

海藻植物生长调节剂中的活性组分*

BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN SEAWEEDS PLANT GROWTH REGULATION (SWC)

韩丽君 周天成

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

目前国际上使用海藻作为原料,提取活性成分和营养物质作为海藻植物生长调节剂的海藻产品至少有来自不同国家的 10 种以上。主要是英国的 Maxicrop, 美国的 Seaborn, Seasol, Seamac。南非的 Kelpak 66 以及 Algifin, Algistim, Algifert, Alginex, Marinure 和 SM3 等。海藻作为植物生长调节剂自 1950 年被应用在农业生产上已产生了许多令人惊讶的成果。低浓度的海藻植物生长调节剂(稀释 200~500 倍)不论是种子浸泡、土壤浸透,或叶面喷洒都收到了比对照高 16%~50% 的产量。增加了作物抵抗霉菌病害和抗寒的能力,同时强化了作物本身的质量等等。虽然其作用的机理仍然有许多争论,但很明显,海藻植物生长调节剂中的 N, P, K, Ca, Mg 等微量元素及海藻多糖这些营养成分的含量在稀释 200~500 倍后不可能产生如此高的植物生理响应。最近已有的研究表明,海藻及某些海藻植物生长调节剂中除了含有上述的营养成分外还含有多种具有生理活性的有机化合物。这些活性物质参与了植物体内有机和无机物质的运输。这些活性物质的存在强化了作物对营养物质的吸收,同时也强化了海藻中植物生长物质的作用。海藻及海藻植物生长调节剂(以下简称 SWC)中已被研究的主要活性物质有以下几种。

1 细胞激动素

细胞激动素也称细胞分裂素。它是具有生理活性的一类嘌呤衍生物。早在 1969 年 Jennings 就对昆布等褐藻和沙菜等红藻中的内源细胞激动素的含量和其作为植物生长调节物质的作用进行了研究。自此之后,这方面的研究报道不断增多。Mooney 和 Van Steden 在 1987 年使用高压液相色谱(HPLC)方法分析了海藻中主要含有 t-玉米素,二氢玉米素,异戊烯腺苷嘌呤和 t-玉米素核苷等细胞激动素。1991 年日本科学家 Farooqi 使用 NMR 技术再一次证实了海

藻中除了含有上述细胞激动素外还含有玉米素,玉米素核苷,6-氨基嘌呤等,并且证实了这些细胞激动素的活性。海藻也被认为是海洋中的吸附剂,GC-MS 技术的应用证明了生长墨角藻海区的海水中含有 6-(3 甲基-2-丁烯氨基)嘌呤。海藻及 SWC 中的细胞激动素可以对大部分农作物产生响应,对几种 SWC 产品中细胞激动素活性的检测证实了这种观点。Brain K. R. 1973 年第一次在 SWC 产品(SM3)中使用体外移植胡萝卜,在只含 SWC 而不含细胞激动素的介质中进行生物检测,实验表明了高水平的细胞激动素活性,甚至细胞激动素在很低的浓度下也可以产生很强的生理响应。目前,通过生物鉴定和分析仪器都已证明了 SWC 产品中含有细胞激动素。

William 早年的工作估计了 SWC 产品 Maxicrop 中的细胞激动素的活性是 25~200 mg/L, Algifert 是 10~500 mg/L, SM3 是 15~150 mg/L。Blunden 和 Wildgoose 使用水萝卜叶子生物鉴定法证实了 SM3 中的细胞激动素活性相当于 125 mg/L。其他的科学家也证实了南非昆布产品 Kelpak 66 含有性质类似于玉米素(Zeatin, N 异戊烯腺嘌呤)的物质。质谱稳定同位素稀释法(Mass spectrometric stable isotope dilution method)测定了 Seasol,这种商业 SWC 产品中含有 t-玉米素, t-玉米素核苷,异戊烯腺苷和其他集中细胞激动素糖苷。

2 植物生长素

已有的研究表明,植物生长素有刺激作物根系发育和抗寒的作用。扦插植物时用它处理后可大大提高存活率。最普通的植物生长素是吲哚乙酸(Indole-3-acetic acid, IAA)。许多海藻本身都含有植物生长素

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3312 号。

收稿日期:1998-07-01;修回日期:1998-12-20

和类植物生长素(Auxin and Auxin-like compounds)。Van Overbeek 早在 1940 年就公布了吲哚乙酸广泛地存在于多种海藻中。随后, Abe H. 和 Jacobs 分别于 1972 年和 1985 年使用 GC-MS 技术对蕨藻, 马尾藻, 裙带菜和其他海藻中的吲哚乙酸(IAA)及其他两类植物生长素, 苯乙酸(Phenyl-3-acetic acid)和羟基苯乙酸(Hydroxyphenyl acetic acid)的结构和含量进行了确认。NMR 技术检测了锯齿藻中含有 3(羟基乙酰)吲哚。

