

植物激素

罗士章等編

上海水產学院

4. 22 1963

图书馆生书章

上海科学技术出版社

除 莠

薛 应 龙

引 言

- I. 药剂除莠的兴起及其发展
- II. 类似激素物质除莠剂的作用及施用方法
 1. 叶部喷射
 2. 土壤处理
 3. 个别处理
- III. 发挥除莠剂效能的条件
 1. 外界条件对除莠效能的影响
 - 一、温度
 - 二、光线
 - 三、雨水
 - 四、pH 值
 - 五、附加剂
 2. 植物本身条件对除莠效能的影响
 - 一、植物的构造特点
 - 二、植物的发育阶段
 - 三、植物的生长速度
- IV. 类似激素物质区别除莠的生理机制
 1. 根据植物的组织构造特点提出的区别除莠理论
 - 一、登堂入室的门禁理论

二、阻塞运输通道的理论

2. 从代谢特点提出的区别除莠理论

一、抑制有氧呼吸的理论

二、破坏钾素代谢的理论

三、产生有毒物质的理论

四、消除药剂毒害的理论

五、天然激素与类似激素物质拮抗作用的理论

V. 类似激素物质除莠剂在实践中的应用

1. 大田作物

2. 庭园草地

3. 水生植物

4. 木本植物

VI. 类似激素物质除莠剂在我国的展望

1. 新的更有效的药剂的综合与探讨

2. 除莠剂生理效应的研究

3. 对除莠剂应用范围的研究

4. 与除莠有关的基础研究

参考文献

附：几种新型除莠剂的介绍

引 言

人們对莠在农业中的为害,很久以来就有認識,在古籍中也早有記載。例如尔雅翼所載:“莠者害稼之草”;說文所載:“禾粟下生杂草”。可見过去莠是指混生在农作物中的杂草。但广义地說来,任何不合时宜,生錯了地方的植物都可称之为莠。例如凤仙花长在庭园里或盆中是观赏植物,长在作物田里就是莠;槐树生在山坡上是林木,生在牆基上就是莠。所以有的莠不是生来就是的,而是由所生的环境来决定的。

莠对人类生活所造成的破坏作用,不仅是經济损失严重,而且为害面也很广,至少包括下列几个方面:

1. 夺取庄稼生长的地盘、阳光与养分,甚至寄生在植物体上(如菟絲子、巫草等),因而影响农作物的产量和品质,降低农产品的經济价值(如大米中混有稗子)。

2. 作为动植物病虫害的中間宿主;帮助病虫害的蔓延与傳播(如狗尾草感染小米的黑粉病与白发病,棉蚜在苦蕒菜根部过冬,小薊是銹病的中間宿主等);或者直接伤害人畜(如蝎子草及一些含毒植物),降低畜产品的价值(如牛、羊乳中有臭味)。

3. 减低土地利用的价值,妨碍正常操作(如厂房、仓库場地的杂草),阻碍水陆交通,影响庭园、厂地以及公共場所的整洁,甚至破坏建筑物,特別对我国的旧式建筑为然。

有人估計农作物所受到的各种生物灾害如病菌、昆虫、鳥兽和莠草,以莠草居第一位,因为它对农产品产量的威胁及防除的农工負担是經常性的。可是人們对莠草为害的严重性却往往容易忽略,特別在小农經济的生产方式下,經營地亩不大,可以实行精耕細作,莠草問題較易解决。虽然在农忙人力不足时,也会出现草长苗稀的情况,但总不象病虫害的为害那样突然与猖獗。

莠的为害,不仅造成农业生产上的损失,而且还会妨碍交通,影响卫生等,因此,除莠問題,需要引起各方面广泛的注意。

I. 药剂除莠的兴起及其发展

自有农业以来,田間便产生莠的問題。过去在工业不发达、小农經济的生产方式下,很长时期都是依靠人工鉴别、耕耘与拔除的办法来防止杂草的为害,因此并不感到除莠是个严重問題。但是工业的兴起与不断发展,在許多資本主义国家内引起了农业生产方式的变革,逐渐趋向大面积經營及生产的机械化,故单靠人力除莠已經不能胜任;并且由于工业的发展,农村劳动力向城市集中,因而造成农业劳

动力不足及人工稀贵的现象, 除莠问题便显得严重起来。许多节省劳力的除莠办法不断被创用, 如机器中耕除草, 适宜的轮作制度等。并且还发现了, 用化学药剂除莠是个很有效的办法。

十九世纪末, 有人发现含铜的杀菌剂有除莠的效果, 并且对谷类作物与宽叶莠草有分别毒害的作用。接着发现一些有毒的无机盐类如砷酸盐、氯酸盐也都能杀死植物, 但区别毒害的性能不强, 只在某些情况下, 是有效的药剂。能杀死杂草的化学药品, 通常称为除莠剂。早期应用的除莠剂, 一般属于无机盐及接触除莠的药品较多, 虽然试用了几十年, 但由于毒杀作用良莠不分, 因此, 在大田作物上普遍应用, 还有一定的困难; 而且需用量很大, 经济上不合算, 故始终没有得到大量推广施用。其间虽发现有机药剂取代酚类在谷物田里有较好的除莠效果, 但也沒有很大发展。

1942年 Zimmerman 和 Hitchcock 合成了 2, 4-二氯苯酚代乙酸, 简称 2, 4-D, 它具有植物激素的作用。1944年 Hamner 和 Tukey 把 2, 4-D 应用在除莠方面获得成功, 因而为化学除莠开辟了一个新天地, 使它成为提高农作物产量的现代重要农业措施之一。

2, 4-D 是一种类似激素物质, 在低浓度时有刺激植物生长的作用, 但在较高的浓度时, 则有抑制生长甚至毒杀植物的功效。它影响植物的特点是, 被植物吸收后能传遍周身, 并且在一定浓度下 (0.05~0.1%) 对单子叶植物和双子叶植物有不同的毒害作用, 即能杀死双子叶植物而对禾谷类作物无影响。故 2, 4-D 获得了内用除莠剂 (也叫周身除莠剂或传导除莠剂) 及选择性除莠剂 (也叫区别除莠剂) 的名称。

