

三十烷醇对草莓光合特性影响的初步研究

滑 昕¹, 张 立², 汪一萌¹, 郑彩霞¹

(1. 北京林业大学 生物科学与技术学院, 北京 100083; 2. 山东外国语职业学院, 山东 日照 276800)

摘 要:以温室盆栽草莓为试材, 研究不同浓度三十烷醇(TA)对草莓光合特性的影响。结果表明: TA 处理 5 d 后, 能显著的提高草莓的光合作用。与对照相比, 草莓叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)和气孔导度(Gs)均表现为在低浓度(≤ 0.1 g/L)时受到促进作用, 在高浓度(≥ 1 g/L)时受到抑制作用。随 TA 浓度的增加, 胞间二氧化碳浓度(Ci)逐渐降低, 水分利用效率(WUE)和气孔限制值(Ls)逐渐增加。不同浓度的 TA 对草莓叶片叶绿素含量的影响不同, 但差异不显著。TA 喷施的最适浓度为 0.1 g/L。

关键词:三十烷醇; 草莓; 光合作用

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)04-0033-04

草莓(*Fragaria ananassa* Duch.) 属蔷薇科草莓属的多年生草本植物, 在世界小浆果生产中栽培面积与产量均居首位^[1]。草莓露地育苗利用植株的营养生殖, 即通过母株的匍匐茎产生子株。常规露地育苗的草莓繁殖系数低, 易感染病害, 影响夏季育苗^[2-4]。4 月底至 5 月初正值草莓母株定植期, 通过草莓母株增壮以提高草莓繁殖系数和抗病能力是草莓育苗者关注的问题之一^[4-5]。改善草莓光合作用, 增强母株营养物质积累可实现母株增壮。增壮的母株在进行营养繁殖时可产生更优质的子株苗, 提高育苗生产效益^[5-6]。

三十烷醇(1-Triacontanol)是由 30 个碳原子组成的长链伯醇, 化学名为三十烷醇-1 或正三十烷醇, 简称三十醇或 TA。TA 普遍存在于植物蜡质中, 如苜蓿蜡、棉蜡、苹果蜡和茶叶蜡等均含有 TA。一些昆虫蜡也含有 TA, 如蜂蜡。Ries S K 首次从苜蓿草中提取出 TA, 并发现 TA 可促进植物生长^[7]。TA 具有多方面的生理效应, 可增加苜蓿草的干重及水分吸收^[8]。许多试验表明, TA 对很多作物和水果如玉米、水稻、大豆、甘蔗、柑橘等有很强的生理活性, 不仅能促进各个时期植株的营养生长并能提高果实产量^[9-12]。

但 TA 在草莓生产上的应用尚未见报道, 该试验就不同浓度 TA 对草莓植株光合特性的影响进行初步研究, 以期在实际生产中草莓母株定植后科学施用 TA 提供依据, 对丰富草莓育苗生产技术具有一定理论和现实指导意义。

第一作者简介:滑昕(1986-), 男, 硕士, 现主要从事植物生物技术研究工作。E-mail: allenjasonhx@163.com。

通讯作者:郑彩霞(1955-), 女, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为植物生长与发育生物学。

收稿日期:2010-12-10

1 材料与方法

1.1 试验材料

盆栽草莓苗, 试验品种为‘甜查理’。TA 购自北京拜尔迪生物公司。配制方法: 90℃乙醇溶解 TA, 吐温-80 作为乳化剂, 机械搅拌配成胶体分散系^[13]。

1.2 试验方法

春天将 2009 年秋定植的草莓倒盆于直径 160 mm 的塑料花盆内(盆内基质用蛭石、草炭和细沙土体积比为 1:1:1)。整个试验于连栋温室大棚中进行。日夜温差为 16℃, 湿度为 70%±10%。

当草莓长至 4~5 片叶时进行 TA 溶液喷施处理。设以下 9 个处理: 空白对照(CK), 不添加 TA; 其余 7 个处理喷施不同浓度的 TA, 浓度分别为 0.001、0.01、0.05、0.1、0.15、0.5、1、2 g/L(分别以 T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8 表示)。5 月 13 日清晨, 用 8 个水平 TA 溶液喷施草莓叶片, 喷施程度以叶面均匀布满雾状水滴为宜。

