



酚对几种农作物的影响

中国科学院北京植物研究所
生态室环境保护组

一、目的和方法

随着我国工农业生产的发展，对工业污水的管理利用问题日益引起有关部门的重视。在毛主席革命路线的指引下，我国劳动人民在污水的处理和利用方面取得了不少宝贵的经验。实践证明：利用处理过的污水灌溉农田，既扩大水源，又可利用污水中氮、磷、钾及某些微量元素，有利于提高农作物的产量。但是，由于污水中也含有一些有害成分，我们要注意防止由此而产生的对土壤、农作物和地下水的污染，以保证农产品质量，保护人民群众的健康。为了防止“污水搬家”、“毒害转嫁”，首先必须了解污水中一些有毒的化学物质在生态系统中分布、转移和积累的规律。只有了解到这个规律才能保证利用污水灌溉促进农业增产，同时免除对环境的污染。

两年来，我们和有关单位协作，深入工厂、农村，走与工农相结合的道路，进行了含酚污水灌溉农田对玉米、水稻、小麦这三种农作物的影响及作物体内酚积累的研究。

我们到工厂和农村进行广泛的调查研究，学习总结工农群众管理利用污水的丰富经验，同时，观察记载了用含酚污水灌溉后作物生长状况。在室内，我们用不同浓度的苯酚溶液（0、0.5、50、100、250、500毫克/升）分别对玉米、水稻、小麦进行土培试验，玉米的砂培试验和水稻的水培试验，并对大田和

室内栽培试验的作物在不同生长期和植株的不同器官（根、茎、叶、种子）进行游离酚和总酚的测定。酚的测定是采用4-氨基安替比林法。栽培试验方法如下：

土培：采用池栽，池面积为0.66平方米，土层深60厘米，土壤为未污灌过的砂壤土。灌溉时间、次数和方式基本上与大田一致。水稻每池插秧16穴。整个生长季共污灌九次，每次30—40升，灌量310升。玉米每池种12—16株，污灌4—5次，灌量约120升。

水培：用直径30厘米、高30厘米的瓷盆，用荷格兰德氏营养液进行盆栽。水稻每盆3穴，每穴12—16株。每个处理四盆重复，插秧后27天更换含污染物的营养液，共更换九次。

砂培：为排除土壤因素的作用，采用石英砂进行池栽，池面积0.35平方米，池深30厘米，采用不定时由池底顶灌和排放的灌溉方式。苗成活后，用含污染物的荷格兰德氏营养液进行灌溉。

以上各项处理均另设清水灌溉作对照。

二、酚类化合物对作物的影响

1. 植物体中的酚类化合物

自然界存在的酚类化合物种类繁多。形成和积累酚类化合物是植物体固有的特性。植物体内主要的酚类化合物有三大类：花白素、黄酮类化合物和羟基芳香酸。有花植物

含有花白素的约占 40%，其中以木本植物最为普遍，常见的单宁就是一种花白素。有花植物约 60% 都含有黄酮类化合物，在草本植物中最普遍，如茄科植物的莨菪亭就是一种黄酮类化合物。羟基芳香酸也是植物体常见的酚类化合物，特别是与奎宁酸结合的咖啡酸、 β -香豆酸为最普遍^[6]。

各种酚类化合物在不同种的植物及同一植物的不同器官中含量各有不同，如禾本科植物谷类和麦类中，经常出现黄酮和阿魏酸以及莨菪亭，大麦等植物的种皮中有花白素，而茎和根中则没有。豆科中各种豆类如蚕豆等荚果和种子中常含有三羟基酚。百合科的洋葱和葱经常出现黄酮醇、咖啡酸、阿魏酸等。

