网络出版时间:2025-07-18 DOI:10.13207/j.jnwafu.2026.01.005

花粉直感对‘新梨 7 号’果实品质的影响

李皓,李湘钰,吴翠云,蒲小秋,马全会,闫芬芬
(南疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室,塔里木大学 园艺与林学学院,新疆 阿拉尔 843300)

[摘 要] 【目的】探究花粉直感对‘新梨 7 号’果实品质的影响,为科学配置授粉品种提供理论参考。【方法】以 26 年生‘新梨 7 号’为母本,采集‘库尔勒香梨’、‘早酥’、‘秋月’、‘爱甘水’、‘晚秀’、‘砀山酥梨’和‘甘泉’7 个梨品种花粉进行人工授粉,以自然授粉为对照,分析花粉直感对‘新梨 7 号’果实外观品质和内在品质的影响,并采用聚类分析和主成分分析对果实品质进行综合评价。【结果】‘新梨 7 号’果实品质性状存在明显的花粉直感效应。不同授粉组合的坐果率为 29.41%~93.04%,其中‘秋月’授粉组合的坐果率最高(93.04%),除对照外‘库尔勒香梨’授粉的坐果率最低(53.82%)。不同品种授粉后‘新梨 7 号’果实形状呈倒卵形、圆形或纺锤形,与对照的长圆形有明显差异。在果实外观方面,除对照和‘库尔勒香梨’授粉果实无棱沟外,其他品种授粉后果实均出现棱沟;‘甘泉’、‘早酥’、‘秋月’、‘爱甘水’等授粉后果实的果梗姿态为斜生,与对照直生差异明显;‘库尔勒香梨’和‘晚秀’授粉果实的萼片姿态为聚合,‘爱甘水’授粉果实的萼片姿态为开张,与对照的萼片姿态直立差异明显;‘晚秀’和‘秋月’授粉果实的萼片宿存,与对照萼片残存有明显差异。‘库尔勒香梨’授粉果实的果点密度最多,为 33.00 个/cm^2;‘晚秀’果点最少,为 18.67 个/cm^2。在果实大小方面,‘库尔勒香梨’授粉果实的单果质量显著降低;‘早酥’、‘晚秀’和‘砀山酥梨’授粉果实的纵横径均高于对照。‘早酥’授粉果实果梗最短、粗度最小,与对照差异显著;‘砀山酥梨’授粉果实的果梗最长,为 24.15 mm。‘晚秀’授粉果实的果心横径最大,达 37.36 mm,‘库尔勒香梨’授粉果实果心横径最小,为 34.06 mm;‘晚秀’和‘爱甘水’授粉后果实果心位置在中位,与对照近萼端差异明显。除‘秋月’授粉组合外的其他组合种子形状均为狭椭圆形,与对照的椭圆形差异明显。在果色和果肉质地方面,‘秋月’和‘甘泉’授粉果实的果皮底色为绿色,与对照绿黄有差异;‘甘泉’、‘早酥’、‘秋月’、‘爱甘水’授粉后果肉质地为脆,与对照果实质地疏松差异明显。在果实营养品质方面,‘爱甘水’授粉后果实维生素 C 含量最低,仅 0.15 mg/g;‘晚秀’的可溶性固形物和石细胞含量最高,分别为 13.00%和 0.06%,均与对照差异显著。通过聚类分析将各授粉组合聚为 4 类,第 1 类包括对照和‘秋月’、‘甘泉’、‘早酥’授粉组合,‘库尔勒香梨’授粉组合聚为第 2 类,‘晚秀’和‘砀山酥梨’授粉组合聚为第 3 类,‘爱甘水’授粉组合单独聚为第 4 类。利用主成分分析对果实品质进行综合评价,发现‘晚秀’、‘砀山酥梨’、‘秋月’、‘爱甘水’4 个品种授粉后果实品质优于对照。【结论】不同品种授粉对‘新梨 7 号’的果实外观和内在品质有显著影响,具有明显的花粉直感效应。综合考虑花期和果肉石细胞含量,‘爱甘水’适宜作为‘新梨 7 号’的授粉树。

[关键词] 梨;新梨 7 号;花粉直感;异花授粉;果实品质;综合评价
[中图分类号] S661.2 [文献标志码] A [文章编号] 1671-9387(2026)01-0045-12

Effects of xenia on fruit quality of ‘Xinli No. 7’

LI Hao, LI Xiangyü, WU Cuiyun, PU Xiaoqiu, MA Quanhui, YAN Fenfen
(*National and Local Joint Engineering Laboratory of High-Efficiency and High-quality Cultivation and Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang, College of Horticulture and Forestry, Tarim University, Alar, Xinjiang* 843300, *China*)

Abstract: 【Objective】 This research aimed to explore the effect of pollen xenia on fruit quality of ‘Xinli No.

[收稿日期] 2024-10-23 [修回日期] 2024-12-01
[基金项目] 塔里木大学校长基金:胡杨英才(博士)项目(TDZKBS202424);“天池英才”引进计划青年博士项目;塔里木大学研究生科研创新项目(TDGRI202333)
[作者简介] 李皓(2000—),男,山东济南人,在读硕士,主要从事果树种质资源与新品种选育研究。E-mail:2321192861@qq.com
[通信作者] 闫芬芬(1982—),女,河北邯郸人,副教授,博士,主要从事果树种质资源与新品种选育研究。E-mail:yanfening@163.com

7',to provide theoretical reference for scientific configuration of pollination varieties.【Method】 With the 26-year-old 'Xinli No. 7' as the female parent,pollen from seven pear varieties including 'KELX','ZS','QY','AGS','WX','DS' and 'GQ' were collected for artificial pollination. The effects of pollen xenia on the appearance quality and internal quality of 'Xinli No. 7' fruit were analyzed with natural pollination as the control,and the fruit quality was comprehensively evaluated by cluster analysis and principal component analysis.【Result】 The fruit quality traits of 'Xinli No. 7' showed obvious pollen xenia effect. The fruit setting rate of different pollination combinations ranged between 29.41%—93.04%,among which the fruit setting rate of 'QY' pollination combination was the highest (93.04%),and the fruit setting rate of 'KELX' pollination was the lowest (53.82%) except for the control. After pollination,the fruit shape of 'Xinli No. 7' was obovate,round or spindle,which was significantly different from that of the control. In terms of fruit appearance,except for the control and 'KELX' pollinated fruit,which were free from furrows,the fruit showed furrows after pollination with other varieties. The fruit stem posture of 'GQ','ZS','QY' and 'AGS' after pollination was oblique,which was significantly different from that of the control. The sepal of 'KELX' and 'WX' pollinated fruit showed a polymerization posture,and the sepal of 'AGS' pollinated fruit showed an open posture,which was significantly different from that of the control. The sepals of 'WX' and 'QY' pollinated fruits survived,which were significantly different from the remaining sepals of the control. The fruit spot density of 'KELX' was the highest,which was 33.00 number/cm^2,and the fruit spot density of 'WX' was the least,which was 18.67 number/cm^2. In terms of fruit size,the single fruit weight of 'KELX' pollinated fruit was significantly reduced,and the vertical and horizontal diameters of 'ZS','WX' and 'DS' pollinated fruits were higher than those of the control. The fruit stem of 'ZS' pollinated fruit was the shortest and the thickness was the smallest,which was significantly different from that of the control. The fruit stem of 'DS' pollinated fruit was the longest,which was 24.15 mm. The fruit core diameter of 'WX' pollinated fruit was the largest,reaching 37.36 mm,and the fruit core diameter of 'KELX' pollinated fruit was the smallest,reaching 34.06 mm. The fruit core position of 'WX' and 'AGS' was in the middle after pollination,which was significantly different from that of the control near the calyx end. Except for the pollination combination of 'QY',the seed of other combinations were all narrow oval shape,which were significantly different from the oval shape of the control. In terms of fruit color and flesh texture,the peel background color of 'QY' and 'GQ' pollinated fruits was green,which was different from that of the control,and the flesh texture of 'GQ','ZS','QY' and 'AGS' was crisp after pollination,which was significantly different from that of the control. In terms of fruit nutritional quality,the 'AGS' pollinated fruits had the lowest vitamin C content after pollination,only 0.15 mg/g,and the soluble solids and stone cell contents of 'WX' pollinated fruits were the highest (13.00% and 0.06%,respectively),which were significantly different from the control. According to the cluster analysis,the pollination combinations were divided into 4 categories. The 'QY','GQ','ZS' pollination combinations and the control were clustered into the first category,'KELX' pollination combination was clustered into the second category,'WX' and 'DS' pollination combinations were clustered into the third category,and 'AGS' pollination combination was clustered into the fourth category alone. The comprehensive evaluation of fruit quality by principal component analysis showed that the fruit quality of 'WX','DS','QY' and 'AGS' was better than that of the control after pollination.【Conclusion】 Pollination of different varieties had a significant effect on the fruit appearance and internal quality of 'Xinli No. 7',and significant xenia effect can be observed. After comprehensive consideration of flowering period and stone cell content in pulp,it was consi-dered that 'AGS' was suitable for pollination of 'Xinli No. 7'.

