

综述

我国三十烷醇研究进展及其在农业上的应用前景

刘德盛, 张 群, 陆东和

(福建农业科学院果树研究所, 福州 350001)

[摘要] 三十烷醇(TA)是由30个碳原子组成的长链脂肪醇,普遍存在于动植物的蜡质中,常用蜂蜡为原料制取。我国首先在TA剂型研究上取得重大进展,采用CD分子包衣技术研制的TA乳粉属国内外首创,它具有TA乳剂所不具备的增产效果稳定、长期贮存不变质和贮运方便等优点,并开拓TA乳粉在海藻上应用研究的新领域。TA乳粉是一种无毒害、无污染、成本低、效益高的广谱性植物生长调节剂,应用前景广阔。

[关键词] 三十烷醇; 农业; 植物生长调节剂; 植物生长促进剂

1 三十烷醇(TA)开发与研究进展

三十烷醇(1-Triacontanol)是由30个碳原子组成的长链脂肪醇,化学名叫三十烷醇-1或正三十烷醇,简称三十醇或TA或TRIA,又称蜂花醇。其化学式为: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CH}_2\text{OH}$ 。

TA普遍存在于植物的蜡质中。在植物叶、茎、花、果实和种子上形成一层保护层,称为角质层。在角质层上常沉积着各种形式的蜡状物质,称为蜡质。TA就存在于大多数植物的蜡质中,成为植物蜡的一种重要成分。例如,苜蓿蜡、糠蜡、蔗蜡、棉蜡、玉米蜡、苹果蜡、茉莉花蜡和茶叶蜡等均含有TA。据测定,每克玉米叶片中大约有TA 23.4 μg ,每克水稻叶片中大约含有TA 481 μg 。除了植物蜡外,一些昆虫蜡也含有TA。在虫蜡中以蜂蜡的TA含量最高,蚕粪中也含有一定量的TA。在自然界中,TA常与高级脂肪酸结合成酯的形式存在于各种蜡质中,但也有游离存在的。蜂蜡和米糠蜡中TA含量可高达10%~25%,所以常以蜂蜡和米糠蜡为原料制取TA,前者最为常用^[1]。

1993年,Chibnall等人从苜蓿中分离出TA,它是叶蜡的主要成分,从50 kg的干苜蓿中得到40

g的苜蓿蜡,经皂化、萃取、重结晶,得7.5 g粗品,再用苯—乙醇重结晶可得5 g TA晶体。含量为干苜蓿的万分之一。后来人们又从许多植物蜡和虫蜡中提取出TA,并进行了人工合成。但不知道它对植物有何作用,仅作为一种化学试剂。

1975年,美国密执安州立大学Ries教授,在一项应用苜蓿作有机肥的试验中发现TA具有一定的生理活性。Ries等采用从苜蓿提取的TA喷洒玉米、水稻等幼苗,亦有同样刺激生长的作用。用人工合成的TA进行试验,也获得同样的结果,通过一系列试验,Ries等发现TA对玉米、水稻、小麦、番茄、胡萝卜、黄瓜、莴苣、大豆等均有增产效应,增产的幅度为8%~68%,并认为TA是一种无毒、快速、低剂量和在暗处也能促进蛋白质合成的植物生长促进物质。1977年,Ries等宣布:TA是一种新的天然存在的植物生长调节剂^[2]。

Ries的发现引起各国学者的极大兴趣和重视。1977年我国著名化学家蔡启瑞教授访美时带回TA资料。1978年初厦门大学植物激素研究组在郭奇珍教授的指导下,成功地从蜂蜡中获得TA结晶,并进行了生理活性测定和大田试验。其生产工艺和产品质量通过了专家鉴定。

[收稿日期] 1999-07-09; **修回日期** 2000-12-01

[基金项目] 国家科技成果重点推广计划资助项目(97140401A)

