

〔日〕 山田 登 著
方 爽 宋 城 译

作物的化学控制

——生长和发育的化学控制——

作物的化学控制
——生长和发育的化学控制——

〔日〕 山田登 著
方 爽 宋 城 译

湖南科学技术出版社

EM17/05

作物的化学控制

生长和发育的化学控制

〔日〕山田登著 方爽 宋城译

责任编辑：熊穆葛

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1984年10月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8.875 插页：1 字数：206,000

印数：1—2,500

统一书号：16204·167 定价：1.25元

目 录

序言.....	(1)
第一章 高等植物间的相互作用.....	(4)
1. 对等影响 (allelopathy) 与有关物质.....	(4)
2. 植物产生天然生长阻碍物质的发现	(8)
3. 杂草种子对作物种子发芽的阻碍	(11)
4. 对等影响 (allelopathy) 和农业的关系.....	(14)
第二章 种子萌发与有关物质.....	(15)
1. 阻碍发芽物质的存在	(15)
2. 果实汁液中的发芽阻碍物质	(20)
3. 阻碍发芽物质的种类	(22)
(1) 氢氰酸(HCN).....	(22)
(2) 氨.....	(22)
(3) 芥子油 (mustard oil)	(23)
(4) 有机酸.....	(24)
(5) 不饱和内酯.....	(25)
(6) 乙醛.....	(25)
(7) 其它.....	(27)
4. 阻碍发芽物质香豆素(coumarin)的作用.....	(27)
5. 休眠物质	(35)
6. 种子发芽的化学控制	(42)
第三章 生长和植物生长素.....	(46)
1. 生长激素——IAA	(46)

2. 植物生长素(auxin)和生长的关系.....	(52)
3. 抗生长素 (anti-auxin)	(56)
4. 生长素(auxin)对生长的控制.....	(62)
第四章 生长抑制物质	(66)
1. 生长抑制物质 (growth retardant) 的发现.....	(66)
2. 植物的种类与生长抑制物质 (growth retardant) 的效果	(74)
3. 生长抑制物质(growth retardant)的作用.....	(79)
(1) 季铵盐化合物.....	(79)
(2) CCC(矮壮素)的置换体.....	(88)
(3) 磷(phosphonium)化合物.....	(106)
(4) B995.....	(113)
4. 生长抑制物质(growth retardant)作用机制的假 说	(120)
第五章 赤霉素	(123)
1. 赤霉素的种类及其作用	(124)
2. 赤霉素在植物体内的出现	(130)
3. 对茎的伸长促进作用	(131)
4. 单性结实的诱导	(135)
5. 成长诱导	(140)
6. 对作物产量的影响	(150)
7. 种子休眠的解除	(162)
第六章 脱叶和干燥	(166)
1. 落叶的生理	(166)
2. 脱叶剂(defoliant)	(176)
(1) 氰氨钙(Calcium cyanamide, 石灰氮 的 主要成分)	(177)

(2) 氯酸盐脱叶剂(Chlorate defoliant)	(178)
(3) 三丁三硫代磷酸酯 (Tributylphosphoro-trithioate)	(178)
(4) 草多索(Endothal, disodium 3, 6-endoxo-hexahydrophthalate)	(178)
(5) 氨基三唑 (Aminotriazole, 3-amino-1, 2,4-triazole, ATA, amitrole).....	(178)
(6) 顺-3-氯丙烯酸(cis-3-Chloroacrylic acid)	(179)
3. 药剂疏果	(181)
4. 水稻的脱粒	(193)
5. 干燥	(197)
第七章 生态特性的控制	(202)
1. 生态特性和代谢产物	(202)
2. 细胞内脂的作用	(212)
3. 脂肪酸对冻结和干燥的抗性	(214)
4. 植物生长抑制剂 (growth retardant) 的影响	(216)
第八章 花的形成与有关物质	(219)
1. 光周期反应(光周律)	(219)
2. 某些物质对光周期反应的影响	(227)
3. 成花激素	(235)
4. 生长素(auxin)与花的形成.....	(240)
5. 核酸与花的形成	(246)
6. 水稻花的形成与有关物质	(250)
7. 低温诱导与有关物质	(257)
第九章 激动素	(262)

1. 激动素(kinetin)及其生理作用	(262)
2. 对蛋白质和叶绿素的影响	(271)
3. 收获物的鲜度保持	(276)