植物体中所含的酚是以多元酚及其衍生物为主要形式。植物体中很少含有简单酚。酚羧酸和某些黄酮甙类生成醌，对植物产生毒性，但容易挥发^[4]。

据报导，由于酚类化合物属非激素物质，它可以直接影响植物，或影响植物生长素的代谢而影响植物生长。如它能促进从色氨酸合成吲哚基醋酸，调节植物生长素对植物生长的作用，控制植物生长素被破坏的速度。酚类化合物对植物的各种影响，决定于它本身的化学结构，如多羟基的酚类化合物可以破坏植物生长素，阻碍植物的生长。与此相反，二羟基的酚类化合物可作为植物生长氧化酶的抑制素，可以防止植物生长素受到破坏，促

进植物生长。又如，一些黄酮类化合物具有强烈的抑制植物细胞伸长的作用^[6]。因此酚类化合物可以作为植物生长的刺激素或抑制剂而存在于植物体内，但是在低浓度条件下，无论是刺激素或抑制剂都对生长有一定刺激作用。

2. 外源酚对植物的影响

植物除本身存在的酚类化合物外，还可以从土壤或含酚的水中吸取更多的酚。酚类化合物常存在于化工、炼焦、石油、煤气等工业企业排放的污水中，这些污水由于灌溉而进入农田，然后被植物吸收。此外，土壤中的植物残体如纤维素、木质素、单宁等物质，植物根系分泌物、微生物和动物的代谢，都可产生酚类化合物^[3]。在土壤中酚类化合物含量过高时，可使植物生长受到抑制。

我们用不同浓度的苯酚*(0、0.5、50、100、250、500 毫克/升)对水稻进行土培、水培，对玉米进行土培、砂培，试验结果可以看出：

外源酚对植物的影响决定于酚类化合物的浓度，同一种酚类化合物，其浓度不同对作物可产生刺激或抑制作用。如浓度 0.5、50、100 毫克/升苯酚处理的土培的水稻，对生长发育都有不同程度的促进作用，表现为植株生长高度比对照植株高，千粒重增加。浓度 250 毫克/升处理的生长发育正常。浓度 500 毫克/升苯酚处理对水稻产生抑制作用，植株高度下降，秕谷率相对增加(见表 1)

表 1 不同浓度苯酚对水稻生长发育的影响(土培)

浓度 毫克/升	项 目	株 高 (厘米)	穗 长 (厘米)	小 穗 数 (个)	秕 谷 率 %	千 粒 重 (克)	产 量	
							克/池	%
0		109	18—21	10—14	10.1	22.1	650	100
0.5		113	17—21	9—12	6.5	23.9	640	98.5
50		115	18—21	9—11	7.6	22.9	640	98.5
100		117	20—21	11—13	6.2	23.4	740	113.8
250		114	18—21	10—13	5.5	24.1	627	96.4
500		109	13—18	10—12	10.0	22.3	577	88.0

* 苯酚是一种毒性较大的酚类化合物

表 2 不同浓度苯酚对水稻生长发育的影响(水培)

处理浓度 (毫克/升)	项 目	株 高 (厘米)	根 长 (厘米)	穗 长 (厘米)	小穗数 (个)	秕谷率 %	千粒重 (克)	产 量	
								克/盆	%
0		101	26	18	12	4	21.4	70.20	100
0.5		103	24	19.2	11—13	5	24.1	68.76	97.9
50		108	26	20	11—12	8	24.3	92.52	131.79
100		103	23	17	10—11	16	21.9	50.4	71.79
250		76	18	14.2	7—8	28	21.7	30.24	43.07
500		50	9	10.5	4—7	47	20.2	—	—

