

# 植物生长调节剂 TA 乳粉对海带产量和品质的影响\*

刘德盛, 张 群

(福建农业科学院果树研究所, 福州 350001)

**[摘要]** 目前我国海带养殖面积约 1.5 万  $\text{hm}^2$ , 年产干品 27 万 t, 占世界海藻总产量的 50%。三十烷醇 (TA) 乳粉可显著提高海带的产量和品质, 海带苗经 2 mg/L TA 浸泡 2 h 后放养, 能促进假根生长, 提高保苗率, 增加叶绿素、岩藻黄素含量, 促进碳、氮代谢, 增加干物质积累。处理比对照平均增收干品 6.57  $\text{t}/\text{hm}^2$ , 增产率为 35%。同时, 海带可比对照增收碘 24.24  $\text{kg}/\text{hm}^2$ 、褐藻胶 1.665  $\text{t}/\text{hm}^2$ 、甘露醇 1.278  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。TA 乳粉属国内外首创, 具有无毒、高效、成本低、不变质及贮运方便等优点, 已在全国海带上推广 1.6 万  $\text{hm}^2$ , 创经济效益 3 亿多元。

**[关键词]** 三十烷醇; 海带; 植物生长调节剂

## 前言

植物生长调节剂在农作物上的应用已很普遍, 但在海藻上的应用却很少见, 特别在海带、紫菜及裙带菜等大型经济海藻生产上的应用, 目前国内外未见报道。全球海洋植物年有机碳产量约为  $13.5 \times 10^{10}$  t 为陆地植物的 7 倍多。人类在向海洋进军中成绩辉煌, 海藻的人工养殖事业正在蓬勃发展。目前我国人工养殖的海藻有海带、坛紫菜、条斑紫菜、裙带菜、麒麟菜、石花菜和江蓠等 7 种, 它们的经济价值和营养价值都很高, 除了可供食用外, 还可为食品、化工、医药、军工等提供重要的工业原料。为了开拓植物生长调节剂三十烷醇 (TA) 乳粉在海藻上应用研究新领域, 由福建农科院组织辽、鲁、苏、浙、闽等省 10 多个县市 40 多个单位的近百名科技人员协作攻关, 对 TA 乳粉在海带等海藻上的应用进行了长达 10 多年的艰苦探索, 取得了显著进展。

## 1 试验条件与方法

供试材料: 海带

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: 福建省 (连江、莆田、福鼎、霞浦、惠安、晋江、罗源、福清、平潭、龙海等县市)、辽宁省 (大连市)、江苏省 (连云港市)、山东省 (荣成、威海、烟台等市)、浙江省 (宁波、舟山、象山、洞头等县市) 等。

试验方法: 在全国海带各主要养殖区进行 TA 乳粉的不同浓度 (0.1~6 mg/L)、不同浸泡时间 (2~14 h)、不同浸泡时期 (苗帘出库前后、幼苗暂养期、分苗夹苗时、放养后 10 d) 的试验, 以海水浸苗为对照。

每一个试验供试的海带苗品种、来源、长势及夹苗时苗体大小等要求基本一致。每个试验的试验海区、挂养方式及管理水平的要求也一致。每个试验设多个处理, 每个处理重复 2~10 次, 随机排列。

定点定期观测试验海带的日生长量、长度、宽度、厚度、色泽、鲜干量、制干率、保苗率、假根及抗病情况。采用打孔器自叶片基部作等距离打孔的方法测定叶片生长速度及日平均生长量。从叶片中间的最宽处测定叶片的宽度和厚度。

[收稿日期] 1999-07-09

[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

\* 国家级科技成果重点推广计划 (97140401A, 2019)

光合作用速率用氧电极法和  $^{14}\text{C}$  法测定，叶绿素用 80% 丙酮萃取，721 型分光光度计测定，K 离子吸收用火焰光度计测定。

磷酸盐和硝酸盐离子吸收的测定方法：将藻体放到一含有已知量的 P 和 N 的培养液中（每升含 N 和 P 各为 50  $\mu\text{g}$ ），在光照下进行通气培养 2 h，测定培养液中 N、P 含量的变化。测定磷酸离子用氯化亚锡法；硝酸离子则用锌、镉还原，而后用偶氮法测定。

核酸含量用改良的 Schmidt-thannhauser-schneider 方法测定。硝酸还原酶活性用比色法测定。磷酸烯醇式丙酮酸羧化酶采用袁晓华方法测定。碘的含量用溴水氧化法测定。

