

宋亚伟,陈虹,胡安鸿,等.赤霉素对灰枣光合特性日变化及坐果的影响[J].江苏农业科学,2020,48(15):208-211.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.037

赤霉素对灰枣光合特性日变化及坐果的影响

宋亚伟¹,陈虹¹,胡安鸿²,龙建春²

(1.新疆农业大学林学与园艺学院,新疆乌鲁木齐 830000; 2.阿克苏地区林业科学研究所,新疆阿克苏 843000)

摘要:以灰枣为试验材料,研究在灰枣盛花期喷施不同浓度赤霉素(GA_3)对灰枣叶片光合特性及坐果的影响。结果表明,20 mg/L 赤霉素处理可明显提高冬枣叶片净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,降低胞间 CO_2 浓度;除 20 mg/L 赤霉素处理外,10、30 mg/L 赤霉素处理均减弱了“光合午休”现象;20 mg/L 赤霉素处理极显著提高了灰枣坐果率,与对照相比提高 6.04 个百分点左右。综合来看,盛花期喷施 20 mg/L 赤霉素有助于提高灰枣光合作用和坐果率。

关键词:灰枣;盛花期;赤霉素;光合作用;坐果率

中图分类号:S665.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)15-0208-04

枣树(*Ziziphus Jujuba* Mill)原产于我国,是我国第一大干果树种^[1]。枣树开花量大,但自然坐果率低,除了受授粉、栽培管理及环境因子影响外,主要原因是枣树的内源激素不足^[2]。因此,通过外源植物生长调节剂来影响枣树内源激素,已成为农业生产中一项重要调控措施^[3-4]。花期喷施赤霉素可以显著地促进植物生长,增强光合作用,促进枣花粉发芽,刺激枣树单性结实,提高枣的坐果率和产量^[5-8]。近年来,有关赤霉素在新疆灰枣上的研究主要集中于提高产量和改善品质方面^[8-11],但有关赤霉素对灰枣光合特性影响的研究较少。本试验设置不同浓度赤霉素处理,在枣树盛花期进行叶面喷施,通过测定、比较各处理光合参数的日变化和坐果情况来探究赤霉素对灰枣生长发育和结实的影响,旨在为新疆灰枣高产优质栽培和提高经济效益提供理论依据和数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2019 年在新疆阿拉尔市十六团 13 连

36 号地灰枣园进行,研究对象为 10 年灰枣树,砧木为酸枣,于 2009 年直播,2010 年嫁接,宽窄行种植,园相整齐,长势一致,株行距为 1.5 m × 2.5 m。枣园土壤主要为沙壤土,除喷药处理外,其他管理措施一致。

1.2 试验方法

采用随机区组试验设计,共设 4 个赤霉素浓度处理,分别为 T1 (10 mg/L)、T2 (20 mg/L)、T3 (30 mg/L)、CK(清水对照)。每个处理选择长势基本一致的枣树 15 棵,设 3 次重复,于盛花期(6 月 3 日)开始对叶面喷施不同浓度赤霉素,每隔 10 d 喷施 1 次,连续喷施 3 次。每个处理组均使用电动喷雾器对样株进行全株叶面雾态喷施,每次喷至叶面滴水为止,药剂喷施时间为 09:00—12:00。

1.3 调查与测定指标

1.3.1 光合作用日变化参数的测定 选用 LI-COR 公司的 Li-6800 便携式光合测定仪,于第 3 次喷施赤霉素 10 d,选择在晴朗无云的天气,每个处理选定 3 棵生长良好的枣树,每棵树选取中部外侧向阳的 2 张成熟功能叶片作为样叶测定光合指标,以 3 棵树的平均值为光合指标值。测定时间为北京时间 08:00—20:00,每 2 h 进行 1 次瞬时活体测定,共测定 7 个时间点,测定时叶室与自然光保持垂直。测定内容包括灰枣树叶净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度的日动态。根据记录参数计算瞬时水分利用效率,计算公式为

$$WUE = P_n / T_r$$

式中: P_n 、 T_r 分别表示净光合速率、蒸腾速率。

收稿日期:2019-09-13

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金(编号:2016TG05);中央财政林业改革发展资金(林业科技推广示范补贴)(编号:新 2018TG23 号)。

