

全國城市污水灌溉农田現場會議

交流資料之三

污水灌溉农田的科学研究

建 筑 工 程 出 版 社

全國城市污水灌溉农田現場會議交流資料之三

污水灌溉农田的科学研究

本社編

建築工程出版社出版

1959

污水灌溉农田的科学研究

本社編

*

1959年3月第1版 1959年3月第1次印刷 3,060册

787×1092· $\frac{1}{32}$ ·60千字·印張 $2\frac{1}{2}$ ·插頁1·定价(10)0.33元

建筑工程出版社印刷厂印刷 · 新华書店发行 · 書号: 1542

建筑工程出版社出版(北京市西郊百万庄)

(北京市書刊出版业营业許可証出字第052号)

目 录

污水灌田經驗的初步研究

..... 北京市市政工程設計院技术研究所	(1)
一、污水的性質	(1)
二、污水灌溉对农作物的好处	(3)
三、适宜用污水灌溉的农作物	(6)
四、北京市污水現狀	(6)
五、如何控制水質保証水質无害化	(8)
六、灌溉技术	(13)
七、灌污水时应注意的一些問題	(26)
八、如何进行冬灌	(27)
九、改进环境卫生	(27)
十、污水的綜合利用	(32)

終年利用城市污水及工业廢水灌溉农田的科学研究

..... 成都市城市建設委员会、	
給排水設計院成都分院、成都市卫生防疫站	(33)
一、利用污水灌溉农田的情况	(33)
二、試驗研究情况与結果	(35)
(一) 自然条件	(35)
(二) 污水来源水質情况及处理厂净化效果	(37)
(三) 污水在农田中的净化作用	(42)
(四) 农业灌溉的效益	(46)
(五) 污水灌溉农田的卫生問題	(57)
(六) 污水灌溉农田的收益調查	(68)
(七) 污水的綜合利用	(71)
(八) 初步收获	(73)

污水灌田經驗的初步研究

北京市市政工程設計院技術研究所

一、污水的性質

1. 污水的種類和組成：

污水分生活污水及生產廢水兩種：生活污水是居民在日常生活中用過的髒水；如廚房、洗臉、洗衣服、洗澡用水及廁所的糞便等；生產廢水是工廠在生產過程中形成的髒水，如車間用水，機器的冷卻水，食品工業的廢水等。從污水中沉淀下來的髒東西、污物叫做污泥，它不但是一種很好的肥料，而且還可以產生沼氣、提煉維生素B₁₂、煤焦油等許多有用的東西。

污水的性質與成分，是非常複雜的，大體上可分有機物、無機物兩種：無機物中包括砂子、礦渣、爐渣、礦物油和各種鹽类等；有機物包括糞便、肉類、蔬菜、果皮及植物油等。生活污水通常呈混濁狀態，微有臭味，有的因經過發酵或與某些工業廢水混合而呈黑褐色。

污水的濃度也隨季節不同而變化，冬季用水比夏季少，故冬天污水的濃度就大於夏季污水的濃度。

從污水的性質來看，除去生產廢水隨生產過程、生產特性、原料種類而產生不同變化外，生活污水及所沉淀的污泥，主要是由日常生活用水和糞便、垃圾等所組成。因此它是一種含氮、磷、鉀很豐富的有機肥料，在農業上的利用價值很高，是一個豐富的肥源，如能正確的加以利用，不但有利

于城市卫生，同时会給农业带来极大的丰收。

2. 污水中的肥料价值:

污水中含有不少的水分和肥料，某些工业廢水中还含有大量的化学肥料，目前北京的生活污水和工业廢水每年約有一亿吨。根据北京市的污水水质分析資料看来，在1,000立方公尺的污水中含有氮肥75公斤，磷肥7公斤，鉀肥18公斤，以此推算每年北京市的污水約有氮肥7,500吨，磷肥700吨，鉀肥1,800吨。根据各地污水試驗来看，利用城市污水灌溉农田一般都增了产，同时也降低了污水处理标准，节约了許多人力、物力和建設投資。如果能充分的将污水加以利用，它所創造的經濟价值是很可觀的。

3. 污水中的有害成分:

在污水中除了有利于农作物生長的氮、磷、鉀肥料外，还有許多不利于土壤和作物生長的有害或有毒的物質，这些有害的物質随着污水性質的不同其含量对作物的影响也不同。一般生活污水中有毒物質是很少的，而工业廢水由于工业的性質、原料和工艺过程的不同，其水质亦是很复杂的，有害物質亦比較多。在污水中含过多的酚、砷、鉻、氰化物、硫酸根，以及强酸、强碱、油脂等都影响作物的生長，严重的造成作物的死亡，土壤的破坏，例如：長春引用第一汽車制造厂的生产廢水灌溉稻田，因为油質太多致使土壤窒息，稻叶枯萎。哈尔滨引用含盐量較大的污水灌溉菜田，发生土壤盐碱化的現象。沈阳引用化学和制藥厂工业廢水灌溉稻田，发现稻叶枯黃、根部腐烂等現象受害面积亦較大。因此，在灌溉中必須掌握污水的性質，并且有控制地利用污水灌溉农田。

二、污水灌溉对农作物的好处

利用污水灌溉农田不仅促进了农业生产上的大跃进，而且也是我国广大城市与工厂污水处理的途径，所以污水灌溉的好处是多方面的。单纯对农业来说，根据我国各地农民的实际经验，用污水灌溉的好处就有以下几方面：

1. 提高产量，增加收入：

因污水中含有较多的氮肥、磷肥和钾肥，所以利用污水进行灌溉，不但能湿润土壤，而且补充土壤中肥料的不足，以达到作物的丰产。几年来我国各大城市郊区农民开始试验，并利用污水灌溉农田，一般都增产15—100%，甚至还多，苏联最高为500%（如表1、2所示）。

2. 节省人力与肥料费用，降低灌溉成本：

污水含有大量肥料，利用污水灌溉可以减少追肥、送粪、撒粪等一系列工作，仅北京市海淀区18,000亩稻田由于利用污水灌溉，每亩就可省肥料费用20元，以北京市污水可以灌溉17万亩计算时，可节省费用340万元。从人力上来看，比采用清水灌溉每顷节省20个劳动日，5个畜力劳动日，这样就解决了人力和畜力的不足（据天津经验）。

在降低灌溉成本方面，据哈尔滨资料用马拉力抽井水灌溉，每亩须用劳动力3.5个，畜力0.5个，灌溉费用每亩1.62元，而用自流污水灌溉农田，每亩仅用劳动力0.5个，灌溉费用才0.21元，每亩节省灌溉费1.4元，用井水灌溉一亩的费用如改用污水可灌7.7亩。

3. 消灭杂草与有害动物：

据株洲经验，以前不灌污水的稻田，每年均发生鑽心虫和絲盲症（农民称稻子病），严重地影响收成。根据几年来

国内利用污水灌溉农田的增产情况

表 1

省(市)	污水种类	作物种类	灌污水的 (斤/亩)	不灌污水的 (斤/亩)	增 产(%)
北 京 市	生活污水	水 稻	300	300	167
	生活污水	洋 白 菜	4,900	2,500	96
	生活污水	架 豆	32,600	20,100	62
	生活污水	芹 菜	13,000	8,060	62
	生活污水	茄 子	10,930	7,800	40
	生活污水	西 紅 柿	10,600	7,720	37.4
	生活污水	白 菜	10,800	8,000	35
株 洲	工业废水	水 稻	700—1,200	500—600	40—100
	工业废水	油 菜	102—210	80—90	83.5(平均值)
	工业废水	谷 子	450—550	381—325	37.6—50
郑 州	生活污水	小 麦	215	110	95
	生活污水	芹 菜	10,000	6,000	66.7
	灌 4 次	大 白 菜	10,000	6,000	66.7
	灌 4 次	冬 瓜	22,000	13,000	69.3
哈 尔 濱	生活污水	小 白 菜	10,000	5,330	46.7
	生活污水	黄 瓜	5,330	2,000	167
沈 阳	工业废水	水 稻	850	325	162
撫 順	工业废水	水 稻	1,600	800	100
長 春	工业废水	水 稻	560	400	40

苏联污水灌溉增产情况

表 2

作 物 种 类	用污水灌的 (斤/亩)	不用污水灌的 (斤/亩)	增 产(%)
白 薯	2,700	870	300
白 菜	1,130	7,350	640
胡 蘿 卜	5,700	200	2,850
西 紅 柿	3,040	1,690	80
谷 物	227	200	13
黄 瓜	1,665	920	81
紅 蘿 卜	3,290	2,780	185