[作者简介] 刘德盛(1937-),男,福建莆田市人,福建农业科学院研究员

迄今国内外已发表有关 TA 论文 500 多篇, 内容包括制备、生理效应、作用机理及在农业上的应用^[3]。但是, 在 TA 农用研究中遇到最大的问题是剂型问题。由工厂生产出来的未经加工的 TA 晶体称原药。因 TA 原药几乎不溶于水, 故不能直接使用, 需先将原药进行加工, 制成可分散在水中的制剂, 称为 TA 剂型。TA 在水中的溶解度为 9×10^{-14} g/L 以下, 几乎不溶于水。因此, TA 剂型是决定其药效高低甚至有无效果的重要因素, 受到国内外研究者的高度重视。20 世纪 80 年代初, 美国、日本等进行过研究, 提出几个 TA 乳剂配方, 但大田应用结果都不理想, 至今未能解决问题。

Ries 最早采用乳剂剂型^[2], 把 TA 样品用有机溶剂溶解后, 加入一定量的乳化剂, 然后用清水稀释至一定浓度。用于溶解 TA 的有机溶剂有乙醇、氯仿、二氯甲烷和苯等。国内一般采用热乙醇。用于乳化 TA 的乳化剂有吐温-80、吐温-20、平平加 O (匀染剂) 及十二烷基硫酸钠等。加入有机溶剂的目的是为了使 TA 能够均匀地分布在水中, 使植物能吸收。但这种 TA 乳剂的缺点是分散度较差, 而且易发生乳析沉淀。因此, TA 乳剂在世界各地试验时, 有时增产效果很显著, 有时则不起作用。1982 年美国 Welebir 博士提出 TA 丙酮剂型, 他发现用于乳化 TA 的乳化剂能与植物体内的钙 (Ca^{2+}) 和镧离子 (La^{3+}) 络合, 致使这些离子不能参与植物的刺激作用, 而影响 TA 活性的表现。主张避免使用乳化剂, 而将 TA 溶于丙酮等极性有机溶剂, 再加一定量的氯化钙和生长物质 (如吡啶乙酸等)。Ries 认为该剂型配方虽然比 TA 乳剂效果有所提高, 但在实际应用中的增产效果仍表现不稳定。1983 年美国科学家 Laughlin 等又提出 TA 胶体剂型, 认为乳剂和丙酮剂型的 TA 颗粒分散得不够小, 颗粒半径 $0.02 \sim 35 \mu\text{m}$ 。表现为多态和不稳定性, 因而采用超声波来“粉碎”TA 颗粒, 碎至胶体分散相, 但该剂型在大田应用的效果也不稳定。

1983 年, 农牧渔业部组织全国联合试验组对 TA 应用效果进行为期两年的试验研究, 其效果不显著^[4]。与此同时, 由厦门大学、杭州大学、上海植生所、福建农科院、山东大学、江西农大、辽宁师大、东北师大及山西农大等全国几十个大专院校和科研单位组成的“全国三十烷醇协作组”也开展了大量试验研究工作。其中厦门大学与福建农科

院等单位合作, 成功地采用 CD 分子包衣技术来研制 TA 乳粉, 使 TA 剂型取得重大进展。CD 是一种由 6~8 个葡萄糖残基连接而成的环状低聚糖, 其分子中有个空心腔道, 内径 $0.7 \sim 0.8 \text{ nm}$, 恰好可纳入 TA 分子颗粒, 由于 CD 内腔是疏水性的, 外围是亲水性的, 而 TA 是疏水性的, 故可通过疏水场、范德华力将 TA 纳入腔道内, 形成包接化合物, 并借环外的亲水基溶解于水。采用此技术研制的 TA 乳粉, 具有效果稳定, 长期贮存不变质和贮运方便等优点, 解决了 TA 制剂长期未能解决的难题, 为 TA 的农业应用作出创造性贡献。