Key words: pear;'Xinli No. 7';pollen xenia;cross-pollination;fruit quality;comprehensive evaluation

‘新梨 7 号’(*Pyrus. sinkiangensis* Xinli ‘No. 7’)是新疆塔里木大学于 1985 年通过‘库尔勒香梨’×‘早酥’杂交选育的早熟优质梨品种，在新疆南疆地区表现出肉质细嫩、酥脆多汁、石细胞少、可食率高、耐贮性好等特点[1]。目前‘新梨 7 号’在河北、山东、河南、江苏等我国梨主产区大规模种植，发展势头迅猛[2-4]。但是该品种具有典型的花粉败育特征，生产上必须配置 2 个以上的适宜授粉品种，以解决坐果问题，达到丰产的目的[5]。因此，选择适宜的授粉品种对提高‘新梨 7 号’产量、改善果实品质具有重要意义。

花粉直感指花粉对果实和种子的直感效应，可影响果实的大小、果形指数、质地和风味等性状[6]。苹果、梨、桃等多种果树均存在花粉直感现象[7-11]。在对梨的花粉直感效应研究中，BARCELOS 等[12]发现不同亲和能力的父本花粉，对 Centenária 梨果实的品质和纵横径均能产生显著影响；周晓明等[13]用不同梨品种花粉对‘翠冠’梨进行授粉，发现不同授粉组合果实在单果质量、纵横径、果形指数等方面均存在显著差异；田瑞等[14]以 11 个梨品种花粉对‘圆黄’梨进行授粉，结果表明不同授粉组合果实的单果质量存在明显的花粉直感效应，但果形指数表现不明显。因此，研究花粉直感效应对提高梨果实品质具有重要意义。

本研究选用‘库尔勒香梨’、‘早酥’、‘秋月’、‘爱甘水’、‘晚秀’、‘砀山酥梨’、‘甘泉’等不同品系的 7 个梨品种花粉对‘新梨 7 号’进行授粉试验，以‘新梨 7 号’自然授粉为对照，通过对不同授粉组合果实的内在品质和外观品质指标进行分析，研究 7 个品种对‘新梨 7 号’的花粉直感效应，并通过主成分分析对各个授粉组合果实进行综合评价，旨在探究花粉直感效应对‘新梨 7 号’果实品质的影响，为科学筛选配置授粉品种、提高‘新梨 7 号’果实品质和产量提供参考。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验地位于新疆维吾尔自治区阿拉尔市第一师十团昌安镇梨园，该地属塔里木河冲积细土平原，地势由西北向东南倾斜，为暖温带大陆性干旱气候，年平均气温 12.3 ℃，极端最高气温 35 ℃，极端最低气温－28 ℃，年均太阳辐射 133.7～146.36 kJ/cm^2，年均日照 2 556.3～2 991.8 h，雨量稀少，冬季少雪，地表蒸发强烈，年均降水量 40.1～82.5 mm，年均蒸发量 1 876.6～2 558.9 mm。该梨园土壤为沙土，砧木为杜梨，株行距 5 m×4 m。主栽品种为‘库尔勒香梨’、‘新梨 7 号’、‘砀山酥梨’及大果芽变香梨。

1.2　试验材料

父本：‘甘泉(GQ)’、‘早酥(ZS)’(*S* 基因型：S1Sd 或 S22S35)[15]、‘库尔勒香梨(KELX)’(*S* 基因型：S22S28、S22S34 或 S8S28)[15]、‘晚秀(WX)’、‘秋月(QY)’、‘砀山酥梨(DS)’(*S* 基因型：S7S34 或 S27S34)[15]、‘爱甘水(AGS)’(*S* 基因型：S4S5)[15]，共计 7 个品种，以下图表中各个品种英文名称均用拼音首字母缩写进行简称。

母本：‘新梨 7 号’(*S* 基因型：S28Sd)[15]。选取树龄 26 年、树姿开张、树体健康、管理水平中等的 7 株‘新梨 7 号’的 40 个结果枝组作为试验材料。

1.3　试验方法

试验共设置 7 个梨授粉杂交组合和自然授粉的对照(CK)。在杂交组合试验中，首先收集不同父本大蕾期的花粉，冷藏保存；授粉当天选取‘新梨 7 号’树冠不同部位的结果枝，每个杂交组合选择 120 个花序，在大蕾期进行疏花处理，每个花序只留 3 朵边花进行人工点授，套袋并挂牌标记，每处理共 360 朵花。授粉后 10 d，摘除果袋。

1.4　指标测定方法

1.4.1　*花粉采集与花粉活力测定*　花粉采自塔里木大学梨种质资源圃及周边梨园。授粉前，挑选处于气球期的花蕾带回实验室，取出花药，置于硫酸纸盒子里，在恒温培养箱中 25 ℃烘干 24 h，收集花粉并置于 4 ℃冰箱保存。花粉活力采用 I2-KI 染色法测定[16]。

1.4.2　*外观品质*　根据《梨种质资源描述规范》[17]中的要求，于 2023 年 8 月果实成熟期采收不同授粉组合的果实，随机选取树冠不同部位(4 个方向)共计 30 个果实进行混样处理。对果实形状、果面光滑度、果锈数量、果锈位置、棱沟、果梗基部膨大、果梗姿态、梗洼深度、梗洼广度、萼片姿态、萼片状态、萼洼深度、萼洼广度、果点密度、果皮底色、果面盖色、着色程度、着色类型、果肉颜色、果肉质地、果肉类型、汁液、风味、香气、涩味、果心位置、果实心室数、种子形状、单个果实的种子数等进行评价。经 10 人评价小组成员统一意见后记录。

1.4.3　*坐果率*　于授粉当天记录日期，待果园内所有雄花开放结束后去袋。在第 2 次生理落果后统计坐果数并计算坐果率：坐果率＝(坐果数/花朵数)

×100%。

1.4.4 单果质量、果实纵径、果实横径和果形指数 采集树冠 4 个方向的成熟果实 30 个,使用电子天平(精度 0.01 g)和游标卡尺对果实单果质量及果实纵、横径进行测定,并计算果形指数:果形指数=果实纵径/果实横径。

1.4.5 果梗长度、果梗粗度、果心横径和果心大小 采集树冠 4 个方向的成熟果实 30 个,用游标卡尺测量果梗长度、果梗粗度和果心横径,并计算果心大小:果心大小=果心横截面直径/果实横切面直径。

1.4.6 果实颜色 采集树冠 4 个方向的成熟果实 30 个,用色彩色差计 CR-410 测量果面的果皮亮度(L^*)、果皮红绿色度(a^*)、果皮黄蓝色度(b^*)、色差(ΔE)和色饱和度(C)值,在每个果实阳面和阴面的赤道部位各测量 1 次,取其平均值[18]。

1.4.7 内在品质测定 随机选取树冠 4 个方向的成熟果实 30 个进行混样处理,测量各项内在品质指标。使用全自动台式折光仪 RX-5000α 测定果实可溶性固形物含量,参照文献[19]中的方法测定可溶性糖含量和可滴定酸含量并计算糖酸比,2,6-二氯靛酚溶液滴定法测定维生素 C 含量[20],冷冻过滤法计算石细胞含量[21],烘干称质量法测定果实含水率[19],考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量[19],比色法测定总黄酮含量[22],福林酚试剂法测定总酚含量[22]。