利用污水灌溉后一般均停止了上述现象，并减少了农田野草丛生，这是由于污水中呈弱碱性可以杀虫的结果，天津亦有此经验。

4. 调剂水量，防止干旱：

污水灌田相应地减轻了依靠抽井水或河水灌田的负担，对调剂水源不足，节约地下水，防止干旱，以及进一步扩大灌溉面积，对农业的增产都将起很大作用，因此利用污水灌田真是一箭双雕，可收到水肥之效。

5. 增加栽培次数，改良土壤：

由于污水一般水温较高，故可以提高土壤的温度促使作物早熟，据哈尔滨经验，早春可提前10—15天，晚秋还可推迟10天左右。同时春灌在同样条件下还能促使蔬菜早熟，与清水灌溉比较，油菜早熟4天，韭菜提早7—10天，小白菜提早6天，芹菜、菠菜提早5天，这对排开播种时间，增加栽培次数，有着直接的影响。

污水中含有不少的有机物，特别是生活污水有巨大的粘性及吸附性，它能形成土块与团粒结构，并能提高土壤的含水量。因此灌过污水的砂土地及瘠薄地可以变成肥沃的良田，如郑州常砦社去年新开荒78亩，历年来都颗粒不收，去年灌污水改为稻田，提高了土壤肥沃程度，田间未施任何肥料，管理亦非常粗糙，只灌了六次污水，结果每亩收了215斤稻子，1,100斤稻草。

6. 蓄水、积肥，增加副业收入：

污水中含有许多有机和无机污物，我们可以利用农田附近的洼地、苇塘、土沉淀池及渠道等，使污水沉淀，其沉淀下来的污物（污泥）便是一种肥效很高的肥料。

同时亦可利用土池子的污水养鱼，据桂林养鱼经验，把

魚苗在春季放入污水池塘中，等到秋后即可捕获，每条魚可長到3—5斤重，这是一項較大的副業收入。关于养魚所适用的污水，据北京高碑店魚农經驗：到10月（冻土前）将污水放入魚池，水深5—6尺之間，此时池內污水与外界水源隔絕，进行养水（天然沉淀和浪毒），在养水过程中水的顏色、气味都发生变化，由黑臭变为清亮无味，生長着的虫类亦发生了更替，直到明年3月污水就变成好水，虫亦繁殖旺盛，魚苗即可放入。捕获后即可挖泥作肥。

三、适宜用污水灌溉的农作物

从上述灌污水而增产的作物来看，大部分作物都可以用污水进行灌溉，仅就北京、郑州以及国外資料来看，因污水中含有較多的氮素肥料，以灌叶菜作物最为适宜，尤以菠菜、油菜、翻心白菜、韭菜、芹菜等效果最好，一般水稻、大田作物亦均可以用污水灌溉，主要問題在于灌水技术与施肥种类的配合，以及污水的成分均有很大关系。因此利用污水灌溉时，首先要摸清污水性質，有多少肥分，有那些有毒物質，含量多少。如引用工厂附近的工业廢水时，最好先在溫室作盆栽試驗或在大田中作小面积試驗，总结經驗，以便保証今后大面积的灌溉。

四、北京市污水現狀

北京市主要污水系統有：（1）通惠河污水截流管（大部分为城区生活污水和一部分工业廢水）；（2）潞河干綫（主要是生活污水）；（3）清河八大学院污水管（主要是生活污水）；（4）石景山污水干管（主要是鋼鐵工业廢水）。各干管的水質分析見表3。

表 3

北京市主要污水干管水质分析

主要污水系統	污水性質	污水量 (公方/ 日)	水 質 分 析 (毫克/公升)											
			碱鹼度 (PH)	总氮	氨氮	磷	鉀	总固体	悬浮体	氯化物	酸度 CaCO ₃	碱度 CaCO ₃	酚	油脂
通惠河污水干管	生活污水	17,280	8.1	145.7	21.4	8.38	43.1	1,112	507	373.6	9.5	309	—	—
右安門河錢污水干管	生活污水	30,000	7.8	37.7	28.4	18.0	7.23	840	145	146.1	3.0	49.2	—	—
石景山污水干管	工業廢水	169,145	8.5	60.6	35.0	0.52	3.62	—	—	44.5	—	—	7.06	33.4
清河八大学院	生活污水	25,920	7.6	54.6	25.5	1.6	—	730	—	151.8	—	—	—	—
合計与平均値	—	242,345	8.0	74.7	30	7.1	18	894	326	204	19.8	179.1	17.06	33.4

