

多效唑使用技术

张金渝 汤日圣 梅传生 编著
蔡小宁 吴光南

江苏科学技术出版社

前 言

本世纪30年代后，植物生理学家发现在植物体内有极微量的物质——“植物激素”调节着植物从种子萌发到开花结果各个发育过程，它们在植物自身的新陈代谢中产生，在极低的浓度下发生作用。于是人们产生了用植物激素或其类似物质调节植物生长发育，以增加产量，改进品质的设想。

为了实现这一设想，人们合成了多种具有植物激素类似功能的植物生长调节剂，或它们的增效剂、拮抗剂，其中有的已用于生产，如乙烯利，用于增加橡胶的产胶，果实催熟；草甘膦，用来增加甘蔗的糖分；缩节安、矮壮素用来矮化棉花、小麦；以及用赤霉素诱导无核葡萄和增加杂交稻制种田产量，等等。从而开辟了一条增加作物产量，改良品质的新途径。

植物生长调节剂的应用，虽然尚处于襁褓期，但科学家们预言，到21世纪它的作用将和化肥、农药同等重要。

鉴于这一发展趋势，本室自1979年开始从事生长调节剂的合成、筛选、作用机理和应用技术的研究。经过近十年的工作，肯定了多效唑在农业上的应用价值。迄今为止，已在我国水稻和油菜上大面积推广应用，在水稻上的使用面积，据1991年的统计累计将近5000万亩，在油菜上使用将近800余万亩，在其他作物上的使用也在铺开，获得了较好的经济效益和社会效益。

编写这本书的目的是介绍多效唑的理化特性，对作物的生物学效应，作用机理以及应用技术，供农业工作者参考。

编写过程中除采用编者历年来的研究成果外，还搜集了国内外有关文献，以便读者了解得全面一些。但挂一漏万，谬误之处在所难免，请读者不吝指正。

另外，承谢麒麟同志二次提出建设性意见和修改文字，深表谢意。

本书的编写分工：一到五，张金渝；六（一）～（四）和八（一）、（三）、（四），汤日圣；六（五）～（七）和八（五）～（十七）梅传生；八（二）蔡小宁。

吴光南谨识

江苏省农科院遗传生理所生长发育室

1991年6月

目 录

一	多效唑的理化特性和毒性	1
二	多效唑对作物的形态效应和解剖效应	3
三	多效唑对作物的生理生化效应	5
四	多效唑的吸收、运转和分配	10
五	多效唑在植株和土壤中的残留	13
六	多效唑在作物上的应用	15
	(一) 水稻	15
	(二) 油菜	23
	(三) 花生	25
	(四) 烟草	27
	(五) 桃	28
	(六) 苹果	32
	(七) 柑桔	36
七	多效唑在植物组织培养上的应用	39
八	多效唑在其他作物上的应用	42
	(一) 大豆	42
	(二) 小麦	44
	(三) 棉花	45
	(四) 青椒	46
	(五) 草莓	48
	(六) 葡萄	48
	(七) 李	49
	(八) 山楂	49

(九) 杨梅.....	50
(十) 樱桃.....	51
(十一) 芒果.....	51
(十二) 板栗.....	52
(十三) 中华猕猴桃.....	53
(十四) 其他果树.....	54
(十五) 花卉.....	54
(十六) 草坪.....	57
(十七) 绿篱.....	57
九 展望.....	59
十 后记.....	61

一 多效唑的理化特性和毒性

多效唑 (Multiple Effect Triazol, MEF) 是江苏省首先协作开发的三唑类植物生长延缓剂。由江苏省农药所、建湖县农药厂负责试制, 江苏省农科院负责生物鉴定和应用研究。

由于初试中多效唑对作物的效应显著而重现性又好, 自1985年开始, 组织全国的一些单位进行应用研究, 又发现多效唑不但是一个广谱的生长延缓剂, 而且兼有抑制病菌和杂草生长等多种效应, 所以很快在全国农业科研范围内掀起了研究和应用的热潮。

(一) 理化特性

多效唑的化学名称是 (2RS,3RS) - 1 - (4 - 氯苯基) - 4, 4 - 二甲基 - 2 - (1H - 1, 2, 4 - 三唑 - 1 - 基) 戊醇 - 3, 结构式见图 1, 分子式为 $C_{15}H_{20}ClN_3O$, 分子量为 293.5。