自从发现 2, 4-D 有除莠的效能后, 发展极为迅速, 许多西方国家不断扩大田间的施用面积, 例如加拿大在 1949 年, 有二千万英亩的谷类作物田中, 应用 2, 4-D 除莠 (Russel, 1949)。2, 4-D 的用量也逐年地在上升, 1949 年有人估计 2, 4-D 在除莠上的用量全世界已超过二千万磅; 1951 年我们曾估计达到近一亿磅。近十年来, 在许多社会主义国家中, 2, 4-D 作为除莠剂也已被普遍应用, 而且在不断发展中。

2, 4-D 的发展所以获得如此迅速, 是因为它作为除莠剂的许多特点很近乎理

表 12-1 2, 4-D 与一般除莠剂性能的比较*

(依姿成后, 薛应龙, 周龙飞, 1951)

各种性能	一般除莠剂	2, 4-D	各种性能	一般除莠剂	2, 4-D
水溶液浓度	1~10%	0.05~0.1%	对金属腐蚀性	±	-
每亩施用量	10 磅左右	0.5 磅左右	对土壤毒害	±	-
区别毒害作用能力	-	+	化学稳定性	±	+
彻底根除效力	±	+	大量制造	+	+
对人畜毒性	±	-	原料的限制	±	-

* + 表示有; - 表示无。

想。例如，原料来源方便，可以大量廉价制造，对人畜无害，在土壤中的遗毒不持久，对作物和莠草有区别毒害的性能，每亩使用量不到半磅，以及经济上很合算等等。姜成后等(1951)曾把 2, 4-D 的除莠性能，与一般除莠剂作一比较，结果列于表 12-1。

从上表各种特性的比较中，可见 2, 4-D 成为化学除莠剂中的佼佼者并不是偶然的。2, 4-D 的发现，强烈地刺激了有关这一领域的研究，新的有机除莠剂不断被综合与试用，使除莠剂的研究在农药中占据了重要的地位。

根据姜成后等(1957)的统计，从利用化学药剂除莠以来，曾经较大量应用过的药剂已近百种，而曾经试用过的更是不计其数。不过目前在实践中应用的已不是很多，只有植物激素类除莠剂的应用，还正方兴未艾。

II. 类似激素物质除莠剂的作用及施用方法

根据近代的研究结果，具有选择性或传导性的除莠剂而又有类似激素物质结构特点的，主要为 2, 4-D 及其衍生物，如 2 甲基 4-氯苯酚代乙酸(简称 MCPA 或 2M4X)，硫酸 2, 4-D 乙基钠(简称 EH*1)，2, 4, 5-三氯苯酚代乙酸(简称 2, 4, 5-T)等，以及 N-1 Naphthylphthalamic acid(简称 N-1)。2, 4-D 及其衍生物最大的作用是在禾谷类作物田里杀除双子叶阔叶杂草以及一些多年生宿根莠草和树木。而 N-1 主要是杀除双子叶植物中一年生杂草，但其应用远不如前一类广。

此外有些除莠剂，虽然在结构上也具有一定的类似激素物质的特点，但是否应归之为类似激素物质，尚有不同意见，如顺丁烯二酸烯肼(简称 MH)，异丙基苯代甲氨酸酯(简称 IPC)及其衍生物，以及 3, 6-Endoxohexahydrophthalate(通称 Endothal)等。其中较重要的是 IPC 及其衍生物，其功效是杀死双子叶植物田中的单子叶一年生杂草，并已有少量应用。其余药剂在田间应用上的价值还不能肯定。兹把上面谈到的这些除莠剂的性质和用途列于表 12-2 (主要节录自姜成后等, 1957)。

此外 Wain 等(1954、1955)报导一些苯酚代丁酸及其衍生物如：

r -(2, 4-二氯苯酚代丁酸)，简称 4-(2, 4-DB)

r -(4-氯 2 甲基苯酚代丁酸)，简称 4-(MCPB)

Shaw (1954)，Darrow (1957) 等报导一些苯酚代丙酸及其衍生物如：

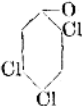
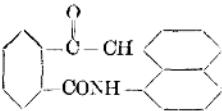
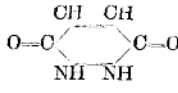
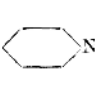
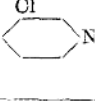
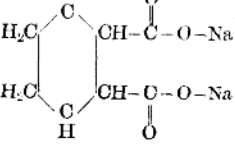
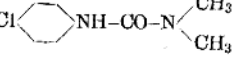
α -(2, 4, 5-三氯苯酚代丙酸)，简称 2-(2, 4, 5-TP)

α -(4-氯 2 甲基苯酚代丙酸)，简称 2-(MCP)

这些药剂都具有区别作物与莠草的作用，其特点是对作物的有毒影响较 2, 4-D 为轻，因此它们赋有理想的除莠特点，近年来逐渐引起注意，并开始被使用于田间，不过还需要进行更深入的研究来确定它们的应用。