用上述同样浓度处理的水培水稻, 由于直接使用培养液, 没有土壤吸附和土壤微生物代谢分解作用, 浓度 0.5—50 毫克/升苯酚处理已较明显地促进水稻生长, 植株生长较高, 千粒重、产量均显著增加(见表 2)。浓度 100 毫克/升苯酚处理的水稻, 生长开始受到抑制, 植株生长低矮, 叶片出现浅桔黄色, 产量下降。而用浓度 250—500 毫克/升处理的, 生长则受到严重抑制, 第一次加入苯酚溶液后, 第二、第三天即陆续出现受害症状, 表现为茎部叶片呈桔黄色, 进而失水, 叶缘内卷, 并由叶片上下两端逐渐向中央伸延, 少数叶片主脉两侧及边缘有不明显的褐色条斑, 根部从根尖开始由乳白变为褐色, 逐渐死亡、腐烂, 萎缩成褐色絮团。在成熟期, 250 毫克/升苯酚处理的部分植株中毒致死, 未死亡的植株高度比对照低 25 厘米, 小穗数减少, 根系明显受到抑制^[2]。500 毫克/升苯酚处理的植株大部死亡(见图 1)。

用上述各种浓度处理的砂培玉米, 浓度分别为 0.5、50、100 毫克/升, 在成熟期玉米的根系较对照长 5—10 厘米, 须根较多。而 250、500 毫克/升处理的根系比对照短, 且须根少, 根的颜色呈棕褐色和黑褐色。营养期植株下部叶片失水内卷, 有 2—3 片叶子呈桔黄色, 植株高度比对照低 20—30 厘米, 生育期延迟, 成熟期 250 毫克/升处理的玉米籽

粒不饱满, 浓度 500 毫克/升处理的只能开花未能结实。

上述试验说明, 浓度较低的苯酚(土培水稻、砂培玉米在苯酚浓度 100 毫克/升以下, 水培水稻在浓度 50 毫克/升以下) 对作物产生促进生长的作用, 因为当外源酚进入植物体后, 很少以游离状态存在, 大多数和其他物质形成复杂的化合物, 最普通的一种是酚糖甙, 从而解除对植物的毒害^[4,7]。浓度低的苯酚会促进植物根系的形成和生长, 加速生长点分化, 提高植物细胞膜的渗透性, 因此, 低浓度的酚对作物起促进作用, 使植株高度增高, 根系增长, 千粒重增加。浓度较高的苯酚(土培 500 毫克/升, 水培 250—500 毫克/升) 使作物明显受到抑制, 植株生长低矮, 变形变色, 秕谷率增加, 影响作物产量、质量。外源酚对植物的影响, 除了决定于酚类化合物的浓度外, 还决定于酚的分子结构特点, 特别是

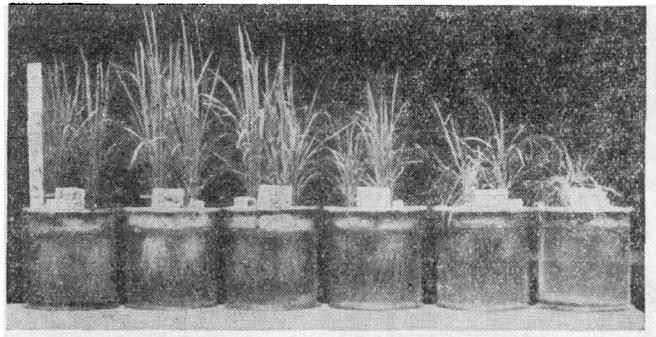


图 1 不同浓度酚溶液水培水稻生长状况
对照: I₁—0.5ppm I₂—50ppm I₃—100ppm
I₄—250ppm I₅—500ppm

羟基数量及其在苯环中相互的位置对植物细胞水分的吸收有很大的影响^[5]。据报导,一定浓度的单元酚——苯酚会损害植物的细胞质膜,由于渗透机制破坏,使植物细胞吸水能力减低。在酚的结构中,羟基的数量增加,使酚类化合物的毒性作用降低。由于羟基在苯环上相互间的位置不同,酚对植物的毒性也不同^[5],如三元酚——羟基在邻位的联苯三酚比三元酚——羟基在间位的苯间三酚毒性更大。在高浓度联苯三酚作用下,会使细胞水分外渗。一般认为苯酚与具邻位羟基的芳族羟酸有最强烈改变细胞水分代谢的作用。

