

## 不同授粉方式对日光温室番茄生长及品质的影响

张俊峰, 王志伟\*, 张玉鑫, 王晓巍, 蒯佳琳 (甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃兰州 730070)

**摘要** [目的]分析熊蜂在河西高海拔冷凉区日光温室番茄上的授粉行为及对营养品质的影响。[方法]以koppert熊蜂为材料,观察熊蜂日活动规律,确定其适宜活动的温室温湿度;比较分析生产中常用的熊蜂授粉、振荡授粉和蘸花授粉3种授粉方式对日光温室番茄产量、品质及效益的影响。[结果]熊蜂授粉和振荡授粉对温室番茄的坐果和产量影响不明显,但可显著降低畸形果率,提高果实可溶性固形物、可溶性糖、有机酸、 $V_C$ 含量;熊蜂授粉较蘸花授粉减少生产投入52.4%,振荡授粉较蘸花授粉减少生产投入34.9%。[结论]在人工紧缺或条件适宜的地区,可推广使用熊蜂授粉和振荡授粉技术。

**关键词** 日光温室;番茄;授粉;熊蜂

中图分类号 S641.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)35-0050-03

## Effects of Different Pollination Methods on Growth and Quality of Tomato in Solar Greenhouse

ZHANG Jun-feng, WANG Zhi-wei\*, ZHANG Yu-xin et al (Institute of Vegetable Crops, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070)

**Abstract** [Objective] To analyze the pollination behavior and the nutrient quality of the bumblebee in the sunny greenhouse of the Hexi high-altitude cold area. [Method] The koppert bumblebee was used as the material to observe the activity law of the bumblebee, and to determine the greenhouse temperature and humidity of its suitable activities. The effects of three kinds of pollination methods on the yield, quality and benefit of tomato in solar greenhouse were studied and compared. [Result] The effects of bumblebee pollination and concussion pollination on the fruit and yield of greenhouse tomato were not obvious. But they could significantly reduced the rate of abnormal and dehiscent fruits, and enhanced the fruit soluble solid, soluble sugar, organic acid and  $V_C$  content. Production investment of bumblebee pollination reduced by 52.4% compared with bumblebee pollination, and production investment of concussion pollination reduced by 43.9% compared with dipping pollination. [Conclusion] bumblebee and concussion pollination could be promoted in areas with artificial shortage or suitable conditions.

**Key words** Solar greenhouse; Tomato; Pollination; Bumblebee

授粉技术严重影响温室栽培番茄的产量和质量。但日光温室的棚架结构阻碍了传粉昆虫的进入,番茄在开花期间得不到充足的授粉,从而影响了产量和品质,因此大多数地方采用人工蘸花的方法,不但费工、费时、劳动强度大,而且畸形果率高、果实品质差、授粉最佳时间难以掌握、授粉效果不理想,更重要的是还会造成激素污染,影响消费者健康。目前,人工蘸花方法在一些发达国家已被禁止使用。

近几年,我国从荷兰等国引进熊蜂为温室番茄、草莓、甜椒、茄子等作物授粉<sup>[1-6]</sup>,熊蜂已在茄科类作物授粉应用特别广泛;振荡授粉器通过高频振动使花粉自然飘落到花柱上而达到授粉的目的,可以提高植株坐果率、增加产量、改善品质<sup>[7]</sup>。为了解决河西高海拔冷凉区设施番茄授粉中存在的问题,该研究同时采用熊蜂和振荡授粉器为温室番茄授粉,以提高番茄坐果率、增加产量、改善品质、减少用工量和成本投入、为区域内日光温室番茄授粉提供理论依据。

## 1 材料与与方法

**1.1 试验地概况** 试验于2015年在甘肃省农科院蔬菜所永昌试验站进行。试验地海拔1998 m,年平均气温7.4℃,年降水量158 mm,无霜期144 d,年日照时数2 933 h。试验温室为新型装配式日光温室,温室长度61.8 m,跨度8 m,高

度3.9 m,后墙高度2.5 m,后屋面长度1.8 m,前屋面拱架长7.77 m,墙体厚度20 cm(双面透明板中部填充20 cm厚聚苯乙烯颗粒),温室方位角为偏西5~8°,后屋面仰角为45°。

**1.2 材料** 授粉熊蜂品种:koppert,由科伯特(北京)农业有限公司提供。番茄品种:爱吉109(瑞克斯旺);振荡授粉器:北京环球瑞雪番茄振荡授粉器;蘸花药剂:2,4-D;定植期:2月21日株行距:40 cm×70 cm;授粉期:4月8日开始;采收期:5月28日—7月18日。

