研究报告

植物生长调节剂三十烷醇（TA）乳粉对水稻产量的影响

刘德盛[1]，陆修闽[1]，何明忠[1]，肖华山[2]，范秀珍[2]
（1. 福建农业科学院果树研究所，福州 350013；
2. 福建师范大学生物工程学院，福州 350007）

[摘要] 三十烷醇（TA）乳粉是一种广谱性的植物生长调节剂，1997 年被农业部列入全国农牧渔业丰收计划项目后，五六年来在福建省水稻上试验、示范、推广工作取得显著进展。在水稻幼穗分化 2—3 期和孕穗期分别叶面喷施 1～2 mg/L TA 一次，能促进稻株生长发育，提高碳、氮代谢水平，增加有效穗、穗粒数、穗实粒数，提高结实率、千粒重和晒干率等。处理比对照平均增产干谷 0.964 t/hm^2，增产率为 15.4 %，并能改善品质。据多年多点多次的验收、考种和测产的数据表明，其增产效果稳定，重现性好。不仅产出/投入比高，而且具有无毒害、无污染、成本低、效益高和使用方法简便等优点，对增加粮食产量和发展无公害农业有重要意义。

[关键词] 三十烷醇；水稻；植物生长调节剂
[中图分类号] S482.8 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009－1742（2002）11－0082－07

1 前言

水稻是福建省主要粮食作物，约占全省粮食总栽培面积的 70 %。近年来由于加强农业结构的战略调整，水稻田改果、改菜、改渔的面积不断扩大，已使福建省缺粮问题更为突出。据福建省统计厅资料，2001 年福建省粮食产需缺口为（550～600）$\times 10^4$ t，相当于当年福建省水稻的总产量（606.8$\times 10^4$ t），也就是说在福建省的 3 000 多万人口中约有一半粮食靠外供。2001 年全省粮食减产 4.4 %，比 2000 年减产 37.4$\times 10^4$ t。其中水稻减产 25.95$\times 10^4$ t。面对粮食减产与人口递增成负相关的严重情况，引起了农业科技工作者的高度关注，加强科技投入，把提高水稻单位面积产量和质量列入重点研究课题。1997 年 TA 乳粉被农业部列入全国农牧渔业丰收计划中的“水稻旱育秧、抛秧及综合配套增产技术”项目，拟在全国 25 个省市的水稻上推广 160$\times 10^4$ hm^2（2400 万亩），包括在福建推广 53 333 hm^2（80 万亩）。经过共同努力，五六年来已在福建省 20 多个县市开展这项工作。据 5 次专家现场验收结果和 16 个县市农业局农技站（实施单位）32 次自行考种、测产和验收的报告，处理比对照平均增产干谷 0.949 t/hm^2，增产率为 15.4 %，而且谷粒较饱满，出米率较高，品质也提高了。福建现已推广 33 333 hm^2（50 万亩），若全省 113.333 3$\times 10^4$ hm^2（1 700 万亩）水稻全部使用，每年可增收粮食（稻谷）100$\times 10^4$ t 以上，对解决福建省严重缺粮问题具有重要意义。

2 试验条件与方法

供试材料：在不同地区原有种植的水稻品种及其栽培技术的基础上配套叶喷 TA 乳粉技术。

供试药剂：采用厦门大学化工厂从蜂蜡中提取的 TA 晶体，研制成 1.4 %TA 乳粉。

试验地点：福州晋安区、连江、莆田、南安、安溪、长泰、闽侯、闽清、漳浦、永定、长汀、上杭、浦城、建瓯、建阳、连城、福清、长乐、罗源、福鼎及邵武等县市。

试验方法：在有关市县的水稻产区进行不同水稻品种、不同 TA 浓度（0.5～2 mg/L）试验和推

[收稿日期] 2002－07－24；修回日期 2002－08－27
[基金项目] 全国农牧渔业丰收计划资助项目（农科发［1997］8 号）
[作者简介] 刘德盛（1937－），男，福建莆田县人，福建农业科学院果树研究所研究员