三、酚类化合物在作物、土壤中的含量

1. 在作物体内的积累

调查区的污水,一般都是经过工厂处理之后才排出的,因此,水中含酚量比较低,一般都在1毫克/升以下,最高也不超过4毫克/升。城郊地区灌溉的污水,含酚量更低,大多在0.5毫克/升以下。

如前所述,植物体内酚类化合物种类繁多。外源酚在植物体中的积累因污水浓度、土壤、光照、温度等条件不同而变化^[8,9]。我们在大田中选定污灌和井灌点调查采样以及对

栽培试验作物的含酚量(总酚、游离酚)进行了测定,现将不同作物酚的含量变化分述如下:

小麦:大田中污灌与井灌的小麦含酚量无明显差异。从表3可以看出,种子总酚的含量,污灌略高于井灌,游离酚的含量无明显差别。根中酚的含量,与种子的情况相似。茎叶中总酚、游离酚的含量,污灌与井灌相似。从不同器官相比较,茎叶和花穗含酚量最高,根次之,种子中含量最少(见图2)。从不同

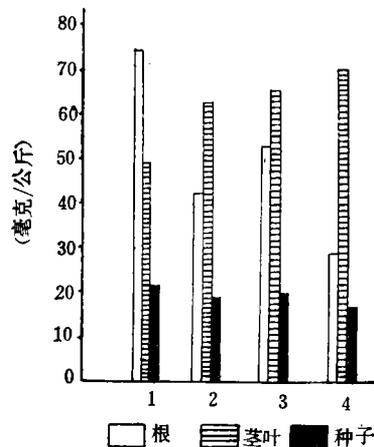


图2 小麦成熟期不同器官的含酚量
1. 路口大队 2. 向阳大队
3. 古城大队 4. 南平庄大队

表3 小麦植株体中酚的含量

单位:毫克/公斤 鲜重

采样地点	灌水类型	生长期	采样日期	根		茎 叶		种子(或花穗)	
				游离酚	总 酚	游离酚	总 酚	游离酚	总 酚
路口大队	焦化厂混合污水	苗期	74.4.3	—	—	2.70	54.45	—	—
		拔节期	5.10	4.50	82.80	4.84	51.54	—	—
		成熟期	7.8	2.80	73.50	1.42	49.25	0.53	21.25
向阳大队	钢铁厂混合污水	苗期	4.26	—	—	1.39	55.40	—	—
		花期	5.15	3.23	43.80	1.74	66.20	3.38	76.72
		成熟期	6.15	1.05	42.00	2.22	62.20	0.86	18.90
古城大队	钢铁厂混合污水	成熟期	6.15	0.93	52.40	1.40	65.00	0.53	19.70
南平庄大队	井 水	苗期	4.26	—	—	1.32	48.10	—	—
		花期	5.23	2.35	52.92	1.80	49.32	1.72	49.20
		成熟期	6.14	0.73	28.80	1.85	69.20	0.81	19.00
西局大队	井 水	成熟期	6.15	—	—	—	—	0.68	18.00

表 4 水稻植株体中酚的含量

单位: 毫克/公斤 鲜重

采样地点	灌水类型	生长期	采样日期	根		茎 叶		糙米(或花穗)	
				游离酚	总 酚	游离酚	总 酚	游离酚	总 酚
路口大队	造纸厂混合污水	营养期	74.7.12	1.23	28.25	2.86	79.50	—	—
		成熟期	9.20	24.00	89.00	16.45	50.00	1.79	22.10
智家堡大队	制药厂污水与井水混合	成熟期		—	—	—	—	1.50	43.90
向阳大队	钢铁厂混合污水	营养期	7.29	0.57	44.80	0.83	37.00	—	—
		花期	8.27	0.82	48.20	1.95	58.30	1.38	102.30
		成熟期	9.27	2.46	70.80	3.61	70.10	1.33	25.10
小瓦堡大队	钢铁厂混合污水	成熟期	9.24	—	—	—	—	1.27	18.30
玉泉大队	井 灌	营养期	7.30	0.65	43.40	0.82	56.80	—	—
		花期	8.27	2.22	52.10	2.07	75.56	1.84	133.80
		成熟期	9.29	1.72	55.35	1.81	84.80	0.74	22.90