1.5 数据统计与分析

使用 Excel 2019 软件统计数据。用 OriginPro 2024 进行聚类分析时,先对各项指标进行标准化处理。采用 SPSS 26.0 软件进行差异显著性分析和主成分分析,主成分分析时先对各项指标进行标准化处理,根据载荷矩阵计算各主成分因子得分 F_i,结合方差贡献率计算各授粉组合的综合得分(F):$F=\sum_{i=1}^{n}(W_i/W)\times F_i$,其中 n 为主成分数,W_i 为各主成分方差贡献率,W 为总方差贡献率。

2 结果与分析

2.1 不同授粉品种对'新梨 7 号'坐果率的影响

从表 1 可知,各授粉品种的花粉活力均在 80%以上,可用于人工授粉;其中,'晚秀'花粉活力最高,为 96.30%;'爱甘水'花粉活力最低,为 84.83%;各品种之间的花粉活力无显著性差异。各授粉品种对'新梨 7 号'坐果率影响显著,其中'秋月'授粉组合的坐果率最高,为 93.04%;'库尔勒香梨'授粉组合的坐果率最低,为 53.82%;各组合人工授粉坐果率均较对照自然授粉显著提高。

表 1 不同梨品种的花粉活力及其对'新梨 7 号'授粉后坐果率的影响

Table 1 Pollen viability of different pear varieties and its effect on the fruit setting rate after pollination with 'Xinli No. 7'

授粉品种 Pollination cultivar	花粉活力/% Pollen viability	授粉花序数 Number of pollinated flowers	坐果率/% Fruit set ratio
对照组 CK	/	120	29.41±3.16 e
甘泉 GQ	86.43±8.80 a	120	83.39±3.53 b
早酥 ZS	88.11±3.77 a	120	88.96±3.64 ab
库尔勒香梨 KELX	86.71±0.63 a	120	53.82±6.68 d
晚秀 WX	96.30±1.71 a	120	82.73±4.12 b
秋月 QY	91.92±6.57 a	120	93.04±4.89 a
砀山酥梨 DS	92.88±9.55 a	120	54.08±7.22 d
爱甘水 AGS	84.83±5.07 a	120	70.59±0.73 c

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),表 3,5,7,8 同;"/"表示无准确数据。

Note: Different lowercase letters after data in the same column indicate significant differences ($P<0.05$). Same as in Table 3,5,7,8. "/" indicates that no accurate data are available.

2.2 不同授粉品种对'新梨 7 号'果实外观品质的影响

2.2.1 果实形态特征 由表 2 和图 1 可知,在果实形状上,'甘泉'和'库尔勒香梨'授粉的'新梨 7 号'果形呈倒卵形,'早酥'、'砀山酥梨'和'晚秀'授粉的果形为圆形,'秋月'和'爱甘水'授粉的果形为纺锤形,自然授粉对照的果形为长圆形,可见不同品种授粉对'新梨 7 号'的果实形状有较大影响。'晚秀'授粉果实的果锈数量较其他授粉品种多,分布在梗端。对照和'库尔勒香梨'授粉的果实没有棱沟,其他品种授粉的果实均有棱沟,影响果形美观。'甘泉'、'早酥'、'秋月'、'爱甘水'等品种授粉后果实的果梗姿态为斜生,与其他组合的果梗姿态直生存在明显不同。所有授粉组合的果实均表现为果面光滑、果梗基部膨大。与对照果实相比,'甘泉'和'秋月'授粉果实的梗洼深度变浅,'晚秀'授粉组合梗洼深度变深,梗洼广度变大,其余授粉品种无变化。'库尔勒香梨'、'晚秀'授粉果实的萼片姿态为聚合,'爱甘

水’授粉果实萼片姿态为开张，其余均为直立。‘晚　　秀’、‘秋月’授粉果实萼片宿存，其余均为残存。

表 2　不同授粉品种对‘新梨 7 号’果实形态特征的影响

Table 2　Effects of different pollination varieties on fruit morphological characteristics of ‘Xinli No. 7’

授粉品种 Pollination cultivar	果实形状 Fruit shape	果面光滑度 Smoothness of the fruit surface	果锈数量 Number of fruit rust	果锈位置 Fruit rust location	棱沟 Furrows	果梗基部膨大 Base of fruiting pedicel	果梗姿态 Fruit stalk posture
对照 CK	长圆形 Long globose	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	无 Absent	有 Present	直生 Straight
甘泉 GQ	倒卵形 Obovate	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	斜生 Oblique
早酥 ZS	圆形 Globose	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	斜生 Oblique
库尔勒香梨 KELX	倒卵形 Obovate	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	无 Absent	有 Present	直生 Straight
晚秀 WX	圆形 Globose	光滑 Smooth	少 Light	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	直生 Straight
秋月 QY	纺锤形 Spindle-shaped	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	斜生 Oblique
砀山酥梨 DS	圆形 Globose	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	直生 Straight
爱甘水 AGS	纺锤形 Spindle-shaped	光滑 Smooth	无或极少 Absent or scarce	梗端 Stem end	有 Present	有 Present	斜生 Oblique

授粉品种 Pollination cultivar	梗洼深度 Depth of peduncle	梗洼广度 Terrier puddle bread	萼片姿态 Calyx posture	萼片状态 Calyx condition	萼洼深度 Calyx pits depth	萼洼广度 Calyx pits depth
对照 CK	浅 Shallow	狭 Narrow	直立 Erect	残存 Remnant	浅 Shallow	中 Medium
甘泉 GQ	无或极浅 Absent or extremely shallow	狭 Narrow	直立 Erect	残存 Remnant	浅 Shallow	广 Broad
早酥 ZS	浅 Shallow	狭 Narrow	直立 Erect	残存 Remnant	浅 Shallow	广 Broad
库尔勒香梨 KELX	浅 Shallow	狭 Narrow	聚合 Converging	残存 Remnant	浅 Shallow	广 Broad
晚秀 WX	中 Medium	中 Medium	聚合 Converging	宿存 Persistent	浅 Shallow	广 Broad
秋月 QY	无或极浅 Absent or extremely shallow	狭 Narrow	直立 Erect	宿存 Persistent	浅 Shallow	中 Medium
砀山酥梨 DS	浅 Shallow	狭 Narrow	直立 Erect	残存 Remnant	浅 Shallow	广 Broad
爱甘水 AGS	浅 Shallow	狭 Narrow	开张 Spreading	残存 Remnant	浅 Shallow	中 Medium

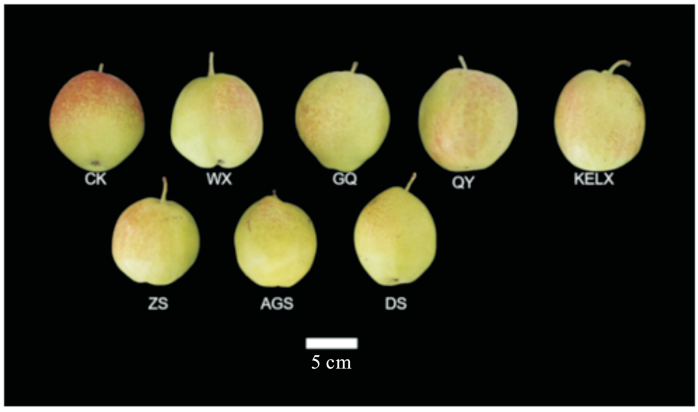


图 1　不同授粉组合‘新梨 7 号’的果实形状

Fig. 1　Fruit shape of ‘Xinli No. 7’ under different pollination combinations

2.2.2　果实大小、果心及果梗　由表 3 可知，‘甘泉’、‘砀山酥梨’和‘爱甘水’授粉的单果质量比对照增加了 0.62%～1.37%，但未达到显著水平；其他授粉组合比对照降低了 5.11%～18.23%，其中‘库尔勒香梨’授粉果实单果质量最小，仅为 201.66 g。‘早酥’、‘晚秀’和‘砀山酥梨’授粉果实的纵横径均高于对照，‘库尔勒香梨’、‘秋月’、‘砀山酥梨’和‘爱甘水’授粉果实的果形指数大于对照，其余品种均低于对照。‘库尔勒香梨’授粉果实的果点密度高于对照，为 33.00 个/cm^2，但二者未达到差异显著水平；‘晚秀’授粉果实果点最少，为 18.67 个/cm^2。‘早酥’授粉果实果梗最短，为 18.13 mm，较对照显著降低；‘砀山酥梨’授粉果实的果梗最长，为 24.15 mm，但与对照无显著差异。各授粉组合果实果梗

