

生长调节物在 农业生产中的应用

〔英〕L. C. 勒克威尔 著



科学出版社

生长调节物 在农业生产中的应用

〔英〕 L. C. 勒克威尔 著

殷宏章 译

科学出版社

1983

内 容 简 介

本书为英国出版的《生物学研究》小丛书的一种。简单地介绍了化学合成的类似植物激素或其化学结构与天然的植物激素相同的植物生长调节物在农业生产中的应用情况。其内容为：在化学工业上如何筛选与制造各类生长调节物；植物生长调节物的类型及其特殊作用；生长调节物在植物体内的作用原理；生长调节物与植物的繁殖、开花、性别变化、营养生长、休眠及衰老的关系；生长调节物对果实的发育、成熟、座果和脱落的影响；而且指出了今后对植物生长调节物进一步研究的途径与展望以及在农业上更加广泛应用的远景。

此书可作为农业科学工作者、高等院校生物系师生、农业院校师生的参考资料。

Leonard C. Luckwill

GROWTH REGULATORS IN CROP PRODUCTION

Edward Arnold, London, 1981

生 长 调 节 物 在农业生产中的应用

[英] L. C. 勒克威尔 著

殷宏章 译

责任编辑 黄宗露

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街127号

中国科学院开封印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1983年12月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1983年12月第一次印刷 印张：2 1/2

印数：0001—4,600 字数：54,000

统一书号：13031·2456

本社书号：3372·13—12

定价：0.42元

目 录

1	引言	1
1.1	作物改良的方法	1
1.2	生长调节物概念的由来	2
1.3	工业上的筛选	4
1.4	生长调节物与植物育种	5
1.5	生长调节物与环境	6
1.6	生长调节物的命名	7
2	植物生长调节物的类型	12
2.1	天然产生的激素	12
2.2	释放乙烯的物质	14
2.3	激素传导抑制剂	14
2.4	激素的模拟物	15
2.5	激素的拮抗物	17
2.6	生长延缓剂	18
2.7	生长抑制剂	19
2.8	脱叶剂、干燥剂和催熟剂	20
2.9	生长调节物的其他可能类型	20
3	一般原理	22
3.1	进入植物	22
3.2	在植物中的代谢	26
3.3	避免副效应	28
3.4	直接和间接效应	29
3.5	进一步研究的范围	32
4	生长调节物对形态建成的效应	33
4.1	在植物繁殖中生长调节物的应用	33

4.2	花的发端.....	38
4.3	对性别表现上的效应.....	44
5	营养生长、休眠和衰老.....	47
5.1	减弱生长.....	47
5.2	促进生长.....	53
5.3	延长和解除休眠.....	54
5.4	生长调节物的其他用途.....	56
6	果实生长与成熟.....	59
6.1	单性果实的发育.....	59
6.2	改变果实的大小和形状.....	63
6.3	果实脱落.....	64
6.4	控制果实成熟.....	66
7	展望未来.....	70
	参考文献.....	73

1 引 言

“到本世纪末，使世界的粮食生产加倍，这成为人类生存史中最大的挑战。很少疑问，这个挑战是可以应付的，如果所有的增加作物产量的可行办法都能采用的话，而且生长调节物的应用将会发生日益增加的重要作用。”

引自 Hudson (1976)

1.1 作物改良的方法

人类与其他所有的动物一样，完全依靠着植物作为食物的来源。原始人类从野生植物得到他的食物，或者直接地吃叶子、果实或根，或者间接地猎取以植物作为食物的动物。在新石器时代，文明进了一大步，那时人类学会驯养动物和种植植物而成为一个农民。最初的作物是从野外取来的植物，栽植在改良的环境里，在那里以耕耘方法抑制其他植物（杂草）的竞争，同时以施加动物的粪便来改进土壤肥力。

