

不同授粉方式对草莓品质、产量及经济效益的影响

秦启杰¹ 王连泉¹ 范涛¹ 马俊霞²

(1 兰州新区农业科技开发有限责任公司, 兰州 730300; 2 兰州新区农业农村和水务局, 兰州 730300)

摘要: 为研究不同授粉方式对草莓品质、产量及经济效益的影响。本研究于2022~2025年对比分析熊蜂授粉与人工授粉对草莓纵径、畸形果率、单果重、总产量及经济效益等的影响。结果表明: 熊蜂授粉草莓纵径显著大于人工授粉, 且畸形果率逐年下降, 较人工授粉显著降低26.50%~32.80%; 熊蜂授粉草莓可溶性糖、Vc含量均显著高于人工授粉; 熊蜂授粉草莓单果质量(26.52~28.01g)、产量(1225.54~1329.55kg/667m²)逐年增长, 且其总产值(77209.02~78953.9元/667m²)、经济效益(42153.9~42537.6元/667m²)显著高于人工授粉, 2024~2025年经济效益较人工授粉显著提升100.73%。综上, 熊蜂授粉可全面提升草莓果实商品性与种植效益, 为草莓优质高效种植提供重要技术支撑。

关键词: 草莓; 熊蜂授粉; 产量品质; 经济效益

Effects of Different Pollination Methods on Strawberry Quality, Yield and Economic Benefits

Qin Qijie¹, Wang Lianquan¹, Fan Tao¹, Ma Junxia²

(1 Lanzhou New Area Agricultural Science and Technology Development Co., Ltd., Lanzhou 730300, China; 2 Lanzhou New Area Bureau of Agriculture, Rural Areas and Water Resources, Lanzhou 730300, China)

Abstract: To study the effects of different pollination methods on the quality, yield and economic benefits of strawberries, this study conducted a comparative analysis of the impacts of bumblebee pollination and artificial pollination on strawberry fruit length, diameter, malformed fruit rate, single fruit weight, total yield and economic benefits from 2022 to 2025. The results showed that: The longitudinal diameter of strawberries pollinated by bumblebees was significantly larger than that of strawberries under artificial pollination; furthermore, the malformed fruit rate of bumblebee-pollinated strawberries decreased year by year, which was significantly 26.50%~32.80% lower than that of artificially pollinated strawberries. The contents of soluble sugar and vitamin C (Vc) in strawberries pollinated by bumblebees were significantly higher than those in artificially pollinated strawberries. The single fruit weight (26.52~28.01g) and yield (1225.54~1329.55kg per 667m²) of bumblebee-pollinated strawberries increased year by year. In addition, their total output value (77,209.02~78,953.9 yuan per 667m²) and economic benefits (42,153.9~42,537.6 yuan per 667m²) were significantly higher than those of artificially pollinated strawberries. Specifically, from 2024 to 2025, the economic benefits of bumblebee-pollinated strawberries were significantly 100.73% higher than those of artificially pollinated ones. In conclusion, bumblebee pollination can comprehensively improve the marketability of strawberry fruits and planting benefits, providing important technical support for the high-quality and high-efficiency cultivation of strawberries.

Key words: strawberry; bumblebee pollination; yield and quality; economic benefits

草莓含有丰富的维生素具有较高营养价值, 口感质软而多汁, 香味浓厚, 略酸微甜, 深受消费者的喜爱^[1]。随着人们对优质水果、反季节水果的需求越来越大, 种植设施草莓已成为多个地区发展现代效益

农业的重要方式。兰州新区紧紧围绕区域自然条件优势, 不断做强果蔬园艺业, 以设施草莓为重点发展产业, 积极开展设施草莓示范和推广, 取得了较好的经济效益和社会效益。但在种植过程中, 生产问题突

作者简介: 秦启杰(1995-)男, 农艺师, 主要从事农业技术推广, E-mail:2962571170@qq.com

出,如坐果率低,畸形果发生率高等问题,直接影响了产量和品质。因此,需采用人工授粉或熊蜂授粉的方法来提高授粉率,而人工授粉费时费力,且最佳授粉时间难以掌握,效果并不理想^[2]。目前,一般设施大棚常利用熊蜂等昆虫为草莓授粉^[3]。国内许多研究证明,在温室中采用熊蜂授粉不仅节本增效,而且能提高坐果率和减少畸形果的发生,从而增加产量和改善果品品质^[4-5]。熊蜂授粉技术已成为我国设施农业实现优质、高效、高产的一项重要的配套技术措施^[6]。熊蜂授粉技术在兰州新区还未见报道,为了进一步探究熊蜂授粉的优势,使其在兰州地区进行示范推广,本文通过对比试验,研究了熊蜂和人工授粉对草莓果实的果实外观、品质、单果质量、产量、经济效益等方面的影响,探索熊蜂授粉的优势,从而为草莓设施栽培提供依据。