1.3 测定方法

光合指标的测定 采用 Li-6400 便携式光合作用测定仪, 于处理 5 d 后上午 8:30~10:30 选取草莓植株完全展开的 3 枚叶片, 测定净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)、气孔限制值(Ls, 由 1-Ci/Ca 计算所得)和水分利用率(WUE, 由 Pn/Tr 计算所得)。测定过程中光强设定为 1 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 大气温度(32±2)℃, 大气 CO₂ 浓度变化范围为(425±5) $\mu\text{mol}/\text{L}$ 。

叶绿素含量测定 按张宪政^[14]方法。称取 5 份等量的叶片, 每份 0.3 g, 置于试管中, 加 10 mL 丙酮: 乙醇提取液(v:v=1:1)。

1.4 数据处理

用 Microsoft Office Excel 2003 进行数据处理和作图,用 Spss 13.0 统计分析系统对数据进行方差分析,多重比较采用 Duncafs 检验方法。

2 结果与分析

2.1 TA 对草莓光合能力的影响

TA 对草莓净光合速率的影响见图 1。Pn 值随 TA 浓度增加逐渐上升,达到峰值后随 TA 浓度增加逐渐下

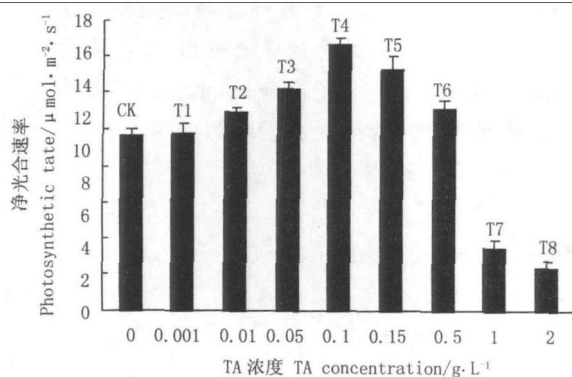


图 1 TA 对草莓净光合速率(Pn)的影响

Fig. 1 Effects of TA on Pn of strawberry leaf

降。TA 浓度为 0.001 g/L 时,草莓叶片 Pn 与对照相比无显著差异;当处理浓度为 0.01~0.5 g/L 时,TA 对草莓叶片 Pn 均表现为促进作用,T2、T3、T4、T5 和 T6 的 Pn 分别比 CK 提高了 9.79%、19.51%、50.61%、41.55% 和 16.93%,达到显著水平。当处理浓度为 1 g/L 和 2 g/L 时,TA 对草莓叶片 Pn 表现为抑制作用。T7 和 T8 的 Pn 分别比 CK 降低了 59.32% 和 81.77%,达到极显著水平。

TA 对草莓蒸腾速率的影响见图 2。Tr 值随 TA 浓度的增加呈先上升后下降的趋势。TA 浓度为 0.001~0.01 g/L 时,草莓叶片 Tr 与对照相比无显著差异;当处理的浓度为 0.05~0.15 g/L 时,TA 对草莓叶片 Pn 表现为促进作用,T3、T4 和 T5 的 Tr 分别比 CK 提高了 14.08%、22.81% 和 7.52%,达到显著水平。当处理浓度 0.5~2 g/L 时,TA 对草莓叶片 Tr 均表现为抑制作用。T6、T7 和 T8 的 Pn 分别比 CK 降低了 21.08%、84.03% 和 89.60%,达到显著水平。

气孔导度是反映植物叶片气孔与外界进行气体交换的通畅程度。TA 对草莓气孔导度的影响见图 3。TA 浓度为 0.001 g/L 时,草莓叶片 Gs 与对照相比无显著差异;当处理浓度为 0.05~0.15 g/L 时,TA 对草莓叶片 Gs 表现为促进作用,T2、T3、T4 和 T5 的 Gs 分别比 CK