即使是早期的人类也必然看到同一种的植物之间有差异，有些个体是比其他的更能生产食物。从这些优越的个体采取种子去栽种下一年的庄稼，而且继续这样选择，经过许多世代，基因型将会逐渐改变，而作物将会更接近于适应人类的需要。杂交，不论是偶然的或是有计划的，也曾一定远在现代植物育种学兴起之前，在作物的遗传改进中起过了重要的作用。除去改良环境或修饰基因型之外，只有另外一种改进作物的方法是早期人类可以利用的，这就是修剪。在最广

义上说，修剪是切除或伤害一棵植物的一部分以鼓励某个其他的部分的生长。想到修剪时我们经常是与木本作物联系的，但是割除杂草和滚压禾草作物以利分蘖，也是修剪的操作。

到1940年我们对于改进作物所掌握的技术远比新石器时代人所能有的精细得多了；但是它们还是根据同样的三个原则：改善环境，改变遗传和修剪。七千年的农业以来，没有发现过其他根本上不同的方法去增进作物的生产。然而，在第二次世界大战结束后的年代里，情况有了变化，因为我们看到有一个完全新的概念出现，即根据化学处理植物而控制生长；这个概念现在尚在婴儿时期，将来可能对农业发生有如耕犁的发明那样的重大影响。这个新科学的一个分支——关于杂草的化学控制——已经在耕作方法中引起了一次小革命，在某些作物中已经达到代替耕犁的程度了！在这一本书里我们主要不是谈论除草剂，而是一些化合物，它们不是肥料，而可以用来去改变农作物和园艺作物的生长，并且增进产量——这些化合物被称为生长物质或者生长调节物。除草剂与生长调节物之间的分界线是很窄的；有些化合物在高浓度时将会杀死植物，而当使用很低的浓度时表现有益的调节生长的性能。例如2,4-D、2,4,5-T、敌草快 (diquat) 和除草定 (bromacil)。也有些杀虫剂〔如胺甲萘 (carbaryl)〕及杀真菌剂〔如苯菌灵 (benomyl)〕的例子表现一些与生长调节物类似的效应。因此，植物生长调节物是包括一群各种各样界限不清的化合物，只能通过它们对植物生理的效应来辨认。

1.2 生长调节物概念的由来

生长调节这门科学是从在许多国家中，植物生理学家在

研究植物激素的早期工作发展起来的，主要是在本世纪的前半叶。自从肯定了植物的生长与繁殖是被植物本身内产生的激素所控制的，那么由外界加上能改变内部激素系统的化合物以影响植物行为的可能性就很显然了；但是在能做出任何真实的进展之前，必须发现内源激素的化学性质。这是一项很艰巨的工作，因当时所能用的分析方法较不精密，而且植物组织中存在的激素浓度极端微少。在1934年出现了突破，当时两位荷兰化学家F. Kögl与A. J. Haagen-Smit，鉴定了吲哚乙酸是一种天然存在的生长物质或生长素。这是一个比较简单的分子，可以人工合成并用到植物上去改变它们的生长，事实上，这就是所发现的头一个生长调节物，也就是第一个内源植物激素。