生长期比较,根中花期含酚量较高,茎叶中花期和成熟期含酚量较高。

水稻: 污灌和井灌相比,污灌的略偏高,如糙米中污灌的游离酚含量在 1.27 毫克/公斤以上,井灌的为 0.74 毫克/公斤(见表 4)。不同生长期和植株不同器官,酚的含量不同,一般来说,成熟期高于花期,花期高于营养期。各不同器官比较,花穗中的总酚含量最高,比其它部分高出二倍以上,茎叶的含量也较高,其次是根,糙米中酚含量最低(图 3),

总酚的含量比茎叶低 2—3 倍。

用不同浓度苯酚水浇灌水稻栽培试验证明: 水稻各不同器官和不同生长期含酚量的变化规律与大田相似(图 4),但随着苯酚浓度的增加,植株各器官的含酚量也相继增加,如土培的水稻,浓度 0.5—50 毫克/升苯酚处理的含酚量与对照相似。当浓度往 100 毫克/升递增时,植株体内含酚量就显著上升、

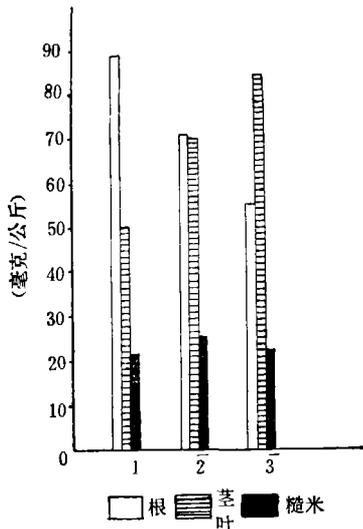


图 3 水稻成熟期不同器官的含酚量
1. 路口大队 2. 向阳大队 3. 玉泉大队

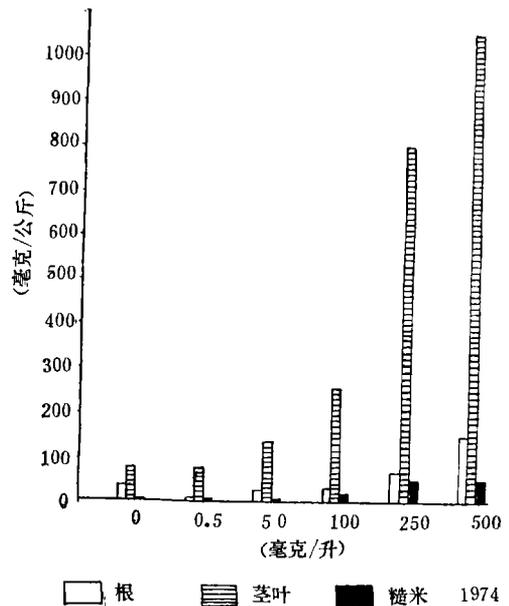


图 4 用不同浓度苯酚浇灌水稻成熟期不同器官含酚量(土培)

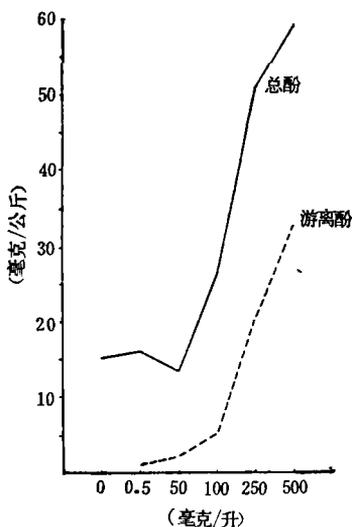


图5 用不同浓度苯酚水灌溉糙米的含酚量(土培)