**1.3 试验设计** 将日光温室从中间用纱网隔开,试验设3个处理:蘸花授粉、电动番茄授粉器授粉(振荡授粉)、熊蜂授粉。蘸花授粉采用2,4-D蘸花,按常规操作;振荡授粉时将授粉器摆动杆轻轻接触花穗柄上,停留约0.5~1.0 s,不直接放在花朵或果实上,以免造成伤害,一般09:00—15:00授粉,隔天1次;熊蜂授粉将蜂箱放置在中间,悬挂在棚顶下方,略高于番茄生长点,蜂箱有2个开口,一个是可进可出的开口A,另一个是只进不出的开口B,平时封住B,打开A;允许熊蜂自由进出,当喷药时,挡住A,打开B,使室内熊蜂全部回到蜂箱,免受药害。在傍晚时将蜂箱带入棚内,1 h后,打开蜂箱2个口。

## 1.4 调查内容及方法

**1.4.1 熊蜂活动观察。**每天分4个时段08:00、11:00、14:00、17:00观察熊蜂的活动情况,同时分别记录温室内的温、湿度情况。

**1.4.2 生长指标调查。**在放蜂区、振荡授粉区和对照区各采摘30个果,记录各区植株的坐果率、单果重、畸形果率、果实直径、果实高度。

**1.4.3 产量调查。**从放蜂开始,记录放蜂区、振荡授粉区和

**基金项目** 农业部园艺作物生物学与种质创制西北地区科学观测试验站项目(2015-A2621-620321-G1203-066);甘肃省农业科学院科技创新专项(2014GAAS02);国家特色蔬菜产业技术体系(CARS-24);甘肃省蔬菜产业科技攻关项目(gsscgg(2015)-4)。

**作者简介** 张俊峰(1982—),男,山西偏关人,助理研究员,硕士,从事蔬菜栽培及生理生化。\*通讯作者,研究员,从事蔬菜栽培技术与推广。

**收稿日期** 2017-09-30

对照区每次采摘番茄的产量,放蜂结束后统计总产量。

**1.4.4 品质调查。**在放蜂区振荡授粉区和对照区各采摘 30 个果,对各区果实的可溶性固形物、 $V_c$ 、总糖和总酸等进行抽样测定。

## 2 结果与分析

**2.1 熊蜂活动观察** 经观察,熊蜂在早上 08:00 活动不明显,11:00—17:00 活动频繁,结合表 1 的温、湿度可知,熊蜂适宜的温室环境条件为温度 20 ~ 30 °C,相对湿度 20% ~ 40%。

**2.2 不同处理对番茄生长指标的影响** 由表 2 可知,熊蜂授粉和振荡授粉在单株坐果数上差异不显著,说明熊蜂授粉和振荡授粉对温室番茄的坐果影响不大;振荡授粉的畸裂果率最低,为 6.1%,与熊蜂授粉和人工授粉差异显著,说明振荡授粉可明显降低温室番茄的畸裂果率;在果实横径方面熊

蜂授粉和振荡授粉与对照差异显著;在果实纵度上 3 个处理间差异不显著。

表 1 4、5 月温室平均温、湿度

Table 1 The temperature and humidity of greenhouse in April and May

月份 Month	时间 Time	温度 Temperature//°C	湿度 Humidity//%
4	08:00	13.6	84.1
	11:00	24.6	38.1
	14:00	28.2	24.3
	17:00	24.1	34.6
5	8:00	16.7	66.6
	11:00	25.3	37.4
	14:00	29.7	29.0
	17:00	24.6	36.4

表 2 不同处理对番茄生长指标的影响

Table 2 Effects of different treatments on the growth index of tomato

处理 Treatment	单株坐果数 Fruitlet number per plant	畸裂果率 Percentage of abnormal and dehiscent fruits//%	果实横径 Equatorial diameter of fruit//cm	果实纵度 Longitudinal diameter of fruit//cm
熊蜂授粉 bumblebee pollination	9.1 aA	7.6 bB	8.5 aA	6.8 aA
振荡授粉 Concussion pollination	8.9 aA	6.1 cC	8.3 abAB	6.5 aA
蘸花授粉 Dipping pollination	9.3 aA	9.2 aA	8.1 bB	6.5 aA

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;同列不同大写字母表示差异在 0.01 水平显著

Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level;different capital letters indicated significant differences at 0.01 level

**2.3 不同处理对番茄产量的影响** 由表 3 可知,熊蜂授粉单果重与振荡授粉和人工授粉差异显著;但 3 个处理的单株

产量及产量差异不显著,说明熊蜂授粉和振荡授粉对温室番茄产量的影响不明显。

表 3 不同处理对番茄产量的影响

Table 3 Effects of different treatments on the yield of tomato

处理 Treatment	单果重 Single fruit weight//g	单株产量 Yield per plant//kg	小区产量 Plot yield//kg	折合产量 Converted yield//kg/hm <sup>2</sup>
熊蜂授粉 Bumblebee pollination	185.1 aA	1.7 aA	606.4	65 659.5
振荡授粉 Concussion pollination	182.3 bB	1.6 aA	584.1	63 244.5
蘸花授粉 Dipping pollination	181.6 bB	1.7 aA	608.0	65 833.5