序 言

自1928年 Went 成功地从琼脂块中收集到能引起燕麦幼芽鞘产生向光现象的活性物质、并发明了燕麦弯曲试验法以来，KöGL 等又对该物质的分离、提纯及分子结构进行了研究，从而发现了生长素a(auxin a)、生长素b(auxin b)，随后又从人尿和一种微生物的培养液中找到了一种对燕麦弯曲具很强作用的 β -吲哚乙酸(IAA)。当时，人们并不认为IAA是植物的内源激素，而是把它当作与生长素具有相同生理作用的另一类物质，并将其命名为异生长素(hetero-auxin)。可是，以后的研究证明了IAA确实是植物体内天然生成并与植物生长有关的一种天然植物激素。随着对它的成分、生理效能等方面知识的增多，它对植物生长、发育所起的作用也越来越清楚。另一方面，正如大家所了解的那样，随着吲哚乙酸、 α -萘乙酸等多种合成生长物质的出现，并从中发现了最初的一种除草剂2,4-D之后，近代各种除草剂有了长足的发展。

同时，在日本，黑沢于1926年从水稻恶苗病病菌的培养液中发现了可以引起水稻徒长的活性物质。随后，又由薮田、住木等人对该物质进行了精制、结晶化和分子结构方面的研究，并于1935年将其命名为赤霉素。战后世界各国对这一课题进行了大量的研究，证实了该物质确实是植物体内天然产生的真正的植物激素。并逐渐搞清了它与茎、叶鞘、叶片等的生长，种子发芽，休眠，成花所需要的一定的低温和长日照条件，单性结实等现象间的关系。

随着核酸研究的进展，从鲱鱼精子 DNA 的高压加热分解物中又发现了一种具有促使细胞分裂 (cytokinesis) 功能的物质。由于它与分裂 (cytokinesis) 有关，故命名为激动素 (kinetin)。此外，随着近代生物化学的进展，还逐步认识到在植物的发芽、休眠、生长、发育、成长、成熟等生长及发育诸过程中，究竟是有哪些物质参与其间并发挥着何等的作用。

但是，如果从研究作物栽培技术的角度来看，怎样才能更为有效地运用该领域内业已掌握的知识促使作物生长得更好，如何保护作物免受各种灾害以及如何寻求新的物质种类，以积极地对作物进行控制等等，则历来的研究都还是很不够的。当然，诸如象用 2,4-D 来防止水稻倒伏，用赤霉素培育无核葡萄，促使报春花提早成花，使用青鲜素 (MH) 来抑制烟草腋芽的生长以及用作果树的疏花疏果剂等等，已经实用化的技术也有不少，但我认为，对这一领域的研究毕竟尚未进入一个有组织地去推进这些研究的阶段。

对作物的研究，历来都是把力量集中在如何探明在给定条件下作物的生理和生态方面，除育种可另当别论外，在栽培方面可以说很少确立试图去积极地改变作物本身的观念。那么本书所谈的化学控制究竟是以什么为目标的呢？我准备从以下几个方面加以阐述。

1. 发芽和休眠的化学控制；
2. 植株及分蘖生长的化学控制；
3. 抽穗、开花的化学控制；
4. 成熟与老化的化学控制；
5. 耐热性、耐寒性等生态特性的化学控制；
6. 收获物质量的化学控制等。

有关研究作为一个学科来看还十分年轻，但我认为其前景

是十分广阔的。在物质的化学结构与其生物学活性之间展现着无限的可能性，我们应该从中去探求完全可能存在着的新的技术。为了开拓、发展这一新的学科，最好能做到以下三点：(1) 通过与生长发育有关的生物化学的基础研究，去探索对它们起支配作用的活性物质；(2) 对已知的各种物质以及近代化学工业所生产出的各种物质进行生物学活性 (biological activity) 的鉴定；(3) 必须开拓这些活性物质在农作物上新的应用领域，并确立推进该项研究的体制。

诚然，美国棉花栽培的机械化收获，由于脱叶剂 (defoliant) 的应用已经开始取得了真正的成功，但即使不举这样的例子也完全可以证明：机械化一旦与化学控制方法相结合，必将对今后栽培技术的进步作出贡献。