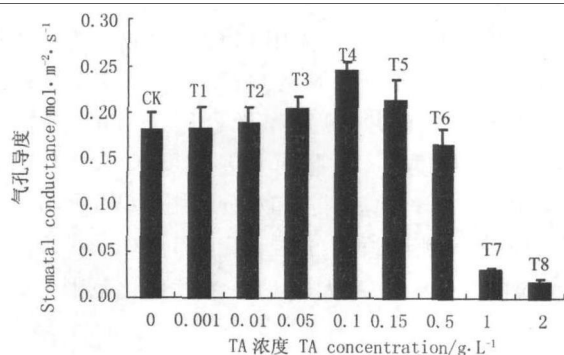


图 3 TA 对草莓气孔导度(Gs)的影响

Fig. 3 Effects of TA on Gs of strawberry leaf

提高了 13.03%、36.09% 和 17.46%,达到显著水平。当处理浓度 0.5~2 g/L 时,TA 对草莓叶片 Gs 表现为抑制作用。T6、T7 和 T8 的 Gs 分别比 CK 降低了 7.89%、83.00% 和 89.84%,达到显著水平。通过以上结果分析,低浓度 TA (≤ 0.1 g/L)可提高草莓叶片气孔开放程度,进而促进净光合速率和蒸腾速率的提高;而高浓度 TA (≥ 0.5 g/L)可使草莓降低气孔开放程度,减小水分蒸腾,从而影响光合作用。

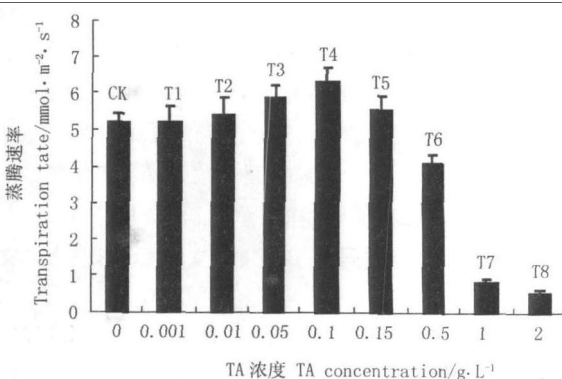


图 2 TA 对草莓蒸腾速率(Tr)的影响

Fig. 2 Effects of TA on Tr of strawberry leaf

TA 对草莓胞间 CO₂ 浓度的影响见图 4。Ci 值的变化与 TA 浓度的变化趋势相反,CK 的胞间 CO₂ 始终高于其它试验组,且差异明显。TA 对草莓气孔限制值的影响见图 5,可以看出,Ls 值随着 TA 浓度的增加,呈逐渐上升的趋势。