褐藻胶的含量是与醋酸钙反应后用氢氧化钠滴定法测定。甘露醇含量采用经高碘酸氧化后，用硫代硫酸钠测定的方法。糖含量用蒽酮法，722 分光光度计比色测定。蛋白质含量用紫外分光光度计测定。脂肪含量用李氏提取法测定。VC 含量取距叶片基部 1 m 处叶的混和样品用 2,6-二氯酚钠法测定，以  $\text{mg}/100\text{g}$  FW 表示。

以上各项测定均为 5 次重复。

## 2 TA 乳粉对海带产量的影响<sup>[1]</sup>

1989~1997 年先后在福建、辽宁、山东、江苏及浙江等沿海五省的不同海区对海带进行 TA 乳粉正规小区试验和示范推广，据共 21 次专家现场验收结果表明，在被验收测产的 21 个试验的 59 个处理（包括 22 个对照处理）中，不同的使用浓度和浸苗时间，均有增产效果，平均增收干品 6.57  $\text{t}/\text{hm}^2$ ，增产率为 35%。其中以 2  $\text{mg}/\text{L}$  TA 浸苗 2 h 处理的效果最佳，平均增收干品 8.76  $\text{t}/\text{hm}^2$ ，增产率为 43.3%（图 1），据对霞浦、莆田、罗源及福鼎等市县的 5 个小区试验的产量进行方差分析的结果表明，处理间差异可达显著和极显著水平。

## 3 TA 乳粉对海带品质的影响<sup>[2]</sup>

经 TA 乳粉处理的海带长、宽、厚度及晒干率均比对照明显增加。1997 年 6 月在罗源县对本项国家级星火计划进行现场验收结果表明，海带的长、宽、厚度和晒干率分别比对照增加 25%、38%、29% 和 21.6%，同时色泽浓褐，病害减少，商品等级明显提高（表 2）。

表 1 海带应用 TA 乳粉 21 次专家现场验收结果

Table 1 Result of on-the-spot acceptance by specialists for 21 times of the application of TA emulsive powder on kelp

验收时间 年·月·日	验收 地点	处理干量		处理比对照增加量	
		$/\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$	$/\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$	$/\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$	$\%$
90.5.11	霞浦	24.030	19.935	4.050	20.3
90.5.11	霞浦	13.125	11.205	1.920	17.2
90.5.11	霞浦	12.705	11.205	1.500	13.4
90.5.21	连云港	17.130	12.075	5.055	41.8
91.4.14	连江	24.900	19.500	5.400	27.7
91.4.14	连江	28.800	19.500	9.300	47.7
91.4.14	连江	35.400	19.500	15.900	81.5
91.4.14	连江	39.000	19.500	19.500	100.0
91.5.4	连云港	16.560	11.901	4.650	39.0
91.5.4	荣成	21.900	17.940	3.960	21.0
91.6.1	霞浦	26.760	22.500	4.260	18.9
91.6.1	霞浦	25.800	22.500	3.300	14.7
91.6.1	霞浦	24.000	22.500	1.500	6.7
92.4.14	连云港	17.505	12.570	4.935	39.3
92.5.5	莆田	13.770	9.270	4.500	48.5
92.5.5	莆田	13.725	9.270	4.455	48.1
92.5.5	莆田	11.565	9.270	2.295	24.8
92.5.5	莆田	14.955	9.270	5.685	61.3
92.5.20	荣成	20.400	18.000	2.400	13.3
92.5.28	霞浦	32.820	22.155	10.665	48.2
92.5.28	霞浦	28.410	22.155	5.580	25.2
92.5.28	霞浦	28.350	22.155	6.195	27.9
92.5.28	霞浦	31.425	22.155	9.270	41.8
92.7.2	烟台	24.750	19.875	4.875	25.0
92.7.2	烟台	23.250	19.875	3.375	17.0
92.7.2	烟台	22.500	19.875	2.625	13.2
93.4.29	威海嵩山	21.150	16.880	4.270	25.3
93.4.29	威海羊亭	21.375	16.857	4.518	26.8
94.6.10	荣成养殖场	22.500	13.125	9.375	71.4
94.6.10	荣成俚岛	30.000	18.750	11.250	60.0
95.5.10	连江	29.700	21.780	7.920	36.4
95.5.10	莆田忠门	27.900	21.150	6.750	32.0
95.5.11	莆田平海	26.550	20.700	5.850	28.3
95.6.12	烟台	24.750	19.875	4.875	24.5
95.6.12	烟台	22.500	19.875	2.265	13.2
95.6.17	长岛	26.310	21.690	4.620	21.3
97.6.5	罗源	66.600	45.735	20.865	45.7
	平均	25.560	18.990	6.570	35