第一章 高等植物间的相互作用

1. 对等影响(allelopathy)与有关物质

Molisch(1937) 曾经把成熟了的苹果和其它植物一起封装在玻璃器皿之内, 结果发现其它的植物受到了某种影响。当把接骨木和七叶树的幼芽经短时间的催芽处理后, 与苹果在一起放置较长时间, 其发芽会受到抑制, 对种子的萌发也会产生同样的抑制性的影响。成熟苹果的这种作用被认为是由于它释放出了乙烯而引起的。象这种植物间的相互作用即称之为对等影响。

该氏认为不仅苹果、梨的果实可释放乙烯, 而且豆类种子也可释放。他说: 令人高兴的是, 苹果与梨的这种作用并不神秘, 可以归结为释放出了某种物质这么一种因果关系。植物在其代谢过程中自然产生的某种物质, 影响到其它植物的生长发育。所谓对等影响, 可以说就是这么一种相互作用。

高等植物间的相互作用乃至竞争, 当然也会由于以下条件的不同而产生, 比如对水分、养分的需求程度和利用能力, 对光的需求程度和利用情况以及对温度的反应等等。此外, 上面的例子也说明, 植物本身产生的代谢物质往往也会引起相互作用。不难想象, 这种相互作用不仅会存在于不同种类的植物之间, 即使是在同种植物间也同样会存在着。这是因为对等影响是由某种特殊的具有生物学活性的物质所产生的, 既可以强

有力地作用于其它的植物体，也可以强有力地作用于自己。

Knapp(1954) 详细地研究了同类种子在不同密度下的发芽变化情况。他在直径为9cm 的琼脂培养基上铺放用蒸馏水浸湿的滤纸。然后按1:5:25:125的密度播放同一种种子，发芽条件限定在固定的150勒克斯的光照条件和 17℃ 的温度条件下。图 1.1引用了其结果的一部分。当播种密度增加时，有的发芽情况表现受到抑制，有的表现为促进了发芽，也有的表现毫无影响。

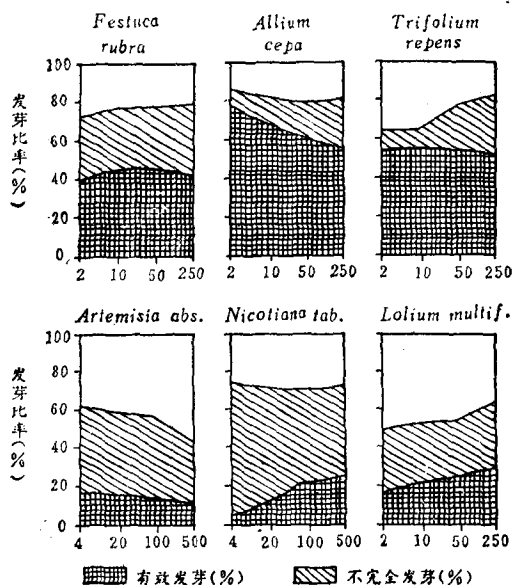


图1.1 同种种子在不同播种密度下的发芽百分比(%)

(Knapp, 1954)

Festuca rubra, 紫红茅

Artemisia abs., 羊艾

Allium cepa, 洋葱

Nicotiana tab., 烟草

Trifolium repens, 三叶草

Lolium multif., 多花黑麦草

(横轴表示琼脂培养基内的种子数)

338688

• 5 •

但多数情况还是表明受到了某种影响，这说明在同类种子间也存在着对等影响。从 Molisch(1937) 的试验得知，洋葱会抑制豌豆的生长，而从这里的试验也可以看到，随着播种密度的增加，洋葱也会抑制自己的发芽。

接着，该氏又把七种植物种子按每两种为一组混播在一起，使用与上例相同的琼脂培养基，每个培养基板上播种52粒（仅种子极小的洋葱和烟草使用2倍量）。结果如图 1.2 所示。洋葱

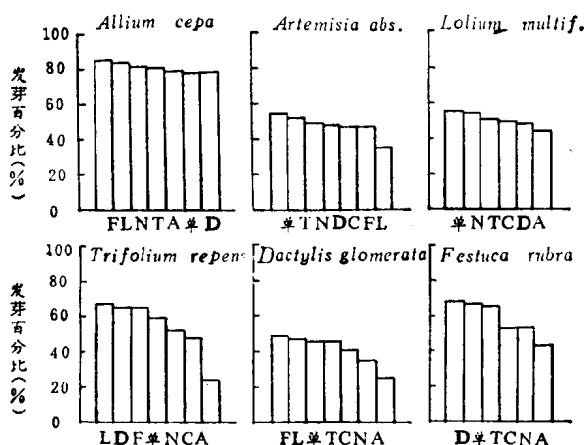


图1.2 与其它种子混播时发芽率的变化 (Knapp, 1954)