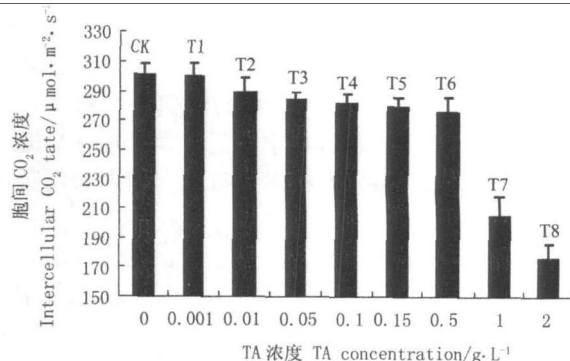
图 4 TA 对草莓胞间 CO₂ 浓度(Ci)的影响

Fig. 4 Effects of TA on Ci of strawberry leaf

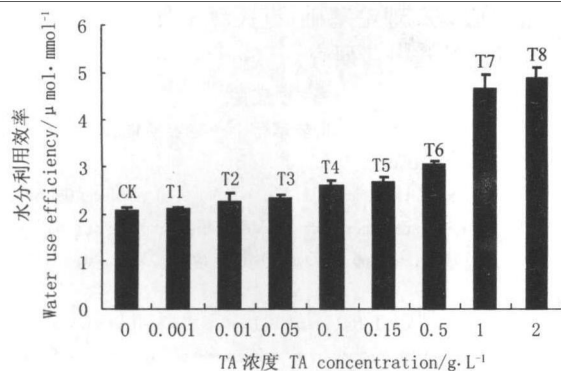


图5 TA对草莓气孔限制值(Ls)的影响

Fig. 5 Effects of TA on Ls of strawberry leaf

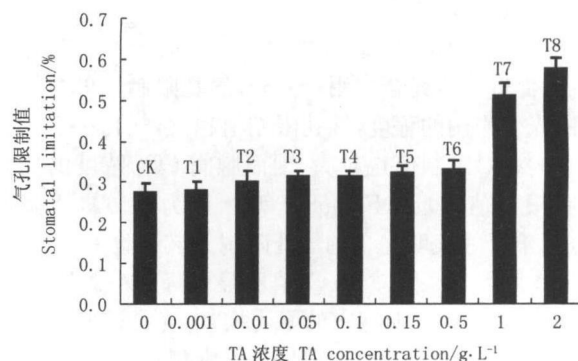


图6 TA对草莓水分利用率(WUE)的影响

Fig. 6 Effects of TA on Gs of strawberry leaf

2.2 TA对草莓水分利用率(WUE)的影响

TA对草莓水分利用率的影响见图6。WUE值随TA浓度增加呈逐渐上升趋势。TA浓度为0.001 g/L时,草莓叶片WUE与对照相比无显著差异;T2和T3的WUE分别比CK提高了9.42%和12.09%,达到显著水平。T4、T5、T6、T7和T8的WUE分别比CK提高了25.32%、29.10%、46.60%、124.65%和134.55%,达到极显著水平。

2.3 标准正态分布下TA对Pn、Tr和Gs的影响

将TA对Pn、Tr和Gs影响的3组数据进行标准化变换($u = (X - \mu) / \sigma$)后,即使3组数据的正态分布转换成以0为均值、以1为标准差的正态分布(亦称u分布),结果见图7。当TA ≤ 0.05 g/L时,草莓叶片的Pn提高的幅度大于Tr提高的幅度,而当TA > 0.1 g/L时,Pn降低的幅度小于Tr降低的幅度。因此,在Pn、Tr和Gs同步先升高后降低的同时WUE逐渐增加。另外,TA浓度为0.1 g/L时,3项指标的综合效果最好。

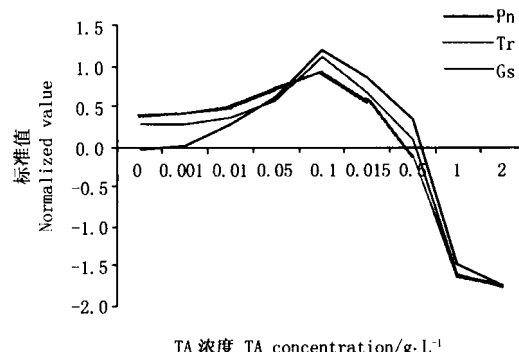


图7 Pn、Tr和Gs的标准正态分布

Fig. 7 Standard normal distribution of Pn, Tr and Gs

2.4 不同浓度TA对叶绿素含量的影响

TA对草莓叶片叶绿素含量的影响见表1。TA浓度为0.01~0.5 g/L时,草莓叶片叶绿素含量与对照相比均有增加,但无显著差异;当处理浓度1 g/L和2 g/L时,TA对草莓叶片叶绿素含量表现为抑制作用,但无显著差异。