作者简介:宋亚伟(1991—),男,河南商丘人,硕士研究生,主要从事森林培育技术与应用研究。E-mail:864497374@qq.com。

通信作者:陈虹,博士,副教授,主要从事果树培育技术等方面的研究。E-mail:ch333999@126.com。

1.3.2 坐果率测定 开花初期(5月下旬)每个处理选3棵固定调查树,每棵随机选取南北向2个结果枝中部各10个枣吊进行标记,在盛花期统计10个枣吊的开花数,在8月下旬果实白熟期,统计10个枣吊的坐果数,计算坐果率。

坐果率 = 坐果数 / 开花数 $\times 100\%$ 。

1.4 数据分析

采用 WPS 2019 软件整理数据并绘制图表,用 DPS 17.10 软件对数据加以分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度赤霉素处理对灰枣叶片光合特性的影响

2.1.1 不同赤霉素浓度对叶片净光合速率日变化的影响 由图1可以看出,3种浓度赤霉素处理的灰枣叶片 P_n 日变化与对照均呈双峰型曲线,且 P_n 日变化的2个峰值均出现在12:00和16:00,有明显的“光合午休”现象。T2处理 P_n 在08:00后迅速上升,至12:00达到第1个峰值,为 $17.29 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,明显高于CK,比CK条件下高32.9%,比T1和T3处理分别高23.1%和6.2%。之后迅速下降,在14:00达到低谷,出现“光合午休”现象。之后迅速上升,在16:00达到第2个峰值,此时T2处理 P_n 值为 $8.69 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,比CK、T1和T3处理分别高出20.2%、8.8%和21.0%,之后又呈逐渐下降趋势。可见,不同浓度赤霉素处理均可缓解灰枣的“光合午休”现象并减少光合速率的下降程度。不同处理下 P_n 日均值大小顺序依次为 T2 [$9.24 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T3 [$8.55 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T1 [$7.97 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > CK [$7.38 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。

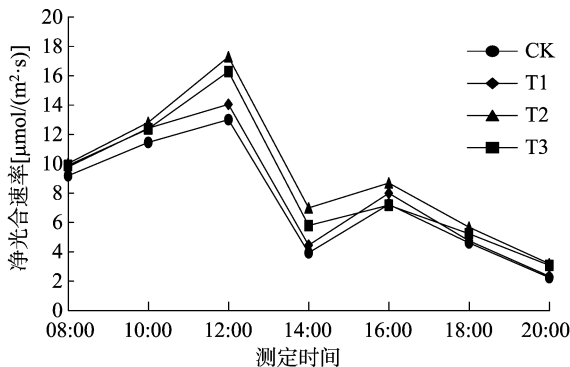


图1 不同赤霉素浓度处理灰枣叶片净光合速率日变化

2.1.2 不同赤霉素浓度对叶片蒸腾速率日变化的影响 由图2可见,喷施赤霉素后,灰枣叶片蒸腾速

率(T_r)日变化呈双峰曲线,从08:00开始, T_r 逐渐增大。12:00左右达到第1个峰值,此时,T2处理 T_r 最高,为 $9.26 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,较CK、T1和T3处理分别高出37.6%、28.4%和10.6%,T1、T2和T3处理的 T_r 均高于对照。在14:00左右达到低谷,之后开始回升。16:00左右达到第2个峰值,此时T2处理 T_r 最高,达 $7.35 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,各处理 T_r 均高于对照,但差异较小。16:00以后 T_r 逐渐下降,不同处理下 T_r 日均值大小顺序依次为 T2 [$5.68 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T3 [$5.45 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T1 [$5.05 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > CK [$4.84 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。