1 试验设计与方法

1.1 试验材料

供试草莓品种为红颜,生产苗由兰州新区现代农业示范园基地提供,试验草莓种植共三茬,第一茬定植时间为2022年8月28日,清园时间为2023年5月25日;第二茬定植时间为2023年8月29日,清园时间为2024年5月27日;第三茬草莓定植时间为2024年8月28日,清园时间为2025年5月27日。授粉蜂种为熊蜂,从衡水沃蜂生物科技有限公司购买。试验所用仪器有梅特勒电子天平AL204,产地为瑞士;得力高精度电子数显游标卡尺等。

1.2 试验方法

草莓温室设在兰州新区现代农业示范园。选用一个日光温室作为试验地,温室长80m、宽9m,温室面积为720m²。草莓采用A字架结构基质槽滴灌种植,每个A字架长7.5m,最宽处1.2m,高1.04m,分上中下三层,上层到中层、中层到下层高度差均为0.42m,下层距地面0.2m。上层种植两行,采用错位法种植,株距20cm,行距30cm;中、下两层每个种植槽各种植一行,株距20cm(每个A字架共种植6行草莓)。每两排A字架底空留1m,温室共36个A字架,分为两个区域,分别为熊蜂授粉区(31个A字架)、人工授粉区(5个A字架),中间用尼龙纱隔开。每区内随机选择5行,熊蜂授粉区和人工授粉区分别标记为A1、A2、A3、A4、A5和B1、B2、B3、B4、B5,以供调查取样,试验区内其他管理完全相同。

1.3 测定指标及方法

2022年8月至2025年5月期间,每茬草莓于11月,次年2月、5月果实成熟期间采摘草莓用于试验,采摘日期均为11月28日、2月23日、5月20日,每次每行采摘10枚草莓果实,每个试验区共采摘50个果实。

1.3.1 草莓单果质量、产量及畸形果率的测定

称量每茬每次采摘的50枚草莓的单果质量,计算每茬草莓平均单果质量。同时统计每茬每次采摘草莓的畸形果数量,计算每茬草莓畸形果率。畸形果率的计算公式见式:

$$\text{畸形果率}/\% = \frac{\text{畸形果实数}}{\text{果实总数}} \times 100\%$$

1.3.2 草莓果实纵、横径的测定

用游标卡尺测量草莓果实纵向及横向的最长距离即纵径与横径。

1.3.3 草莓果实品质的测定

每茬每次采取试验样品后,随机取10个成熟果实测定可溶性糖、Vc、可溶性固形物含量,通过三次采摘测定结果,算出年平均值。

可溶性糖含量测定:斐林试剂法;

可溶性固形物含量测定:折光仪法;

Vc含量测定:2,6-二氯酚酚滴定法。

1.3.4 草莓产量及经济效益测算

草莓产量测算:草莓每次采摘入库进行统计,统计一棚产量,再按照面积换算为亩产量;

每茬草莓经济效益=每茬草莓销售总额-每茬草莓成本;

草莓平均价格=草莓销售总额÷草莓产量。

所有数据采用SPSS 19.0软件进行统计分析和显著性分析。

2 试验结果分析

2.1 不同授粉方式对草莓生长的影响

由表1可知,2022~2025年间,三茬熊蜂授粉草莓的纵径、横径整体表现出较好的稳定性与一定的增长态势,2022~2023年纵径为4.78cm、横径为3.83cm,2023~2024年纵径为4.82cm、横径为3.72cm,2024~2025年纵径为4.72cm、横径为3.78cm;而人工授粉草莓的纵径、横径在这三茬间相对稳定,2022~2023年纵径为4.28cm、横

径为3.23cm，2023~2024年纵径为4.24cm、横径为3.21cm，2024~2025年纵径为4.23 cm、横径为3.31cm。2022~2025年三茬熊蜂授粉草莓相比于人工授粉，纵径分别显著增加11.68%、13.69%、11.58%，横径分别显著增加18.58%、15.89%、14.20%。2022~2025年，三茬熊蜂授粉草莓的畸形果率呈现出逐年下降的趋势，分别为5.52%、5.36%、5.02%；人工授粉草莓的畸形果率相对稳定，分别为7.51%、7.31%、7.47%。2022~2025年，三茬熊蜂授粉畸形果率较人工授粉畸形果率分别显著降低26.50%、26.68%、32.80%。综合来看，熊蜂授粉能有效促进草莓果实生长，增大果实纵横径，同时显著降低畸形果率，从果实外形尺寸和品质层面为草莓的商品性提升提供有力支撑，提升草莓种植效益方面优势显著。