吲哚乙酸分子的主要结构是一个苯环通过一个吡咯环与一个乙酸侧链连接一起(图1.1)。很快就发现了那个吡咯连接

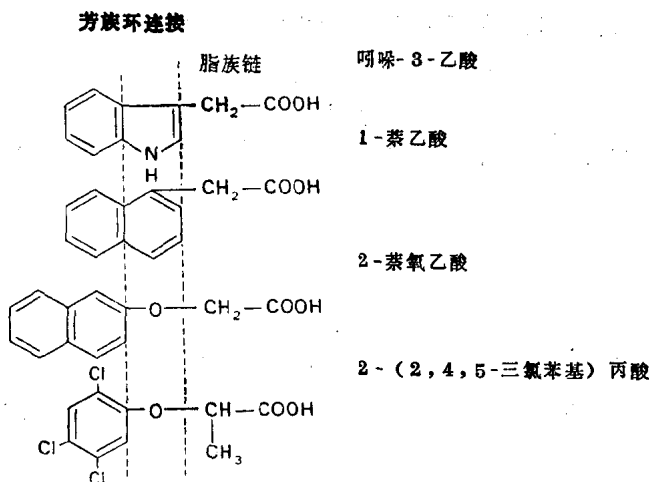


图1.1 图解表示吲哚乙酸和一些合成的生长素同类物在分子结构上的基本相似处

可以被另一个苯环代替，而成为萘乙酸，它也表现强生长素活性，而是最先一个生长调节物在园艺上得到重要的商业应用。在美国早在1939年就用了去防止苹果的收获前脱落，1942年在夏威夷，它被用在菠萝上去诱导同时开花。它也被用来诱导那些难以用插条法繁殖的植物插条生根。在这个成功之后，又研究了用一个氧原子来替换吡咯连接，但是所得的化合物——萘氧乙酸只表现很弱的生长素活性。然而，把苯环在2和4的位置上氯化，产生2, 4-二氯苯氧乙酸(2, 4-D)——一个很活跃的生长素。更进一步的改变脂肪族的侧链、芳香族的环与连接它们一起的那部分分子，后来产生了一族很大的生长素同类物，其中很多在农业中和园艺中得到实际应用。

1.3 工业上的筛选

与从已知结构的天然存在的激素到类似生长素的生长调节物的逻辑演化相反，这个领域的最新的进展来自于化学工业所合成的大量化合物的实验筛选。被筛选的化合物经过一系列标准化的生物鉴定，或用各种整体植物、或用部分的植物体。那些显示有生物学活性的被选出进一步在较多种类作物上作检验。与此同时，制造这个化合物的化学上变体，寻求是否有可能增加它的活性。然后再去检查它对哺乳类、鸟类和鱼类的毒性，以及它在环境中的大致持久性，如果这些检验完全满意，那就可以对它进行广泛的田间试用。最终它可以作为一个正式成品出售为农民所使用。平均起来，差不多筛选10,000个化合物，能得到一个最终能出售的，对每一个成功的化合物的研究与发展的成本，现在估计约为800万英镑(Lever, 1978)。虽然大规模筛选看来似乎是一个繁拙而

费钱的办法去发现新生长调节物，它确实有结果，而且在现在还似乎没有别的实用方法。很希望有一个较少凭经验的方法，但是只有我们对于所想控制的过程的生物化学有更加详细的认识以后，这才有可能。



1.4 生长调节物与木

北林图 A00051719

生长调节物常常在植物中诱导出与基因作用所产生的相同的效应，有人认为用育种来求改进作物，比用施加生长调节物好，后者的效应只是暂时的。但是，虽然作为一个长期任务，遗传改进总是应做的，而它很少能够解决农业和园艺工业的当前问题，因为需要的时间长。这些问题对果树特别尖锐，因为一个新品种的培育和在在大田试验的评价，经常是需要几十年。许多苹果不适合今天的商业栽培，因为它们是在上一世纪是为了地主果园的发展而来的，那里最主要的是品质，而产量能力是次要的。果树的育种家最终将会培育出来新品系，兼有高产量与质量；但是目前的需要是用生长调节物去改进结实，在现在果园中给出更有规律的产量。

植物育种对工业上变动的需要不能起足够快的反应的另一例证，是培育适用于机械收获的果实蔬菜品系，在世界上较先进的国家里，经济的压力迫使栽培者日益依赖于机械收获方法，现在存在的品系常是不适宜的——因此需要生长调节剂帮助收获，特别是树木与灌木的果实，那里同时成熟和容易脱落对于用机械收获是十分必要的。

所以，总的说来，我们可以认为生长调节物可为作物生产问题提供短期解决办法，而植物育种是提供更持久的长期利益。虽然这是大致正确的，但也必须记住，植物育种家只能企图培育适应于一个特殊气候地区通常天气情况的品系。