由于 SWC 产品对作物可以产生广泛的生理响应, 因此人们推测可能不止一种植物生长调节物质存在于 SWC 产品中。这就导致人们仔细地检测 SWC 产品中的植物生长素。使用 HPLC 和 GC-MS 技术, 分析 SWC 产品的活性碎片, 结果发现, 某些 SWC 产品中除了含有 IAA 外, 还含有吲哚羧酸(ICA), N,N-二甲基 B-吲哚基乙胺, 吲哚乙醛(IAId), 异吲哚和 1,3-吲哚(N-羟基乙基苯邻二酰亚胺)等。使用 GLC 和 GC-MS 技术测定了两种 SWC 产品中的 IAA 含量分别是 50 mg/g(干重)和 6.63 $\mu\text{g/g}$ (干重)。已有的研究表明, 植物生长素有刺激作物根系发育和抗寒的作用。

3 赤霉素

赤霉素有促进植物发芽, 生长, 开花和结果实的作用。

早在 60 年代, 科学家就已经发现了海藻中含有赤霉素类似物。生物检测发现昆布属和浒苔属的海藻有赤霉素活性, 并发现了存在至少两种赤霉素 GA3 和 GA7。

虽然多种海藻都证明含有赤霉素类似物, 但在商业 SWC 产品中的含量至今仍然没有被明确地检测出来, 这可能是海藻中的赤霉素在加工过程中被破坏的原因。新鲜制备的商业 SWC 产品(Maxicrop, Algifert and SM3)发现有赤霉素的活性。使用莴苣下胚轴生物检测法测定 SWC 中的赤霉素活性是 0.03~18.4 mg/L。矮态米微滴生物检测法测定的活性量是 0.05 mg/L。

4 脱落酸

脱落酸(ABA)也称离层酸是一种植物生长抑制剂, 可促使植物离层细胞成熟从而引起器官脱落。脱落酸与赤霉素有拮抗作用。

Kingman 在 1982 年发现掌状海带中含有水溶性

的植物生长抑制剂, 并且性质类似于 ABA。使用 GLC 和 GC-MS 技术证实了这类物质是 ABA。Boyer 在 1988 年使用他建立的纯化法估算了海藻(*Ascophyllum nodosum*)中的 ABA 含量是 0.10~0.46 $\mu\text{g/g}$ (干重)。

应用 GC-FID 技术证实了由 *Ascophyllum nodosum* 海藻制备的商业 SWC 产品中 ABA 的含量是 20 mg/g(干重)。

5 乙烯

乙烯在植物生长中的作用是降低生长速度, 促使果实早熟。至今国际上对海藻中乙烯的研究很少。Van den Driessche 1988 年在研究伞藻的发育和生理节律期间发现了伞藻中含有乙烯。Nelson WR. 1985 年使用薄层和气相色谱技术测定了南非制备的商业 SWC 产品 Kelpak 66 中含有乙烯的前体, 1-氨基环丙烷羧酸(1-Aminocyclopropane-1-carboxylic acid), 其含量大约是 9.29 nmol/ml。

6 甜菜碱

甜菜碱是一种氨基酸或亚氨基酸的衍生物, 在浓度很低的情况下可大大提高植物叶绿素的含量。1984 年首次发现海藻中含有甜菜碱。当时 Blunden 等人用生物检测法测定海藻中细胞激动素的活性水平时, 发现了很多不可理解的现象。他们认为这些样品中除了含有细胞激动素外还含有类似细胞激动素性质的物质, 经过进一步的检测证实这类具有类细胞激动素性质的物质是甜菜碱。目前在海藻中发现了大约 18 种甜菜碱, 大部分是甘氨酸甜菜碱, B-丙氨酸甜菜碱, r-氨基丁酸甜菜碱等。考虑到甜菜碱对作物可能产生的作用, 使用 H-NMR 方法检测了几种商业 SWC(SM3, Maxicrop, Seamac, AlgineX)产品中的甜菜碱。甘氨酸甜菜碱的含量是从 2.3~35.9 mg/L; r-氨基丁酸甜菜碱的含量是从 5.4~15.4 mg/L; 6-氨基戊酸甜菜碱的含量是从 3.7~11.6 mg/L。

7 多胺

多胺是一组作用类似植物生长素的化合物, 按分类学不属于植物激素。由于多胺可以广泛地影响植物生理生长过程, 所以 SWC 产品中的这些化合物就不得不被考虑。目前还没有见到多胺在商业 SWC 产品中的报道。

参考文献

- 1 Crouch and Van Staden J. *Plant Growth Regulation*, 1993, 13: 21~29
- 2 Mohan V. R. and Venkataraman K. *Seaweed Res. Utiln.*, 1993, 16(1&2): 53~55
- 3 Whapham, C. A. , et al. . *J. Appl. Phycol.*, 1993, 5: 231~234