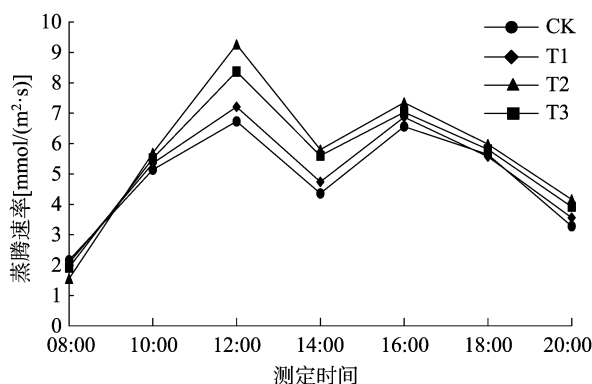


图2 不同赤霉素浓度处理灰枣叶片蒸腾速率日变化

2.1.3 不同赤霉素浓度对叶片水分利用效率日变化的影响 由图3可得出,赤霉素处理和对对照下灰枣叶片水分利用效率在一天中的变化规律基本一致。各处理在08:00的WUE值最高,且表现为T2处理 ($6.46 \mu\text{mol}/\text{mmol}$) 明显高于对照 ($4.25 \mu\text{mol}/\text{mmol}$),T1、T3处理和对照间差异不大。08:00后WUE开始快速下降至14:00的较低稳定水平,且T2处理略高于其他处理和对照。14:00—16:00间T1在此期间和对照的WUE略有小幅上升但差异不明显;16:00—20:00赤霉素处理和对对照的WUE保持平稳下降,WUE值维持在 $0.66 \sim 1.18 \mu\text{mol}/\text{mmol}$ 之间,均无显著差异。总体分析可知,经过T2处理后灰枣的WUE日均值较高,不同处理下WUE日均值大小顺序为 T2 ($2.10 \mu\text{mol}/\text{mmol}$) > T3 ($1.87 \mu\text{mol}/\text{mmol}$) > T1 ($1.80 \mu\text{mol}/\text{mmol}$) > CK ($1.70 \mu\text{mol}/\text{mmol}$)。

2.1.4 不同赤霉素浓度对叶片气孔导度日变化的影响 气孔可以根据环境条件的变化来调节自身开度的大小,气孔导度(G_s)越大,越利于进行水汽和 CO_2 等气体交换,反之则阻碍气体交换^[12-15]。如图4所示,3种赤霉素浓度处理中灰枣叶片的 G_s 日变化均呈“双峰”曲线,峰值均出现在12:00和

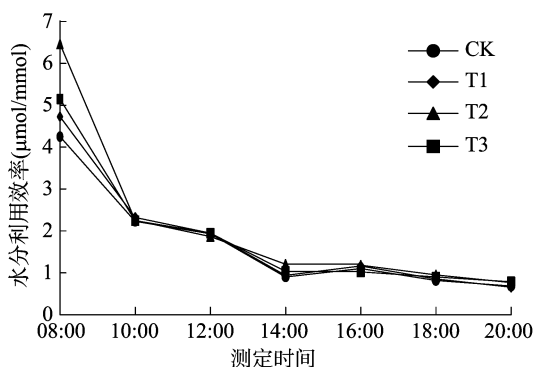


图3 不同赤霉素浓度处理灰枣叶片水分利用效率日变化

16:00, T2 处理明显提高了光合作用正常进行时冬枣叶片气孔导度,缓解了“光合午休”时 G_s 的下降。08:00 日出后 G_s 迅速上升, T2 处理 G_s 明显高于 T1 处理和对照,与 T3 处理差异不明显。12:00 左右 G_s 达到第 1 个小高峰,此时, T2 处理 G_s 明显高于对照,略高于 T3 处理。12:00 之后 G_s 大幅降低,至 14:00 达到低谷,之后逐渐缓慢上升,到 16:00 左右达到第 2 个小高峰, T2 处理 G_s 略高于其他处理和对照, 16:00 后又缓慢下降, 18:00 后迅速下降。 G_s 日均值大小顺序依次为 T2 [$0.080 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T3 [$0.078 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > T1 [$0.067 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] > CK [$0.063 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]。