粗度均较对照有所降低,其中'早酥'授粉果实果梗最细,仅为2.80 mm,显著低于对照。

表3 不同授粉品种对'新梨7号'果实大小、果点密度及果梗长度和粗度的影响

Table 3 Effects of different pollination varieties on fruit size, fruit spot density, stem length and stem diameter of 'Xinli No. 7'

授粉品种 Pollination cultivar	单果质量/g Fruit mass	果实纵径/mm Fruit longitudinal diameter	果实横径/mm Fruit cross diameter	果形指数 Fruit shape index	果点密度/(个·cm^{-2}) Density of fruit spots	果梗长度/mm Length of fruiting pedicel	果梗粗度/mm Fruiting pedicel coarseness
对照 CK	246.61±34.96 a	79.87±4.18 bcd	77.10±4.49 ab	1.035 3±0.06 bc	26.33±3.14 ab	21.81±3.88 a	3.31±0.78 a
甘泉 GQ	248.15±49.37 a	74.56±8.89 d	72.77±5.92 bc	1.024 2±0.08 c	22.33±5.32 ab	21.38±4.60 ab	3.10±0.31 ab
早酥 ZS	232.92±37.70 a	80.08±3.60 bcd	79.16±3.09 ab	1.012 5±0.06 c	21.00±2.97 b	18.13±3.57 b	2.80±0.30 b
库尔勒香梨 KELX	201.66±42.32 b	76.48±0.67 cd	66.34±1.41 c	1.153 4±0.03 a	33.00±15.18 a	21.29±4.56 ab	3.06±0.38 ab
晚秀 WX	234.02±46.46 a	83.75±2.91 abc	84.28±1.89 a	0.993 6±0.01 c	18.67±2.94 b	23.93±3.46 a	3.13±0.35 a
秋月 QY	230.09±48.36 a	79.01±1.21 bcd	75.76±7.27 ab	1.049 9±0.11 abc	25.00±12.02 ab	21.26±5.10 ab	3.20±0.40 a
砀山酥梨 DS	249.99±58.06 a	88.88±1.95 a	83.32±3.39 a	1.066 7±0.01 abc	19.83±5.31 b	24.15±6.18 a	3.20±0.33 a
爱甘水 AGS	249.35±33.78 a	86.67±5.86 ab	75.84±5.16 ab	1.146 4±0.08 ab	19.83±5.19 b	21.93±5.14 a	3.02±0.42 ab

2.2.3 果实颜色 由表4可知,'甘泉'和'秋月'授粉果实的果皮底色为绿色,对照和其他授粉组合的果皮底色均为绿黄。'爱甘水'授粉果实的盖色为淡红,其他授粉组合的果实盖色均为橘红。所有品种授粉果实的着色程度均为部分着色。对照的着色类型为片红,各授粉组合的着色类型均为条红。所有授粉组合和对照的果肉颜色均为白色。

表4 不同授粉品种对'新梨7号'果实颜色的影响

Table 4 Effects of different pollination varieties on fruit color of 'Xinli No. 7'

授粉品种 Pollination cultivar	果皮底色 Peel base colour	果面盖色 Fruit cover col	着色程度 Degree of colouring	着色类型 Type of colouring	果肉颜色 Flesh colour
对照 CK	绿黄 Green yellow	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	片红 Flaky	白色 White
甘泉 GQ	绿色 Green	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
早酥 ZS	绿黄 Green yellow	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
库尔勒香梨 KELX	绿黄 Green yellow	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
晚秀 WX	绿黄 Green yellow	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
秋月 QY	绿色 Green	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
砀山酥梨 DS	绿黄 Green yellow	橘红 Nacarat	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White
爱甘水 AGS	绿黄 Green yellow	淡红 Light red	部分着色 Partial	条红 Striped	白色 White

由表5可知,不同品种授粉果实在果实色度上有显著性差异。其中'早酥'授粉果实的亮度指标L^*最高(69.95),显著大于对照。除'库尔勒香梨'组合外,其余授粉组合果实的红绿指标a^*均显著低于对照;各组合和对照黄蓝指标b^*差异均不显著。色差ΔE能直观反映果实颜色差异,'砀山酥梨'和'爱甘水'授粉果实的色差值较大,分别为42.31和42.15,显著高于对照的24.10。色饱和度C值越大说明果皮颜色越鲜艳,不同品种授粉果实的色饱和度均较对照有所提高,其中'爱甘水'授粉果实的C值最大,为31.09,显著高于对照。

表5 不同授粉品种对'新梨7号'果皮色度的影响

Table 5 Effects of different pollination varieties on peel color of 'Xinli No. 7'

授粉品种 Pollination cultivar	L^*	a^*	b^*	ΔE	C
对照 CK	66.22±4.95 b	−8.70±9.59 a	39.86±4.18 a	24.10±2.27 d	28.53±3.99 b
甘泉 GQ	65.96±4.19 b	−15.29±5.26 c	39.97±3.11 a	31.14±8.76 cd	29.49±3.26 ab
早酥 ZS	69.95±3.12 a	−15.08±3.78 bc	41.01±1.66 a	40.29±1.37 ab	30.99±2.43 a
库尔勒香梨 KELX	66.31±4.57 b	−11.49±7.66 ab	39.88±3.69 a	31.23±9.54 cd	28.58±4.08 b
晚秀 WX	67.77±3.52 ab	−13.76±5.13 bc	41.53±3.19 a	29.45±8.45 cd	30.03±4.01 ab
秋月 QY	66.95±3.82 b	−13.99±5.28 bc	39.96±6.22 a	35.69±33.22 abc	29.66±3.69 ab
砀山酥梨 DS	66.41±4.30 b	−13.31±7.09 bc	40.24±3.46 a	42.31±1.59 a	29.30±4.16 ab
爱甘水 AGS	67.74±2.29 ab	−16.99±3.23 c	41.83±1.80 a	42.15±0.76 a	31.09±2.39 a

2.2.4 果实风味和质地 由表6可知,对照及'库尔勒香梨'、'晚秀'、'砀山酥梨'授粉果实的果肉质地疏松,'甘泉'、'早酥'、'秋月'、'爱甘水'授粉果实的果肉质地为脆。根据《梨种质资源描述规范》可将

8 个授粉组合的果肉粗细分为 3 类，第 1 类是对照和‘库尔勒香梨’授粉组合，果肉粗；第 2 类是‘甘泉’、‘早酥’、‘晚秀’、‘秋月’和‘砀山酥梨’授粉组合，果肉中；第 3 类是‘爱甘水’授粉组合，果肉细。‘甘泉’、‘早酥’、‘砀山酥梨’授粉果实的汁液含量为中，对照及‘库尔勒香梨’、‘晚秀’、‘秋月’、‘爱甘水’授粉果实汁液含量多；‘早酥’和‘晚秀’授粉果实风味为酸甜，对照和其余组合均为淡甜；对照和‘库尔勒香梨’授粉果实有微香，其余品种授粉果实无香气。

表 6　不同授粉品种对‘新梨 7 号’果实风味质地的影响

Table 6　Effects of different pollination varieties on fruit flavor and texture of ‘Xinli No. 7’

授粉品种 Pollination cultivar	果肉质地 Flesh texture	果肉粗细 Flesh thickness	汁液 Juiciness of flesh	风味 Flavor	香气 Aroma	涩味 Astringency
对照 CK	疏松 Crisp to soft	粗 Coarse	多 Juicy	淡甜 Light sweet	微香 Weakly aromatic	无 Absent
甘泉 GQ	脆 Crisp	中 Medium	中 Medium	淡甜 Light sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent
早酥 ZS	脆 Crisp	中 Medium	中 Medium	酸甜 Sour-sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent
库尔勒香梨 KELX	疏松 Crisp to soft	粗 Coarse	多 Juicy	淡甜 Light sweet	微香 Weakly aromatic	无 Absent
晚秀 WX	疏松 Crisp to soft	中 Medium	多 Juicy	酸甜 Sour-sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent
秋月 QY	脆 Crisp	中 Medium	多 Juicy	淡甜 Light sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent
砀山酥梨 DS	疏松 Crisp to soft	中 Medium	中 Medium	淡甜 Light sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent
爱甘水 AGS	脆 Crisp	细 Fine	多 Juicy	淡甜 Light sweet	无或几乎无 Absent or mostly absent	无 Absent