目前在实践中应用较广而效果肯定的，主要是 2, 4-D 及其衍生物，因此以下关于应用技术与方法及其生理机制等方面的讨论，都以 2, 4-D 及其衍生物为主。

表 12-2 几种类似激素物质除莠剂的性质和用途

通称与简称	化学结构式与学名	选	灭	接	内	处理方法	防除对象	浓度 (%)	用量 (斤/亩)	特 点
2, 4-D		+			+	溶液喷射	禾谷类作物中双子叶杂草	0.5~1.0	0.1~0.4	低浓度下有类似激素促进生长的作用
2, 4, 5-T		+			+	出土前后粉剂撒布或肥料拌和	田间作物中一般杂草	0.1~1.0	0.5~1.0	
MCPA (2M4X)		+			+	切口处理	杀除树木	2~3~5		对人畜无害
EH#1	硫酸 2, 4-D 乙基钠	+			+					
N-1		+			+	可湿性粉剂出土前土壤处理	双子叶植物中一年生杂草	900	0.3~1.5	不溶于水, 微溶于普通有机溶剂, 接触无效
MH		+			+	田间溶液喷射	田间作物中一般杂草	5~10		用作暂时抑制生长与发芽
IPC		+				出土前土壤处理	苜蓿田中单叶一年生杂草	10~70	1/3~1.5	抑制发芽, 不溶于水, 由根部吸收, 在土壤中药效不长
CIPC		+								
Endothal		+			+	田间处理	一年生杂草	2~4		药效缓慢
CMU	 3-对-氯化苯 1,1-二甲基尿	+			+	可湿性粉剂出土前后土壤处理 田间粉剂喷射	一年生和多年生杂草	800	0.1~1.5	不溶于水, 影响 N-的代谢, 能通过根系传导到全身, 药效长

2, 4-D 及其衍生物在田間的使用, 根据不同的除莠目的, 通常有下列三类方法。

1. 叶部喷射

叶部喷射一般以水溶液为主, 2, 4-D 可以配制成酸溶液、盐溶液或酰胺溶液, 以酸及酰胺溶液的效能较大, 盐溶液的效能较差; 但盐类的溶解度大, 能配制浓度较高的溶液, 酰胺溶液也具有这个优点。

在特殊条件下(如雨季, 或莠草具有较厚的蜡质时), 应用 2, 4-D 除莠, 则可配成乳状溶液或油溶液。油溶液杀死植物的效能最大, 因它具有蒸发率低, 能配成高浓度, 易进入植物体及不易被雨水冲走等优点; 但这个方法在经济上较不合算。

此外, 较方便的喷射处理可以用粉剂, 其优点可缩短喷射时间及省去运水的麻烦, 但粉剂的用药量要比溶液喷射多。

一般小规模田间处理时, 以喷射溶液较方便, 喷射时间以傍晚最好, 因此时蒸发较低而吸收传导较快。如用飞机在大面积田地上处理, 则以粉剂较简便, 并以清晨植物体上露水未干时最好, 因此时粉剂容易沾在叶面上而被吸收。

叶部喷射以苗期进行较佳, 在作物田中除莠的浓度, 液剂为 0.05~0.1% (500~1000 ppm.), 粉剂为 10~15%, 每亩用量约为 0.25~1.0 磅。如浓度或施用量适当增高则能增进除莠的效能。杀死树木或水生莠草一般需要较高的浓度, 约为 0.2~0.3% (2000~3000 ppm.), 用药量也要多些。有时在杀除树木或局部杀除一些恶性宿根植物时, 还可用所谓“低容积高浓度”的处理方法, 最高浓度可用到 25~30%。用这样的浓度在树干基部周围喷射, 即可把树木彻底杀死, 虽是 6.0~9.0 米的大树也不能例外。

2. 土壤处理

这个方法最早由 Slade 等 (1945) 所创用, 是一种很有效的处理方法。可以用溶液喷射, 粉剂撒布或者与肥料拌和使用。其作用是抑制土壤表层莠草种子的萌发与生长。

土壤处理一般在作物播种前后或幼苗出土前后一、二天进行, 因此这种处理又常叫作出土前或出土后处理。用这种土壤处理的方法杀除莠草的效能最显著, 而作物则不受影响。盖此时表土层的双子叶莠草种子刚萌芽或出土, 对 2, 4-D 一类除莠剂的药害最敏感, 就是单子叶杂草, 在萌发期也易受 2, 4-D 的毒害。而作物种子由于播种在较深的土层, 因此不易受到药剂的有害影响。

土壤处理最初在蔬菜田(如莴苣、洋葱、豌豆、甜菜等)中应用, 以后在谷类作物(特别是玉米)田中也较普遍地采用此法, 它对莠草的致死量虽较叶部喷射为低, 但土壤处理时药剂并非都使用到植物体上, 故其每亩使用量一般较叶部喷射要高一倍。用出土前处理抑制莠草生长的有效期约为 3~6 星期, 要根据土壤条件而定, 因 2, 4-D 易受一些土壤微生物的作用而失去效能 (Audus, 1950)。

土壤处理也可以在作物已经出土生长以后进行, 但需要一些能在叶部下面进行喷射处理的操作装置。此外还发现硫酸 2, 4-D 乙基钠, 是一种有趣的除莠剂,

很适于这种用途。它与叶部接触并不产生毒害效应,而在土壤中则极有效地控制莠草的生长(King 等, 1950)。Audus (1952) 认为,这种药剂在土壤中,极可能由于土壤微生物的作用而转变为 2, 4-D, 从而发挥其除莠效应。

在土壤处理中, 2, 4-D 这类药剂在土壤中的消失是一个很重要的问题。如果药剂的余毒能长久保持在土壤中的话, 则作物的后期生长势必要受到很大的影响。

2, 4-D 在土壤中的持久性与土壤的条件如土壤湿度、土壤温度以及土壤肥沃度有密切关系。在一般湿度的栽培土中, 药剂的余毒在较短时间内即行消失, 根据其他条件从几天到 2~3 个月。土壤湿度较大时 2, 4-D 在土中较易破坏, 但在极干旱的土壤中, 2, 4-D 甚至能保持到一年以上(Mitchell 和 Marth, 1946; Brown 和 Mitchell, 1948)。与土壤温度的关系是, 随着土温的增高, 则 2, 4-D 的消失加快(Brown 和 Mitchell, 1948; Akamine, 1951)。从与土壤肥沃度的关系中可见, 在较肥沃的土壤中, 或土壤中含有丰富的有机质时, 2, 4-D 的破坏比在砂土中或缺少有机质的土壤中要快得多(Krone 和 Hamner, 1947)。这些情况, 值得我们在作土壤处理时的参考。