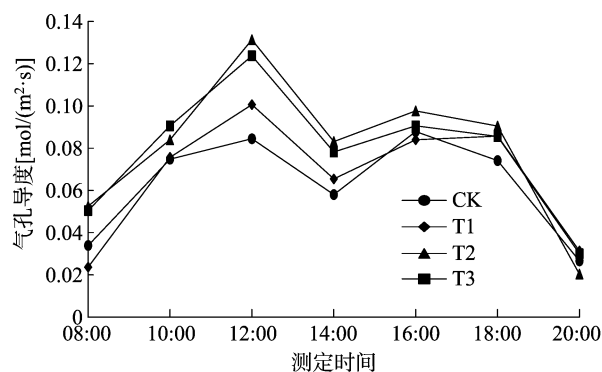
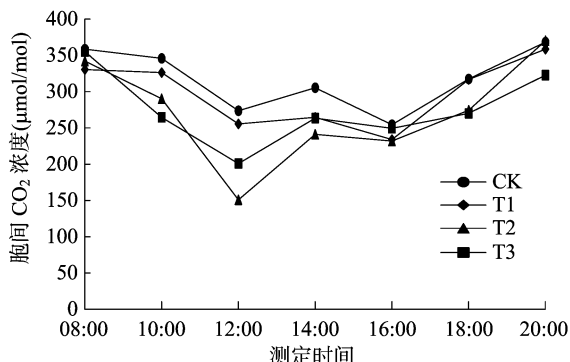


图4 不同赤霉素浓度处理灰枣叶片气孔导度日变化

2.1.5 不同赤霉素浓度对叶片胞间 CO_2 浓度日变化的影响 胞间 CO_2 浓度 (C_i) 是反映植物体内 CO_2 动态平衡的瞬间浓度,可了解植物光反应对 CO_2 的利用情况^[16]。如图 5 所示,不同处理下,灰枣叶片 C_i 在早晨和傍晚时较高, 08:00 之后 T1 处理和对照缓慢下降, T2 和 T3 处理迅速下降,于 12:00 时达到第 1 个低谷, T2 处理明显降低了灰枣叶片 C_i ,使叶肉细胞的光合活性上升, C_i 明显低于其他处理, T1 处理与对照灰枣叶片 C_i 差异不明显。之后 C_i 逐渐上升,到 14:00 达到一个小高峰,之后下降,至 16:00 左右达到第 2 个低谷,此时,不同赤

霉素处理和对照间差异不明显。16:00 后随着 P_n 逐渐下降, 3 种处理的 C_i 上升。 C_i 日均值由大到小顺序为 CK (317.69 μmol/mol) > T1 (298.03 μmol/mol) > T3 (275.20 μmol/mol) > T2 (271.57 μmol/mol)。

图5 不同赤霉素浓度处理灰枣叶片胞间 CO_2 浓度日变化

2.2 不同赤霉素浓度对灰枣坐果率的影响

由图 6 可以看出,喷施赤霉素对灰枣坐果率具有极显著影响 ($P < 0.01$),喷施不同浓度赤霉素后,随着赤霉素浓度的增加,灰枣坐果率先升后降,且各处理坐果率均高于 CK (3.46%)。其中 T2 处理的坐果率与对照相比提高了 6.04 个百分点左右。根据坐果率由高到低各处理分别为 T2、T3、T1、CK。因此,喷施赤霉素 20 mg/L 能极显著提高灰枣坐果率。