五、如何控制水質保證水質無害化

在農田上廣泛利用污水灌溉以前應研究污水成分，根據不同工業和生活區特點（住宅區、醫院、混合水等）來確定工業污水和生活污水中有益和有害成分，不但要充分合理地利用污水中的肥效，還要避免污水中有害物質對農田產生急性或慢性中毒的影響。目前我們認為對於以生活污水為主的污水，應該盡量考慮經過簡單的機械處理後再灌溉農田，並充分利用沉淀污泥中的有用物質；對於以工業廢水為主的污水，應該將有害的物質處理至最大容許濃度，盡量回收廢水中的有用物質，處理後的污水，根據具體情況，加以利用。蘇聯在污水灌溉中一再強調不允許用未經任何處理的污水來進行灌溉，因為這樣會造成對蔬菜及地下水的污染，增加居民中傳染病發生的機會。

1. 水質化驗：合流制污水，作為一個灌溉水渠，它的水量是不均勻的，水質亦較複雜，因此必須進行多次化驗才能掌握水質的特點。根據長沙設計污水灌溉的經驗，化驗時最好是連續24小時，每15分鐘取水樣200C.C. 攪和均勻，再取出2,000—3,000C.C. 進行全面分析，然後針對發現的問題，再度取樣（每次約1,000C.C.）進行復驗。

2. 化驗項目：北京的生活污水與工業廢水，都排入合流制的管道中，故水質很複雜，因為工業廢水由於生產過程不同所用原料不同則其水質也不一樣。因而對工業廢水的化驗應視工廠的性質而定，一般的化驗項目如下：

（1）肥效化驗：肥效化驗主要是分析污水中的氮、磷、鉀含量，一般污水磷、鉀含量是很少的，故分析中以化驗氮的含量為主。

(2) 一般化驗：酸碱度 (PH) 悬浮体、油脂、硫酸根、氯化物、生化需氧量、溶解氧、水温等。

(3) 有毒物质化驗：工业废水中一般均含有有毒的无机物质，分析项目应根据工业性质来确定，一般可分析酚、铬、氯化物、砷、氟等。

(4) 细菌指数的化驗：此项化驗是根据卫生部门的要求而定，据天津资料，利用污水灌溉农田是不准许有霍乱、伤寒、痢疾、炭疽等流行性的传染病菌流入田地的。

3. 污水灌溉的水质标准：

污水的性质对土壤及作物的影响是很大的，特别是工业废水，如果不控制使用，容易引起土壤变质和作物受害。据

天津市污水放入下水道暂行标准

表 4

分 析 项 目		最大允许含量 (毫克/公升)	分 析 项 目		最大允许含量 (毫克/公升)
1	温度	<40°C	16	硫化氢	22.0
2	酸碱度 (PH)	0—9	17	四氯化碳	5.0
3	悬浮体	<200	18	二硝基苯	1.0
4	油质	<500	19	二氯乙苯	2.0
5	伤寒等病菌不许流入		20	氯苯	0.1
6	氟	1.5	21	三硝基甲苯	0.5
7	钴	1.0	22	二硝基氯苯	0.5
8	铁	0.5	23	四硝基甲烷	0.5
9	矽氟酸钠	2.5	24	6 6 6	0.02
10	三价铬	0.5	25	苯乙烯	0.1
11	六价铬	0.1	26	铅	0.1
12	氯化物	0.1	27	汞	0.005
13	二硫化碳	1.0	28	钠	1.0
14	酚	15	29	镍	0.1
15	硫化氢	1.0	30	二价锌	5.0

天津經驗，認為在污水灌溉过程中，控制污水的酸碱度(PH)是很重要的，过酸过碱都不利于作物生長，他們根据几年来的經驗制定了一个适合农田灌溉的污水放流标准，如表4所示。