广，由各县市农技站参加协作，负责实施。设示范片和试验小区，示范片设较大面积的处理区和对照区（未喷药的）进行对比试验。试验区设处理组与对照组，重复 2～3 次，随机排列。处理与对照的土壤肥力、水稻品种、秧龄以及田间管理等力求基本一致。在水稻幼穗分化初期（2—3 期）和孕穗期各喷 TA 1～2 mg/L 1 次。在下午 2 时以后喷施，将叶片双面喷匀喷湿，若喷后 6 h 遇雨则需重喷。每包 1.4 % TA 乳粉（3.6 g）兑清水 25～50 kg（最好先将 TA 乳粉用少量 90 ℃以上的热水溶解）。TA 乳粉单喷或与农药混合喷施均可。

定点定时观察水稻生长发育情况和进行必要的生理生化指标测定分析。收获时进行常规考种和测产，并为专家现场验收提供试验稻田。

3　TA 对水稻产量的影响

3.1　5 次专家现场考种和实割验收的结果

1997—2001 年在福建省 20 多个县市进行试验、示范和推广工作。据 5 次专家现场考种和实割验收的结果表明，TA 乳粉在水稻不同地点、不同品种、不同年份上应用均获得增产，增产幅度为 11.9 %～27.8 %，平均增产 16.6 %，增收干谷 0.983 t/hm^2（表 1）

表 1　五次专家现场考种与实割验收

Table 1　Checking seed and actual harvest tested by experts for five times

验收时间	验收地点	湿重/t·hm^{-2}		干重/t·hm^{-2}		晒干率/%		处理比 CK 干重增加	
		CK	处理	CK	处理	CK	处理	/t·hm^{-2}	/%
1997－12－03	闽侯	6.570	7.260	5.595	6.420	85.16	88.23	0.825	14.8
1998－11－17	长泰	10.260	11.210	8.408	9.405	81.95	83.90	0.998	11.9
1998－11－17	晋安	6.360	7.500	5.086	6.188	79.97	82.50	1.102	21.7
1998－11－21	晋安	5.260	6.520	4.208	5.376	80.00	82.50	1.169	27.8
1999－07－23	连江	8.160	9.080	6.353	7.175	77.86	79.00	0.822	12.9
	平均	7.322	8.314	5.930	6.913	80.99	83.15	0.983	16.6

3.2　32 次实施单位（农技站）自行测产的结果

根据福州、晋安、莆田、连江、南安、安溪、闽清、永定、上杭、长汀、浦城、建瓯、建阳、长泰、连城、福鼎、漳浦等 16 个县市的实施单位（农业局农技站）连续 4 年的 32 次自行测产和验收表明，同专家验收的结果一样，TA 乳粉在水稻不同地区、不同品种、不同年份上应用也均获得增产，增产幅度为 5.0 %～33.8 %，平均增产 14.3 %，增收干谷 0.949 t/hm^2（表 2）

3.3　高产试验区验收的重现性

1998 年 11 月 17 日，专家组对福州市晋安区良种场 7 号试验田晚稻（荆糯 6 号）现场实割验收。结果表明，处理组产湿谷 8.235 t/hm^2，对照组产湿谷 5.895 t/hm^2，处理比对照增产湿谷 2.340 t/hm^2，增产率为 39.7 %。如果按 11 月 21 日重新验收测定的处理和对照的晒干率分别为 82.5 %和 80.0 %计产，那么处理比对照增产干谷为 2.078 t/hm^2，增产率为 44.1 %。

表 2　16 个县市 32 次自行考种和测产表

Table 2　Checking seed and measuring production respectively for thirty-two times in sixteen counties cities

验收时间	验收地点	验收品种	干重/t·hm^{-2}		处理干重	比 CK 增加
			处理	CK	/t·hm^{-2}	/%
1998	晋安	汕优 63	7.959	6.285	1.674	26.6
1998	晋安	汕优 63	8.820	7.572	1.248	16.5
1998	晋安	汕优 63	8.430	7.495	0.935	12.5
1998	晋安	汕优 63	8.151	7.495	0.656	8.8
1998	莆田	T7889	6.183	5.305	0.878	16.6
1998	南安	汕优 016	7.461	6.733	0.728	10.8
1998	浦城	汕优 63	7.681	6.943	0.733	10.5
1998	安溪	世纪 102	7.833	6.841	0.993	14.5
1998	长汀	福优 77	6.944	6.450	0.494	7.7
1999	连江	特优 70	6.723	6.061	0.662	10.9
1999	晋安	Ⅱ838	8.616	7.435	1.181	15.9