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著;同列不同大写字母表示差异在 0.01 水平显著

Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level;different capital letters indicated significant differences at 0.01 level

**2.4 不同处理对番茄品质的影响** 由表 4 可知,熊蜂授粉和振荡授粉与对照相比,提高了番茄可溶性固形物、可溶性糖、有机酸和  $V_c$  的含量,且熊蜂授粉的可溶性糖、 $V_c$  含量高

于振荡授粉,可溶性固形物、有机酸含量低于振荡授粉,说明 2 种授粉方式可有效提高番茄的品质。

表 4 不同处理对番茄品质的影响

Table 4 Effects of different treatments on the quality of tomato

处理 Treatment	可溶性固形物 Soluble solid//g/kg	可溶性糖 Soluble sugar//g/kg	有机酸 Organic acid//g/kg	$V_c$ mg/kg
熊蜂授粉 Bumblebee pollination	48.0	30.7	3.9	93.2
振荡授粉 Concussion pollination	50.0	29.9	4.8	76.5
蘸花授粉 Dipping pollination	45.0	27.4	3.7	69.6

**2.5 不同处理的用工情况比较** 由于熊蜂的寿命期为 45 d,所以表 5 以 45 d 为单位计算。由表 5 可知,熊蜂授粉总费用为 600 元,振荡授粉人工费用 750 元,振荡授粉器 1 200 元,

折合 45 d 的损耗为 70 元,总费用为 820 元,人工蘸花授粉的人工费用为 1 200 元,药剂每次 4 元,45 d 需要 60 元,总费用为 1 260 元;从省工来看,熊蜂授粉可节省人工 120 h,振荡授

粉可省工 45 h,从经济效益来看,熊蜂授粉较对照可省费用 660 元,振荡授粉可节省 440 元。

表 5 不同处理的用工情况比较

Table 5 Comparison of the employment situations of different treatments

处理 Treatment	授粉平均用时 Average hours for pollination h/hm <sup>2</sup>	次数 Times	用工费用 Labor cost 元/h	材料费用 Material cost	材料寿命 Lifetime of materials	授粉总用工 Total labor for pollination h/45 d	授粉总费用 Total cost for pollination 元
熊蜂授粉 Bumblebee pollination	—	—	—	450 元/箱,花粉 150 元	45 d	—	600
振荡授粉 Concussion pollination	75	3 天 1 次	10	1200 元/套	5 年	75	820
蘸花授粉 Dipping pollination	120	3 天 1 次	10	4 元/瓶	1 次	120	1 260

### 3 小结

通过对熊蜂在温室中授粉行为的观测分析,结果显示春季温室中熊蜂适宜在温度 20~30℃,相对湿度 20%~40%的环境中活动。该试验结果表明,与蘸花授粉相比,无论是振荡授粉还是熊蜂授粉处理,均能显著提高番茄的坐果率、降低畸形果率,这与前人在番茄和樱桃番茄上的研究结果一致<sup>[7-9]</sup>。熊蜂授粉较蘸花授粉减少生产投入 52.4%,振荡授粉较蘸花授粉减少生产投入 34.9%。

有研究表明,应用激素蘸花,在子房增大的同时,花瓣和雄蕊会残留在萼片与果面的夹缝中,后期果实蒂部会残留花瓣并成为灰霉病菌的主要初侵染位点,加重了番茄灰霉病的发生<sup>[10]</sup>。应用熊蜂授粉,由于蜂类对农药敏感,客观上会减少农药使用。选用低毒低残留的农药,并避免应用高毒高残留农药,从而提高番茄果实的品质和安全性。因此在人工紧缺或条件适宜的地区,可推广使用熊蜂授粉和振荡授粉技术。

### 参考文献

[1] 李继莲,吴杰,彭文君,等.熊蜂和蜜蜂为日光温室草莓授粉效果的比

较[J].蜜蜂杂志,2005,25(7):3-4.