同时,经TA乳粉处理的海带与对照相比,蛋白质含量提高41.1%~75.9%,脂肪提高27.3%~45.5%,糖提高42.6%~79.2%,VC提高75.3%~85.1%。碘含量提高13.1%,海带可增收碘24.24 kg/hm<sup>2</sup>,增产率为37.8%;褐藻胶含量提高12.17%,海带可增收褐藻胶1.665 t/hm<sup>2</sup>,增产率为38.7%,甘露醇含量提高11.4%,海带可增收甘露醇1.287 t/hm<sup>2</sup>,增产率为42.3%(表3)。

表2 TA乳粉对海带长宽厚度及晒干率的影响

Table 2 Effect of TA emulsive powder on the length, width, thickness and drying rate of kelp

处理	长 /cm	宽 /cm	厚 /cm	鲜量 /t· hm <sup>-2</sup>	干量 /t· hm <sup>-2</sup>	晒干率 /%
(TA 2mg/L)×2h	202	30.0	1.74	369.00	66.60	18.0
CK	162	21.7	1.35	309.00	45.73	14.8
比CK/%	25	38.0	29	19	46	21.6

表3 TA乳粉对海带碘胶醇含量的影响

Table 3 Effect of TA emulsive powder on the content of iodine, gum and alcohol of kelp

项目	测定单位	处理比对照碘		海带碘胶醇含量			
		胶醇含量		比	处理	对照	比
		处理	对照				
		/%	/%	/%	hm <sup>-2</sup>	hm <sup>-2</sup>	/%
碘	烟台水技中心	0.4264	0.3428		94.564	66.315	
	荣成制碘厂	0.2600	0.2800		56.940	50.310	
	辽师大生物系	0.5700	0.4700		109.670	77.550	
	惠安制碘厂	0.2900	0.2830		92.670	66.700	
	平均	0.389	0.344	13.1	88.461	64.220	37.8
褐藻胶	烟台水技中心	26.09	22.89		6130.5	4545.0	
	荣成制碘厂	33.90	28.80		7425.0	5175.0	
	辽师大生物系	22.99	21.54		4420.5	3555.0	
	惠安制碘厂	19.17	17.80		5455.5	3945.0	
	平均	25.53	22.76	12.17	5970.0	4305.0	38.7
甘露醇	烟台水技中心	17.65	14.19		4140.0	2820.0	
	荣成制碘厂	19.60	17.60		5115.0	3165.0	
	辽师大生物系	18.96	18.68		3520.5	3090.0	
	平均	18.74	16.82	11.40	4303.5	3025.5	42.3

海带是海藻工业提取碘、胶、醇的重要化工原料。据统计,如山东省养殖海带面积约有1万

hm<sup>2</sup>,其中有2/3的海带应用于化工。因此,TA乳粉显著提高碘、胶、醇含量,具有重要经济价值。

#### 4 TA乳粉对海带的作用机理及其增产原因<sup>[2]</sup>

##### 4.1 TA浓度与浸苗时间呈负相关

TA乳粉的浓度高低与浸苗时间长短基本上呈负相关。TA 0.5 mg/L浸苗2h几乎看不出增产效果,而浸苗12h后,则可增产40%以上。TA 2mg/L浸苗2h的效果最佳,浓度太低或太高都不好(图1)。

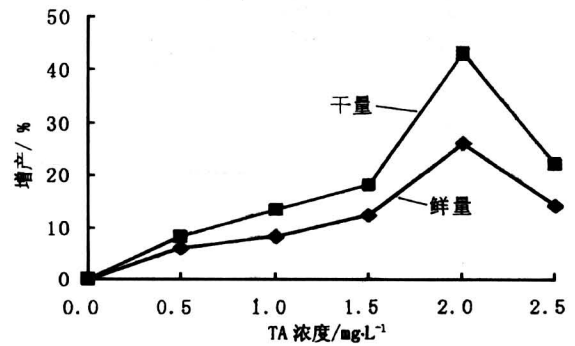


图1 不同TA浓度对海带鲜干量的影响

Fig.1 Effect of different concentrations of TA on fresh weight and dry weight of kelp.