但是气候是很少均衡的，在界世许多地方，温度与降雨量是在它们的平均数值上下有很大的变动；因此，既使创造出来“完美”的品系，生长调节物还可在帮助这个作物适应这些天气变动上起一部分作用。因而植物育种与生长调节物的应用是互相补助的，而不是彼此排斥的改进作物的方法。

1.5 生长调节物与环境

当前对于保护环境不被污染必然会受到群众很大关注，这种关注中有些关联到农业化学药品的应用。用于作物生产的所有化学辅助物中，生长调节物可能最不用引起关心，因为通常它们只用极低的浓度，而且很快地在植物里和土壤中分解掉。再者，在欧洲及美国管理新农药的测验、出售和应用的健康和安全法规是极端的严格，并且用种种预防办法去保证，在正确使用时，它们将不会伤害人类，也不危害他的环境。但是在各种人类活动中，会发生意外，而这些意外可以引起对某些特殊化合物不合理的谴责。例如2,4,5-T本身是一个有价值的无害除草剂和生长调节物，曾被提出争辩，这是因为在制造时缺少适当的管理，有时样品混杂了高达50ppm的二噁二烯或TCDD (2,3,7,8-四氯二苯-对-二噁二烯)，这是一个毒性极大和持久的毒药。在由苯制造2,4,5-T的过程中，在1,2,4,5-四氯苯用甲醇NaOH水解而形成2,4,5-三氯苯酚时，由于偶尔过度加热，就可以产生二噁二烯。现代在丛林战争中用2,4,5-T (可能含有二噁二烯) 作为脱叶剂，以及发生一些事故，如1976年在北意大利的赛维扫(Seveso)的工厂爆炸时，二噁二烯释放到大气中造成灾难性的结果，这些引起群众的不安，并且，加强了2,4,5-T的制造者和使用者增加警惕的必

要性，以避免这个杂质的混掺，对于它现在有一个法定限制要在0.1ppm或以下。

1.6 生长调节物的命名

生长调节物时常具有很多同义名称，对学生及专家一样均可以成为一个混乱的根源。这是因为一个化合物在商业发展的每一个阶段，都得到一个新名称。化学公司发现一个化合物具有有希望的生长调节活性，就先编一个密码放出去试用。以后当专利权搞好时将发表它的化学名称。常常有几个不同的化学名称可用，但是这些为了日常使用就太麻烦，因而简化为字母缩写，或者给这个化合物一个通俗的名称〔例如，氯化氯胆碱代表2-氯乙基-三甲基氯化铵〕，它也可以得一个缩写名（例如CCC）。已弄清了安全性的成功的化合物，便可以用一个或更多的商品名称命名和出售，就是那个制造者的登记商标。最终，如果这个生长调节物被广泛应用时，制造者将向他的国家标准机构提出申请使用一个通用名称。如果这个机构同意，将转到国际标准化组织（ISO），后者再送到所有的会员国家去征求意见。当国际上同意后，这个通用名称就成为在科学出版物上正常用的了。在没有一个同意的通用名称时，可以用一个缩写名或通俗名。表1.1列出这本书讲到的化合物的通用名（如已有时），缩写名称和化学名称，还附上一些常见的商业名称。对于某些生长调节物，商业名称太多不能全写，但是这个单子里不写一个商品名并不含有对那个产物具有批评的意思。

表1.1 作物生产中应用的生长调节物的名称 (通用名称用斜体字; 第一个化学名称是国际纯化学与应用化学协会所接受的)