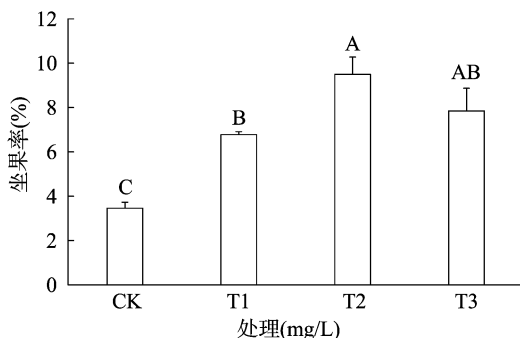
柱上不同大写字母表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)

图6 不同浓度赤霉素处理灰枣坐果率

3 讨论与结论

光合作用是形成作物产量的基础,也是植物生长发育的基础,是生产力提高的决定性因素^[17]。本试验结果表明,于盛花期喷施不同浓度赤霉素有助于提高灰枣叶片光合作用,该结果与曹柳青等的研究结果^[5,8-9]基本一致。10、20、30 mg/L 赤霉素处理均减缓了“光合午休”时 P_n 的下降幅度,但不同浓度赤霉素对叶片光合作用的影响程度不同。20 mg/L 赤霉素处理可以明显提高灰枣叶片净光合速率、蒸腾速率和气孔导度,降低胞间 CO_2 浓度,提

高水分利用效率和环境适应能力。

盛花期喷施赤霉素处理可极显著提高灰枣坐果率,该结果与史彦江等的研究结果^[3,6,11]基本一致。不同浓度赤霉素处理的坐果率均高于对照,其中 T2 处理的坐果率与对照相比提高 6.04 个百分点左右。因此,喷施 20 mg/L 赤霉素对提高灰枣坐果率效果较好。

由此可见,赤霉素的施用浓度并不是越高越好,在生产上,建议喷施浓度控制在 20 mg/L 左右,同时在灰枣花期和坐果期配合喷施叶面肥等,增加树体营养供应,从而更加有效地促进光合作用,增加枣体内有机物质的积累,稳定产量,进而提高经济效益。

参考文献:

- [1] 刘孟军,汪 民. 中国枣种质资源[M]. 北京:中国林业出版社, 2009:10-11.
- [2] 朱 锐. 新疆枣树栽培适宜品种及关键技术的调查研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.
- [3] 史彦江,吴正保,哈地尔·依沙克,等. 叶面喷施肥料和生长调节剂对阿克苏市骏枣的产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2012(6):66-69.
- [4] 宋丽华,曹 兵,吕文玮. ALA 对设施灵武长枣光合作用与坐果的影响[J]. 西北林学院学报,2013,28(6):37-41.
- [5] 曹柳青,贾晓梅,温陟良. 赤霉素对冬枣光合特性的影响及其持续期的研究[J]. 中国果树,2013(6):44-46.

(上接第 143 页)

从自然孔口侵入,但更容易从伤口侵入,2 d 即可发病,其发病迅速,建议在大白菜运输和贮藏的过程中要尽量避免因挤压、碰撞等造成伤口。

软腐病是由于细菌分解果胶酶裂解植物细胞中胶层引起,胡萝卜软腐欧式杆菌可以产生果胶酶导致软腐^[14],假单胞杆菌一般产生植物毒素导致坏死^[2],其引起软腐的致病机制有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 孙淑敏,孙路敏. 大白菜软腐病的发病原因及其综合防治[J]. 河北农业,2016(10):32-34.
- [2] 方中达. 普通植物病理学[M]. 南京:江苏人民出版社,1959:83-94.
- [3] 郑学立,谢鑫鑫,邵贵荣,等. 不结球白菜“福冠”软腐病病原鉴定[J]. 亚热带农业研究,2018,14(1):48-54.
- [4] 李晓颖,田 宇,张 瑾,等. 大白菜软腐病新病原菌 *Pectobacterium atrosearum* 的鉴定及其生物学特征[J]. 植物病理学报,2018,48(4):455-465.
- [5] Hu N N, Li C, Wang Q, et al. Identification of soft rot pathogens on Chinese cabbage [*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis* (L.) Makino