表1

TA对草莓叶片叶绿素含量的影响

Table 1

Effects of TA on chl content of strawberry leaf

处理 Treatment/g·L ⁻¹	叶绿素a含量 Chl A content/mg·g ⁻¹	比CK增加 Increase over CK/%	叶绿素b含量 Chl B content/mg·g ⁻¹	比CK增加 Increase over CK/%	叶绿素总含量 Chl content/mg·g ⁻¹	比CK增加 Increase over CK/%
CK	0.91±0.03	0	0.71±0.09	0	1.62±0.12	0
0.001	0.91±0.04	0	0.72±0.10	1.41	1.62±0.14	0
0.01	0.92±0.04	1.10	0.73±0.12	2.82	1.65±0.15	1.85
0.05	0.92±0.02	1.10	0.77±0.07	8.45	1.70±0.09	4.94
0.1	0.93±0.02	2.20	0.81±0.06	14.08	1.75±0.1	6.79
0.15	0.94±0.02	3.30	0.78±0.03	9.86	1.71±0.03	5.56
0.5	0.92±0.01	1.10	0.75±0.04	5.63	1.68±0.04	3.70
1	0.83±0.08	-8.79	0.63±0.10	-11.27	1.46±0.17	-9.88
2	0.82±0.08	-9.89	0.63±0.10	-11.27	1.45±0.18	-10.49

3 讨论

TA是一种广谱类的植物生长调节剂,可增强植物光合作用,从而对植物的生长起到促进作用。低浓度TA能增进植物的光合作用,高浓度则抑制光合作用。该试验中,TA在一定浓度范围内(TA ≤ 0.5 g/L)时,对草莓叶片的Pn、Tr和Gs表现为促进作用;但处理浓度不宜过

高,在浓度过高(TA ≥ 1 g/L)时,会出现药物毒害现象,此时草莓叶片特别是新生叶会干枯(由外向内)甚至死亡。

光合作用是植物生长的基础。通常认为对光合速率的影响主要有气孔因素和非气孔因素。焦顺兴等^[15]用三十烷醇处理杨树叶片,发现TA能提高杨树叶片N、K和RuBP羧化酶含量。K含量的增加,有利于提高气孔

导度,增加气孔对环境的适应能力,这与该试验对光合参数测定结果是一致的,即适当浓度 TA 有助于草莓叶片开放气孔,促进草莓光合作用。另外,气孔限制值可衡量气孔限制光合作用的程度,气孔限制值越大,气孔扩散对 CO_2 吸收的相对限制值也越大,因而胞间 CO_2 浓度的变化与气孔限制值相反。Farquhar 等^[16]认为,在 Gs 下降时, Ci 同时下降才表明光合的气孔限制。该试验中,在高浓度 TA 作用下, Gs 值减小, Ci 值明显下降、Ls 值上升,说明 CO_2 由外界进入细胞内的阻力增加,光合碳同化的底物减少,导致光合速率下降,这是典型的气孔限制所致。

该试验结果还表明, TA 可提高植物的水分利用效率。一方面是通过提高 Pn 与 Gs 实现的,虽然气孔导度增大引起蒸腾作用加强,但因 Pn 的变化幅度与 Tr 的不同导致 WUE 持续上升;另一方面,也可能由于 TA 改善了草莓植株体内的水分代谢状况。

TA 能提高植物叶绿素含量已有许多报道,刘东艳^[17]等用三十烷醇处理海带,经电镜观察发现叶绿体中的类囊体片层明显增多,外形更加饱满。植物进行光合作用的场所是叶绿体,叶绿体的类囊体片层增多可相应增加叶绿素的含量,提高光合速率。该试验中,叶绿素含量并无显著提高,其原因可能是, TA 对草莓植株进行外源刺激后,植物体内部从信号响应到调节表达需要一定时间, 5 d 的时间不足以让叶绿素含量有较大幅度的积累。

草莓育苗生产中,母株定植后增壮对于提高草莓生产效率很关键,生产中常采用赤霉素调节草莓营养生长。赤霉素可促进母株旺盛生长,早生多生匍匐茎,提高秧苗产量和质量^[17]。TA 与赤霉素促进植物营养生长的作用相似,并且是一种无毒害、无污染、低成本、高效益的“绿色”农药^[9],因此 TA 在草莓大田育苗与草莓果实生产方面应有很大的应用前景。草莓 Pn、Tr 和 Gs 的标准正态分布表明, TA 最显著的施药浓度为 0.1 g/L。因此在草莓育苗生产上,以浓度为 0.1 g/L 的 TA 喷施叶片效果最佳。该试验为草莓育苗生产上合理喷施 TA 提供了初