1987 年, 福建农科院、厦门大学等 32 个单位协作进行 TA 对茉莉花、瓠瓜的增产效果及其生理效应研究。这两项成果均达到国际领先水平^[5]。接着又开拓 TA 在海藻上应用研究新领域, 直到 1993 年 12 月由福建农科院主持的有闽、辽、鲁、苏、浙等五省 40 多个单位近百名科技人员参加的“植物生长调节剂 TA 乳粉在海带、紫菜上应用研究”课题, 通过科技成果鉴定, 该两项成果均达到国际领先水平^[6], 1996 年获得国家科技进步二等奖, TA 的增产效果得到肯定和确认。1994 年厦门大学化工厂生产的 TA 原药和 1.4% TA 乳粉 (可溶性粉剂) 均在农业部农药检定所临时登记, 2000 年正式登记 (农药登记证号 PDN 65-2000 和 PDN 66-2000) 并列入正式生产产品。

2 TA 乳粉在农业上的应用前景

我国 TA 乳粉在农业上的研究成果开始在全国推广应用, 并不断深化, 同时, 进一步开发 TA 乳粉应用的新领域^[7]。

TA 乳粉可显著提高海带、紫菜及裙带菜等经济海藻的产量和品质。^[8~12]。如 TA 乳粉在海带上的应用, 经连续多年 (1990~1997 年) 在全国不同海区进行的共 21 次专家现场验收的结果表明, 在被验收的 37 个试验小区中平均海带比对照增收干品 6.57 t/hm^2 , 增产率为 35%, 同时, 海带还可增收碘 24.24 kg/hm^2 , 褐藻胶 1.665 t/hm^2 、甘露醇 1.275 t/hm^2 。在罗源县对本项星火计划项目进行现场验收, 处理组的海带可比对照增收干品约 20.865 t/hm^2 , 增产率为 46%。增产的主要原因是, 海带的长、宽、厚度分别比对照增加 25%、38%、29%, 晒干率也提高 21.6%。TA 乳粉在紫菜、裙带菜上的应用效果也很好。这些情况均表

明, TA 乳粉在海藻上增产的重现性好, 效果稳定。据不完全统计, 已在全国海带、紫菜和裙带菜上推广 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 净增产值达三亿多元。

Ries 等最早发现 TA 对水稻有神奇的效应^[2]。水稻幼苗施用 TA 后, 可观察到迅速的反应, 还原糖和自由氨基酸的含量增加最快, 在处理 4 min 后, 它们分别比对照高 25% 和 16%。更为奇特的是, TA 甚至能在缺少光照的阴暗条件下, 促进水稻幼苗干重和蛋白质含量的增加, 使稻苗很快地生长。干重的增加可达 4.9 mg/h 的最高速率。在暗处处理 6 h 后, 稻苗的总蛋白质量比处理前增加 18%, 比对照增加 30%。按一般情况绿色植物在暗处生长, 植株的干重只能减少, 但经 TA 处理后的水稻幼苗, 却奇迹般的增加干重和蛋白质的含量。日本名越时秀等试验结果认为, 喷施 TA 可提高水稻根系的吸水能力, 从而促进根系生长和扩大气孔开度, 使水稻直至成熟仍保持高效光合作用, 达到提高糙米重的目的^[13]。

1997 年, TA 乳粉以配套技术列入全国农牧渔业“水稻早育秧、抛秧及综合配套增产技术”项目, 拟在全国 25 个省、市水稻上推广 $160 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (包括福建省 $5.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$), 并列入福建省农科教项目。1998 年福建省农办组织专家进行现场考种和实割验收表明, 处理组水稻比对照组增收干稻谷 1.17 t/hm^2 , 增产率为 28%^[14]。增产主要因素是, 处理比对照的有效穗增加 6.74%, 每穗粒数增加 20.5%, 每穗实粒数增加 25.9%, 结实率提高 4.4%, 千粒重提高 3.2%。1997、1998 两年进行的 4 次现场验收, 平均增产 20%。