在本书中应用的名称	其他名称	化学名称	说明结构式的页数
具有类生长素效应的化合物			
(Carbaryl) 胺甲萘	Sevin (西维因)	1-萘-甲基氨基甲酸酯	
4-CPA (促生买)	Sure-Set	4-氯苯氧乙酸	
2, 4-D (2, 4-滴)	很多商品名	2, 4-二氯苯氧乙酸	
IAA (吲哚乙酸)	生长素	吲哚-3-基-乙酸	8
	异生长素	吲哚-3-乙酸	
IBA (吲哚丁酸)	Seradix	4-(吲哚-3-基)丁酸	
	Hormodin及其他	吲哚-3-丁酸	
NAA (萘乙酸)	Planofix	1-萘乙酸	8
	Tre-hold	α -萘乙酸	
	Anastop及其他		
NAAm (萘乙酰胺)	Amid-thin	2-(1-萘)乙酰胺	8
2-NOA (萘氧乙酸)	BNOA, NOXA	2-萘氧乙酸	8
	Betapal	β -萘氧乙酸	
	Fulset		
2, 4, 5-T (2, 4, 5-涕)	有很多商品名	2, 4, 5-三氯苯氧乙酸	
2, 4, 5-TP (2, 4, 5-涕丙酸)	<i>Fenoprop</i>	2-(2, 4, 5-三氯苯氧)丙酸	8
	Silvex		
	Nu-set		
赤霉素类			
GA ₃ (赤霉酸)	GA (赤霉酸)	(8S, 8aS, 4S, 4aS, 6S, 8aR, 8bR, 11S)-6;	13

	Berelex	11-二羟基-8-甲基-12-亚 甲-2-氧代-4a, 6-乙醇 -8; 8b-丙-1-烯醇过氢 茚并[1, 2-b]-呋喃- 4-羧酸	
	Gibrofit		
	Aktivol及其他		
GA _{4/7}	Pro-Gibb47	一种约含30%GA ₄ 和70% GA ₇ 的混合物	
GA _{1/2}	Gibrescol	一种GA ₁ 和GA ₂ 的混合物	
具有细胞激动素效应的化合物			
BAP (苄氨基嘌呤)	BA, Accel	6-苄氨基嘌呤	12
6-BAR		6-苄基腺嘌呤	
Benomyl (苯菌灵)	Benlate(苯来特)	6-苄基腺苷	
		甲基-1-(丁氨基甲酰)苯 并咪唑-2-基-氨基甲酸酯	
DPU		N,N'-联二苯脲	
Kinetin (激动素)		6-呋喃氨基嘌呤	
PBA (多氧苯甲酸)		6-(苄氨基)-9(2-四氢吡喃) -9-H-嘌呤	
Zeatin (玉米素)		6-(4-羟基-3-甲基丁 -2-烯基)-氨基嘌呤	
释放和产生乙烯的化合物			
Also1(橄榄离层剂)	CGA15281	2-氯乙基-三(2-甲氧乙氧 基)-硅烷	
CMNP (甲氧硝吡唑)	Release	5-氯-8-甲基-4-硝基-1H- 吡唑	
Cycloheximide (环己 酰亚胺)	CHI, Acti- dione, Acti-aid (放线菌酮)	3-(2-(3, 5-二甲基 -2-氧代环己基)-2-羟 乙基)-戊二酰亚胺	
Glyoxime (乙二脒)	Pik-off	乙二脒二脒	
Ethephon(乙烯利)	CEPA, Ethrel,	2-氯乙基膦酸	10

Cepha, Florel,
Bromeflor及其他

激素运输的抑制剂

<i>Chlorfluorecol</i> (氯 甲丹)	<i>Chlorfluorecol</i> (氯芬素), <i>Morphactin</i> (整形素), <i>Maintain</i> (甲基氯芬素) 2-氯-9-羟基苄-9-羧酸 (甲酯) 11
<i>MTPA</i> (吗啡氮)	<i>Duraset</i> , <i>Tomaset</i> <i>N</i> -间-甲苯酰胺酸, 甲 苯酰胺酸 11
<i>TIBA</i> (三碘苯甲酸)	<i>Floral-tone</i> , <i>Regim-82</i> , 3, 5-三碘苯甲酸 11