图1 多效唑的结构式

它的商品名称有 Paclobutrazol、Cultar、Clipper、Bonzi、

parlay、parley等。

多效唑的纯品为白色结晶，难溶于水，在水中的溶解度只有35ppm。易溶于有机溶剂中。如在甲醇中溶解度为15%，在丙酮中为11%，在二甲苯中为6%。贮藏期间稳定性较好，50℃以下至少6个月内是稳定的。稀溶液在任何pH值下均较稳定，对光也较稳定。

目前我国市场上销售的多效唑是有效成分为15%的可湿性粉剂，它的溶解度和稳定性均可保证农业上应用的需要。另外，还生产少量有效成分为95%的粉剂，专供组织培养等方面应用。

（二）毒 性

多效唑属于低毒药品。急性经口毒性LD₅₀大鼠雄性为1962毫克/公斤，雌性为1762毫克/公斤。皮肤几乎不吸收，对眼睛和皮肤不产生明显的刺激作用和过敏反应，因此多效唑引起人体急性中毒的可能性极小，对使用者是安全的。正常用量下，在果实、糙米、谷壳中的残留极微，对食用者无害。对蜜蜂、昆虫、蚯蚓、鸟类、土壤微生物也属低毒害，不会破坏生态平衡。由化工部委托江苏省农药所和浙江省化工所进行的“多效唑毒性和残留的研究”已于1991年1月通过国家鉴定验收，结果证明多效唑是一种低毒、低蓄积、代谢降解快、无致畸、致突变作用的物质。

二 多效唑对作物的形态效应 和解剖效应

(一) 形态效应

多效唑对多种作物都有抑制纵向伸长和促进横向生长的效应。江苏省农科院曾对禾本科的水稻、玉米、小麦、小米，豆科的大豆、蚕豆、四季豆、绿豆、豌豆，茄科的辣椒、番茄，锦葵科的棉花，十字花科的油菜，石蒜科的水仙花，葫芦科的西瓜、香瓜和菊科的菊花等18种作物进行过试验，都有延缓纵向生长的显著效果。迄今在国内外报道，对多效唑有效应的已有71种（T.D.Davis, 1988）。例如，果树中的苹果、桃、柑桔、西洋梨、李、樱桃、杨梅、板栗、山楂、葡萄、芒果，薯类作物的马铃薯、甘薯，糖用作物的甘蔗、甜菜，花卉中的一串红、锈球花，药用植物地黄、苦芥、罂粟，绿化用的草皮、大叶黄杨以及许多杂草，如稗草、牛毛草、球花碱草等。因此多效唑是一种广谱的生长延缓剂。

多效唑对各种作物生长抑制的程度有差别，对花生、苕荳的抑制作用最强，番茄、绿豆次之，小麦、大麦、大豆、棉花、红花草等更次之，水稻最弱（Sugavanam, 1978）。

对同一种作物则多效唑抑制生长的程度随用量的增加而增强。生长受抑制的主要是正在伸长的器官，如水稻在第 n 叶施用，显著受抑制的主要是 $n+1$ 、 $n+2$ 和 $n+3$ 三张叶

片， n 、 $n+1$ 和 $n+2$ 三个叶鞘和 $n-1$ 、 n 和 $n+1$ 三个节间。

施用多效唑后，一年生作物茎的节间缩短、增粗；叶片长度减少，宽度和厚度增加；分蘖（或分枝）增加；叶片与主茎的夹角减小；总根数增加，且粗而短，分布在浅土层。

多年生的果树应用多效唑，可延缓新梢的生长，促进当年生枝条的侧芽和短枝的发育，叶片增厚，花芽分化增加，果柄长度缩短、增粗，主根伸长受抑制，而侧根发育增强。

（二）解剖效应

多效唑对作物的解剖效应通常表现为细胞的长度减小、直径增大。

在水稻1叶1心期亩施200克15%的多效唑，根的细胞长度缩短28%，直径增大26%，中皮层细胞数由不施多效唑的5~6层增至8~9层。叶片的细胞长度短42%，中脉维管束增粗6.7%；叶鞘的最厚处增加10%；细胞层数增加3层。在水稻抽穗前30天，亩施200克15%的多效唑，基部二个节间的茎壁厚度增加10~19%，机械组织厚度增加7.1%，纤维素含量增加6.1%，木质素含量增加11.6%，茎秆的单位干物重也有增加（陈善坤等，1987；汤日圣等，1988）。