续表 2

验收时间	验收地点	验收品种	干重/t·hm^{-2} 处理	干重/t·hm^{-2} CK	处理干重/t·hm^{-2}	比CK增加/%
1999	晋安	Ⅱ838	9.345	7.515	1.830	24.4
1999	建瓯	汕优669	8.183	6.115	2.068	33.8
1999	建瓯	汕优63	6.900	5.773	1.127	19.5
1999	建瓯	桂33	7.479	6.471	1.008	15.6
1999	上杭	汕优46	7.245	6.360	0.885	13.9
1999	永定	特优70	6.717	5.787	0.930	16.1
1999	上杭	多系一号	6.624	6.085	0.539	8.9
2000	安溪	5094	6.350	5.929	0.421	7.1
2000	莆田	T7889	6.747	6.138	0.609	9.9
2000	闽清	D297	9.006	7.875	1.131	14.4
2000	闽清	珍优	8.160	7.087	1.073	15.1
2000	长汀	汕优82	6.570	6.255	0.135	5.0
2001	建阳	福两优2186	6.303	5.853	0.450	7.7
2001	长泰	特优898	8.550	7.642	0.908	11.9
2001	闽清	满仓968	6.760	6.028	0.732	12.1
2001	建阳	Ⅱ优63	8.475	7.365	1.110	15.0
2001	福鼎	特优63	4.962	4.072	0.890	21.9
2001	漳浦	博优968	10.007	8.280	1.727	20.9
2001	连城	汕优46	8.327	7.452	0.875	11.8
2001	莆田	新香优80	7.415	6.664	0.751	11.3
2001	建瓯	花优63	7.581	6.769	0.812	12.0
平均			7.578	6.629	0.949	14.3

为了进一步落实，福建省农办于1998年11月21日邀请福建省的同行专家，组成专家组到原来的验收田再次进行现场考种和实割验收。结果表明(见表3及表4)，处理比对照增干谷1.1685 t/hm^2,增产率为27.8 %。增产的主要原因是：亩有效穗、穗粒数、穗实粒数、结实率、千粒重和晒干率等，分别比对照增加6.7 %、20.5 %、25.9 %、4.4 %、3.2 %及3.13 %等，而理论产量可增产38.2 %，接近上次的验收产量。因重新验收之前几天刮了大风使稻穗掉了一些谷粒，理论产量与实际产量有一定差异。TA在农业上的应用很有潜力，当时传媒也做了报道[1~4]。

3.4 影响TA增产效果的因素

在TA农用研究中遇到最大的问题是剂型问题。由于TA是由30个碳原子组成的长链脂肪醇，在水中的溶解度为9×10^{-14} g/L以下，几乎不溶于水，20世纪80年代初期，因采用TA乳剂剂型(水剂)而存在分散度差和易于乳析沉淀等缺点，致使其增产效果不稳定。三十烷醇在水稻上的试验较多，但增产效果不稳定，1982年福建省施用面积达4×10^4 hm^{2}以上(60多万亩)，平均增产5 %左右[5]。1985年成功地采用环糊精分子包衣技术来研制TA乳粉，使TA剂型研究取得重大进展。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[6]，这在水稻上也已得到充分体现，可使水稻稳定增产15 %左右。

表3 TA乳粉在晚稻(荆糯6号)上应用效果验收表

Table 3 Effect of TA on the yield of late rice (Jinru-6)

项目	每丛穗数	每公顷丛数	湿谷/t·hm^{-2}	晒干率/%	干谷/t·hm^{-2}
TA乳粉	12.24	198 000	6.516	82.50	5.376 0
CK	11.56	196 500	5.259	80.00	4.207 5
比CK增量	0.68	1 500	1.257	2.50	1.168 5
比CK增加/%	5.88	0.76	23.90	3.13	27.80

表4 TA乳粉在晚稻(荆糯6号)上应用验收考种表

Table 4 Effect of TA on the checking seed of later rice (Jinru-6)

项目	每公顷有效穗数	每穗粒数	每穗实粒数	结实率/%	千粒重/g	理论产量/t·hm^{-2}
TA乳粉	2 424 000	116.0	98.3	84.7	28.8	6.840 0
CK	2 271 000	96.3	78.1	81.1	27.9	4.948 5
比CK增加值	153 000	19.7	20.2	3.6	0.9	1.891 5
比CK增加/%	6.74	20.5	25.9	4.4	3.2	38.2