2, 4-D 在土壤中的消失, 主要受到土壤微生物 (*Flavobacterium aquatile* 及类似 *Corynebacterium*) 的分解破坏, 适宜的土壤湿度, 较高的土壤温度及土壤中有机物质丰富时, 有利于土壤微生物的活动, 故使 2, 4-D 的分解加速 (Jensen 等, 1952)。

3. 个别处理

有些较难杀除的宿根性植物, 或地上、地下占据面积较大的树木、灌丛, 为了节省用药量及使药剂集中, 对莠类加以彻底根除而不影响作物, 则采取个别处理, 有其特殊的优点, 但所费人工则较其他处理方法为多。个别处理有下面一些方法。

一、钻孔灌注法

主要用来杀死树木。在要杀除的树木树干基部打一孔, 把药剂灌注在内, 其优点可把药剂浓度配得极高, 因而杀除的效果非常彻底。

二、枝条浸吸法

此法是将要杀除的植物枝条末梢切一断口, 然后插入盛除莠剂溶液的瓶内浸吸。可用来杀除树木、灌丛及个别较难杀死的多年生宿根莠类。

三、断口涂抹法

方法是把植物地上部分切去, 然后在切面上涂抹药剂。一般以浓度较高的羊毛脂软膏或粉剂较好。可以用来杀除宿根蔓延较快的多年生莠草, 近来采用涂抹剪(剪上有涂抹药剂的设备)进行处理, 使此法更加简便省工。

个别处理的特点, 不但用药集中, 而且药物更便于被莠类植物吸收以及沿输导

系統傳播周身,而达到斬草除根的效果。

类似激素物质的除莠剂,它們杀死植物的作用是抑制莠草叶子的生长,使之逐渐变黄干枯,莖部常显出扭曲并肿胀,皮层裂开;幼嫩莖、叶受了 2, 4-D 及其衍生物的毒害后,常表现出类似病毒的征状,叶子綫縮变形。由于药剂能被內吸傳导,故又能进一步阻止新叶的生成,使植物耗尽其体内儲藏的养料而枯死。

这类除莠剂不象接触除莠剂那样能很快地把植物的接触部分杀死,而是毒害作用较为緩慢,药剂在体内需要一段時間后才能傳遍周身,并需隔一定時間来破坏莠草的代謝机能,然后致以死命。一般要經過 1~3 星期,才能使处理过的植物被杀死。这还須視各种环境条件及莠草的生理状况而定。

III. 發揮除莠剂效能的条件

內用除莠剂的最主要特征是,它們能傳遍植物周身,故它們对植物除莠的效能在很大程度上决定于它們被植物吸收的程度,以及吸收后在植物体内傳导的情况。外界条件以及植物本身的生理状况对药剂的吸收与傳导有着密切关系。充分認識它們之間的关系,在实际应用中会有很大帮助。下面我們分別加以討論。

1. 外界条件对除莠效能的影响

一、温 度

从許多不同植物的試驗中,証明 2, 4-D 及其衍生物的效能在高温下比温度低时要显著,例如在夏季处理, 2, 4-D 效能比在春、秋季处理高。在低温結冰的气候下, 2, 4-D 甚至失去效能(Hamner 和 Tukey, 1944; Hitchcock 和 Zimmerman, 1947)。Dunham (1951) 也指出, 2, 4-D 和 MCPA 在 30°C 时效果比 10°C 时大得多。温度增高,植物生长迅速,因此容易受药剂的毒害,这可能与药剂在植物体内加速傳导有关(Yamaguchi 和 Crafts, 1957)。Rice (1948) 指出 2, 4-D 的吸收也随温度增高而加速,如 32.2°C > 26.7°C > 10°C, 特別在最初 10 小时,温度影响吸收的效应最显著。温度对 MH 的吸收也有促进作用(Zukel 等, 1955)。

温度增高对药剂在体内傳导的加强,可能与呼吸作用的增强有关。一般說,傳导常随呼吸的增高而加速。

二、光 綫

2, 4-D 及其衍生物在光綫充足的条件下,比在暗中或阴蔽处能發揮更大的毒杀作用(Mitchell 和 Brown, 1946; Weaver 等, 1946),但也有获得不同效应的报导(Penfound 和 Minyard, 1947)。

光綫对药剂吸收的影响甚为复杂,一般說光綫能增强药剂的吸收。Blackman 等(1955)指出,弱光中 2, 4-二氯, 5-碘苯酚代乙酸的吸收降低。但 Rice (1948) 的試驗指出, 2, 4-D 在暗中的吸收比光中大,如图 12-1 所示。其原因还不太清楚,可

能是光线使叶面药剂的蒸发较快，而在暗中能使叶面保持较长时间的湿润，因而有利于吸收。也可能与实验的条件以及叶表面结构的调节有关。也可能吸收后并不传导 (Leopold, 1955)。他还观察到光强度在 100~900 尺烛光范围内，对吸收并无多大影响。

光线促进 2, 4-D 及其衍生物在植物体内传导的影响较为肯定，许多试验指出，2, 4-D 的传导与碳水化合物化合物的传导，有着密切联系。光线充足，植物经光合作用所制造的碳水化合物也多，因此传导迅速。同样理由可以解释，光线不足或阴蔽处使用 2, 4-D 的收效不大，是由于光合产物少，因而影响了传导的缘故 (Mitchell 和 Brown, 1946; Rice, 1948)。如果在暗中加糖则 2, 4-D 的传导增强，与在光线中差不多 (Rohrbaugh 和 Rice, 1949; Weintraub 和 Brown, 1950)。Mitchell 等 (1953) 进一步试验证明加硼能促进 2, 4-D 的传导，这很可能由于硼增强了蔗糖传导的缘故。