生长延缓剂

AMO-1618(阿莫-1618)Carvadan, ACPC	5-异丙基-2-甲基-4- (吡啶基-胺氧)苯基 三甲基氯化铵
Ancymidol(醇草定)EL-531, Quel, A -Rest, Reducymol	α -环丙基-4-甲氧 14 α -(吡啶-5-基)-苄基醇 14
Chlormequat (离子 铵壮素)	Chlorocholine, Chlori- de, CCC(西西西) Cycocel, Tur 2-氯乙基-三甲基氯化 铵
Chlorphonium(Ch- loride)(氯化磷)	CBBP, Phosphon. 2, 4-二氯苄基-三丁基氯 化磷
Daminozide(丁酰肼)B.995, B. 9, DIMAS, N-二甲氨基羧琥珀酰胺 SADH, Alar(阿拉尔)酸 Kylar, B-Nine, Aminosol	14
Piproctanyl(bro- mide)	ACR-1222, Al- den, 1-烯丙基-1-(8, 7-二 甲基辛基)-溴氮己环

生长抑制剂和打尖剂

<i>Dikegulac</i> (Na) (二 肌古拉酸)	<i>Atrinal</i> , <i>Cutlass</i> , 2, 8:4, 6-二-邻-异 <i>Off-Shooto</i> , <i>Emga</i> -丙基又- α - <i>L</i> -木糖基-
-----------------------------------	--

	rd 2077	-2-己酮糖基-呋喃糖酸 C ₆ -C ₁₂ 脂肪酸的甲酯 混合物	15
脂肪族醇类	Off-ShootT, Roy- altac, Delspray T-148, Emtrol	C ₆ -C ₁₂ 脂肪族醇的混 合物	
Maleic hydrazide (马来酰肼)	MH(抑芽丹) MH -30, Regulox, Retard Slo-gro, Burtolin, Desprout	6-羟基-3-(2H)- 嘧啶酮	15
雄性不育剂			
DIB (二氯异丁酸钠) DPX3778	Mendok (艾特赛)	α , 3-二氯异丁酸盐 3-(对-氯苯基)-6-甲 氧-s-三嗪-2, 4- (1H, 8H)-联酮, 三 乙醇胺盐	
一些也用作生长调节物的除草剂			
Bromacil (除草定)	Bromouracil,	5-溴-3-特-丁基-6-甲 基尿嘧啶	
Diquat (敌草快)	Reglone,	1,1'-乙撑-2,2-联吡啶 二溴盐	
Endothal (草多索)	Des-I-Cate, Aqua- thol (草藻灭)	7-噻二环(2,2,1) 庚烷-2,3-二羧酸	
Glyphosine(增甘膦)	Polaris (催熟磷)	N,N-二(磷酸甲基)甘 氨酸	
Glyphosate(草甘膦)	Roundup	N-磷酸甲基甘氨酸	

2 植物生长调节物的类型

植物生长调节物难以分类。理想的分类应该是根据其作用的方式，但是我们现在的知识太不完整，所以，为了方便，这里把它们归纳到有一点人为的目标下，或者反映它们的来源，它们的作用方式，或者它们在农业中的用途。

2.1 天然产生的激素

在植物中天然产生的激素也可以从外界加进去而产生各种生长效应，那么按定义说它们就成为生长调节物了。IAA，一个天然产生的生长素，容易在实验室中合成，而赤霉素则可以从藤仓赤霉菌（*Gibberella fujikuroi*）的培养液的滤液中提取大量制造。这就是在日本引起水稻“恶苗”病（foolish seeding）的同一真菌，对这个病的研究首先导致出赤霉素的发现。天然产生的细胞激动素类（cytokinins），例如玉米素（zeatin），现在还没有商业上的利用，因为企图合成它们或从天然来源提取都不经济合算，特别是这类激素的比较便宜的合成代替品已经可以得到供应。

天然激素，特别是赤霉素类，是在当一个器官，例如茎或果实的生长受到缺少那个激素限制的情况下有时有用处，但是，它们的效应常是暂时的。这是因为，在植物体中内源激素经常在逆转，而在任何时候存在的数量依赖于产生与失活（钝化）的相对速率。在这个体系中加进去过量的一个激