步的科学依据和理论基础,有关 TA 促进草莓生长的作用机理还有待进一步研究。

参考文献

- [1] 谭昌华,代汉萍,雷家军. 世界草莓生产与贸易现状及发展趋势[J]. 世界农业, 2003(5):10-19.
- [2] Gordon T R, Kirkpatrick S C, Shaw D V, et al. Differential infection of mother and runner plant generations by *Verticillium dahliae* in a high elevation strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) nursery [J]. Hort. Science, 2002, 37: 927-931.
- [3] Shaw D V, Gordon T R, Larson K D, et al. The effect of *Verticillium* infection in runner plant propagation nurseries on resistant and susceptible strawberry genotypes [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2005, 130(5):707-710.
- [4] Voth V, Bringham R S. Culture and physiological manipulation of California strawberries [J]. HortScience, 1990, 25:889-892.
- [5] 陈世虎,朱克响,郭书普. 优质草莓无公害生产关键技术问答[M]. 北京:中国林业出版社, 2008:39-41.
- [6] Larson K D, Shaw D V. Strawberry Nursery soil fumigation and runner plant production [J]. HortScience, 1995, 30:236-237.
- [7] Ries S K, Wert V F, Cueley C C, et al. Triacontanol: a new naturally occurring plant growth regulator [J]. Science, 1977:1339-1341.
- [8] Knowles N R, Ries S K. Rapid growth and apparent total nitrogen increase in rice and corn plants following applications of triacontanol [J]. Plant Physiol., 1981, 68:1278-1284.
- [9] 刘德盛,张群,陆东和. 我国三十烷醇研究进展及其在农业上的应用前景[J]. 中国工程科学, 2001, 3(2):91-94.
- [10] 范秀珍,肖华山,刘德盛,等. 三十烷醇和磷酸二氢钾混用对水稻的生理效应[J]. 福建师范大学学报(自然科学版), 2003(19):80-84.
- [11] 稠维言,冯斗,裴润海. 三十烷醇对甘蔗种苗萌发和幼苗生长的影响 [J]. 广西热作科技, 2000(4):1-3.
- [12] 吴建辉,陈清香,覃振强,等. 0.1% 的三十烷醇对柑桔的生长调节作用 [J]. 广东农业科学, 2009(7):141-142.
- [13] 沈海龙. 植物组织培养[M]. 北京:中国林业出版社, 2005:48.
- [14] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京:农业出版社, 1992:142.
- [15] 焦顺兴,杨春华,王沙生. 三十烷醇对杨树光合作用和生长的影响 [J]. 河南林学院学报, 1991(6):251-257.
- [16] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis [J]. Annu. Rev. Plant Physiol, 1982, 33:317-345.
- [17] 刘东艳,孙军,刘东旭. 三十烷醇对海带叶绿体超微结构的效应[J]. 海洋湖沼通报, 1999(4):27-30.
- [18] 薛玉华. 赤霉素在草莓上的应用 [J]. 农药市场信息, 2010(6):41.

Preliminary Research on Physiological Effects of Different Triacontanol on Strawberry

HUA Xin¹, ZHANG Li², WANG Yi-meng¹, ZHENG Cai-xia¹

(1. College of Biology Science and Biotechnology, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Shandong Foreign Languages Vocational College, Rizhao, Shandong 276800)

Abstract: Pot-strawberry in the greenhouse were used to investigate the effects of triacontanol (TA) on photosynthetic characteristics. The results indicated that TA could significantly enhance photosynthetic rate after 5 days with different TA treatment. Comparing with the control (without TA), net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr), an stomatal conductance (Gs) were promoted at lower concentration (≤ 0.1 g/L) and inhibited at higher concentration (≥ 1 g/L). Intercellular carbon dioxide concentration (Ci) decreased, while water use efficiency (WUE) and stomatal limitation value (Ls) increased with the increasing concentration of TA. Though various concentration of TA caused different results to chlorophyll content, the difference was not significant. TA concentrations in the range suitable for spraying was 0.1 g/L.

Key words: triacontanol; strawberry; photosynthesis