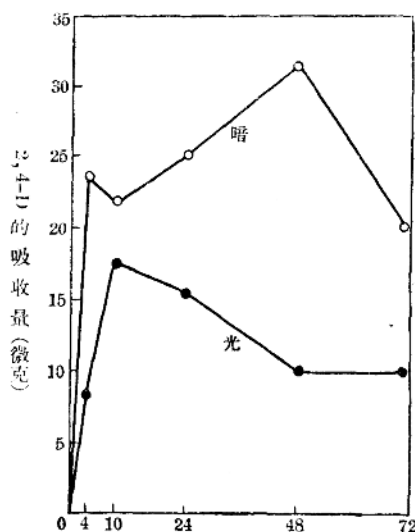


图 12-1 豆叶在暗与光中对 2, 4-D 的吸收
(采用 Leopold, 1955, 第 139 页第 64 图)

三、雨水 (湿度)

在实践的經驗中，如果药剂处理后遇到下雨，则药剂的效能显著降低。Overholser 等 (1943) 最早指出，药剂被植物吸收 4 小时后，下雨对药剂效能的影响不大。后来根据许多试验证明，2, 4-D 一类除莠剂在处理 4~6 小时后，已大部分被植物所吸收了 (Weaver 等, 1946; Rice, 1948)；但全部吸收时间要继续 72 小时左右。其他除莠剂如 MH 的吸收，也受湿度很大的影响 (Zukel 等, 1955)。

湿度对药剂的传导也有密切关系。土壤处理时，药剂在导管中向上传导，它与蒸腾作用有关。因此当湿度影响蒸腾强度时，从而也影响到药剂的传导速度。

在多雨地区以油溶液或乳溶液处理，效果较好。

四、pH 值

类似激素物质的除莠剂溶液在 pH 低 (3~4) 时效能较大，因其吸收与溶液的 pH 值有关。例如 2, 4-D, MCPA 及 IAA 等吸收的速度与其解离度成反比关系，即以不解离的分子状态进入细胞较快，故 pH 值越接近药剂的 pK 值时，吸收就越快 (Albaum 等, 1937; 姜成后、薛应龙、閻龙飞, 1951; Bennet, 1955; Blackman, 1956; Wedding 等, 1957)。

五、附 加 剂

在除莠剂(例如 2, 4-D)溶液中加入任何一种具有传媒(Carrier)、展着(Spreading)、乳化(Emulsifier)、溶解(Soluble)、附着(Adsorption)或透入(Penetration)等作用的附加剂时,都能使效能增强,因为这些附加剂有促进吸收的作用。应用最广的传媒剂为多元乙二醇(Polyethylene glycols, 简称 Carbowax), 如加进 0.5~1.0%, 则显著增高了 2, 4-D 的毒害作用 (Mitchell 和 Hamner, 1944; Hitchcock 等, 1948)。Rice (1948) 的试验也证明在几种温度条件下, 2, 4-D 中加多元乙二醇的吸收都增强, 尤其在温度较高情况下, 吸收的提高最显著, 如图 12-2。此外加羊毛脂膏以及 0.2% 的肥皂片等, 也都收到增强吸收的功效。

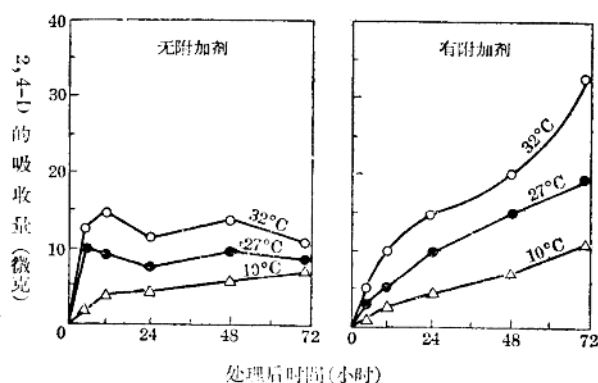


图 12-2 在三种温度下, 有和没有附加剂 Carbowax 1500 时豆叶对 2, 4-D 吸收的影响 (依 Rice, 1948) (采用 Leopold, 1955, 第 138 页第 63 图)

2. 植物本身条件对除莠效能的影响

一、植物的构造特点

药剂进入植物体内与植物本身的构造有密切关系。叶子面积的大小, 以及叶子表面角质与蜡质的多少, 都是影响植物吸收药剂的重要因素。

2, 4-D 一类除莠剂, 对单子叶植物的毒害较弱, 可能与它们的叶面积较小, 表面的角质与蜡质较多有关, 单子叶植物的这些特点都对药剂进入植物体不利。反之, 双子叶植物的叶面积大, 角质和蜡质一般都较少, 有利于吸收, 因而易受药剂的毒害。

2, 4-D 在双子叶植物中的传导也比单子叶植物大得多。Weintraub 等 (1956) 用带 C^{14} 的 2, 4-D 试验, 证明在双子叶植物 (三个品种) 的传导比在单子叶植物 (六个品种) 中大 5~7 倍。

二、植物的发育阶段

药剂的除莠效能与植物的发育阶段有极密切的关系。因为在不同的发育阶

段,植物的生理状态不同,故对药剂反应的灵敏度也有很大差别。一般說,植物在萌芽期及幼苗期对药剂的反应最为灵敏,故在这些阶段,植物容易被药剂杀死。当生长发育已到开花结实阶段,则植物对药剂的毒害較能忍受。但是即使在同一发育阶段,由于植物的不同,对药剂反应的灵敏度也有很大变化。这个事实,对除草剂的实际应用极为重要,可以作为选择处理时间的考虑。各种植物在不同发育阶段对药剂的反应情况,Blackman 等 (1949) 曾加以总结,并以图 12-3 表示。从图 12-3 中可以明显地看出,不同植物在各个发育阶段对药剂的反应是非常悬殊的。