2.2.5　**果实果心和种子**　由表 7 可知，‘晚秀’和‘爱甘水’授粉组合的果心位置在中位，其他均在近萼端。‘晚秀’授粉果实的果心横径最大，为 37.36 mm；‘库尔勒香梨’授粉组合最小，为 34.06 mm。‘库尔勒香梨’授粉果实的果心最大，为 0.513 1，与对照差异显著；‘早酥’授粉果实果心最小，为 0.431 6，但与对照差异不显著。对照、‘秋月’授粉种子形状为椭圆形，其余授粉组合均为狭椭圆形。‘甘泉’、‘早酥’、‘晚秀’授粉种子数为 9 个，其余授粉组合和对照均为 10 个。

表 7　不同授粉品种对‘新梨 7 号’果心和种子的影响

Table 7　Effects of different pollination varieties on fruit core and seed of ‘Xinli No. 7’

授粉品种 Pollination cultivar	果心位置 Position of fruitcore	果实心室数 Number of loculi	果心横径/mm Coret cross diameter	果心大小 Fruit core size	种子形状 Seed shape	种子数 Number of seeds
对照 CK	近萼端 Pedicel end	5	34.68±2.53 a	0.449 7±0.28 bc	椭圆形 Elliptic	10
甘泉 GQ	近萼端 Pedicel end	5	34.46±2.16 a	0.474 2±0.16 b	狭椭圆形 Narrow elliptic	9
早酥 ZS	近萼端 Pedicel end	5	34.22±3.49 a	0.431 6±0.27 c	狭椭圆形 Narrow elliptic	9
库尔勒香梨 KELX	近萼端 Pedicel end	5	34.06±2.27 a	0.513 1±0.26 a	狭椭圆形 Narrow elliptic	10
晚秀 WX	中位 Median	5	37.36±1.38 a	0.443 2±0.13 bc	狭椭圆形 Narrow elliptic	9
秋月 QY	近萼端 Pedicel end	5	34.49±2.13 a	0.456 2±0.16 bc	椭圆形 Elliptic	10
砀山酥梨 DS	近萼端 Pedicel end	5	36.89±0.89 a	0.443 2±0.19 bc	狭椭圆形 Narrow elliptic	10
爱甘水 AGS	中位 Median	5	35.36±1.73 a	0.466 8±0.19 bc	狭椭圆形 Narrow elliptic	10

2.3　不同授粉品种对‘新梨 7 号’果实内在品质的影响

由表 8 可知，可溶性固形物含量以‘晚秀’授粉果实最高，为 13.00%，且显著高于对照；‘甘泉’授粉果实最低，为 11.75%。可溶性糖含量最高的是‘爱甘水’授粉果实，为 8.10%；最低的是‘早酥’授粉果实，为 4.75%。可滴定酸含量最高的是‘库尔勒香梨’、‘砀山酥梨’和‘爱甘水’授粉果实，为 0.14%；最低的是‘秋月’授粉果实，为 0.11%。不同授粉组合果实的糖酸比无显著性差异。‘砀山酥梨’和‘甘泉’授粉果实的维生素 C 含量最高，为 0.19 mg/g，与对照无显著差异；‘爱甘水’授粉的果实维生素 C 含量最低，为 0.15 mg/g，且显著低于对照。

‘晚秀’授粉果实的石细胞含量最高，为 0.06%，显著高于其他授粉组合。所有授粉组合果实的含水率为 83.36%～87.12%，彼此均无显著差异。蛋白质含量最高的是‘早酥’授粉果实，为 0.09%，与对照相比无显著性差异。‘库尔勒香梨’授粉果实的黄酮含量最高，为 51.25 mg/kg，与对照

无显著性差异;最低的是'爱甘水'授粉果实,为 26.97 mg/kg,显著低于多数授粉组合。各授粉组合果实总酚含量较对照降低了 12.93%～65.31%,但只有'砀山酥梨'授粉果实显著低于对照。

表 8 不同授粉品种对'新梨 7 号'内在品质的影响

Table 8 Effects of different pollination varieties on the internal quality of 'Xinli No. 7'

授粉品种 Pollination cultivar	可溶性固形物/% Total soluble solid	可溶性糖/% Soluble sugar	可滴定酸/% Titratable acidity	糖酸比 Sugar acid ratio	维生素 C/(mg·g^{-1}) Vitamin C
对照 CK	12.20±0.71 b	5.73±1.38 ab	0.13±0.00 ab	41.69±11.42 a	0.18±0.01 a
甘泉 GQ	11.75±0.80 b	6.92±2.79 ab	0.13±0.01 ab	51.06±20.47 a	0.19±0.02 a
早酥 ZS	12.02±0.50 b	4.75±1.64 b	0.12±0.00 ab	39.52±13.74 a	0.17±0.01 ab
库尔勒香梨 KELX	12.36±0.85 ab	6.79±1.73 ab	0.14±0.03 a	52.17±23.03 a	0.18±0.01 a
晚秀 WX	13.00±0.51 a	5.22±0.74 b	0.12±0.00 ab	42.87±6.10 a	0.17±0.01 ab
秋月 QY	12.37±0.72 ab	6.97±1.77 ab	0.11±0.01 b	61.68±17.47 a	0.18±0.01 a
砀山酥梨 DS	12.25±0.63 b	5.21±1.50 b	0.14±0.00 ab	36.89±8.95 a	0.19±0.01 a
爱甘水 AGS	11.93±0.50 b	8.10±0.87 a	0.14±0.00 a	55.86±4.74 a	0.15±0.01 b

授粉品种 Pollination cultivar	石细胞/% Stone cell	含水率/% Water content	蛋白质/% Proteint	黄酮/(mg·kg^{-1}) Total flavonoids	总酚/(mg·kg^{-1}) Total phenols
对照 CK	0.03±0.01 b	86.77±0.02 a	0.05±0.01 ab	51.05±1.69 a	92.44±22.95 a
甘泉 GQ	0.02±0.01 b	85.19±0.02 a	0.06±0.03 ab	50.28±1.89 a	73.57±20.47 ab
早酥 ZS	0.02±0.00 b	83.36±0.02 a	0.09±0.04 a	45.66±3.50 b	80.49±26.76 ab
库尔勒香梨 KELX	0.01±0.00 b	85.80±0.03 a	0.06±0.01 ab	51.25±0.72 a	72.00±3.03 ab
晚秀 WX	0.06±0.02 a	85.80±0.03 a	0.07±0.01 ab	30.05±6.06 de	45.59±29.95 ab
秋月 QY	0.01±0.00 b	87.12±0.03 a	0.04±0.01 b	35.26±6.66 cd	51.25±28.83 ab
砀山酥梨 DS	0.01±0.01 b	86.96±0.01 a	0.06±0.02 ab	28.51±3.18 de	32.07±3.26 b
爱甘水 AGS	0.02±0.01 b	83.82±0.01 a	0.05±0.02 b	26.97±3.65 e	42.44±8.64 ab

2.4 基于不同授粉组合'新梨 7 号'果实品质的聚类分析

为进一步明确不同授粉品种对'新梨 7 号'的花粉直感效应,基于不同授粉组合'新梨 7 号'果实品质指标进行聚类分析,结果(图 2)显示,可将 8 个组合分为 4 类,第 1 类包括对照和'秋月'、'甘泉'、'早酥'授粉组合,四者之间的果实指标比较接近,总酚含量较高,果梗长度较短;第 2 类只有'库尔勒香梨'授粉组合,其果形指数、果心大小、维生素 C 含量、黄酮含量、单果质量、果梗粗度、可溶性固形物含量、糖酸比等指标与其他授粉组合差异较大;第 3 类包括'晚秀'、'砀山酥梨'授粉组合,其果实横径、果形指数、果梗长度、果梗粗度、果心横径、果心大小、果肉含水率、可溶性糖含量、可滴定酸含量、总酚含量等指标相近;第 4 类只有'爱甘水'授粉组合,其果实纵径、可溶性糖含量、糖酸比较高,果肉含水率、蛋白质含量、维生素 C 含量、黄酮含量等指标与其他授粉组合差异较大。