2.2 不同授粉方式对草莓品质的影响

由表2可知，2022~2025年间，三茬熊蜂授粉草莓的可溶性糖、Vc、可溶性固形物含量整体表现出较好的稳定性与一定的优势，2022~2023年可溶性糖为9.82%、Vc含量为76.32mg/100g、可溶性固形物为12.53%；2023~2024年可溶性糖为9.52%、Vc含量为75.63mg/100g、可溶性固形物为12.36%；2024~2025年可溶性糖为9.60%、Vc含量为77.55mg/100g、可溶性固形物为12.77%。而人工授粉草莓的可溶性糖、

Vc含量、可溶性固形物在这三茬间相对低于熊蜂授粉的。2022~2025年三茬熊蜂授粉相比于人工授粉，可溶性糖分别显著提升约13.79%、12.66%、11.49%；Vc含量分别显著增加约14.06%、13.07%、13.18%；可溶性固形物分别升高约5.20%、4.03%、6.72%。

2.3 不同授粉方式对草莓单果质量、产量及总产值的影响

由表3可知，2022年~2025年三茬熊蜂授粉草莓的单果质量、产量呈现出逐年增长的趋势，分别为26.52g、1225.54kg/667m²，27.84g、1288.96kg/667m²，28.01g、1329.55kg/667m²；人工授粉草莓的单果质量、产量在这三茬间相对稳定。2022~2025年三茬熊蜂授粉草莓相比于人工授粉草莓，单果质量分别显著增加28.43%、33.85%、35.77%，产量分别显著增加26.27%、33.76%、36.55%，呈逐年增长的趋势。2022~2025年，草莓价格呈下降趋势，单每茬熊蜂授粉草莓价格均高于人工授粉草莓价格。2022~2025年间熊蜂授粉草莓总产值呈现上升趋势，分别为77209.02元/667m²、77337.60元/667m²、78953.90元/667m²；人工授粉总产值呈下降趋势，分别为58234.8元/667m²、54926.91元/667m²、53550.2元/667m²；2022年~2025年，三茬熊蜂授粉总产值较人工授粉总产值分别显著增加32.58%、40.80%、47.44%。

表1 不同授粉方式对草莓生长的影响

年份	纵径（cm）		横径（cm）		畸形果率（%）	
	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉
2022~2023年	4.78a	4.28b	3.83a	3.23b	5.52b	7.51a
2023~2024年	4.82a	4.24b	3.72a	3.21b	5.36b	7.31a
2024~2025年	4.72a	4.23b	3.78a	3.31b	5.02b	7.47a

表2 不同授粉方式对草莓品质的影响

年份	可溶性糖（%）		Vc含量（mg/100g）		可溶性固形物（%）	
	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉
2022~2023年	9.82a	8.63b	76.32a	66.91b	12.53a	11.91ab
2023~2024年	9.52a	8.45b	75.63a	66.89b	12.36a	11.89ab
2024~2025年	9.60a	8.61b	77.55a	68.52b	12.77a	11.96ab

表3 不同授粉方式对草莓单果质量、产量及总产值的影响

年份	单果质量（g）		产量（kg/667m ² ）		价格（元/kg）		总产值（元/667m ² ）	
	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉	熊蜂授粉	人工授粉
2022~2023年	26.52a	20.65b	1225.54a	970.58b	63.00a	60.00ab	77209.02a	58234.80b
2023~2024年	27.84a	20.80b	1288.96a	963.63b	60.00a	57.00ab	77337.60a	54926.91b
2024~2025年	28.01a	20.63b	1329.55a	973.64b	58.00a	55.00ab	75953.90a	53550.20b

表4 不同授粉方式对草莓成本 and 经济效益的影响

年份	成本 (元/667m ²)				经济效益 (元/667m ²)	
	熊蜂授粉		人工授粉		熊蜂授粉	人工授粉
	物料成本	人工成本	物料成本	人工成本		
2022 ~ 2023 年	14700.00b	20000.00a	12800.00b	20650.00a	42509.02a	24784.80b
2023 ~ 2024 年	14800.00b	20000.00a	12900.00b	20650.00a	42537.60a	21376.91b
2024 ~ 2025 年	14800.00b	19000.00a	12900.00b	19650.00a	42153.90a	21000.20b

2.4 不同授粉方式对草莓成本 and 经济效益的影响

由表4可知，2022年~2025年，三茬熊蜂授粉草莓的经济效益分别为42509.02元/667m²、42537.60元/667m²、42153.90元/667m²，整体保持在较高水平且相对稳定；人工授粉草莓的经济效益分别为24784.80元/667m²、21376.91元/667m²、21000.20元/667m²，呈逐年下降趋势；三茬熊蜂授粉经济效益较人工授粉经济效益分别显著增加71.51%、98.99%、100.73%。充分体现出熊蜂授粉能为种植户带来稳定且更高的收入，经济效益优势明显。