在同一TA乳粉的情况下，影响水稻增产幅度的主要因素有TA浓度、喷施时期、喷施次数、水稻品种及使用方法等。作用浓度范围0.5~2 mg/L，以1~2 mg/L较佳。在水稻各个生育期使用均有促进作用，一般在幼穗分化初期(2,3期)和孕穗期各喷一次效果较好，多次喷施未必能增效。TA对不同水稻品种均有效，但品种间的增产效果有差别。采用叶面喷洒，可与农药或叶面肥(如磷酸二氢钾、锌、硼等)混合施用，既可省工又可增效。一般以下午2点后喷施较好，因为叶片气孔在下午开放较多，有利于对药剂的吸收。

4　增产原因及其生理效应

4.1　促进植株生长发育

TA 提高水稻等作物产量的作用主要是通过促进其营养生长和生殖生长而实现的[5]。对营养生长的促进主要表现在对根、茎、叶生长速度的加速。试验表明，水稻在三叶期喷施 0.5～2.0 mg/L TA 乳粉，经 2 周后可观察到水稻苗的株高、单株总根数、单株白根数、白根占总根数（%）、百苗带蘖（%）、百苗鲜重及百苗干重等生长指标都比对照的稻株明显提高。这些指标的提高实质上反映出稻苗素质上的提高（表 5）。此外，“水稻苗经 TA 处理 8 h 后，叶面积比对照增加 8 %，处理 3 d 后干重比对照增加 15 %”[7]，“经 TA 处理的水稻苗的根系干重和地上部干重分别比对照增加 24 % 和 75 %，含氮量也比对照提高”[8]，“水稻苗经 TA 处理后，根长、根重及根系的表面积均明显大于对照，根尖的脱氢酶活力也高于对照”[9]，“TA 有延缓杂交水稻叶片衰老的作用，对叶片中叶绿素和核酸含量均有延缓下降的趋势，它和 6－BA 一样，均有明显延缓过氧化物同功酶在衰老时的变化过程”[10]，“TA 能提高稻苗的抗寒性，在 2～0 ℃ 低温条件下仍能减轻低温对细胞膜的破坏”[11]，等等。TA 对生殖生长的促进，主要表现在对花芽分化，授粉受精及籽粒生长的促进，如表 4 及表 6 所示。此外，TA 可促进杂交稻不育系珍汕 97A 花时提前，并与恢复系 IR_{26}的花时相遇，从而提高每穗实粒数和结实率[5]。

表 5　TA 乳粉对水稻幼苗素质的影响

Table 5　Effect of TA on the quality of rice seedling

浓度 /g·L^{-1}	株高 /cm	单株 总根数	单株 白根数	白根占总 根数/%	百苗 带蘖/%	百苗 鲜重/g	百苗 干重/g
TA0.5	12.5	49	8	16.3	14.6	100.0	19.5
TA1.0	13.0	63	11	17.5	17.5	110.2	20.6
TA2.0	14.0	71	12	18.3	19.6	113.5	22.2
CK	12.5	49	8	16.0	13.0	98.5	18.6

4.2　使产量构成发生有利的变化

从表 3 和表 4 的考种结果可以看出，水稻喷施 TA 乳粉后，其亩有效穗、穗粒数、穗实粒数、结实率、千粒重、晒干率等产量构成因素发生了一系列有利于高产优质的变化。从表 6 中各有关县市的考种结果也可以看出这种有利的变化，其中穗实粒数、千粒重的明显提高，表现出 TA 能提高光合能量代谢和干物质积累的生理效应。