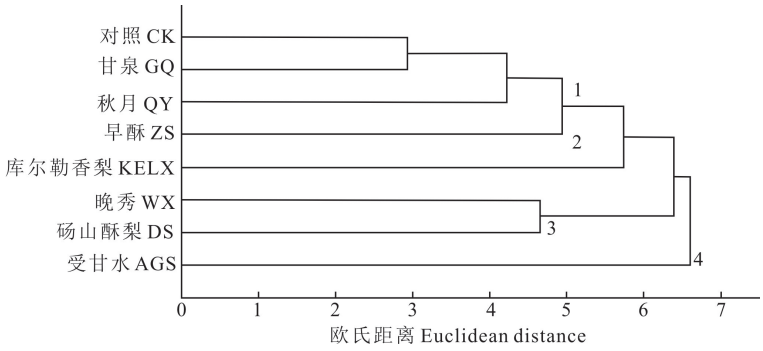


图 2 基于不同授粉组合'新梨 7 号'果实品质的聚类结果

Fig. 2 Clustering results of fruit quality based on different pollination combinations of 'Xinli No. 7'

2.5 不同授粉组合'新梨 7 号'果实品质的综合评价

为进一步明确不同品种授粉对'新梨 7 号'果实品质的影响,对不同品种授粉果实 16 项品质指标进行主成分(PCA)分析(表 9)。依据特征值大于 1 的原则,得到 4 个主成分,根据旋转后成分矩阵的绝对值大于 0.5 作为解释变量,前 4 个主成分的特征值分别为 6.094,4.296,2.619 和 1.297,其累计贡献率达到 89.408%,表明前 4 个主成分基本包含了全部变量的主要信息,因此前 4 个主成分可用以评价

不同授粉处理对‘新梨 7 号’果实品质的影响。第 1 主成分包括单果质量、果实纵径、果实横径、果心横径、可溶性固形物含量、果心大小和可滴定酸含量；第 2 主成分包括果形指数、果梗长度、果梗粗度、可溶性糖含量、糖酸比和蛋白质含量；第 3 主成分包括含水率和维生素 C 含量；第 4 主成分仅包括果肉石细胞含量。以各个主成分对应的方差贡献率为权重，得到综合评价函数：$F=(0.380\ 90/0.894\ 08)F_1+(0.268\ 47/0.894\ 08)F_2+(0.163\ 67/0.894\ 08)F_3+(0.081\ 05/0.894\ 08)F_4$，式中 F 指不同品种的综合得分值。由该公式计算得到不同授粉品种对‘新梨 7 号’果实品质影响的综合得分和排序（表 10）。从综合得分看，‘晚秀’、‘砀山酥梨’、‘秋月’、‘爱甘水’等品种授粉的果实总体品质均较对照果实有所提高，而‘早酥’、‘库尔勒香梨’、‘甘泉’授粉的果实总体品质较对照有所降低。

表 9　不同授粉组合‘新梨 7 号’果实品质主成分分析的旋转载荷矩阵和方差贡献率

Table 9　Rotation load matrix and variance contribution rate of principal component analysis of fruit quality ‘Xinli No. 7’ under different pollination combinations

指标 Indices	主成分 Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
单果质量 Fruit mass	0.928	−0.131	−0.063	−0.113
果实纵径 Fruit longitudinal diameter	0.708	0.486	−0.132	−0.425
果实横径 Fruit cross diam	0.973	−0.147	−0.035	−0.152
果形指数 Fruit shape index	−0.566	0.750	−0.093	−0.233
果梗长度 Length of fruiting pedicel	0.385	0.769	0.330	0.309
果梗粗度 Fruiting pedicel coarseness	0.501	0.674	0.436	−0.234
果心横径 Core cross diameter	0.847	0.210	0.145	0.070
果心大小 Fruit core size	−0.820	0.350	0.172	0.257
含水率 Water content	0.158	0.176	0.929	0.118
可溶性固形物含量 Total soluble solid content	0.773	0.199	0.250	0.012
蛋白质含量 Protein content	0.023	−0.720	−0.356	−0.257
维生素 C 含量 Vitamin C content	−0.271	−0.519	0.779	−0.199
可溶性糖含量 Soluble sugar content	−0.281	0.876	−0.373	0.002
可滴定酸含量 Titratable acidity content	−0.776	0.417	0.241	−0.116
糖酸比 Sugar acid ratio	0.317	0.620	−0.611	0.156
石细胞含量 Stone cell content	0.445	−0.252	−0.087	0.805
特征值 Eigenvalues	6.094	4.296	2.619	1.297
方差贡献率/% Variance contribution	38.090	26.847	16.367	8.105
累计方差贡献率/% Cumulative contribution rate	38.090	64.937	81.303	89.408

表 10　不同授粉组合‘新梨 7 号’果实品质的主成分分析得分、综合得分及排序

Table 10　Principal component analysis score, comprehensive score and ranking of fruit quality ‘Xinli No. 7’ under different pollination combinations

品种 Variety	主成分得分 Principal component score				F 综合得分 Comprehensive score	排序 Sort
	F_1	F_2	F_3	F_4		
晚秀 WX	3.700	−0.499	−0.173	1.747	1.242	1
砀山酥梨 DS	2.442	0.679	1.917	−1.865	1.141	2
秋月 QY	0.233	1.092	1.442	0.301	0.574	3
爱甘水 AGS	0.040	3.619	−2.681	−0.155	0.476	4
对照 CK	−0.268	−0.520	0.503	0.231	−0.125	5
甘泉 GQ	−1.600	−1.925	0.209	0.879	−0.912	6
早酥 ZS	−0.041	−3.235	−2.079	−1.262	−1.185	7
库尔勒香梨 KELX	−4.507	0.791	0.862	0.124	−1.210	8

3　讨　论

梨属的自交不亲和属于配子体型自交不亲和，自花授粉后花粉可萌发并深入花柱，但花粉管在花柱内的伸长受单倍体 S 基因控制，表现出自交不亲和现象[23-24]。异花授粉后坐果率高低是反映亲和性强弱的直观指标。本研究发现，以‘新梨 7 号’母本‘库尔勒香梨’授粉的坐果率最低，仅为 53.82%，以其父本‘早酥’授粉的坐果率高达 88.96%，‘砀山酥梨’授粉后坐果率较低，为 54.08%。吴少华等[25]研究发现，亲缘关系较近的‘红丰’和‘新世纪’授粉会出现不亲和现象，但本研究用亲缘关系较近的‘早

酥'授粉坐果率反而提高。'新梨 7 号'的 *S* 基因为 S28Sd,推测'早酥'的 *S* 基因可能为 S22S35,因此两者的亲和性较高。'砀山酥梨'的 *S* 基因为 S7S34 或 S27S34[15],理论上与'新梨 7 号'亲和性较高,但其坐果率表现较低,可能是受其他因素影响所致。

沙海峰等[26]发现,不同来源的花粉对'京白梨'果实单果质量有显著影响,且大部分是正向影响。本研究发现,'库尔勒香梨'授粉后单果质量显著降低,这与'库尔勒香梨'属于小果型梨品种有关,说明'新梨 7 号'的单果质量具有花粉直感效应。毛桑隐等[27]在关于马家柚花粉直感效应的研究中指出,果实纵横径以及果形指数的变化可能与父本果形有关;ZISOVICH 等[28]研究发现,Spadona 梨用 Spadochina 授粉后果实横径显著增大;但不同梨品种也存在果形指数无花粉直感效应的情况[26,29]。前人研究发现,不同品种授粉后'新梨 7 号'果实的果梗长度和粗度有显著变化[30];本研究也发现'早酥'授粉后'新梨 7 号'的果梗长度和粗度均显著降低,表明果梗长度和粗度也存在花粉直感效应。

对梨果梗结构特性的研究[31]表明,品种差异会影响果梗的结构特性,从而影响其姿态。'长富二号'苹果经不同品种授粉后,萼洼深度以及萼片的留存率有明显改变[32];在'鸭梨'中,不同授粉品种会改变果实果点密度[33];不同品种对'黄金梨'授粉后,果实石细胞含量差异显著[34]。本研究表明,7 个品种对'新梨 7 号'授粉后在果点密度、果梗长度和粗度、果梗姿态、梗洼深度、萼片状态、果心大小、石细胞含量等方面均存在不同程度的花粉直感效应。本研究发现,对照自由授粉,梨园主栽品种有'库尔勒香梨'、'砀山酥梨'和'新梨 7 号',果实着色类型为片红,而用'砀山酥梨'和'库尔勒香梨'人工授粉后果实着色类型为条红,出现这一差别的原因可能是对照受到了周边梨园不明花粉的影响[35-36]。