国外用污水灌溉农田对某些有毒物質的控制标准 表5

編 号	有害物質	灌 溉 最 大 允 許 濃 度 (毫克/公升)	資 料 来 源
1	砷	1.0	德国文献
2	酚	135.0	苏联文献，摘自哈尔滨工大 (污水处理)
3	鉻	1.0	苏联文献
4	全盐类	800—1,000 <4,000	全苏水利技术及土壤改良研究所 苏联科学院士A·И·科斯嘉科夫
5	酸碱度	4—8	“土壤化学”書
6	氯化物	350	英美文献
7	游离氯	100	英美文献

注：1.砷——为德国文献記載，据說砷>1.0毫克/公升則对农作物的根部(指一般农作物)的生長不正常。

2.酚——苏联文献，摘自哈尔滨工业大学(污水处理)講义，据說用含酚的工业廢水灌溉农田，在农田进口水中含酚量为125毫克/公升，出口处水中仅剩20毫克/公升，农田生長的很好，一般均增产30%。据此試驗表明含酚量在125毫克/公升进行灌溉問題是不大的。

3.全盐——全盐系指硫酸鈉、氯化鈉、碳酸鈉三种盐类，据苏联科学院士A·И·科斯嘉科夫談，灌溉用水含全盐4,000毫克/公升时，土壤就开始盐漬化，而含盐为6,000毫克/公升时就不能进行灌溉。故灌溉时应小于4,000毫克/公升。

根据苏联水利与土壤改良科学研究所資料，用于灌溉的污水中其溶解盐类的容許含量可达800—1,000毫克/公升。

当土壤具有良好的透水性时，用于灌溉的污水中，其盐类含量可以容許到：碳酸鈉——1,000毫克/公升，氯化鈉——2,000毫克/公升和硫酸鈉——5,000毫克/公升。就盐类的总量(即全盐)来講，它們的容許含量的极限应该減少。

4.酸碱度(PH)——据苏联“土壤化学”一書指出，土壤中PH在4—8最适宜作物生長。据有关方面談，北京市灌溉的污水，PH在5.5—7.0最为适宜(即中性稍偏微的)。在考虑酸碱度时最好根据当地的土壤性質选择合适的数据。

5.上述国外几种資料并不見得完全适应我国需要，仅仅作为設計或使用时参考之用，在实际污水灌溉时应結合当地的水質、土壤以及灌溉技术在小规模試驗的基础上积累經驗，摸清水質，选择适合当地灌溉需要的水質控制标准。

4. 适宜北京地区污水灌溉水质暂行标准:

近年来随着郊区污水灌溉面积不断扩大,为了保证作物的丰收,有必要根据已有的和其它省市及国外的污水灌溉经验,暂时提出适合北京地区的污水灌溉水质控制标准、广泛地征求意见并不断于实践中加以补充。

北京地区污水灌溉水质控制标准 (建议性) 表 6

分析项目	最大允许含量 (毫克/公升)	分析项目	最大允许含量 (毫克/公升)
温度 (°C)	<40	砷	0.1—0.5
盐碱度 (PH)	5—8 (微碱性土) 6—9 (微酸性土)	铬	0.1—0.5
悬浮体	200—300 (粘性土) (砂性土)	酚	100
氯化物	250—350 (粘性土) (砂性土)	游离氯	100
全盐	800—1,000 (粘性土) (砂性土)	油脂含量	500
其他有毒物质	参考天津放入下水道标准		

注: 1. 温度——北京市污水主要是生活污水, 水温不太高, 一般水温在14—20°C左右, 很难达到40°C, 在灌溉过程中不断降温冲淡, 对作物不会有太大的影响, 因为天津已在40°C条件下进行了灌溉。

2. 酸碱度 (PH)——北京郊区一般为偏碱性土壤, 污水PH在8左右, 所以在灌溉的污水中, 以偏酸较适宜, 故取PH=5—8。

3. 悬浮体——北京污水中, 悬浮体一般在300毫克/公升左右, 更由于在管道渠道的沉淀其数量不会太大, 所以就取200—300毫克/公升。

4. 氯化物——天津为250毫克/公升, 国外文献<350毫克/公升。我们北京污水中实际氯化物亦在350毫克/公升左右, 我们认为在粘性土壤取250毫克/公升, 砂性土壤350毫克/公升, 所以取250—350毫克/公升。