表 6　TA 乳粉促进水稻产量构成发生有利变化表

Table 6　Constitution changes of rice production induced by TA

考种时间	考种地点	考种品种	TA 乳粉处理比 CK 增加数					
			每公顷有效穗数/穗	穗粒数/粒	穗实粒数/粒	结实率/%	千粒重/g	每公顷干重/kg
1998	长泰	傅优 968	171 000	4.8	5.1	0.4	0.5	997.5
1998	晋安	汕优 63	237 000	18.9	22.2	3.6	0.3	1 674.0
1998	南安	汕优 016	48 000	4.0	6.2	2.6	0.4	727.5
1999	连江	特优 70	30 000	4.6	8.0	4.6	0.8	661.5
1999	建瓯	汕优 669	175 500	8.4	18.8	9.7	0.8	2 067.0
1999	晋安	Ⅱ838	360 000	13.0	15.0	2.3	1.0	1 830.0
2000	闽侯	珍优	75 000	10.0	12.0	2.5	1.0	1 072.5
2000	安溪	5094	102 000	2.5	2.7	0.6	1.0	420.0
2000	长泰	特优 898	60 000	7.9	8.7	1.3	0.6	907.5
2001	建阳	福两优 2186	109 500	8.0	17.0	6.0	0.8	1 431.0
2001	福鼎	特优 63	295 500	7.6	4.7	1.2	1.1	1 209.0
2001	漳浦	傅优 968	174 000	7.2	12.7	4.4	0.8	1 680.0
	平均		153 000	8.08	11.09	3.24	0.76	1 223.1

4.3　TA 提高光合能量代谢水平

光合作用是绿色植物利用光能将二氧化碳和水同化为有机物并释放氧气的过程，也是将光能转变为可贮藏的化学能有机物的过程。形成作物产量的干物质中，占总干重的 90% ～95% 的有机物是从光合作用中得来的，其余 5% ～10 % 的无机成分一般是根系从土壤中吸收来的。所以，光合作用与作物产量的关系非常密切，它是作物产量的基础。现有的研究工作表明，TA 乳粉促进作物增产的一个重要生理效应是增加光合色素含量和提高光合速率。水稻经 TA 处理后，光合速率可比对照提高 13.4～23.4 %[13]。光合速率的提高表明在单位叶面积、单位时间内有更多的 CO_2 被同化为有机物，有更多的光能被转变为化学能。Ries 认为“TA 对光合作用、胡萝卜素的合成及 RUDP 羧化酶等皆有提高的作用”[14]。

光合作用过程的第一步是色素吸收光能并将电子依次传递；第二步是光能转变为化学能的过程，通过希尔反应和光合磷酸化作用，将光能以化学能的形式蓄积在同化力中（ATP（腺三磷）和 NADPH（还原辅酶Ⅱ）合称同化力）。第三步则是

利用同化力同化 CO_2，使它变成有机物。在 TA 的作用下，ATP 不但有积累，而且还可促进 CO_2 同化形成有机物质。TA 不仅促进光合磷酸化活力，还提高了光合磷酸化与电子传递偶联程度。在 TA 浓度不同、叶绿素含量不同、介质酸碱度不同的条件下均观察到有促进循环与非循环光合磷酸化的效应。可见，TA 可通过使偶联因子变构，提高了光合磷酸化与电子传递偶联的效率，从而减少了高能态的漏失（正常情况下，偶联因子在催化光合磷酸化反应后，仍可能使部分高能态通过偶联因子漏失）。所以，作物经 TA 处理后，最突出的表现往往是能量积聚的增多，而用其他激素类型的生长物质处理，则一般观察不到能量贮积的增益现象。如杂交稻制种时，分别对不育系植株（珍汕 97A）处理以赤霉素（GA）、生长素（IAA）、6－苄基腺嘌呤（6－BA）与 TA，处理后 5 天测定 ATP 含量。结果是除 TA 处理的 ATP 含量有明显增加外，其他处理的皆无明显的促进效应（图 1）。

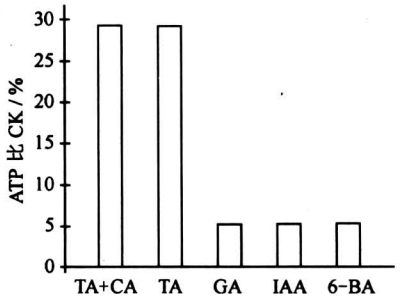

图 1 植物生长物质对杂交稻叶片 ATP 含量的影响（处理 5 d 后）

Fig.1 Effect of plant growth regulator on the ATP production in leaves of hybrid paddy rice

