

# 农田爆破成腔技术对土壤水分蒸发的抑制效能

严宝文, 党进谦, 张锐华

(西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 农田爆破成腔技术是黄土区提高天然降水农业利用率的新方法。以 2000 年试区农田各深度土壤水分数据和试区的日蒸发量为主要研究数据, 通过对不同处理措施地块不同深度上的土壤水分与相应累积蒸发量的相关特征分析, 推求出不同处理地块中土壤水分可稳定保存的深度范围, 以此确定本区气候条件下, 最佳的爆破技术措施。

**关键词:** 农田爆破成腔技术; 土壤水分; 水分蒸发; 黄土地区

中图分类号: S152.7 文献标识码: A

## Research on the Restrain Effective on Soil-Water Evaporation of the Technology of Cavity-making by Explode in Farmland

YAN Bao-wen, DANG Jin-qian, ZHANG Rui-hua

(College of water conservancy and architecture engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, YangLing, Shaanxi Province, 712100)

**Abstract:** The technology of cavity-making by explode in farmland is a new way to improve the agricultural utilization ratio to natural rainfall in the Loess district. With the soil moisture data and local daily evaporation data of 2000, this paper discusses the relationship of soil moisture in different depth with different dealing measure and related accumulative volume of evaporation, ascertains the stable depth of soil moisture content in different dealing measure plot, so as to confirm the best explode technological measure under this district climatic conditions.

**Key words:** technology of cavity-making by explode in farmland; soil moisture evaporation; Loess area

## 0 引言

干旱是制约黄土高原农业发展的严重灾害问题, 该地区农业水资源十分匮乏, 宝贵的天然降水集中于 7、8、9 月, 且多暴雨, 天然降水大部分随暴雨径流损失, 入渗水分大部分沿黄土垂直裂隙渗漏于深层形成潜水, 很难为作物吸收利用<sup>[1,2]</sup>。为将有限的降水资源充分用于农业生产, 提高干旱地区天然降水的利用率, 提出了利用爆破成腔技术调蓄土壤水分的构想。

农田爆破成腔技术的方法原理是: 在作物根系可达到的土壤浅层用爆破法形成一定分布密度的爆破空腔。爆腔层上部为有限介质, 下部为无限介质, 爆破时起爆层上部土体将被显著松动, 毛管被破坏, 同时腔体侧壁上壁出现切向与径向爆破裂

隙, 爆破层下部土体则受到压实。这样, 具有足够空腔分布密度的成腔爆破实施后, 就既可在爆层上部形成更具吸收降水能力的松土层<sup>[3~5]</sup>, 又可在起爆层及其下部形成相对隔蓄水层, 阻挡降水的深层渗漏和阻止下层地下水毛管上升产生蒸发。1999~2003 年的种植试验表明, 完全免除人工灌溉条件下, 成腔爆破技术对小麦产量提高的作用是十分显著的。各年各试验小区小麦产量相对于对照区的增产幅度最高达 56.9%, 最低为 1.3%, 平均可达 25% 左右。而通过技术成本分析, 每年每公顷农田的技术成本为 800~1 000 元, 低于人工灌溉费用与增产效益总和, 因而经济上具有可行性。

由于抑制土壤水分蒸发是本技术的重要效果之一, 故对其进行深入研究, 进而反究该技术的最优要素组合是十分必要的。

收稿日期: 2004-12-30

基金项目: 西北农林科技大学科研专题(2003)项目“利用爆破法改善土壤蓄水能力的研究”资助。

作者简介: 严宝文(1970-), 男, 博士, 副教授, 主要从事农业水土环境与保护方面的研究工作。

# 1 实验方案

## 1.1 实验背景

试区选在陕西省杨凌农业高新技术产业示范区西北农林科技大学灌溉试验站内,地貌属于渭河三级阶地黄土台塬<sup>[6]</sup>,站内土质为全新统马兰黄土耕作层,土壤类型为瘠土。

## 1.2 地块处理措施

农田爆破成腔技术中,腔体分布密度、腔体埋深和孔底喷涂处理方法<sup>[6]</sup>都直接影响到爆腔层形成后对下渗水分的阻滞积蓄作用。试验选用这3个要素,设计了三因素两水平不含交互作用的 $L_4(2^3)$ 的正交试验方案进行验证(见表1)。

表1 爆破成腔试验方案

试验	因素		
小区号	腔体分布密度/(孔·hm <sup>-2</sup> )	腔体埋深/cm	孔底沥青喷涂
1	11 490	90	无
2	7 995	90	有
3	11 490	130	有
4	7 995	130	无