目前应用最广的除莠剂是2,4-D及其衍生物,主要是将其用在禾谷类作物田中,杀除双子叶杂草,故了解谷类度,有重要的实际意义。Leepold (19

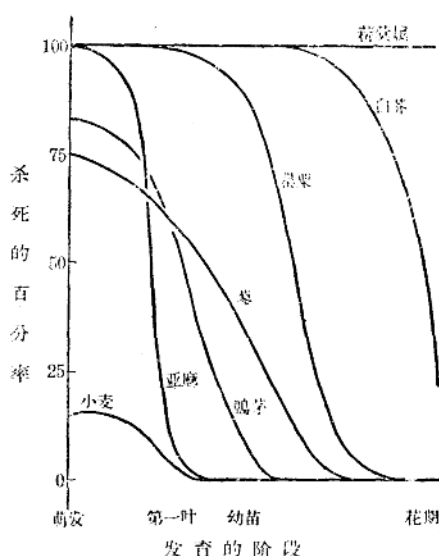


图 12-3 不同植物的不同发育时期对喷施
0.2% MCPA 的敏感度
(采用 Audus, 1953, 207 页第 32 图)

5) 根据 Olson 等, 1951, Rodgers, 1952 等試驗結果加以总結用图 12-4 表示。从图 12-4 中表示出, 谷类作物对药剂最灵敏的时期是在萌芽及幼苗阶段, 以后在花期又有一个次灵敏期, 而在抽穗及結实时期則較不灵敏。一般认为植物在萌芽及幼苗期所以会对药剂的反应灵敏, 是与药剂在体内的傳导有关。

植物在不同时期对药剂反应的灵敏度是相当复杂的, 不仅随植物的种类而有差异, 而且应用不同除莠剂时 (如 MCPA 同 2, 4-D), 反应的灵敏度也有变化 (Blackman, 1950)。此外, 处理时

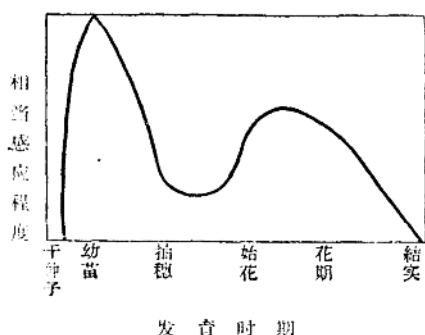


图 12-4 谷类作物不同发育时期对类似生长素
药剂类除莠剂相对感受程度的图解
(采用 Leopold, 1955, 第 277 页第 114 图)

外界条件有差别时,植物对药剂的反应也会发生变化。

三、植物的生长速度

一般說,生長旺盛的植物比較容易受害,这与药剂在体内的傳导有关。前已叙述过,类似激素物质除莠剂的傳导是与碳水化合物一起进行的。生長旺盛,光合产物丰富,故有利于傳导。

从解剖特点来说,年青及分化較低的細胞对2,4-D一类药剂反应最显著,因此不同发育阶段药剂除莠效能的差别,很可能与植物中年青及分化低的組織的比例,以及生长速度有联系。

在发挥除莠剂效能的因素中,除外界环境及植物本身条件外,除莠剂本身的特点也是非常重要的。目前作用最强,应用最广的除莠剂依然是2,4-D、2,4,5-T和 MCPA 及它們的衍生物。在2,4-D及2,4,5-T的衍生物中,盐类以二乙醇胺盐的效能最强,特别是2,4,5-T的二乙醇胺盐比酸的效能要大好几倍(Mullison, 1951);酯类则以甲基酯的效能最突出,酯链越长,效能越差(Mullison 和 Hummer, 1949)。

此外,2,4-D、2,4,5-T 和 MCPA 本身的濃度及容积与毒害作用也有很大关系。一般说来,在同一面积上,施用一定量的这些药剂时,小量的高濃度溶液,效能不如稍大量的較稀溶液(仍在除莠濃度范围内),当然有些特别需要用高濃度低容积处理如前面介紹过的,并不受此限制。喷射时溶液液滴的大小,也要影响到药剂的效能,太細成雾状的溶液,其效能不及喷射时成細滴的溶液(Brunskill, 1956)。

IV. 类似激素物质区别除莠的生理机制

类似激素物质毒害植物的作用,与一般生长素影响植物的作用,有密切联系。其影响的方面极为广泛(Woodford 等, 1958; Galston 和 Purves, 1960),这里主要討論类似激素物质区别除莠作用的生理机制。許多人根据过去的研究結果提出了不同的論点,大体上可分为两个方面,即根据植物組織結構所提出的理論和从代謝特点所提出的理論。每一方面又有不同的論点。

1. 根据植物的組織結構特点提出的区别除莠理論

一、登堂入室的門禁理論

除莠剂毒害植物,首先取决于它們进入植物体的多少。而植物的結構特点与之有密切关系。一般双子叶植物叶子結構的机械障碍較少,門禁不严,故药剂容易进入,因而植物易受毒害;反之,单子叶植物叶子的机械障碍严密,門禁森严,因而对药剂的抵抗能力較强。例如双子叶植物的烟草、野芥等的叶面积大,着生的角度小,故易受药剂湿润而进入植物;而单子叶植物如小麦、燕麦、玉米等,不仅叶的面积小,着生角度也大,故不易受药剂湿润,从而植物吸收較少,不易受到毒害(Lingskens, 1950)。

又如一般单子叶植物的表面角质或蜡质都較厚,药剂的透入不易,因而抵抗能力强;而双子叶植物則相反,一般叶面的角质和蜡质較少,容易进入使植物受害(Mitchell 和 Linder, 1950)。