但是，TA 对作物叶片 ATP 含量的影响，因作物种类、叶片的生育时间等不同而不同。如紫云英叶片、杂交稻不育系（珍汕 97A）叶片、棉花枝叶、棉蕾、山芋叶、油菜叶、水仙叶、桑树幼叶等有明显的促进效应；而对灌浆期的小麦叶片、秋后的老桑叶、结荚期的赤豆叶及后季稻盛花后期的期叶、油菜荚及油菜籽等均无 ATP 的积累现象。作为同化力之一的 ATP（腺三磷）是一种能的载体、携带者和贮存者。在观察 TA 对作物叶片 ATP 促进的动态变化中，都比较一致地反映出 ATP 含量的提高，经 TA 处理后，水稻（珍汕 97A）叶片中 ATP 含量的提高在处理后五六天达到高峰，其促进效应可维持 10 天至 2 周左右[15]。

4.4 提高氮素代谢水平

碳、氮代谢是植物体内最主要的两大代谢过程。TA 对碳代谢的促进，有利于形成产量的骨架——碳水化合物。而 TA 对氮代谢的促进，则有利于氨基酸、蛋白质、核酸及酶类的合成。TA 对氮代谢的调节控制，已观察到的两个方面是：**a**. 通过对植物体内硝酸还原酶活力的促进，打开了氮从土壤中进入植物体内的大门。**b**. 提高氨基酸、蛋白质的合成，增加植株全氮量。

4.4.1 *提高硝酸还原酶的活力* 试验表明："TA 对硝酸还原酶的调节作用确实存在，无论是直接作用于酶，还是通过叶片或根的吸收，都能导致氮素转换的加强。凡经过 TA 处理的水稻叶片（IR_{26} 和厚丰早 2 个水稻品种）硝酸还原酶的粗酶液，其活力皆比对照有了提高，提高的幅度可达 20.1 %～29.1 %"[16]。产量受生长影响，生长受代谢控制，代谢则受酶的调节。TA 促进硝酸还原酶活力的提高，对提高水稻等作物的氮代谢具有重要意义。

植物不能直接利用空气中的氮，一般只吸收土壤中氮的氧化物硝酸根离子（NO_3^-）。但在植物体内氮是以氨（NH_3）的状态进入氨基酸、蛋白质和其他含氮化合物中，因此必须将硝酸还原为氨。这个还原过程是在硝酸还原酶和亚硝酸还原酶催化下分步进行的。在植物体内硝酸还原可以在根内进行，也可以在叶内进行，而以在叶子内还原为主。当被还原为 NH_3 后，主要通过谷氨酸和谷氨酰胺中转形成各种氨基酸，再合成蛋白质。所以提高硝酸还原酶活力水平，可提高植物利用氮素的效率。

4.4.2 *促进氨基酸、蛋白质的合成，增加植株全氮量* Ries 等的研究报告指出："TA 处理的水稻幼苗在黑暗下 6 h，植株所有部位的含氮百分数和总氮量都显著地增加了。处理植株的总蛋白质（凯氏氮）比对照组多 30 %，比处理前多 19 %，越是幼嫩的叶片表现越明显，第 4 片嫩叶的总氮量增加 1 倍，显示出 TA 处理的稻株在暗处也会继续合成蛋白质"[16]。同时还观察到，与对照相比，在 10 min 内，在 TA 处理过的水稻苗中有十几种氨基酸的相对数量有明显地增加。所测过的三羧酸循环（TCA）中大部分中间产物（除了延胡索酸外）和与之密切相关的物质诸如天冬氨酸、谷氨酸、丙氨酸的贮量都增加了，所有其他 α－氨基酸的贮库也增加了。同时，水中的氢原子被迅速地固定在三羧

酸环的某些化学物中以及糖酵解途径的一些中间产物中。现已发现，从这些中间产物生成像天冬氨酸和谷氨酸之类的反应对于 TA 是特别敏感的[17]。“经 TA 处理的水稻幼苗，N，P，K 含量可分别比对照提高 4.4 %，7.4 %和 11.5 %，蛋白质含量可比对照提高 3.92 %～5.88 %，植株全氮比对照增加 2.2 %～6.7 %[13]。