- [6] 宋丽华,万仲武,曹 兵. 不同药剂处理对灵武长枣坐果与光合指标的影响[J]. 经济林研究,2016,34(1):40-44.
- [7] 郑强卿,陈奇凌,李 铭,等. 复混型植物生长调节剂对骏枣光合特性及品质构成因素的影响[J]. 安徽农业科学,2015,43(28):35-38,69.
- [8] 郭 明,吴翠云,蒋 卉,等. 赤霉素对骏枣、灰枣叶片发育及果实品质的影响[J]. 塔里木大学学报,2012,24(3):40-45.
- [9] 马俊青,宋宏伟,卢绍辉,等. 喷施赤霉素对灰枣生理及品质的影响[J]. 河南林业科技,2015,35(3):6-9.
- [10] 王长丽. 不同施肥处理及喷施赤霉素对灰枣生理与坐果率影响研究[D]. 郑州:河南农业大学,2012.
- [11] 彭 刚,梁 刚,杨艺渊,等. 生长调节剂对灰枣产量和果实品质的影响[J]. 中国南方果树,2016,45(1):95-97.
- [12] 徐 斌,白克力·塔西铁木尔,车风斌,等. 不同温度环境下灰枣光合特征日变化的研究[J]. 新疆农业科学,2015,52(12):2222-2229.
- [13] 焦绪娟. 几个杨树杂交无性系抗逆性研究与评价[D]. 泰安:山东农业大学,2007.
- [14] 郑淑霞,上官周平. 8 种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 生态学报,2006,26(4):1080-1087.
- [15] 王润佳,高世铭,张绪成. 高大气 CO₂ 浓度下 C₃ 植物叶片水分利用效率升高的研究进展[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(6):190-195.
- [16] 张述斌,徐崇志,张 锐,等. 遮阴对‘温 185’核桃光合特性的影响[J]. 中国果树,2017(3):22-27.
- [17] 段义忠,张 雄,亢福仁,等. 不同绿豆品种光合特性及水分利用效率研究[J]. 陕西农业科学,2014,60(9):1-7.

var. *communis* Tsenet Lee] in Beijing (in Chinese) [J]. Acta Microbiological Sinica, 2015, 55(10):1253-1263.

- [6] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社,1998:76-81.
- [7] 范秀容,沈 萍. 微生物学实验[M]. 北京:人民教育出版社, 1980:119-123.
- [8] 褚晓玲,杨 波. 蝴蝶兰软腐病中一种新致病菌的分离与鉴定[J]. 植物病理学报,2010,40(1):90-94.
- [9] 代晓航,魏 超,郭灵安. 16S rDNA 方法对新鲜番茄中细菌分布的调查[J]. 西南农业学报,2015,28(2):797-800.
- [10] 甘琴华,厉 艳,邵秀玲,等. 边缘假单胞菌的分离鉴定及其特性[J]. 植物保护学报,2011,38(2):183-184.
- [11] 厉 艳,魏晓棠,甘琴华,等. 入境马蹄莲细菌性软腐病菌的分离鉴定[J]. 食品安全质量检测学报,2014(12):3944-3946.
- [12] Hahn S S, Han K S, Shim M Y, et al. Occurrence of bacterial soft rot of lily bulb caused by *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pseudomonas marginalis* in Korea [J]. The Plant Pathology Journal, 2003, 19(1):43-45.
- [13] Wright P J, Grant D G. Evaluation of *Allium* germplasm for susceptibility to foliage bacterial soft rot caused by *Pseudomonas marginalis* and *Pseudomonas viridiflava* [J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 1998, 26(1):17-21.
- [14] 王 成. 胡萝卜软腐果胶杆菌代谢网络构建及杀菌剂靶标初筛 [D]. 武汉:华中农业大学,2013:22.