TA 乳粉能促进茉莉花植株的生长发育, 提高叶绿素含量、光合速率和干物质积累, 增加新梢数目和花蕾数, 提早和延长采花期。TA 还能深刻影响花的形态结构, 使花蕊器官的各组成部分向有利于提高品质的方面发展, 花瓣部分在整花中的比例和浸膏含量的明显提高, 花蕾饱满洁白、鲜艳有光泽, 增大增重, 提高精油产量和香气更浓等特点。TA 乳粉能使茉莉花增产 20%~30%^[5]。

TA 乳粉可促进瓠瓜植株生长, 使枝叶增多, 叶色浓绿, 后期生长不早衰, 采瓜期可比对照延长 10~15 d。TA 还可提高瓠瓜的品质, 处理比对照的瓜形较直, 瓜面光滑油亮、质地幼嫩, 并能提高可溶性固形物、维生素 C、转化糖的含量, 降低粗纤维含量等^[5]。TA 还具有提高瓠瓜的抗病性, 减

轻枯萎病和瓜疫病的作用。TA 与乙烯利配合使用, 可调节“源”(叶片等)与“库”(花果等)的关系, 提高成瓜数和单瓜重, 可增产 30% 以上^[15]。

TA 乳粉可促进龙眼花芽分化和花穗的形成, 并能提高座果率和单果重, 近年来, 在福建试用效果很好, 使许多因气温变暖而多年不结果的龙眼成年树正常抽穗开花结果, 这对克服龙眼大小年结果现象的意义很大^[16]。

TA 乳粉不但能提高茶叶的产量^[17], 而且还可提高茶叶氨基酸含量, 从而提高了茶叶的香味和品质。TA 乳粉在蘑菇、香菇、凤尾菇等食用菌上的应用效果都很明显, 既可提高产量又能改善品质。TA 乳粉还可提高小麦、玉米、大豆、花生、油菜、西瓜、果树、蔬菜等其它作物的产量和品质^[7,18]。甚至对动物也有效果, TA 乳粉可使猪的瘦肉率提高 4.83%~5.42%^[19]。1999 年 TA 乳粉成为实用性强、经济价值高、有一定发展前景的 300 项高新技术项目和产品之一^[20]。

由美国出版的《21 世纪农业》一书, 把植物生长调节剂的广泛应用列为 21 世纪对农业生产将起重大增产作用的新技术之首。应用植物生长调节剂调控植物生长发育的过程称为化学调控。我国著名的植物生理学家姜成后教授指出: “植物生长发育的‘化学调控’是继‘化学施肥’之后对提高大田生产的又一重大贡献”^[21]。TA 乳粉是一种无毒害、无污染、成本低、效益高的广谱性植物生长调节剂, 也是一种“绿色”农药。它能提高多种作物的产量和品质, 它不是肥料, 但能提高肥料的利用率。TA 可与 N、P、K、B、Zn 等营养物质复配使用的效果更佳。TA 乳粉将在农业生产的化学调控中起着重要作用, 其应用前景十分广阔。

3 结语

TA 开发与应用在我国经历了曲折的发展过程, 解决了 TA 剂型问题, 使 TA 乳粉的应用得以顺利发展, 多项成果居国际领先水平, 为人类提供更多的绿色产品作出了自己的贡献。

1996 年, TA 乳粉的应用被列入“九五”国家科技成果重点推广计划项目和国家级星火计划项目。1997 年 TA 乳粉又被农业部列入全国农牧渔业水稻丰收计划。TA 乳粉正以强大的生命力在现代化农业中发挥作用。