花生于5叶期亩施100克左右15%的多效唑，叶绿体的超微结构表现出基质片层及基粒片层的数目减少（潘瑞炽，1985）。

对一年生苹果砧木苗及“加里酿”品种葡萄苗喷施0.2~5ppm的多效唑，随喷施浓度的升高，叶片中栅栏组织的增厚快于海绵组织，叶片结构趋于紧密。

三 多效唑对作物的生理生化效应

植物的生理生化变化是形态发生改变的基础，所以，使用多效唑后在形态发生变化之前，必然调节了作物体内的一系列生理生化过程。下面将分四方面叙述多效唑对作物的生理生化效应。

1. 改变了作物内源激素的水平

施用多效唑后，水稻体内内源赤霉素的含量显著减少。于3叶1心期时，亩施280克15%的多效唑，在叶龄3.1~7.1期间，植株高度始终低于不施用多效唑的处理，平均只有对照数66.7%；与此相对应，植株体内的赤霉素类物质的含量始终低于不施用多效唑的处理，平均只有不施的8.4%。

在油菜上也观察到相似的变化。于3叶期每亩施用60克15%的多效唑，在株高降低的同时，体内赤霉素类物质的含量也明显下降，平均只有不施多效唑的34.8%，而且多效唑用量越多，植株高度越矮，植株体内赤霉素类物质含量也越少。

施用外源赤霉素和增施氮肥，可使经多效唑处理的植株高度显著增加，这时体内的赤霉素类物质含量也相应地增高了。

用豌豆为材料试验，说明多效唑抑制赤霉素合成过程中，从贝壳杉烯到异贝壳杉烯酸的氧化过程，使作物体内赤霉素的含量降低（Dalziel, 1984）。

多效唑对植株体内吲哚乙酸的含量有影响。水稻秧田每

亩施用200克15%的多效唑后,在秧苗株高降低的同时,体内吲哚乙酸的含量也显著降低,在施后10~40天期间,植株体内吲哚乙酸含量大幅度下降到只有不施用多效唑的43%。多效唑的用量越多,下降幅度越大,在油菜上也观察到相似的结果。

多效唑处理水稻、油菜植株后,在株高矮化的同时,内源脱落酸含量显著增加。水稻每亩施200克15%的多效唑,脱落酸含量为不施多效唑的552.4%,而且随多效唑用量增加,脱落酸含量也相应增加。油菜每亩施60克15%的多效唑,在施后10~40天期间,脱落酸含量平均比不施多效唑的含量增加88.7%。

多效唑还调节植株的乙烯释放率。在水稻叶龄3.1时,每亩施用166.7克15%的多效唑,于叶龄7.1时采样测定,在株高下降的同时,乙烯释放率显著增加,为不施多效唑的137.4%。

多效唑对植株内源细胞分裂素类物质的含量也有影响,如水稻苗期亩施200克15%多效唑,在施后10~40天期间平均比不施多效唑的提高118.4%。

由上可知,多效唑使作物体内赤霉素、吲哚乙酸的含量降低,细胞分裂素和脱落酸含量提高,乙烯释放率增加,从而削弱了植株生长的顶端优势(即向顶生长的潜势),使株高变矮,分蘖(或分枝)增加,叶片着生角度变小。这就是说,多效唑是通过调节作物多种内源激素的平衡和交互作用而改变其植株形态的。可以模式地如图2所示。