明显看出污灌浓度与含酚量增长的关系(图5)。但从水稻的生长发育状况看,并没有由于作物体内含酚量的增加而出现受害症状。只有浓度500毫克/升灌溉的水稻,体内含酚量:叶达300毫克/公斤以上,种子达37.13毫克/公斤时,植株高度低于其他处理,产量略有下降。水培的水稻,在浓度0.5毫克/升浇灌的和对照的相比,总酚含量相似。当浓度达到50毫克/升时,植物体内含酚量急剧

上升,浓度250毫克/升浇灌的水稻生长已明显的受到抑制,说明水稻吸收和积累酚的能力较强,对酚的耐受能力也较强。水培水稻体内酚的积累比土培水稻根中高四倍,茎叶中高二倍,糙米中高一倍半。

玉米:玉米的整个生长季节,大部分时间处在雨季,污灌的次数较少,加上污水中酚的含量较低,所以玉米中的含酚量污灌与井灌相比无明显规律(见表5)。井灌玉米含酚量,成熟期植株各部分略高于污灌。有些生产大队井灌玉米的种子,总酚含量为77—78毫克/公斤,而污灌玉米的种子总酚含量却为53—76毫克/公斤。植株在不同生长期和不同器官的含酚量也没有明显的规律。总的趋势为花期、成熟期的含酚量高于营养期,根通常较其他部分稍高。

用不同浓度苯酚水浇灌的玉米栽培试验证明:土培玉米中酚的含量,浓度0.5—100毫克/升浇灌与对照玉米的含酚量相似,浇灌浓度在250毫克/升以上,作物体内含酚量才明显地随着浓度而增加,种子的含酚量随着浓度也略有增加,但幅度不大。砂培的玉米,在浓度0.5—50毫克/升处理的与对照的含酚量相似(唯成熟期根中含酚量比对照的高

表5 玉米植株体内酚的含量

单位:毫克/公斤 鲜重

灌水类型	生长期	采样日期	根		茎		叶		种子	
			游离酚	总酚	游离酚	总酚	游离酚	总酚	游离酚	总酚
焦化厂混合污水	营养期	74.7.8	1.60	86.50	0.32	14.50	0.18	163.00	—	—
	成熟期	9.20	0.45	81.25	0.80	72.40	2.48	138.00	3.30	76.80
造纸厂混合污水	营养期	7.8	1.02	67.75	0.35	15.80	1.32	54.25	—	—
	成熟期	9.20	7.93	96.00	1.79	64.00	2.28	65.00	2.90	53.00
钢铁厂混合污水	营养期	7.29	3.05	43.20	—	—	1.00	40.80	—	—
	花期	8.22	0.93	69.24	0.50	46.38	1.82	70.58	—	—
	成熟期	9.23	1.50	38.80	1.58	59.00	1.29	51.25	3.23	53.60
井水	营养期	7.8	1.04	69.13	0.28	18.80	1.64	75.13	—	—
	成熟期	9.20	0.88	74.00	1.67	64.00	3.00	57.00	3.59	78.20
井水	营养期	7.29	0.83	43.70	—	—	0.85	50.40	—	—
	花期	8.22	0.76	86.96	0.49	37.68	1.40	60.04	—	—
	成熟期	9.25	2.69	91.00	2.44	74.50	5.63	44.50	3.50	77.50

达 66.6%)。当处理的浓度到 100 毫克/升以上时,植物体内含酚量急剧上升。如以成熟期为例(图 6),当浓度在 500 毫克/升时,根茎的含酚量分别比对照的高 16、27、38.7 倍,植株生长矮小,不能正常开花结实。浓度在 250 毫克/升时,玉米叶中的含酚量已达 1000 毫克/升以上,生长受到抑制。