谢辉等[37]研究发现,不同品种花粉授粉后,香梨果实的总糖和维生素 C 含量出现显著差异;田瑞等[14]研究发现,'圆黄'果实的可溶性固形物含量也具有花粉直感效应。'贵长'猕猴桃在可溶性固形物含量、总糖含量、维生素 C 含量、总酸含量等方面存在花粉直感效应[38]。本研究表明,不同授粉品种对'新梨 7 号'果实的维生素 C、可溶性糖、可滴定酸、可溶性固形物、黄酮、总酚等含量均有显著影响,具有明显的花粉直感效应。王宝侠等[39]研究发现,不同品种对塞外红苹果授粉后,其果实出现增糖降酸现象,糖酸比提高,风味品质改善。但是本研究发现,'新梨 7 号'果实糖酸比没有花粉直感效应,可能是品种差异所致,也可能是因为种植环境的影响。

果实品质是综合性状的反映,可采用多元统计分析中的聚类分析和主成分分析对果实品质进行综合评价[40]。本研究发现,利用聚类分析可将不同品种授粉果实分为 4 类,第 1 类包括对照和'秋月'、'甘泉'、'早酥'授粉组合,'库尔勒香梨'授粉组合聚为第 2 类,'晚秀'、'砀山酥梨'授粉组合聚为第 3 类,'爱甘水'授粉组合单独聚为第 4 类。但是'砀山酥梨'和'库尔勒香梨'未能与对照(对照自由授粉品种主要为'砀山酥梨'和'库尔勒香梨')聚类到一起,可能是受该试验地梨园'库尔勒香梨'大果芽变品种影响,也可能受周边梨园不明花粉的影响。用主成分分析法对不同品种授粉的'新梨 7 号'果实进行综合评价,发现'晚秀'、'砀山酥梨'、'秋月'、'爱甘水'4 个品种授粉果实的品质相比对照果实有所提高。但是配置授粉树不仅要考虑果实品质,还要考虑花期,其中'秋月'的花期较'新梨 7 号'晚,不适合作为授粉树,而'晚秀'和'爱甘水'的花期与'新梨 7 号'接近,可作为授粉树。但由于'晚秀'授粉后果实的石细胞含量升高,会影响果实品质,综合比较而言,'爱甘水'的单果质量及可溶性糖、可滴定酸、黄酮、总酚、可溶性固形物和石细胞含量等品质指标适中,适宜作为'新梨 7 号'的授粉品种。

4 结 论

'新梨 7 号'果实在果实纵横径、果点密度、果梗长度和粗度、果梗姿态、梗洼深度、萼片状态、果心大小、坐果率、单果质量、果实形状、石细胞含量、维生素 C 含量、黄酮含量、总酚含量等指标上有明显的花粉直感效应。综合而言,'爱甘水'授粉果实的单果质量及可溶性糖、可滴定酸、黄酮、总酚、可溶性固形物和石细胞含量等品质指标适中,适宜作为'新梨 7 号'的授粉品种。

[参考文献]

[1] 刘建萍,阎春雨,程奇,等. 早熟、优质、耐贮梨新品种新梨 7 号选育研究[J]. 果树学报,2002, 19(1):36-38.
LIU J P, YAN C Y, CHENG Q, et al. Breeding of new pear variety Xinli No. 7 with characters of early maturity, best quality and long storage life[J]. Journal of Fruit Science, 2002, 19(1): 36-38.

[2] 张绍铃,谢智华. 我国梨产业发展现状、趋势、存在问题与对策建议[J]. 果树学报,2019,36(8):1067-1072.
ZHANG S L, XIE Z H. Current status, trends, main problems

and the suggestions on development of pear industry in China [J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(8): 1067-1072.

[3] 向思敏，刘园，王江波，等. 新梨 7 号及其亲本果皮挥发性物质的比较分析[J]. 华中农业大学学报，2021，40(5)：108-115.
XIANG S M, LIU Y, WANG J B, et al. Comparison of peel volatile profiles among *Pyrus sinkiangensis* ‘Xinli No. 7’ and its parents [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(5): 108-115.

[4] 沙雨晨，耿献辉. 我国梨生产布局演变预测分析[J]. 中国果树，2023(9)：79-85.
SHA Y C, GENG X H. Evolution and forecast analysis of China’s pear production layout[J]. China Fruits, 2023(9): 79-85.

[5] 何天明. 梨雄性不育系‘新梨 7 号’花器官内氨基酸含量和过氧化氢酶活性分析[J]. 果树学报，2012，29(3)：338-342.
HE T M. Analysis of free amino acids and catalase activity in floral buds and anthers in male-sterile ‘Xinli No. 7’ pear[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(3): 338-342.

[6] 杨芳，刘雅兰，张婷婷，等. 果树花粉直感效应形成机理研究进展[J]. 经济林研究，2020，38(2)：235-240.
YANG Q, LIU Y L, ZHANG T T, et al. Research progress on formation mechanism of xenia effect in fruit trees[J]. Nonwood Forest Research, 2020, 38(2): 235-240.

[7] 洪俊彦，黄仁，黄春颖，等. 植物花粉直感的研究进展及展望[J]. 植物生理学报，2020，56(2)：151-162.
HONG J Y, HUANG R, HUANG C Y, et al. Research progress and prospect of plant pollen xenia[J]. Plant Physiology Journal, 2020, 56(2): 151-162.

[8] 刘振中，袁仲玉，高华，等. 不同专用授粉树对‘陕富六号’苹果花粉直感的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版)，2019，39(2)：55-60.
LIU Z Z, YUAN Z Y, GAO H, et al. Xenia effects of six pollinating cultivars of *Malus* spp. on *Malus pumlia* ‘Shanfu 6’ [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2019, 39(2): 55-60.

[9] 沈建生，滕元文，陈一帆，等. 金华大白桃花粉直感研究及授粉组合模糊综合评价[J]. 果树学报，2011，28(5)：755-762.
SHEN J S, TENG Y W, CHEN Y F, et al. Study on the xenia effect and indistinctly comprehensive evaluation of pollination combinations in Jinhua Dabai peach[J]. Journal of Fruit Science, 2011, 28(5): 755-762.

[10] 刘婉君，张莹，张玉星，等. 18 个品种授粉‘鸭梨’果实品质和香气成分分析与评价[J]. 食品科学，2022，43(2)：294-302.
LIU W J, ZHANG Y, ZHANG Y X, et al. Analysis and evaluation of fruit quality and aroma components of ‘Yali’ pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) pollinated with eighteen pollinizers[J]. Food Science, 2022, 43(2): 294-302.

[11] 曼苏尔·那斯尔，杜润清，陈湘颖，等. 新疆梨品种与‘库尔勒香梨’授粉亲和性及花粉直感[J]. 果树学报，2019，36(4)：447-457.
Mansur·Nasir, DU R Q, CHEN X Y, et al. Pollination compatibility and pollen xenia of Xinjiang pear cultivars with ‘Kuerlexiangli’ pear[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(4): 447-457.

[12] BARCELOS R B, PIO R, GUILHERME L, et al. General and specific combining ability in the selection of polliniser cultivars of hybrid pear trees (*Pyrus communis* × *P. pyrifolia*) [J]. Scientia Horticulturae, 2021, 277: 109797.

[13] 周晓明，陈慧，费艳，等. 不同授粉品种对翠冠梨果实品质的影响[J]. 现代园艺，2016(1)：12-14.
ZHOU X M, CHEN H, FEI Y, et al. Effects of different polluted varieties on fruit quality of Cuiguan pear[J]. Xiandai Horticulture, 2016(1): 12-14.

[14] 田瑞，胡红菊，杨晓平，等. 花粉直感对‘圆黄’梨果实品质的影响[J]. 东南园艺，2013，1(3)：1-5.
TIAN R, HU H J, YANG X P, et al. Effect of xenia on fruit quality of ‘Wonhuwang’ pear cultivar[J]. Southeast Horticulture, 2013, 1(3): 1-5.