5. 游离氯——我们采用国外资料。

6. 全盐——北京市污水中全盐一般在894毫克/公升左右, 我们参考苏联污水灌溉文献中最小的值800—1,000毫克/公升。

7. 铬、砷——我们参考国外文献和污水放入下水道标准取0.1—0.5, 这个标准是在允许灌溉范围之内。

8. 酚——主要根据苏联污水试验中含酚125毫克/公升而没发生问题, 因此取100毫克/公升。实际上仅工业废水中有此物质, 生活污水中很少。

5. 改善水質的几种簡單办法:

污水中含有过多的油脂、悬浮物質及寄生虫卵等都不利于农田灌溉和环境卫生, 故在利用污水进行灌溉前最好經過簡單的处理。下面介紹几种改善水質的办法:

(1) 土沉淀池在利用污水灌溉的地区, 可以利用农田附近的洼地泥塘作沉淀池, 引进污水沉淀, 这样不但有利作物生長, 而且对卫生和土壤都有很大好处。

1) 沉淀池的作用:

①可以杀死污水中的寄生虫卵, 效率可达98%, 保証率可达80—90%, 还可以防止疾病的傳播。

②沉淀下来的污泥, 是一种肥效很高的優質肥料。

③污水中肥效价值降低不多, 据苏联資料氮降低10—15%, 磷降低30%, 鉀降低5%, 据京郊右安門資料, 氮仅降低5%, 其他磷、鉀无多大变化。

④可以防止因污水中悬浮体过多致使土壤堵塞的現象产生。

⑤可以降低一部分有毒物質的含量。

2) 沉淀池尺寸:

20公尺(長)×4公尺(寬)×1.5公尺(深);

池流速<1毫米/秒, 流量5公升/秒;

池边坡为1:1, 沉淀時間2小时。

3) 据苏联經驗, 为了保証农田正常用水, 不至因污水流量不均匀而影响揚水站的揚水工作, 有必要在污水灌溉区内, 每750—1,000亩設容量为10,000—15,000立方公尺的沉淀池两个, 每个池的面积約为1.125—1.5亩, 以便在一年中一个工作, 另一个洒水, 晾干至冬季取其污泥作为肥料。

(2) 土調節池与沉淀池作用一样, 起沉淀、調節水量

作用，保證用水，提高灌水效率。它与沉淀池連在一起使用，其池容积約等于晝夜逕流量15—20%。

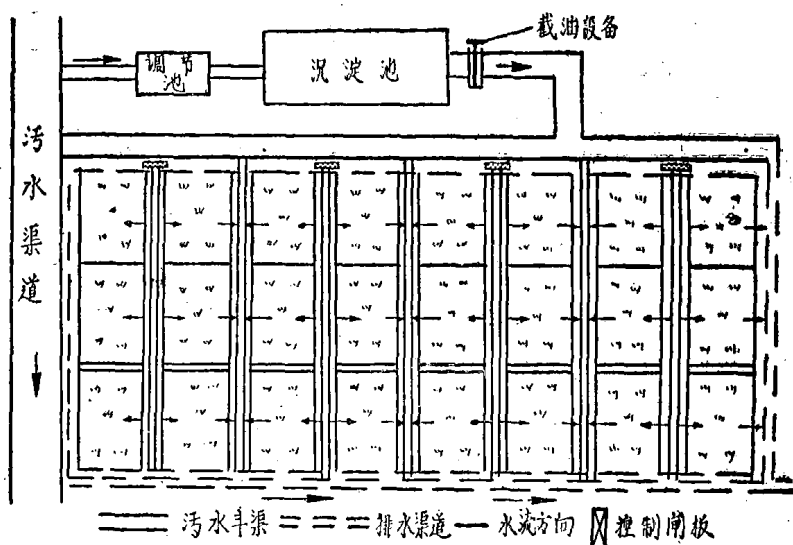


图 1 污水灌溉結構物农田使用平面示意图

(3) 截油設備在灌溉的污水中如含有油脂，則易封閉土壤表面孔隙，使土壤窒息，影响作物生長。为此，有必要設法除去污水表面所含的油脂，最簡單經濟的办法是在渠道进口处用草帘截去浮油。

六、灌 溉 技 术

1. 灌溉方法：

(1) 畦灌法：

1) 畦灌的优点：畦田克服了大水浸灌的缺点，畦長一般应比清水灌溉較短，污水在一定的畦格內澆地比較均匀，可