参考文献

- [1] 郭奇珍. 蜂蜡中三十烷醇分离与提纯的研究报告 [R]. 厦门: 厦门大学科技情报室, 1980
- [2] Ries S K, Wert V F, Scueeley C C, et al. Triacontanol: a new naturally occurring pant growth regulator [J]. *Science*, 1977: 1339~1341
- [3] 刘德盛. 农作物增产剂三十烷醇 [M]. 北京: 科学普及出版社, 1986
- [4] 汤日圣, 吴光南. 全国联合试验表明, 喷施三十烷醇不能作为增产措施推广 [N]. *江苏农业科技报*, 1985-04-16 (1)
- [5] 刘德盛, 郭奇珍, 唐学详, 等. 三十烷醇对茉莉花、瓠瓜的增产效果及其生理效应研究 [R]. 福州: 福建农业科学院, 1987
- [6] 刘德盛, 陈敏资, 刘玉琪, 等. 植物生长调节剂 TA 乳粉在海带、紫菜上的应用研究 [R]. 福州: 福建农业科学院, 1993
- [7] 刘德盛. TA 乳粉在粮棉油麻果蔬海带园艺花卉上的应用 [A]. 见: 白克智, 白阳明, 鲍柏洋, 等. 植物生长调节剂实用问答 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998
- [8] 陈敏资, 陈树科. 三十烷醇对裙带菜产量的影响 [J]. *水产科学*, 1987, (1): 12~14
- [9] 刘德盛, 陈敏资. 三十烷醇对海藻的增产效果及其生理效应 [J]. *植物学通报*, 1995, 12 (专辑): 120~123
- [10] Liu Desheng, Guo Qizhen, Liu Yugi. Effects of triacontanol (TA) on seedling growth and yield kelp [M]. *The Science and Technology Publishing House (DPRK)*, 1993. 291
- [11] 刘德盛. TA 乳粉能提高海带、紫菜的产量 [J]. *农业科技要闻*, 1997, (19): 5~6
- [12] 刘德盛, 张群. 植物生长调节剂 TA 乳粉对海带产量和品质的影响 [J]. *中国工程科学*, 2000, 2 (2): 68~73
- [13] TA 可促进稻根发育和提高单产 [J]. *农业科技要闻*, 1997, (7): 6
- [14] TA 乳粉使水稻增产 [N]. *科技日报*, 1999-01-05 (6)
- [15] Liu Desheng, Guo Qishen. Effect of triacontanol on the yield of calabash [A]. *International Symposium on Triacontanol [C]*, Shanghai Institute of Plant Physiology Academia Sinica. 1987: 30
- [16] 刘德盛. 龙眼的化学调控作用及其应用技术 [J]. *福建果树*, 1999, (1): 67~69
- [17] 刘德盛, 林水金, 刘发荣, 等. 三十烷醇对茶叶的增产效果 [J]. *福建农业科技*, 1989, (6): 39~40
- [18] 林志红, 余德生, 曾春莺, 等. 三十烷醇对西瓜产量及品质的影响. *福建农业科技 [J]*. 1990, (2): 47
- [19] 盛楚贤, 陈体静. “893” 增长剂对猪增重与提高瘦肉率研究的验收意见 [R]. 福州: 福建农业科学院, 1989
- [20] 洪绂曾, 李可心. 高新农业应用技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1999
- [21] 娄成后. 植物生长调节剂发展前途的管见 [J]. *植物生长物质*, 1993, (1): 1~2

Progress in the Study of Triacontanol (TA) and the Prospect of Its Application in Agriculture

Liu Desheng, Zhang Qun, Lu Donghe

(Fruit Tree Research Institute of Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou 350001, China)

[Abstract] Triacontanol (TA), a long chain fatty alcohol composed of 30 carbon atoms, generally exists in animal and vegetable waxes. Ordinary beeswax is used as raw material for the preparation of TA. Big progress has been made in the study of TA formula. The study and preparation of TA emulsive-powder employing β -CD enclosing and linking technique is the pioneer work at home and abroad. This powdery product has some advantages that the emulsion one does not have such as stable yield increase effect, non-deterioration in long period of storage and convenience in storage and transport. Study on the application of TA emulsive-powder the application to seaweed has been carried out. TA emulsive-powder is a kind of plant growth regulator of non-toxic, non contamination, low cost, and high effect and with wide prospect of application.

[Key words] triacontanol (TA); agriculture; plant growth regulator; plant growth promoter