3 结论与讨论

熊蜂授粉草莓果实的横径、纵径、单株产量及一级果平均单果重显著高于人工授粉^[7]。熊蜂授粉与人工授粉相比，草莓畸形果率降低了33.35%^[6]。本试验结果同样得出，熊蜂授粉草莓的纵径、横径显著大于人工授粉，且畸形果率较人工授粉降低26.50%~32.80%。可能是熊蜂的授粉行为更为高效、全面，能让草莓花得到更充分的授粉，为果实后续的细胞分裂与膨大提供了更有利的条件，减少了因授粉不均匀等因素导致的果实发育畸形情况，从而提升了草莓果实的商品性。

熊蜂授粉方式可有效提升草莓品质^[8]。熊蜂授粉的草莓果实形状为圆锥形，果味甜，可溶性固形物、可溶性糖含量显著高于人工授粉，Vc含量（81.33mg/100g）较人工授粉增加8.86mg/100g^[7]。本试验结果同样显示，熊蜂授粉草莓的可溶性糖、Vc含量分别较人工授粉显著提升11.49%~13.79%、13.07%~14.06%。这可能是熊蜂振动授粉可刺激草莓柱头产生更强的受精信号，激活果实内蔗糖合成酶、维生素C合成酶等关键酶的活性，加速糖分转化与Vc合成。

多项研究表明，其中熊蜂授粉能够显著增加设施草莓的产量^[9-11]。与人工授粉相比，利用熊蜂授粉的温室草莓单果重提高了

近1倍^[6]。本试验研究结果表明，熊蜂授粉草莓单果质量（26.52~28.01g）较人工授粉（20.63~20.65g）提升28.43%~35.77%，亩产量（1225.54~1329.55kg/667m²）较人工授粉（963.63~973.64kg/667m²）提升26.27%~36.55%，市场收购价每千克比人工授粉草莓高3~5元。2024~2025年熊蜂授粉亩经济效益（42153.9元/667m²）较人工授粉（21000.2元/667m²）增加100.73%。熊蜂授粉在提升越冬草莓品质、产量及经济效益方面效果显著，且适配兰州新区的产业需求，可作为当地设施草莓种植的主推技术。后续通过技术参数优化与区域适应性拓展，有望在西北地区乃至全国越冬设施果蔬中实现规模化应用，为农业绿色高质量发展提供技术保障。

参考文献

[1] 罗学兵, 贺良明. 草莓的营养价值与保健功能 [J]. 中国食物与营养, 2011, 17(04): 74-76.

[2] 付宝春, 杨蛟峰. 常见授粉蜂种在设施农业中的应用 [J]. 山西农业科学, 2014, 42(08): 925-928.

[3] 李海燕. 中国蜜蜂授粉的经济价值研究 [D]. 福建农林大学, 2012.

[4] 陈方, 孙雄军, 程鹏飞. 大棚番茄熊蜂授粉技术应用效果研究 [J]. 中国瓜菜, 2013, 26(05): 34-35+38. DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2013.05.011.

[5] 王强, 李翠梅, 李鹏发, 等. 新疆日光温室番茄熊蜂授粉试验 [J]. 长江蔬菜, 2013, (20): 27-29.

[6] 童越敏, 彭文君, 邢艳红, 等. 三种授粉方式对温室凯特杏的影响研究 [J]. 蜜蜂杂志, 2005, (02): 3-4.

[7] 何欣, 陈毅民, 王刚, 等. 不同授粉方式对塔城地区设施草莓生长、品质及产量的影响 [J]. 新疆农垦科技, 2018, 41(06): 15-16.

[8] 罗文华, 曹兰, 高丽娇, 等. 不同蜂授粉对重庆设施草莓产量、品质及效益的影响 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学), 2017, 32(03): 498-503. DOI:10.16211/j.issn.1004-390X(n).2017.03.015.

[9] 孙梅梅, 陈若霞, 湛江华, 等. 不同蜂授粉对设施草莓产量和品质的影响 [J]. 长江蔬菜, 2008, (18): 42-44.

[10] 李青珍, 江敬皓, 宋一鑫, 等. 精选熊蜂在热带地区设施栽培西红柿与草莓的授粉潜力评估 [J]. 蜜蜂杂志, 2010, 30(11): 5-9.

[11] 赵改灵, 李秦, 张洁. 不同授粉方式对日光温室草莓授粉效果的比较 [J]. 中国果菜, 2020, 40(01): 59-61+65. DOI:10.19590/j.cnki.1008-1038.2020.01.014. 