##### 4.2 促进海带生长发育提早成熟

海带的生育期可分为幼龄期、凹凸期、脆嫩期、厚成期和衰老期,TA乳粉对它有明显促进效应。在幼龄期可促进幼苗生长,有利于早分苗和分大苗(苗长20cm)。它可促进凹凸期海带生长,使之可提早10d进入脆嫩期(藻体长达1m左右)。在脆嫩期和厚成期的主要作用是促进长、宽、厚生长,加速干物质积累,使鲜干量明显提高。并使成熟期提早10~15d,使叶片表面的孢子囊增多,黄白边和烂边较少。

##### 4.3 增加叶绿素含量<sup>[3]</sup>

TA乳粉可显著提高海带叶绿素含量,处理后10d叶绿素含量比对照提高8.3%~20.8%,处理后30d提高20.8%~27.1%,处理后41d提高8.24%~11.6%,处理后51d提高6.9%~8.2%,表明可持续时间很长,越往后变化幅度越小(表4)。

表4 TA 乳粉对海带叶绿素含量比 CK 增加

Table 4 Effect of TA emulsive powder on the content of chlorophyll of kelp %

浸苗后时间/d	1	10	30	41	51
(TA 1mg/L) × 12h	2.94	8.30	20.80	8.24	8.28
(TA 2mg/L) × 2h	2.94	20.83	27.10	11.57	6.85

#### 4.4 增加岩藻黄素含量

TA 乳粉可显著提高海带岩藻黄素的含量，提高的幅度比叶绿素高 1.2 倍。处理后 15 d，可比对照增加 28.6% ~ 59.5%，处理后 45 d 可增加 6.12% ~ 8.16%，表明其效应可维持相当长的时间。海带对光的要求属阴生型，阴生型植物的生理特点往往是以合成较高含量的色素来弥补其生活环境中光线之不足。岩藻黄素是海带光合作用中最主要的辅助色素之一，它能够吸收透入下水层的短波光 (525nm)。一般能透入水层的光主要是短波光，叶绿素对它虽然也能吸收，但因红光吸收受阻 (已被水层吸收)，所以下水层海带因光合速率减弱而生长速度较慢，水层愈深生长愈慢。试验表明，TA 乳粉对生长在最下层的海带的效果最明显，使其日增长量平均比对照增长 47%，其次是中层海带增长 33.8%，再次是上层海带增长 14.5% (表 5)。可见，TA 对最下层海带的促进效应比最上层的约大 2.2 倍，比中层的约大 40%，而中层比上层的约大 1.3 倍。显然，这与 TA 乳粉迅速促进岩藻黄素的合成有关。TA 大幅度增加岩藻黄素的含量对于提高下水层海带的光合速率和干物质积累都是十分重要的，对于促进下水层海带的生长和产量的提高具有重要意义。

表5 TA 乳粉对不同水层海带生长的影响

Table 5 Effect of TA emulsive powder on the growth in different water layers of kelp

海带层次	处理平均	对照平均	处理比对照日增加量	
	增长量 /cm·d <sup>-1</sup>	增长量 /cm·d <sup>-1</sup>	增加/cm·d <sup>-1</sup>	%
上株	3.182	2.78	0.402	14.5
中株	3.130	2.34	0.790	33.8
下株	2.954	2.01	0.944	47.0

#### 4.5 增加光合色素与提高光合速率的关系

叶绿素是光合作用的主要色素，它的增加可促

进光合速率的提高。岩藻黄素是其光合的主要辅助色素。如图 2 所示，TA 对这两种色素含量的影响曲线基本上与 TA 对光合速率的影响曲线规律相一致。只是 TA 对岩藻黄素的效应比对叶绿素的效应强多了。这就充分揭示了 TA 乳粉促使海带优质高产的奥秘。

#### 4.6 提高 PEP 羧化酶活力促进碳素代谢

PEP (磷酸烯醇式丙酮酸) 羧化酶是一个广泛分布于植物中的酶类，它在细胞中叶绿体内活性很高，有很强固定 CO<sub>2</sub> 的能力，能催化 PEP 与 CO<sub>2</sub> 结合形成光合作用的最初产物——草酰乙酸。海带经 TA 乳粉处理后 15 d，叶片中 PEP 羧化酶的活力可比对照提高 12% ~ 20% (表 6)。因而 TA 提高了海带的光合速率和干物质积累，促进碳代谢。

