的研究[J]. 中成药, 2000, 8(22): 563-565
- [9] 徐国华, 韩志红, 吴永方, 等. 南瓜多糖的抑制瘤作用及对红细胞免疫功能的影响[J]. 武汉市职工医学院学报, 2000, 28

(4): 1-4

- [10] 张拥军, 姚惠源. 南瓜活性多糖的降糖作用及其组分分析[J]. 无锡轻工业大学学报, 2002, 21(2): 173-175
- [11] 孔庆胜, 王彦英, 蒋滢. 南瓜多糖的分离、纯化及降血脂作用[J]. 中国生化药物杂志, 2000, 21(3): 130-132
- [12] Brautigan D L, Brown M, Grindrod S, et al. Allosteric activation of protein phosphatase 2C by D-chiro-inositol-galactosamine, a putative mediator mimetic of insulin action [J]. Biochemistry, 2005, 44(33): 67-73
- [13] Richard E, Ostlund J R, Janet B, et al. D-chiro-inositol metabolism in diabetes mellitus [J]. Medical Sci, 1993, 90: 9988-9992
- [14] Tao X, Qin W. D-chiro-inositol found in *Cucurbita ficifolia* (Cucurbitaceae) fruit extracts play the hypo-role in streptozocin-diabetic rats [J]. J Pharm Pharmacol, 2006, 58(11): 1527
- [15] 夏涛, 刘华奇. 一种具有降糖降脂作用的含苦瓜、南瓜提取物的产品, 03115121. 3 [P/OL]. [2003-01-23]. <http://www.wanfangdata.com.cn/>
- [16] 杨红娟, 宋荣浩, 马坤, 等. 南瓜果实发育中肌醇、多糖和葡萄糖含量的变化[J]. 园艺学报, 2008, 35(1): 127-130
- [17] 杨红娟, 顾卫红, 唐庆久, 等. 富肌醇南瓜种质资源的筛选与评价[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(1): 94-98
- [18] 孙灵霞, 陈锦屏. 肌醇生产、应用研究及前景展望[J]. 粮食与油脂, 2004(1): 5-8
- [19] 曹文明, 张燕群, 苏勇. 荞麦性肌醇提取及其降糖功能研究[J]. 粮食与油脂, 2006(1): 22-24
- [20] 巴建明, 李江源. 新型胰岛素增敏剂右性肌醇作用机理及临床应用[J]. 实用糖尿病杂志, 2007, 3(2): 4-5

(上接第 142 页)

- [12] Li G Y, He Z H, Lillemo M, et al. Molecular characterization of allelic variations at Pina and Pinb loci in Shandong wheat landraces, historical and current cultivars [J]. Cereal Sci, 2008, 47: 510-517
- [13] 张林, 樊庆琦, 隋新霞, 等. 山东小麦品种抗白粉病基因的分子鉴定[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(5): 905-911
- [14] 蔡建成, 曹桂兰, 束爱萍, 等. 水稻地方品种铁含量的差异评价[J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(1): 55-59
- [15] 陆懋曾. 山东小麦遗传改良 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 8-14
- [16] Holm P B, Kristiansen K N, Pedersen H B. Transgenic approaches in commonly consumed cereals to improve iron and zinc content and bioavailability. Symposium: Plant Breeding: A New Tool for

Fighting micronutrient malnutrition [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 514-516

- [17] Gregerio G B. Progress in breeding for trace minerals in staple crops [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 500-502
- [18] Distelfeld A, Cakmak I, Pelega Z, et al. Multiple QTL effects of wheat Gpc-B1 locus on grain protein and micronutrient concentrations [J]. Physiol Plant, 2007, 129: 635-643
- [19] 高小宽, 黄亚群, 陈景堂. 玉米自交系籽粒中锌和铁含量的配合力分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 1672-1810
- [20] Welch R M. Breeding strategies for biofortified staple plant food to reduce micronutrient malnutrition. Globally Symposium: Plant Breeding: A new tool for fighting micronutrient malnutrition [J]. J Nutri, 2002, 132(S): 495-499

(上接第 156 页)

- [5] 朴永浩, 曲柏宏, 代志国, 等. 梨花粉贮藏特性与授粉能力的研究[J]. 北方园艺, 2002(5): 54-55
- [6] 张绍铃, 平伸. 梨花柱 S 糖蛋白对离体花粉萌发及花粉管生长的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 251-256
- [7] 林真二. 果树栽培生理新書・梨 [M]. 日本: 朝倉書店, 1960: 35
- [8] Norman F, Childers. Modern Fruit Science [M]. Gainesville Florida: Horticultural publications, 1978: 243-244
- [9] 王强生, 石荫坪. 大鸭梨的组织学和细胞学研究[J]. 中国农业科学, 1994(4): 33-38
- [10] 何天明, 张琦. 新梨 7 号小孢子败育的解剖学观察[J]. 果树学报, 2002, 19(2): 94-97
- [11] 边卫东, 邓艳华, 朱育贤, 等. 黄金梨胚珠、花粉发育及花粉败育过程的显微观察[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 290-292

- [12] 胡静静, 赵静, 沈向. 黄金梨雄性不育的细胞学研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(2): 185-188
- [13] 袁德义, 谭晓风, 张琳, 等. 新高系梨雄性不育的鉴定[J]. 园艺学报, 2007, 34(2): 289-294
- [14] 王钦丽, 卢龙斗, 吴小琴. 花粉的保存及其生活力测定[J]. 植物学通报, 2002, 19(3): 365-373
- [15] 孙爱芹, 韩斌, 彭建营, 等. 不同枣品种花粉生活力及贮藏方法研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(1): 166-168
- [16] 陈延惠, 李洪涛, 翟玉勤, 等. 猕猴桃花粉生活力及其贮藏性的研究[J]. 河南农业大学学报, 1996, 30(2): 175-177
- [17] 杨磊, 廖康, 许正, 等. 新疆野苹果花粉活力的研究初报[J]. 中国农学通报, 2009, 25(23): 335-338
- [18] 廖康, 李会芳, 许正, 等. 野生樱桃李花粉活力与授粉结实特性初报[J]. 新疆农业科学, 2008, 45(3): 393-397