发芽率由有效发芽的百分率表示，横轴上表示的是植物的不同种类。

单，单播 A, *Artemisia abs* (羊艾)

C, *Allium cepa* (洋葱) D, *Dactylis glomerata* (鸭茅)

F, *Festuca rubra* (紫红茅) L, *Lolium multif* (多花黑麦草)

N, *Nicotiana tab* (烟草) T, *Trifolium repens* (三叶草)

种子对三叶草、紫红茅、鸭茅等均有抑制作用。另外，洋艾 (*Artemisia absinthium*) 也会降低多种植物种子的发芽率，但对洋葱却不起作用。此外，烟草种子对紫红茅、鸭茅、三叶草种子也显示了抑制发芽的作用。多花黑麦草 (*Lolium multiflorum*)

的种子虽对洋艾和烟草有明显的抑制发芽的作用，但对三叶草和鸭茅却表现有促进发芽的作用。

关于这种不同种类植物混播所产生的相互影响，除观察发芽种子因接近相邻的其他类种子致使在发芽上受到某些影响外，在其他方面也进行了大量的研究。野外实地进行植物观察的植物学家们，过去就曾发现，单就营养、水分及光照的竞争方面，就存在着难以解释的不同种植物间的相互作用。例如，在有的植物下面就不能生长其他植物，即所谓的“孤立”(a single stand)现象；有的呈环状生长，表现为“晕圈”(fairy ring)现象；还有的植物，〔如黑胡桃(*Black walnut*)〕，尽管栽培土质毫无差异，但周围生长的植物种类构成却迥然不同。这些现象虽屡见不鲜，但若试图解释却不是一件容易的事情。

1832年，De Candolle 首先作出推测，认为这种现象是由于植物天然地产生了一种可以称为生长阻碍物质(naturel growth inhibitor)所引起，由于它的释放，才妨碍了其他植物的发芽和生长。这种看法虽说只是通过野外观察得到的，但毕竟首次注意到了存在着这一类物质，并设想它是植物生态方面的重要因素。Liebig(1852)也曾考虑过这类物质在植物竞争中可能发挥了重要作用。可是在他发现了微量元素(trace element)的重要性之后，就改变了这一认识，他否定了上述现象是由于天然生长阻碍物质的存在而产生的设想，转而认为是由于微量元素供应的差异所造成的。由于他是世界著名的科学家，所以受他的看法的影响，在其后半半个多世纪里，对生长阻碍物质的存在一直缺乏应有的关注。

2. 植物产生天然生长阻碍物质的发现

1944年以后, 美国的Bonner学派对这个问题进行了全面认真的研究。*Encelia farinosa* 是加利福尼亚半沙漠地带生长的一种菊科植物, 在它的群落下几乎不生长草本植物。Gray和Bonner(1948a,b) 研究出这种植物的叶片里含有某种物质, 当叶片落到地面上并堆积起来时, 这种物质会随雨水渗入土中, 从而抑制了草本植物的生长。这种物质就是 3-乙酰-6-甲氧基苯甲醛(3-acetyl-6-methoxy benzaldehyde)。在水耕试验中。使用该物质 250mg/l 的溶液可以杀死番茄幼苗, 而 125mg/l 的溶液则可以阻碍半数幼苗的生长。它不但对番茄有抑制作用, 而且对玉米也有很强的抑制作用。但是 *Encelia* 自身以及大麦、燕麦、蓖麻等则具有抵抗力而不会受到影响。也就是说, 这种物质的作用对植物的种(species)具有特殊的、选择性的性质。