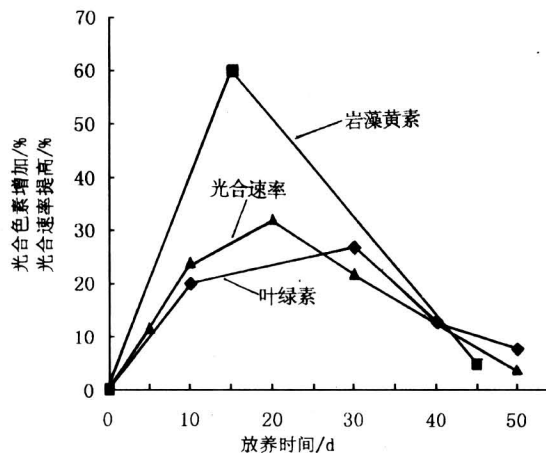


图2 TA 乳粉对海带叶绿素、岩藻黄素及光合速度的影响

Fig.2 Effect of TA emulsive powder on chlorophyll and photosynthesis rate of kelp.

表6 TA 乳粉对几种酶活性的影响

Table 6 Effect of TA emulsive powder on the activity of the two kinds of enzyme of kelp

浸苗浓度 /mg·L <sup>-1</sup>	浸苗时间/h	硝酸还原酶 相对活性	PEP 羧化酶 相对活性
CK		100.00	100
1	12	132.79	112
2	2	159.84	120

#### 4.7 增加干物质积累提高制干率

光合作用是干物质积累的物质来源。TA 可促进光合中的光合磷酸化作用，增加海带叶片中

ATP (腺三磷) 的含量, 从而导致光合速率的提高和干物质积累的增加, 主要表现制干率明显提高。据对 23 个试验的 74 个处理的测定表明, 其晒干率可比对照提高 12%, 可见, 仅此一个因素便可增产一成以上。

**4.8 提高硝酸还原酶活力促进氮素代谢**

硝酸还原酶是氮素代谢中的一种极重要的酶类, 它可催化硝酸还原为亚硝酸, TA 可使海带硝酸还原酶的活力提高 33%~60% (表 6), 从而增强了氮代谢, 加速海带对海水中硝酸盐的吸收利用, 加速碳水化合物向含氮物质的转化, 从而提高了海带中的氨基酸和蛋白质含量。

**4.9 增加氮磷钾吸收增加无机营养**

试验表明, TA 乳粉处理可明显促进 N、P、K 三元素的吸收, 处理 25 d 后 N 的吸收量可比对照提高 36%, 50 d 后 N 的吸收量提高 7%; 处理 30 d 后 P 的吸收量可比对照提高 44%, 50 d 后 P 的吸收量提高 11%; 处理 20 d 后, K 的吸收量比对照提高 27%。该 N、P、K 三条吸收曲线基本重叠在一起 (图 3), 并与日生长量的曲线相一致。也与其影响光合色素、光合速率的变化曲线相一致 (图 2)。可见 TA 促进海带生长的生理过程在处理 20~30 d 出现高峰。

**4.10 提高核酸和蛋白质含量**

核酸和蛋白质共同构成了生命现象的物质基础。海带经 TA 乳粉处理后, 核酸总量可比对照提高 18.44%~31.84% (表 7), 总蛋白质也可提高 41.1%~75.9%。

表 7 TA 乳粉对海带体内核酸含量的影响

Table 7 Effect of TA emulsive powder of the content nucleic acid in the body of kelp

浸苗浓度 /mg·L <sup>-1</sup>	浸苗时间/h	浸苗后测定 时间/d	核酸总量/ mg·g <sup>-1</sup> FW	比 CK/%
CK		10	1.79	
1	12	10	2.12	18.44
2	2	10	2.36	31.84

**4.11 增强抗病性, 降低发病率**

TA 乳粉能明显增强海带的抗病性, 降低发病率。它不但能使海带苗生长健壮, 而且还能防止叶片早衰, 减少烂边现象, 对卷曲病和斑点白烂病的防治效果更佳。其主要抗病原理是, 因 TA 能促进根系生长和提高代谢水平 (特别是 C、N 代谢),

增加有机养料, 使植株生长旺盛, 从而提高了抗病能力。同时, TA 可促使海带提前 10~15 d 进入下一个生长期, 因不同生长期对光照强度的抵抗能力不同, 可避免强光所致的病害。

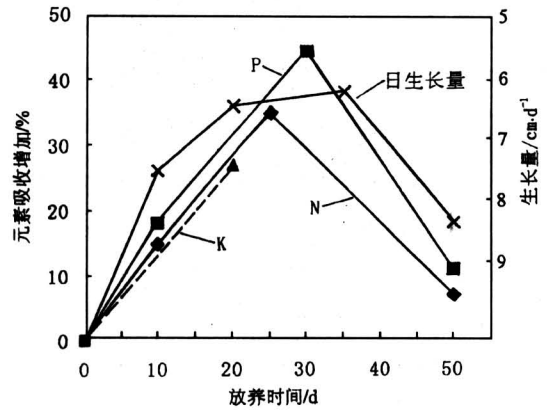


图 3 TA 乳粉对海带吸收 N、P、K 及日生长量的影响

Fig.3 Effect of TA emulsive powder on the absorption of N、P、K and daily growth rate.