- [2] 童越敏,李继莲,彭文君,等.熊蜂授粉对温室草莓的影响研究[J].中国养蜂,2005,56(11):7-8.
- [3] MORANDIN L A, LAVERTY T M, KEVAN P G. Effect of bumble bee (*Hymenoptera: Apidae*) pollination intensity on the quality of greenhouse tomatoes[J]. Journal of economic entomology, 2001, 94(1): 172-179.
- [4] DASGAN H Y, OZDOGAN A O, KAFTANOGLU O, et al. Effectiveness of bumblebee pollination in anti-frost heated tomato Greenhouses in the Mediterranean basin[J]. Turkish journal of agriculture and forestry, 2004, 28(2): 73-82.
- [5] SERRANO A R, GUERRA-SANZ J M. Quality fruit improvement in sweet pepper culture by bumblebee pollination[J]. Scientia horticulturae, 2006, 110(2): 160-166.
- [6] MOLET M, CHITTKA L, RAINE N E. Potential application of the bumblebee foraging recruitment pheromone for commercial greenhouse pollination[J]. Apidologie, 2009, 40(6): 608-616.
- [7] 江伟, 马建芳, 张成义, 等. 不同授粉方式在樱桃番茄生产上的应用试验[J]. 浙江农业科学, 2014(10): 1530-1531.
- [8] 陈红, 祝花, 王孝琴, 等. 熊蜂授粉技术在早春大棚番茄生产中的应用研究[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(4): 875-877.
- [9] 刘玲辉. 设施番茄熊蜂和激素蘸花授粉效果对比分析[J]. 新疆农垦科技, 2015(6): 21-22.
- [10] 李宝聚, 朱国仁. 番茄喷蘸植物生长调节剂与灰霉病发生的关系[J]. 园艺学报, 1999, 26(5): 337-338.

(上接第 49 页)

施硫最高降低莴菜可食部分硝酸盐含量 64.7%。提高 V<sub>C</sub> 含量 28.3%,其原因需要进一步验证。通过对比 4 种硫浓度处理莴菜生长及品质的变化,确定莴菜大田生产下用量为 10~20 mg/kg。

### 参考文献

- [1] SANTAMARIA P. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2006, 86(1): 10-17.
- [2] SINGH M V. A review of the sulphur research activities of the ICAR-AICRP micro secondary nutrients project[J]. Sulfur agriculture, 1995, 19: 35-46.
- [3] ANDERSON J W, FITZGERALD M A. Physiological and metabolic origin of sulphur for the synthesis of seed storage proteins[J]. Journal of plant physiology, 2001, 158(4): 447-456.
- [4] 孔灵君, 徐坤, 王磊, 等. 氮硫互作对越冬大葱生长及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1272-1278.
- [5] 刘中良, 刘世琦, 张自坤. 硫对青蒜生长及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1288-1292.
- [6] 李俊玲, 刘厚诚, 孙光闻, 等. 硫素对红葱生长发育及品质的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2007, 28(3): 150-153.
- [7] 李林妍. 无机硫降低韭菜硝酸盐累积的效应研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2013.
- [8] 季延海, 武占会, 钟启文, 等. 不同浓度硫素对韭菜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(4): 1112-1119.

- [9] 徐瑶, 牟建梅, 张国芹, 等. 施硫对不结球白菜硝酸盐累积及氮硫同化关键基因表达的影响[J]. 中国农业科学, 2016, 49(11): 2222-2233.
- [10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 123-137.
- [11] TAKAHASHI H, KOPRIVA S, GIORDANO M, et al. Sulfur assimilation in photosynthetic organisms: Molecular functions and regulations of transporters and assimilatory enzymes[J]. Annual review of plant biology, 2011, 62: 157-184.
- [12] 谢迎新, 刘超, 朱云集, 等. 氮、硫配施对冬小麦氮素利用效率及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 64-71.
- [13] 曹殿云, 王宏伟, 刘国玲, 等. 硫素对玉米光合特性及产量的影响[J]. 玉米科学, 2017, 25(2): 68-73, 80.
- [14] CARFAGNA S, VONA V, DI MARTINO V, et al. Nitrogen assimilation and cysteine biosynthesis in barley: Evidence for root sulphur assimilation upon recovery from N deprivation[J]. Environmental and experimental botany, 2011, 71(1): 18-24.
- [15] SHAHBAZ M, TSENG M H, STUIVER C E E, et al. Copper exposure interferes with the regulation of the uptake, distribution and metabolism of sulfate in Chinese cabbage[J]. Journal of plant physiology, 2010, 167(6): 438-446.
- [16] ABDALLAH M, ETIENNE P, OURRY A, et al. Do initial S reserves and mineral S availability alter leaf S-N mobilization and leaf senescence in oilseed rape? [J]. Plant science, 2011, 180(3): 511-520.
- [17] HONSEL A, KOJIMA M, HAAS R, et al. Sulphur limitation and early sulphur deficiency responses in poplar: Significance of gene expression, metabolites, and plant hormones[J]. Journal of experimental botany, 2012, 63(5): 1873-1893.