总之，生长的促进与否，不仅受制于碳代谢，还受制于氮代谢。碳同化与 NO_3^- 还原都发生在叶绿体内，它们的关系非常密切。TA 促进产生的能量和中间产物大部分用于碳、氮代谢，碳水化合物和含氮有机物分别是构成农作物产量和品质的物质基础。TA 促进水稻幼苗对 N 等矿质元素的吸收，首先有利于根系生长和培育壮苗。N 是合成蛋白质、核酸、叶绿素及酶等物质的重要元素，P 对物质转化、能量代谢、根系发育、提高抗逆性等方面都有极为重要的作用。K 等其他必需元素的增加也有利于促进稻株的生长发育。水稻生长前期吸收更多的营养物质，加速物质合成，植株生长旺盛，表现根系发达，叶色浓绿，茎粗叶茂的长势长相，体内积累较多的有机物质和营养元素，有利于幼穗分化，增加有效穗和穗粒数，使粒饱和粒重，为丰收打下良好基础。

5　TA 的作用机理

由于 TA 普遍存在于植物根、茎、叶、果实和种子的角质层蜡质中，如水稻叶片每克含有 TA 481 μg，根系每克含有 TA 41 μg。所以其作用机理的研究难度更大，至今还不很清楚。

Ries 教授在 1987 年 11 月 25—28 日召开的《三十烷醇国际学术会议》上致闭幕词中说：“在这次学术会议报告的论文中充分表明，中华人民共和国在 TA 的基础研究和应用研究上显然地处于世界领先。TA 能快速地改善植物的代谢作用，其表现为增加糖、氨基酸及总氮量的积累。TA 处理后，对光合作用、胡萝卜素的合成及 ATPase（三磷酸腺苷酶）、NR（硝酸还原酶）及 RUDP 羧化酶的活力皆有提高。我的研究中曾观察到亲脂性的 TA 能快速地穿过植物表皮，并在其原生质膜上激发了水溶性的第二信使 TRIM（TA 诱导产生的高活性物质），它很迅速地在植株内转移，并明显地参加了膜上的 ATPase 的活力。由于在关键性的中间代谢产物的合成中，通过一个阶式连接作用的结果，引起了综合效应。这就是 TA 快速促进植物生长，增加作物产量及有时改善作物品质的基本原理”[14]。

1987 年 5 月 19—21 日 Ries 博士应邀在庐山讲学作的“TA 的最新研究成果”中指出，他们发现 TA 施用于植物后，在植物体内诱导产生一种新物质（TRIM），它具有很高的生理活性（有效浓度 2.67×10^{-10} g/L）。多种试验表明，TRIM 物质不仅可以在植物体内快速移动，而且可在间隙的水稻秧苗茎段间甚至在不同植株（如水稻茎叶和番茄或燕麦根部）间移动。Ries 等人将这种新物质 TRIM 施用于田间小麦，获得满意的结果。通过一系列的试验，Ries 等人发现二十八烷醇能抑制 TA 的活性，但却不能抑制 TA 诱导产生的 TRIM 这一新物质的活性。经鉴定 TRIM 是 9－β－L－（＋）－腺苷（Adenosine）[18～20]。

中科院上海植物生理研究所陈敬祥研究员指出，TA 导致作物增产的代谢途径可能是一个环式循环。环的集中点是有机养料供应增多。环的上半部是：光合磷酸化的促进→高能态积累→腺三磷（ATP）形成→二氧化碳同化加强→有机养料增加→作物产量增加。环的下半部是：细胞透性改善、硝酸还原酶活力提高→氨基酸活跃→蛋白质合成促进→根系生长增益→有机养料增多→作物产量增加。

6　结语

TA 提高水稻等作物产量的作用主要是通过促进其营养生长和生殖生长而实现的：促进植株生长发育，使产量构成发生有利的变化，TA 提高光合能量代谢水平，提高氮素代谢水平，TA 对碳代谢的促进有利于形成产量的骨架——碳水化合物，提高硝酸还原酶的活力，促进氨基酸、蛋白质的合成，增加植株全氮量。1997—2001 年，福建省 20 多个县市推广 TA 在水稻上应用。TA 乳粉在水稻不同地点、不同品种、不同年份上应用均获得增产，处理比对照平均增产干谷 0.949 t/hm^2，增产率为 15.4 %，而且谷粒较饱满，出米率较高，品质也提高了，现已推广 33 333 hm^2（50 万亩），下一步将扩大推广面积和扩大品种范围试验。