**5 结语**

植物生长调节剂 TA 乳粉对海带增加产量和提高品质的作用十分显著, 大面积应用表明, 产值增加数亿元, 1993 年经鉴定, 这项成果位居国际领先水平, 并于 1996 年获国家科技进步二等奖。这大大提高了对 TA 乳粉增产效果和提高产品品质的认识, 促进其应用研究的发展, 应用前景十分广阔。

1997 年, TA 乳粉已列入“九五”国家科技成果重点推广计划项目、国家级星火计划及全国农牧渔业水稻丰收计划项目, 继续扩大成果的推广应用和新领域的应用研究。

参考文献

[1] 刘德盛. 三十烷醇研究的新进展 [M]. 植物生长物质和除草剂研究及应用进展, 北京: 中国农业科技出版社, 1998. 14~17

[2] 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

[3] Ries S K, Wert V F, Sweeley C C, et al. Triacnolol: a new naturally occurring plant growth regulator [J]. Science, 1977, 1339~1341.



## The Effect of Plant Growth Regulator TA Emulsive Powder on the Yield and Quality of Kelp

Liu Desheng, Zhang Qun

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

**[Abstract]** At present, the breeding area of kelp in China is about 15000 hectares, and annual yield of dry product is 270 000 tonnes accounting for 50% of the total yield of seaweed in the world. TA emulsive powder can remarkably increase the yield and improve the quality of kelp. After the kelp seedling soaked in 2 mg/L TA solution for 2 hours and then put into breeding, the growth of rhizoid can be promoted and the seedling preservation rate can be raised, the content of chlorophyll and fucoxanthin increased, photosynthesis rate raised, accumulation of dry substance increased, activity of PEP carboxylase raised, metabolism of carbon promoted, activity of nitric-reductase raised, metabolism of nitrogen promoted, absorption of nitrogen, phosphorous, potassium increased, growth and development promoted, contents of nucleic acid and protein raised, physiological adjustment strengthened, anti-disease property strengthened, rate of incidence of disease reduced. The yield of dry substance increased by 6.5 t per hectare in average compared with the treatment on the blank, that is increased by 35%. At the same time, 24.24 kg iodine, 1.665t brown alg gum, and 1.278 t mannitol in kelp are increased per hectare. TA emulsive powder is a pioneer product at home and abroad. It has the advantages of non-toxic, high efficiency, low cost, no deterioration and convenience in storage and transport, etc. It has been popularized in 15 000 hectares in the whole country and the economic benefit is more than 300 million yuan.

**[Key words]** triacontanol; kelp; plant growth regulator

---

## 我国第一根蒸汽压控制直拉法 101 mm (4 英寸) 砷化镓单晶拉制成功

**[本刊讯]** 我国第一根蒸汽压控制直接法 (VCZ) 101 mm (4 英寸) 砷化镓单晶近日在北京有色金属研究总院拉制成功, 这标志着我国半导体材料研制技术又达到了一个新的水平。

VCZ 拉晶技术具有位错密度低、纯度高、缺陷少的优点, 是当今世界化合物半导体材料的前沿课题, 目前只有日本、德国等少数国家掌握该项技术。北京有色金属研究总院在多年从事化合物半导体材料研究的经验基础上, 攻克了多项技术难题, 初步形成了一套具有自主知识产权的专有技术, 使我国 VCZ 拉晶技术进入世界领先行列。

砷化镓半导体材料是电子器件的重要原材料, 广泛应用于雷达、卫星、导弹、电子战以及移动通讯领域。近年来, 超高频器件的发展迅猛, 市场前景看好, VCZ 法成功拉制砷化镓单晶, 可为此类器件提供可靠的重要的材料保证。加快发展 VCZ 拉制砷化镓单晶技术, 对适应未来军事工业和信息时代的需要, 对我国新世纪军工技术的发展和迎接加入 WTO 后的挑战具有重要的战略意义。