2. 增加了核酸、蛋白质和叶绿素的含量

施用多效唑以后,作物体内核酸、蛋白质和叶绿素含量均有所增加。在水稻上于1.1叶期每亩施用200克15%的多效唑,10天后测定,植株体内核酸含量比不施多效唑的增加

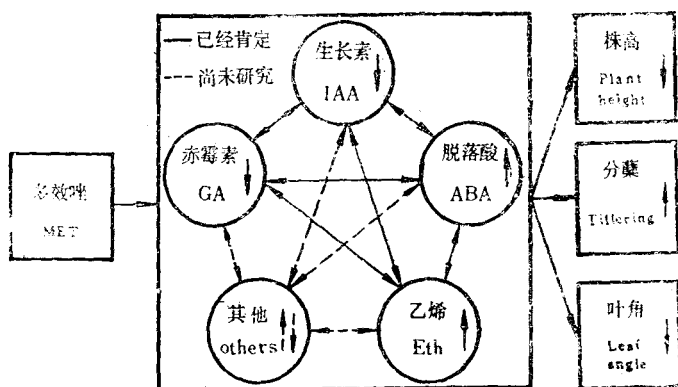


图2 多效唑调节作物生长的示意图

22.1%，蛋白质含量增加28.1%，叶绿素含量增加19.0%。核酸和蛋白质是植物调节生命活动的重要物质，它们含量的增加，说明植株的生命力很旺盛。例如，在水稻秧田，每亩施用200克15%的多效唑，施药后15天测定，稻株的发根力比不施多效唑的增强51.2%，这对移栽后返青活棵有利。所以，多效唑不是一种单纯的抑制性物质，它在抑制伸长的同时，也具有某些方面的促进作用。江苏省农科院还测定过小米、玉米、蚕豆、大豆、辣椒等13种作物，施多效唑后叶绿素含量都表现出增加，在其他植物如果树等亦有同样的结果。

3. 增强了作物的抗逆性

施用多效唑，还提高了作物的抗逆性（抗寒、抗旱和抗病菌等）。早稻育秧中，使用多效唑可以提高秧苗对零度以上低温的抗性，如广陆矮4号秧苗，于1叶1心期亩施200克15%的多效唑，第二叶片的枯死程度可以减轻75.0%。增强抗零度以上低温能力的原因之一是减轻了低温对叶片细胞

膜的损伤。如以叶片电解质外渗率作为细胞膜损伤的指标，经多效唑处理，在亩施0~133克15%的多效唑范围内，随着多效唑用量的提高电解质相对外渗率越来越低（潘瑞炽等，1987；陈善坤等，1988）。

水稻、油菜和烟草等作物秧苗期施用多效唑，秧苗移栽后抗植伤能力增强，死苗少，返青活棵快，这是因为施用多效唑可使作物叶片阻抗增加，蒸腾降低。如水稻在移栽前测定，每亩施200克15%的多效唑的秧苗第10叶片气孔的阻抗比不施的增加38.5%。叶面蒸腾强度比不施多效唑的降低22.6%（中国水稻所，1989）。蒸腾强度降低，使作物失水减少，增加了作物抵御干旱的能力。施多效唑的作物抗旱力增强的另一原因是减轻了干旱对细胞膜的伤害。如当土壤含水量仅为5~6%时，小麦处于严重干旱状态，亩施157.3克15%多效唑的小麦叶片相对电导率比不施多效唑的低6.8%（廖利民等，1990）。

此外，施用多效唑还能增强作物对气态二氧化硫的耐力。多效唑处理的豌豆植株，受二氧化硫熏蒸，伤害就比不用多效唑处理的豌豆植株减轻，而且多效唑的这种效应表现很快，只要24~48小时（Davis，1988）。

多效唑还具有一定程度的抑菌作用。如用30~50ppm的多效唑浸稻种24小时，播种后可以完全防除水稻恶苗病的发生。油菜育苗期每亩施用50克15%的多效唑，可以减轻菌核病危害，使病株率减少20%（张金渝等，1988；赵国良等，1991）。小麦在4月3日用300ppm多效唑叶面喷施后，于5月30日~6月1日调查，叶片白粉病发病率为22.7~58.3%，严重度为4.3~7.9%，比不施多效唑的发病率减

少11.7~35.5%，严重度降低1.1~8.5%（王萃富等，1990）。

多效唑对水稻纹枯病〔*Pellicularia sasakil* (Shira) Ito.〕、小麦纹枯病〔*pellicularia gramineum* Ikata et Natsumura〕、棉花立枯病〔*Rhizoctonia solani* Kuhn〕、苹果炭疽病〔*Glomerella cingulata* (Stone) Spauld et Sch.〕、苹果轮纹病〔*Physalospora obtusa* (Schw) Cooke〕、苹果褐腐病〔*Sclerotinia fructigena* (Persoon) Schroeter〕、苹果银叶病〔*Stereum purpureum* (Pers.) Fr.〕、葡萄炭疽病〔*Glomerella cingulata* (Ston) Spauld et Schr.〕、葡萄白腐病〔*Coniophyrium diplodiella* (Speg.) Sacc.〕等9种病原菌丝体均有抑制活性的作用，这些病菌分属于真菌的子囊菌亚门、担子菌亚门和半知菌亚门，说明多效唑抑菌的广谱性，其中对葡萄白腐病、棉花立枯病和水稻纹枯病的抑菌活性比杀菌剂三唑酮还要好（叶于芳，1991）。