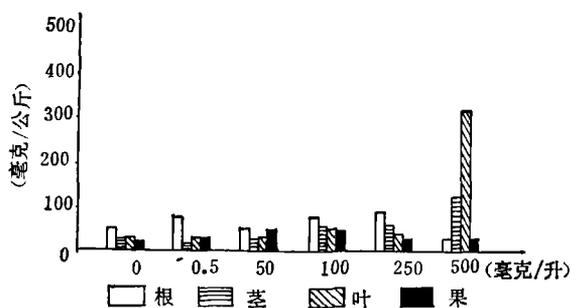


图 6 不同浓度苯酚浇灌的玉米成熟期不同器官含酚量(土培)

2. 土壤中酚类化合物的变化及其对作物的影响

酚类化合物在自然的土壤中也普遍存在,种类很多,变化复杂。由于动物、植物、微生物的生命活动和生物的腐解,使土壤中都含有一定的酚。从调查区和栽培试验的土壤分析结果说明:土壤中的酚类化合物主要分布在上层。在低浓度的含酚污水灌溉过的土壤中,含酚量也是以上层最高(表 6,表 7),大多存在于 0—50 厘米的土层,50 厘米以下的土层含酚量极少。

表 6 污水灌溉后土壤中各层含酚量

单位:毫克/公斤

作物	采样日期	土壤层次		
		0—5 厘米	5—20 厘米	20—40 厘米
小麦	75.4.26	0.08	0.07	0.05
玉米	75.8.24	0.10	0.06	0.01

酚类化合物在土壤中的变化与季节、次数和污水灌溉量有关。在夏季,灌溉次数和灌溉量较多,土壤的含酚量污灌区比非污灌区为高,但在春季(春灌以前)土壤中酚含量

表 7 不同浓度苯酚灌溉水稻后土壤中含酚量

单位:毫克/公斤

浓度	0	0.5	50	100	250	500
0—15	0.05	0.03	0.04	0.05	0.06	0.13
15—30	0.03	0.03	0.04	0.03	0.06	0.06

1975 年 7 月采样

极少或没有,秋季停止灌溉后,土壤的含酚量都很低。

用不同浓度的苯酚水浇灌过的土培水稻,第一次灌含酚水,六天后,在浓度为 100 和 500 毫克/升灌溉过的 30 厘米土层内,酚的含量分别为 0.03 和 0.12 毫克/公斤,说明酚在土壤中不仅未表现明显的积累,而且由于夏季温度高,土壤微生物活跃,使土壤分解酚的能力增强而出现含酚量减少的趋势^[2]。

土壤中酚类化合物因土壤微生物、腐植质、各种肥料的数量和种类不同而变化,使作物对酚的吸收、积累和生长发育有明显的差异。相同浓度苯酚浇灌的土培和水培水稻,其体内对酚的吸收、积累都显著不同。如前所述,水培的水稻由于没有土壤的吸附,微生物的分解等作用,50 毫克/升苯酚处理的水稻体内含酚量就急剧上升,用 250 毫克/升浓度浇灌过的,生长受到明显的抑制,物候期延迟。叶片从基部开始发黄,不能正常开花结实。500 毫克/升浓度处理的,大部植株死亡。而土培的水稻经过 100 毫克/升浓度处理的植株体内的含酚量才开始较大量上升,且以 0—500 毫克/升各浓度处理的都未出现受害症状。砂培的玉米与土培的玉米比较也出现同样的情况。由此可见,土壤微生物分解酚的作用使酚在植物体内积累减少,并对植物发生影响,但植物体内的含酚量又大大高于土壤残留的含酚量。