此外生长点区域的形态結構,两类植物也不相同,双子叶植物的頂芽是裸露在外的,易受药害,单子叶植物的頂芽分生組織被几层叶片保护,不易受药害。

二、阻塞运输通道的理论

Struckmeyer (1951) 认为, 双子叶植物中形成层组织较旺盛, 一般成环状, 与茎中韧皮部相紧靠。2, 4-D 的作用使这些分化极低的细胞分裂而形成团球状, 因而破坏了韧皮组织, 造成有机养料运输受阻而死亡。Eames (1950) 也观察到用 2, 4-D 处理后, 使韧皮部破坏的现象。而单子叶植物不象双子叶植物那样有旺盛的形成层, 或分化程度低的细胞靠近韧皮部, 因而对药剂为害不灵敏。

2. 从代谢特点提出的区别除莠理论

一、抑制有氧呼吸的理论

许多试验曾经证明, 高浓度的 2, 4-D 溶液及其衍生物, 有强烈抑制有氧呼吸的作用 (Commoner 等, 1941; 薛应龙和姜成后, 1947; Taylor, 1947)。有意义的是, 单子叶植物和双子叶植物的呼吸系统, 对 2, 4-D 反应的灵敏度是不同的, 抑制燕麦呼吸的 2, 4-D 浓度, 要比抑制豌豆的高好多倍; 对燕麦无影响甚至起刺激作用的浓度, 对豌豆却有强烈的抑制作用 (Kelly 和 Avery, 1949)。这一事实为使用 2, 4-D 后容易杀死双子叶植物的事实提供了理论根据。

二、破坏钾素代谢的理论

这个理论认为, 类似激素物质对双子叶植物和单子叶植物钾素代谢的破坏程度不同。Rhodes (1950) 指出, 易感受药害的双子叶植物如芸苔, 在正常生长时, 钾吸收传导至地上部分, 而经 2, 4-D 处理后就完全抑制了钾在地上部分的累积, 在番茄中也可观察到类似现象。而单子叶植物如燕麦, 则看不到药剂破坏钾素代谢的影响。

三、产生有毒物质的理论

这个理论认为, 在较高剂量的类似激素物质的作用下, 会引起植物不正常的代谢活动, 产生了有毒的代谢产物而致植物于死命 (Van Overbeek 等, 1951)。他们指出, 有毒物质可能是不饱和的内酯化合物 (Lactone compounds), 甚至可能是氨基酸或其他蛋白质残段。Fults 和 Johnson (1950) 从试验中观察到, 有些易感受毒害的植物, 经 2, 4-D 处理后, 产生和累积了有毒的内酯化合物 (Scopoletin)。

四、消除药剂毒害的理论

这个理论认为植物体某些物质能使类似激素物质失去其毒害作用。Brain 和 Rideal (1952) 认为, MCPA 的阴离子易被吸着在含胺类及酮类丰富的物质上, 故可使之失去毒害效能。这种物质在单子叶植物的小麦中很多, 而在双子叶植物的番茄中较少。因此, 外加的 2, 4-D 及其衍生物由于被吸着的程度不同, 结果也影响了植物受害的差别。

也有人认为,不同植物破坏类似激素物质的氧化能力,均有差别,单子叶植物的这种氧化能力较强,故对药剂的抵抗性大。

五、天然激素与类似激素物质拮抗作用的理論

这个理論认为,类似激素物质有改变体内天然激素水平的能力。Weintraub (1953)指出,2,4-D 能降低体内 IAA 的水平。Henderson (1954、1955) 进一步証明在不同的植物中,这种拮抗作用是不同的,2,4-D 对向日葵、豌豆及四季豆有降低天然激素的作用,但对燕麦则无降低的效能。

除此以外,尚有不少其他理論被提出过,例如代謝路綫多样性的理論,影响某些酶活性的理論,激活磷代謝的理論等等。

上面討論到的类似激素物质除莠剂的區別毒害作用理論,都能启发我們对药剂的作用机制的認識。但任何一个理論恐怕不能用来概括一切,它們常常只是在某种特定情况下和某种植物中表現其正确性。真正的區別毒害作用机制可能是較复杂的,有时是几种作用共同發揮其影响。这个問題的深入研究,将有助于使类似激素物质除莠剂在實踐中發揮其更大的作用。

V. 类似激素物质除莠剂在實踐中的应用

除莠剂在實際的应用中,不仅是处理的面积不断扩大,而且应用的范围也是多方面的。現在根据它所应用的对象分別簡述于下。

1. 大田作物

从經濟上的重要性看来,除莠剂在作物田中控制莠草的生长,占着首要地位。田間的除莠剂,最重要是要有选择性,即要对作物无害,而将杂草消除。目前应用最广的2,4-D及其衍生物,对单子叶植物的毒害效能比双子叶植物低,故实际应用时,以单子叶作物田为主,如水稻、麦类、玉米和甘蔗等。

一、水 稻

稻田中除莠,需要人工在淤泥中拔除,故极为費工,特別在新开垦的大型农場中,莠草威胁更大。应用2,4-D在稻田中控制寬叶杂草,証明相当有效。2,4-D的施用量为每亩 $\frac{1}{3}$ 磅,配成0.1%溶液或10~15%粉剂(每亩1~2磅)作叶部噴射。在分蘖期处理可以杀除約80%的双子叶植物,而对水稻无毒害影响。

二、麦 类

西方国家和苏联等都已大規模地用2,4-D及MCPA在麦田进行除莠。每亩的施用量为0.04~0.2磅,濃度一般用0.05~0.1%,以在分蘖后期处理較为安全。处理方法,可用叶部噴射或出土前处理,結果良好。由于防除莠草后所获得的

增产效应,一般在20%左右(Holmes, 1949; Linser, 1951等)。

三、玉 米

在玉米田除莠,用出土前处理的结果很成功。在播种后立刻处理或在幼苗出土前几天施用,能有效地控制莠草的生长,而对玉米无伤害。2,4-D或MCPA的用量为1/18~2/3磅,浓度为0.1%。有人认为,经2,4-D除莠后,使玉米增产的效应,不亚于杂交玉米。