Bonner和Galston(1944)以及 Bonner(1946) 曾发现菊科植物银胶菊(*Parthenium argentatum*) 的根分泌的反-肉桂酸 (t^- cinnamic acid), 明显地阻碍了同类植物幼芽的生长。在砂耕栽培中, 只要地里残留有银胶菊的根, 那么幼苗无论如何也长不好, 甚至会枯死。基于这一事实, 他们认为, 老银胶菊的根肯定排出了某种物质。在对根的成分进行分离与提纯后, 证明这种物质就是反-肉桂酸。仅用 1mg/l 的量, 就会明显地抑制银胶菊幼苗的生长。但它对番茄则几乎不起作用, 使用 1% 的高浓度才能略微地出现受抑现象。反-肉桂酸在银胶菊的根里是以游离状态存在的, 它由生活的根直接排出。如果根死了, 它并不会由于微生物的活动而释放。它在土壤中分解迅速, 因此一般认为, 这种酸不会蓄积在土壤之中。

当银胶菊产生的这种物质作用于同类植物时，我们称这种阻碍为同源(homologous)阻碍，如前所述的*Encelia*那样；若作用于其它种类植物时，则称为异源(hetenologous)阻碍。

后来Bennet和Bonner(1953)为了进一步研究高等植物中的生长阻碍物质，在摩杰瓦(Mojave)沙漠中采集了11种灌木。通过对它们的提取液进行了离心分离、冻结干燥等处理之后，提取到一种活性物质。当把它加入到番茄的栽培水中后，每种植物的提取物都表现出活性，特别是 *Thamnosma montana*、*Sarcobatus vermiculatus*、*Viguiera reticulata*、*Prosopis juliflora*、*Larrea tridentata*、*Encelia frutescens*、*Franseria dumosa* 活性表现很强。对其中的 *Thamuosma montana* 进行了详细的研究，并从中提取到三种物质：

①化合物1—— $C_{16}H_{15}O_5(OCH_3)$ ，Isobergaptene 核的诱导体。15mg/l 的浓度即可使番茄枯死；6mg/l 的浓度会阻碍根和地上部的生长。

②化合物2—— $C_{16}H_{15}O_6(OCH_3)$ ，Byakangelicin。125mg/l 的浓度可使番茄枯死，18mg/l 的浓度会阻碍根和叶的生长。

③化合物3—— $C_{11}H_4O_3(OCH_3)_2$ Isopimpinellin。浓度在100mg/l 以上可使番茄枯株致死，浓度为 9mg/l 将阻碍整个植株的生长。

于是Bonner学派终于证实了确实存在着参与了高等植物相互间作用的天然的生长阻碍物质。这一决定性的证明引起了对这一问题广泛的注意。在表1.1中列举了被鉴定的物质的情况。

此外，黑胡桃(black walnut, *Juglans nigra*) 叶片中含有的有毒物质，被证实与合成的5-羟基-萘醌(5-hydroxy-napht-hoquinone)是一致的。生长在黑胡桃周围的番茄，其根、叶不受影响，但叶片会凋萎。这种有毒物质会抑制苹果的生长，但

表1.1 高等植物产生的生长阻碍物质凡例

植 物 种 类	化 学 物 质	受 害 植 物	受 害 部 位	抗 性 植 物	备 考
<i>Dipteryx odorata</i> 和 <i>D. oppositifolia</i> 草木犀属(<i>Melilotus</i>)	香豆素 (coumarin)	胡 萝 卜 苜 蓿 洋 葱 百 合	根	水 芹 甘 蓝	
银莲花属植物 (<i>Anemone pulsatilla</i>) 毛茛属植物 (<i>Ranunculus</i>)	原白头翁素 (protoanemonin)	水 芹 玉 米			
<i>Thamnosma montana</i> 当归属植物 (<i>Angelica glabra</i>)	byakangelicin	番 茄			
<i>Thamnosma montana</i>	isopimpinellin	番 茄			
<i>Thamnosma moutana</i>		番 茄			
银胶菊属植物 (<i>Parthenium</i>)	反-肉桂酸 (<i>t</i> -cinnamicacid)	豌 豆		番 茄	同源的
<i>Encelia farinosa</i>	3-乙酰-6-甲氧基 -苯甲醛 (3- acetyl-6- methoxy-ben- zaldehyde)	番 茄 玉 米 胡 椒		大 麦 燕 麦 向日葵	
欧洲花楸 (<i>Sorbus aucuparius</i>)	羟己烯酸内酯 (parasorbic acid)	洋 葱 番 茄	根		
香草(<i>Vanilla bean</i>)	香草醛 (vanillin)	小麦苗	根		