参考文献

[1]　林华维. 增产神药问世——水稻亩增干谷 78 公斤

[N]. 福建日报,1998-11-28(2)
[2] 福建科技报记者(黄张凌). 花9元钱,亩增稻谷78公斤[N]. 福建科技报,1998-12-10(2)
[3] 卢丽芬. TA乳粉在晚稻上应用成果通过省级验收——亩增干谷77.9公斤,增产率27.8%[N]. 海峡科技导报,1998-12-03(1)
[4] 科技日报讯(唐先武). TA乳粉使水稻增产[N]. 科技日报,1999-01-05(3)
[5] 刘德盛. 新型的植物生长调节剂三十烷醇[R]. 太原:山西省科技情报研究所,1983
[6] 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
[7] Ries S K, Wert V F. Growth responses of rice seedlings to triacontanol in light and dark [J]. Planta, 1977, 135:72~82
[8] 陈善坤,刘国屏,潘晓云. 三十烷醇胶体试剂和乳剂对水稻生理和产量效应的对比试验[J]. 植物生理学通讯,1983,(6):26~27
[9] 张智勇. 三十烷醇对水稻根系的影响[J]. 植物生理学通讯,1989,(5):35~37
[10] 金逸民,马跃芳,游树鹏. 三十烷醇对杂交水稻离体叶片衰老的生理效应[J]. 植物生理学通讯,1984,(4):14~17
[11] 唐典禧,石贵玉. 三十烷醇对提高稻苗抗寒性的生理效应[R]. 厦门:厦门大学植物激素研究组,1984
[12] 陈敬祥. 农业应用三十烷醇基础知识[R]. 贵池:安徽省化肥学会、安庆地区科委、池州化肥厂等,1984
[13] 项竹安. 三十烷醇对水稻壮秧的促进效应[R]. 厦门:厦门大学科技情报研究室,1983
[14] Ries S K. 三十烷醇国际学术会议闭幕词[N]. 三十烷醇信息,1988-06-01(1)
[15] 陈敬祥. 三十烷醇提高作物产量的生理基础[R]. 上海:中国科学院上海植物生理研究所,1984
[16] 俞德超,汪安琳. 三十烷醇和6-苄基腺嘌呤对湿地松幼苗硝酸还原酶的效应[J]. 植物生理学通讯,1990,(6):34~36
[17] Ries S K, Wert V F, Richman T L. 在农作物生长、产量和氮的组成方面三十烷醇的效能[R]. 厦门:厦门大学植物激素研究组,1978
[18] Ries S K, 9-β-L-(+)-Adenosine a new naturally occurring plant growth substance elicited by TRIA (TA) in rice [J]. Plant Growth Regul, 1990, 9(3): 263
[19] Ries S K. Triacontanol (TA) and its second messenger 9-β-L-(+)-Adenosine [J]. Cur Sci Biotechnology Agric, 1992, 13 (Prog Plant Growth Regul): 326~331
[20] Ries S K. Triacontanol (TA) and its second messenger 9-β-L-(+)-adenosine as plant growth substance [J]. Plant Physical, 1991, 95(4): 986~989

Effect of Plant Growth Regulator Triacontanol (TA) on the Yield of Rice

Liu Desheng[1], Lu Xiumin[1], He Mingzhong[1], Xiao Huashan[2], Fan Xiuzhen[2]
(1. *Fruit Tree Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Science, Fuzhou* 350013, *China*;
2. *Bioengineering College, Fujian Normal University, Fuzhou* 350007, *China*)

[**Abstract**] Triacontanol (TA) emulsive powder is a kind of widespread plant growth regulator. Since 1997, the work of experiment, demonstration and extension activities on rice in Fujian Province has got progress. The leaves are sprayed with 1~2 mg/L TA respectively for one time during the differentiation of juvenile ear and incubation period. The results show that TA can improve the growth of rice, increase the carbon and nitrogen metabolism, raise the effective ear, ear quantity and setting percentage. It also can increase thousand-grain weight and dry weight, and so on. Treating with TA can increase the dry weight of grain 0.964 t/hm^2 equally compared with the control. And the rate of increased yield is 15.4%. Besides, it can improve the quality of rice. According to the data of checking seed and measuring yield in several states for many times, it indicates that the effect of increase in yield remains stable. Not only input-output ratio is high, but also it has many advantages, such as non-poisonous, non-pollution, low cost and high-return, and it is easy to be operated.

[**Key words**] Triacontanol; rice; plant growth regulator