四 多效唑的吸收、运转和分配

(一) 吸 收

多效唑主要在茎端和根端分生组织起作用，所以了解它的吸收和运转对多效唑的有效施用是很重要的。

江苏省农科院的试验结果表明，在水稻上，多效唑主要是通过根部的吸收进入植株体内的。每亩喷施 300ppm 的多效唑 75 公斤，使植株上和土壤中均有药液分布。喷施后 19 天测量株高，喷施多效唑的植株比不喷施的植株矮 5.9 厘米。用等量的多效唑喷施植株，但于土壤表面铺塑料薄膜，不让药液进入土壤，19 天后株高为 19.9 厘米，与不喷施的株高 19.8 厘米差异不显著。由此可见，多效唑喷于植株的效果极小，主要是落入土面的药液被根系吸收，进入植株起作用的。

为了确切地证明这一问题，又用 ^{14}C -多效唑进行验证。于水稻叶龄 3.1 时，将定量的 ^{14}C -多效唑注入盆钵水层中（根施），另外将等量的 ^{14}C -多效唑涂在第三叶片上（叶施），到叶龄为 6.1 时，测量根施的株高为 31.9 厘米，比不施的株高 38.4 厘米矮 6.5 厘米，叶施的为 38.3 厘米，和不施的几乎一样高。还观察到通过叶面进入体内的 ^{14}C -多效唑远低于通过根进入体内的量，叶施的只有根施的 $1/5 \sim 1/4$ 。这就证明了多效唑主要是从水稻根部吸收进入植株体内的。

(二) 运 转

多效唑喷施于水稻叶片效果较小，而土施效果较大的原因可能与它的转运特点有关。用 ^{14}C -多效唑饲喂桃树苗，在茎的切片上可以观察到 ^{14}C 的活性都在导管中，而不在筛管（Early J. D., 1988）。一般认为被根吸收的多效唑是随着蒸腾流沿导管上升到茎、叶的。当然从产生有效的农艺性状看，大部分运到叶片的多效唑没有发挥作用，只有运到分生组织的一小部分产生形态和生理效应。涂于叶面的多效唑即使被叶片吸收，由于蒸腾流总是由根茎向叶，也不易运转到相邻的枝条或叶片，即使在秋季叶片脱落之前，部分营养物质向外运出时也不输出。

多效唑在水中的溶解度很低，属于在土层中比较难移动的化合物，所以要让根系易于吸收，最好是直接施在根际的土壤中。另外，对旱作物来说，多效唑施于土面，如土壤墒情差，也很难被吸收。

不同作物茎尖、嫩叶、嫩茎裸露的状况不同，叶面角质化程度或着生毛茸长短，多少也不一样，对多效唑的吸收率有相当大的影响。所以对有的作物叶面喷施多效唑的效果较好，喷施在茎尖、嫩叶和嫩茎的多效唑能被较多地吸收，产生效应。例如，大豆叶片吸收多效唑就比较多，用 ^3H -多效唑涂于大豆叶面，施用后1小时吸收量达施用量的39.2%，3小时为51.3%，6小时达61.2%，此后时间再延长，叶片对 ^3H -多效唑的吸收增加甚微，到48小时时也只有66.4%。可见大豆叶片对 ^3H -多效唑的吸收主要在施用后6小时内（奚海福等，1990）。在苹果树上进行的试验则表明，喷施的多效唑主要被茎尖、嫩叶和嫩茎吸收，老叶或老茎吸收极少。

(Quinlan, 1984)。

(三) 分 配

多效唑的吸收比较快。在水稻3.1叶龄时,通过根部施入, ^{14}C -多效唑,处理后2小时,在根部和第一、二、三叶中均检测到 ^{14}C -多效唑,只有心叶(没有伸出展开的针状叶)中未测得;4小时后,整个植株各部位包括心叶均检测到 ^{14}C -多效唑。

多效唑由根进入体内,向上运转积累于叶片,在叶片中积累的量自下而上递减。在水稻3.1叶龄时,通过根部吸收 ^{14}C -多效唑,7天后各器官的比放射强度(每分钟衰变数/毫克·干重)是:根中50.8,第一叶为270.1,第二叶为247.5,第三叶为122.3,第四叶为79.8,第五叶为32.0,心部为37.0。用鸭梨一年生幼苗做试验,结果表明多效唑在体内的分配以叶片最多,根次之。在桃树幼苗,多效唑积累于叶内的占 $^{50.3\%}$,根内的占 44.3% ,而很少留在茎内(Early等,1986)。