讨论与结论

1. 作物体内都含有一定量的酚类化合物,不同作物的含酚量各不相同。

2. 酚类化合物在作物体内的积累虽受种种因素(温度、土壤腐植质、光照等)的影响,但以灌溉的污水中酚浓度的影响较为显著。大田以低浓度含酚污水灌溉小麦、玉米、水稻,生长良好,作物体内含酚量与井灌的相比,无明显差别,但小麦和水稻的含酚量稍高于井灌。栽培试验中用不同浓度酚水浇灌的作物(小麦、玉米、水稻)土培在浓度 100 毫克/升以下,水培在浓度 50 毫克/升以下对作物生长有一定刺激作用。如浓度继续增加,则作物体内酚含量明显积累,当土培浓度增至 500 毫克/升,水培浓度增至 250 毫克/升时,作物的生长受到抑制。这说明植物从含酚水或土壤吸收外源酚后,在低浓度时,形成酚糖甙,使酚类物质的解偶联作用和对膜的损害作用被消除,从而解除酚对植物的毒害,所以用低浓度含酚污水灌溉对作物不会产生危害。而用高浓度酚水灌溉,则破坏植物的细胞膜,使植物生长受到抑制。

3. 各种植物对酚类化合物的吸收积累能力各有不同,用同一浓度含酚污水灌溉的玉米、小麦和水稻,种子含酚量以小麦最低,糙米稍高,玉米最高。在作物的不同器官和在不同生长期,酚类化合物的含量也不同,一般是茎、叶高于根,种子最低。在不同生长期,根、茎叶的含量通常以成熟期最高,花期与成熟期相似或稍低,营养期最低。

4. 作物体中的含酚量超过土壤和污水中含酚量的几十倍或几百倍。土壤中含酚量污灌后主要集中分布在 0—15—50 厘米,以表层含量最高,一般随季节变化而变化,以夏季灌溉次数多、灌量大时含酚量明显增高。土壤对酚有较强的吸附和分解能力,而吸附和残留的酚类化合物又会受到土壤微生物的分

解,使土壤中含酚量降低,这就直接影响到作物体内对酚的吸收和积累。

* * *

群众才是真正的英雄,实践出真知。实践证明:广大工农兵群众运用毛主席一分为二的辩证唯物主义思想,对管理和利用污水积累了丰富的实践经验,特别强调处理工业污水的必要性,同时重视利用污水进行灌溉的可能性,既看到提高农作物产量的一面,又要充分估计到污水中有毒物质对作物和环境的危害。我们要避污水之害,用污水之利,既要提高农产品的产量,又要注意其质量,以保证人民的健康。要进一步研究如何把污水的处理和利用统一起来,达到化害为利,保护环境,造福人民的目的。

主要参考资料

- [1] 中国科学院北京植物研究所生理生化研究室:酚、氰化合物在高等植物体内的代谢,内部资料,1972。
- [2] 中国科学院北京植物研究所生态室环境保护组:酚、氰、砷对作物影响的栽培试验,内部资料,1975。
- [3] 中国农林科学院农业生物研究所:农业环境保护研究资料,1975(1)。
- [4] A. M. Грозинский, Аллелопатия в жизни растений и их сообществ, Киев Науковл Думка. (1965).
- [5] В. Д. Рошина, Исследование состояния внутриклеточной воды растений при воздействии фенола, Сельскохозяйственная биология Том, 7 (4) (1972).
- [6] Запрометов, М. Н. и Колонкова, С. В., Фенольные соединения и их биологические функции, р. 129—138, р. 175—180, р. 302—309. (1968).
- [7] J. B. Pridham 等, Metabolism of phenolic compounds by the Broad Bean *Vicia faba*, Nature 182, 795 (1958).
- [8] J. B. Pridham 等, Phenolic in plants in Health and Disease Pergamon Press, Oxford, London, New York. Paris. 1960.
- [9] Pascal Ribereau-Gayon, Plant Phenolics, New York, Hafner. 1972.