[15] 张校立，艾沙江·买买提，徐叶挺，等. 梨 S 基因与 S 基因型鉴定的研究进展[J]. 西北农业学报，2018，27(8)：1077-1087.
ZHANG X L, Aishajiang·Maimaiti, XÜ Y T, et al. Advance of *S*-gene genotype and *S*-genotypes in pear[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2018, 27(8): 1077-1087.

[16] 杜文文，段青，杨楠，等. 30 种观叶秋海棠花粉活力检验方法筛选及活力测定[J]. 西南农业学报，2021，34(7)：1521-1527.
DU W W, DUAN Q, YANG N, et al. Screening of test methods and determination of pollen viability of 30 varieties of foliage *Begonia*[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2021, 34(7): 1521-1527.

[17] 曹玉芬. 梨种质资源描述规范：NY/T 2922－2016[M]. 北京：中国农业出版社，2016.
CAO Y F. Description for pear germplasm resources: NY/T 2922－2016[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2016.

[18] 邓瑞，袁仲玉，夏雪，等. 套袋对“瑞雪”苹果果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版)，2018，46(7)：117-123.
DENG R, YUAN Z Y, XIA X, et al. Influence of bagging on quality of “Ruixue” apple[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2018, 46(7): 117-123.

[19] 卢登洋，童盼盼，闫敏，等. 库尔勒香梨大果芽变的鉴定与评价[J]. 中国农业科技导报，2024，26(5)：52-64.
LU D Y, TONG P P, YAN M, et al. Identification and evaluation of Korla pear bud sport with larger fruit size[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2024, 26(5): 52-64.

[20] 贾晓辉，王文辉，姜云斌，等. 采收成熟度对‘玉露香’梨果实品质和耐贮性的影响[J]. 果树学报，2016，33(5)：594-603.
JIA X H, WANG W H, JIANG Y B, et al. Effects of harvest maturity on fruit quality and storage life of ‘Yuluxiang’ pears [J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(5): 594-603.

[21] 聂继云，李静，杨振锋，等. 冷冻法测定梨的石细胞含量[J]. 果树学报，2006，23(1)：133-135.
NIE J Y, LI J, YANG Z F, et al. Study on the conditions for measuring stone cell content in pear flesh by freezing method [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 133-135.

[22] 李雁琴，宋丽军，张丽，等. 不同品种红枣冻干片的理化品质及

抗氧化性比较[J]. 食品研究与开发,2020,41(11):28-33,65.
LI Y Q,SONG L J,ZHANG L,et al. Comparison of physic-chemistry qualities and antioxidant activity of frozen slices of different jujube varieties[J]. Food Research and Development,2020,41(11):28-33,65.

[23] HISCOCK S J,KÜES U,DICKINSON H G. Molecular mechanisms of self-incompatibility in flowering plants and fungi-different means to the same end[J]. Trends in Cell Biology,1996,6(11):421-428.

[24] NASRALLAH J B,NASRALLAH M E. Pollen-stigma signaling in the sporophytic self-incompatibility response[J]. The Plant Cell,1993,5(10):1325-1335.

[25] 吴少华,沈德绪,林伯年,等. 黄花梨授粉品种选配的研究[J]. 果树科学,1986,3(2):20-24.
WU S H,SHEN D X,LIN B N,et al. Study on selection of pollenizers for 'Hwang Hua' pear[J]. Journal of Fruit Science,1986,3(2):20-24.

[26] 沙海峰,朱元娣,高琪洁,等. 花粉直感对京白梨品质的影响[J]. 果树学报,2006,23(2):287-289.
SHA H F,ZHU Y D,GAO Q J,et al. Effect of xenia on fruit quality of Jingbaili pear cultivar[J]. Journal of Fruit Science,2006,23(2):287-289.

[27] 毛桑隐,路志浩,张祥,等. 花粉直感对马家柚果实品质的影响[J]. 果树学报,2023,40(11):2391-2402.
MAO S Y,LU Z H,ZHANG X,et al. Effect of xenia on fruit quality of Majiayou[J]. Journal of Fruit Science,2023,40(11):2391-2402.

[28] ZISOVICH A,STERN R,SHAFIR S,et al. Fertilisation efficiency of semi-and fully-compatible European pear (*Pyrus communis* L.) cultivars[J]. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology,2005,80(1):143-146.

[29] 王家珍,李俊才,刘成,等. 花粉直感对南果梨的影响[J]. 北方园艺,2009(7):106-107.
WANG J Z,LI J C,LIU C,et al. Xenia on Nanguoli pear cultivar[J]. Northern Horticulture,2009(7):106-107.

[30] 王新建,吴翠云,温丽. 不同品种授粉对新梨7号果实的影响[J]. 北方园艺,2003(4):60-61.
WANG X J,WU C Y,WEN L. Effects of pollination of different varieties on the fruit of Xinli 7[J]. Northern Horticulture,2003(4):60-61.

[31] CUI Z H,SUN H Q,LU Y Q,et al. Variations in pedicel structural properties among four pear species (*Pyrus*): insights into the relationship between the fruit characteristics and the pedicel structure[J]. Frontiers in Plant Science,2022,13:815283.

[32] 王延秀,陈佰鸿,王淑华,等. 对'长富2号'苹果授粉后11个海棠品种花粉直感效应的综合评价[J]. 植物资源与环境学报,2014,23(4):83-89.
WANG Y X,CHEN B H,WANG S H,et al. Comprehensive evaluation on pollen xenia effect of eleven cultivars of *Malus* spp. after pollinated to *Malus pumila* 'Changfu 2'[J]. Journal of Plant Resources and Environment,2014,23(4):83-89.

[33] 陈景顺,宋金耀,董存田,等. 鸭梨花粉直感效应及其机制研究[C]//中国园艺学会. 中国园艺学会成立70周年纪念暨学术讨论会优秀论文选编. 昆明,1999:270-274.
CHEN J S,SONG J Y,DONG C T,et al. Study on the xenia effect of Yali pear pollen and its mechanism[C]//Chinese Horticultural Society. Selection of excellent papers commemorating the 70 th anniversary of the founding of the Chinese Horticultural Society. Kunming,1999:270-274.

[34] 陈唯. 梨不同品种授粉对其杂交果实品质及种子特性的影响[D]. 杭州:浙江农林大学,2017.
CHEN W. Effects of pollination of different pear varieties on fruit quality and seed characteristics of their hybrids[D]. Hangzhou:Zhejiang A&F University,2017.

[35] 郭凯丽,刘娟,余小梅,等. 梨杂交后代果实主要性状遗传倾向的初步研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2024,52(9):97-108,119.
GUO K L,LIU J,YU X M,et al. A preliminary study on genetic tendency of main fruit traits of pear crossbred offspring[J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed),2024,52(9):97-108,119.

[36] 吴翠云. 库尔勒香梨杂种后代性状遗传规律及生物学性状的研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2004.
WU C Y. Study on the genetic law and biological characteristics of hybrid offspring of Korla fragrant pear[D]. Yangling,Shaanxi:Northwest A&F University,2004.

[37] 谢辉,高启明,刘永杰,等. 花粉直感对库尔勒香梨果实品质的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(1):93-96.
XIE H,GAO Q M,LIU Y J,et al. Effects of xenia on fruit quality of Korla fragrant pear cultivar[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2013,22(1):93-96.

[38] 王国立,吴素芳,黄亚欣,等. 花粉直感对贵长猕猴桃坐果和果实品质的影响[J]. 贵州农业科学,2018,46(11):98-100.
WANG G L,WU S F,HUANG Y X,et al. Effects of xenia on fruit setting and fruit quality of Guichang kiwifruit[J]. Guizhou Agricultural Sciences,2018,46(11):98-100.

[39] 王宝侠,韩永增,包敖民,等. 授粉品种对'塞外红'苹果果实品质的影响[J]. 经济林研究,2023,41(4):22-30,39.
WANG B X,HAN Y Z,BAO A M,et al. Effects of fruit quality of 'Saiwaihong' apple fruit pollinated with different pollination cultivars[J]. Non-wood Forest Research,2023,41(4):22-30,39.

[40] 杨生保,杨涛,李宁,等. 番茄ILs果实性状的主成分分析与聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(4):907-913.
YANG S B,YANG T,LI N,et al. Principal component and cluster analysis based on fruit traits in ILs of tomato[J]. Journal of Plant Genetic Resources,2015,16(4):907-913.

(责任编辑:窦春蕊)