四、甘 蔗

甘蔗生长在亚热带或热带湿度和温度较高的地区,因此对莠草的繁殖很有利。利用2,4-D在蔗田中除莠非常有效。甘蔗对2,4-D及其衍生物的抵抗能力极大,用0.2~0.3%的溶液作叶部喷射,也对甘蔗无害。每亩需用量为1/3~1.2磅,以在甘蔗幼苗长到60~70厘米高时施用最适宜,能有效地控制蔗田中的鱷魚草、旋花等。经过2,4-D处理的甘蔗,其蔗糖含量与纯度不受影响。

五、其 他

在亚麻田中,用2,4-D除莠,也获得良好效果,每亩用量0.04磅即能杀死一年生宽叶杂草;对多年生杂草,则每亩需用0.125磅。用出土前处理或在亚麻13~20厘米高而莠草尚未开花时施用,效果较好。亚麻对2,4-D也相当灵敏,用量过多会降低亚麻产量。

在园艺作物中,应用2,4-D较为困难,因作物本身对2,4-D的毒害也极灵敏。用出土前处理,在龙须菜、洋葱、胡萝卜、番茄、菠菜、草莓以及唐菖蒲田中控制莠草已获得相当成功。用量为每亩0.1~0.2磅,溶液浓度为0.05%,处理时间以播种前后一、二天或出土前几天较好。草莓对2,4-D抵抗力大,可用0.1%处理。

这里需要注意,应用药剂除莠,在使用适当时,确能收到省工增产的效果,但药剂对作物本身并非绝对无害,因此使用不当,例如用量过高,处理时期不当,反而要使庄稼遭到损失。特别在应用2,4-D、MCPA等药剂时,必须注意周围邻近的田块有无对药剂特别灵敏的作物,如棉花、大豆等。因为在喷射2,4-D时,特别是用飞机喷洒时,常因风向的影响波及邻近田块,使某些作物造成意外的损失。

2. 庭 园 草 地

草地上常见的莠草有蒲公英、车前、旋花、酢浆草、飞廉以及繁縷等,用人工拔除极为费工,但要保持庭园草地的美观,因此草地除莠在许多国家中,成为需要解决的问题。最初大规模应用2,4-D除莠,以在草地上最经常。2,4-D的施用量为每亩0.5磅,可以配成0.1%的溶液喷射,也可以把2,4-D干拌在肥料中施用(每亩0.5~1.3磅)。最好在早春(3月)或晚秋(10月)处理,处理后不久,可使草地

轉綠。在秋天处理后,草在冬天仍能保持比較綠的顏色,并且在来春比未处理的生长要开始得早些。

3. 水生植物

陆地上有莠,水中也有莠,由于水中莠草的繁殖迅速,常使河道阻塞,影响航运,成为較严重的問題。其中凤眼兰 (*Eichhornia crassipes*) 是水田河道中最讨厌的莠草,我国南方池沼河流里也很多,这种莠草繁殖得快,为了保护河道的航行,要費很大的人力去拔除,因为这种莠草不能用大量有毒的接触除莠剂去杀除它,否则会引起許多复杂的问题。在应用 2, 4-D 以后,已經可以有效地杀除凤眼兰。每 100~150 方尺面积用 4.5 升 0.1% 2, 4-D 或 2, 4, 5-T 溶液喷射三次,或每亩用 1/3 磅 0.3% 2, 4-D 或 2, 4, 5-T 溶液喷射,即可完全杀除凤眼兰,使之沉沒水底,河道暢通无阻,同时对河道中的魚、虾等无毒害影响。

杀除水生植物最好把药剂配制成酯溶液、乳状液或加其他附加剂在溶液中,这样药剂較易沾着叶面而被吸收。

2, 4-D 或 2, 4, 5-T 对其他单子叶水生莠草如寬叶香蒲 (*Typha latifolia*), 闊叶慈姑 (*Sagittaria latifolia*) 及黃蓮花 (*Nelumbo lutea*), 眼子菜属 (*Potamogeton* spp.) 等都有毒杀作用。

4. 木本植物

热带和亚热带区域的除莠問題主要是木本植物,包括盐肤木、常春藤、金銀花、云实、刺合欢等。木本莠类的杀除比較困难,农田中有了木本莠是最讨厌的問題,不仅所占的地上面积大,而且根系的蔓延地盘广,因此只有傳导性强的除莠剂才能使之彻底根除。2, 4-D 和 2, 4, 5-T 等是有效的药剂。2, 4-D 及其衍生物杀死树木灌丛所需要的濃度較草本植物为高,0.1% 的 2, 4-D 已足够杀死草类,但对树木毒害甚小,如果用溶液作叶部喷射,一般需要 0.2~0.3% 的濃度,使树木致死的时间也較长,通常要 2~6 星期。除叶部喷射外,还可用钻孔灌注,断口涂抹等方法,药剂的濃度可以大大提高。作个别喷射时还可用低容积高濃度的处理方法。杀死树木的效能,2, 4, 5-T 比 2, 4-D 强,二者混合施用也极有效。

2, 4-D 及其衍生物还可用来杀死小麦锈病的中间宿主小檗 (*Berberis* sp.), 用溶液喷射叶部或砍断莖部,再涂药剂的羊毛脂膏,可以連根杀死。锈病为我国小麦的严重病害,故 2, 4-D 杀除小檗的功效,值得注意和应用。

类似激素物质除莠剂,在世界各地虽已被广泛应用,但我国耕作制度比較精致,加之药剂的生产还不能大量廉价供应,因此利用药剂除莠还未曾在实践中發揮应有的作用,只停留在少数地区进行些小規模試驗。这种现状值得我們注意和改善。因为随着我国工业的发展,人民公社的发展,大面积垦殖农場的建立,仍然靠人工来除莠肯定会发生严重困难,故对除莠問題加以应有的注意是未雨綢繆的措施。