注:另设5号地为对照区,各试区面积均为0.0333hm<sup>2</sup>。

# 2 研究资料

## 2.1 土壤水分含量

爆破成腔技术对土壤水分蒸发的抑制程度应直接体现在土壤水分的变化特点上。土壤水分采用土钻取样,烘干法求取土样中水分重量百分比含量。取样方法是:每个小区按不同方位确定4个取样点,1号、2号小区和对照区按20cm、40cm、90cm和120cm4个深度顺序取样,3号、4号小区按20cm、50cm、100cm和150cm的深度取4个样,取样的时间间隔大体是15d。

## 2.2 蒸发量

蒸发量采用E601型蒸发量器观测日蒸发量,并以土壤水分观测日为界,计算该日期前3d、5d、10d和15d的累积蒸发量。

# 3 研究与分析

## 3.1 土壤水分含量与累积蒸发量的变化关系研究

取不同小区不同深度土壤含水量与2个较短日数的累积蒸发量变化制图(见图1),发现在90~120cm深度以上,土壤含水量与累积蒸发量的负相关关系明显,但在40cm深度上二者已出现部分的正相关关系,而在90~120cm以下二者则呈现正相关关系。后一种关系变化在各实验小区比对照区更为明显,显示爆破成腔技术抑制爆腔层上、下紧邻部分土壤水分蒸发的作用更显著。

## 3.2 相关特征研究

以不同小区不同深度土壤含水量与不同日数累积蒸发量

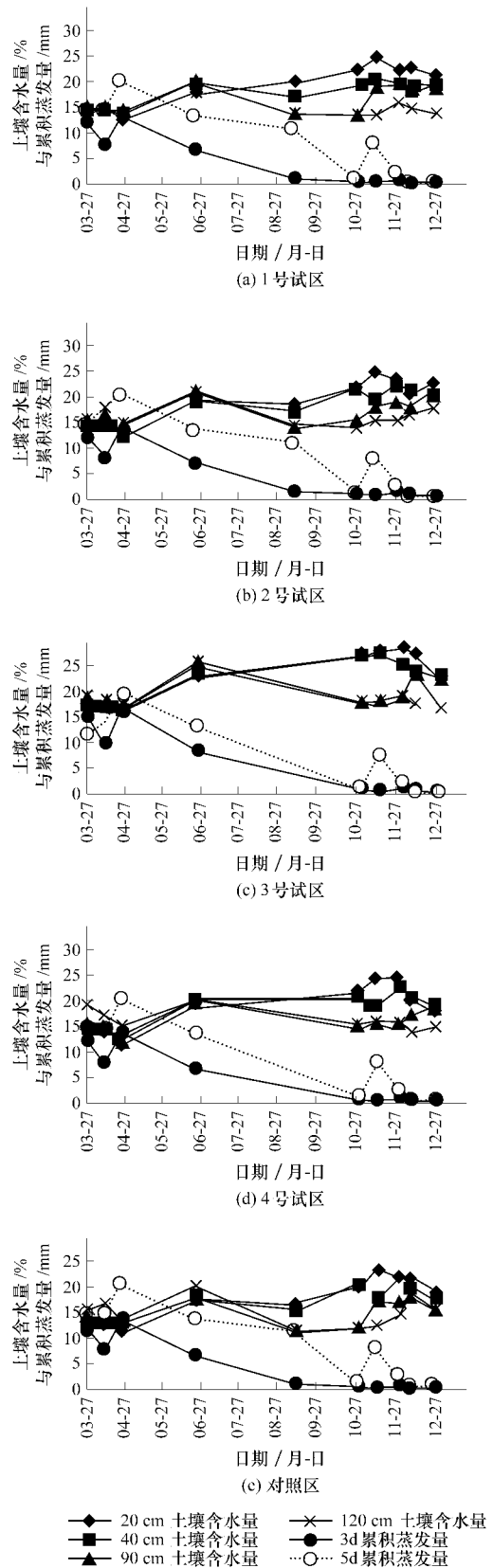


图1 各小区不同深度土壤水分含量与累积蒸发量变化关系图  
为数据源,进行两者的相关性特征分析。结果见表2。

## 3.3 结果分析

从图1和表2的各试验小区土壤水分变化可以看出:

表2 各小区土壤水分与累积蒸发量相关系数表

试区	累积蒸发/d	取土深度/cm			
		20	40	90	120
1号	3	-0.944 620	-0.828 150	-0.366 00	0.156 006
	5	-0.736 420	-0.817 050	-0.415 48	0.178 659
	10	-0.690 860	-0.611 25	-0.275 330	0.568 762
	15	-0.705 420	-0.430 41	-0.257 300	0.601 408
2号	3	-0.904 730	-0.885 010	-0.404 500	0.074 116
	5	-0.814 560	-0.715 690	-0.460 910	0.290 651
	10	-0.626 470	-0.731 250	-0.232 980	0.611 597
	15	-0.642 600	-0.641 210	-0.194 320	0.676 360
150 cm					
3号	3	-0.880 200	-0.871 620	-0.246 740	0.634 668
	5	-0.631 700	-0.634 160	-0.253 270	0.674 781
	10	-0.555 120	-0.491 980	0.554 096	0.800 316
	15	-0.473 080	-0.485 800	0.684 631	0.818 421
150 cm					
4号	3	-0.896 680	-0.886 910	-0.186 530	0.653 790
	5	-0.688 290	-0.655 770	-0.185 800	0.714 014
	10	-0.579 510	-0.499 630	0.439 079	0.847 040
	15	-0.607 400	-0.541 280	0.579 577	0.859 589
对照区	3	-0.889 250	-0.892 810	-0.242 890	0.218 946
	5	-0.820 800	-0.840 770	-0.326 090	0.074 834
	10	-0.656 420	-0.647 160	-0.192 190	0.212 315
	15	-0.673 010	-0.576 350	-0.170 870	0.273 953

注:3号、4号试区取土深度40 cm和90 cm的相关系数为内插取值。

(1)各小区土壤水分与不同日数累积蒸发量的相关性变化趋势大体一致,表明数据观测具可靠性。

(2)以90 cm为界限,相对于对照小区,在120~150 cm深度上,各试验小区中土壤水分与不同日数累积蒸发量的正相关性较高,说明爆腔层下部土壤水分含量不太受地面累积蒸发量的影响。这显示爆破成腔技术抑制爆腔层下部土壤水分蒸发的作用明显。

(3)在20和40 cm深度上,同对照小区相比,各试验小区中土壤水分与3 d累积蒸发量的负相关性差别不大;但与5 d累积蒸发量的负相关性差别则较明显,尤其是3号、4号小区,其土壤水分与5 d累积蒸发量的负相关性更从3 d的-0.88左右陡降至-0.65左右。说明经过3 d的蒸发后,3号、4号小区爆腔层上部土壤水分蒸发已受到毛管被爆破过程破坏的影响,其土壤水分蒸发过程受到一定程度的抑制。

(4)相对于3号、4号小区,1号、2号试验小区和对照小区土壤水分与10 d和15 d累积蒸发量的负相关性差别不大,可能是因为1号、2号试验小区腔体埋深较小,上部土体中的各种爆破裂隙多数已弥合,使毛管又得以恢复,因此土壤水分的蒸发特点已与对照小区接近一致,显示出了土壤含水量与不同天数累积蒸发量相随性较好的特点。

(5)从抑制土壤水分蒸发的效果来看,显然3号、4号小区的爆破成腔技术参数设计更优。因为这两区中,不论是爆腔层下部土壤水分还是爆腔层上部土壤水分的蒸发都受到了明显的抑制。而1号、2号试验小区仅是爆腔层下部土壤水分的蒸发受到了抑制,其爆腔层上部土壤水分的蒸发与对照小区趋于一致。鉴于3号、4号地共同的技术参数是腔体埋深为130 cm,而1号、2号地均为90 cm,可以推测本地区爆腔埋深在130 cm处时更能促进土壤积蓄降水能力的提高。

(6)对表2数据的进一步研究发现,3号小区爆破成腔技术参数设计在抑制爆腔层上部土壤水分的蒸发效果上比之4号小区要更好些,其土壤水分含量与5 d、10 d和15 d累积蒸发量的负相关系数都小于4号小区,显示3号小区爆破技术参数组合(爆腔埋深在130 cm、每公顷腔体密度为11 490孔、孔底采取沥青喷涂处理)是较优的。这一结论与连续5年该小区小麦产量均居各小区首位的结果以及其他相关研究的结论也一致<sup>[7,8]</sup>。

## 4 结 语

从抑制土壤水分蒸发的效果来看,相对于对照小区,各试验小区爆腔层下部的土壤水分蒸发都受到了抑制;而在抑制爆腔层上部(根系层)土壤水分蒸发的效果上,3号、4号小区表现更佳,尤以3号小区的抑制作用明显。显示相对于本区的土质和降水特点,最优的爆破技术参数组合是:爆腔埋深130 cm,腔体密度11 490孔/hm<sup>2</sup>,孔底采取沥青喷涂处理。同时,在这样的技术参数组合下,爆腔层上部土体中的各种爆破裂隙保存时间也较长久,有利于降水下渗和积蓄,使该技术的综合效能发挥更佳。

利用爆破空腔来调节土壤水分,促进作物增产是国内外无先例可循的较新研究,经济技术分析也表明<sup>[8]</sup>用爆破方法对黄土区农田浅层(根系层土壤)进行改造具有经济合理,施工周期短和施工简便的特点。另外,除可用于农地外,该技术在各类果园中也有应用的可行性。因此,该技术的美好前景一定会为广大农技专家和农民所乐见,成为振兴半干旱、干旱的黄土高原地区农业,创造秀美山川的一项必备措施。

### 参考文献:

- [1] 山 仑,陈国良.黄土高原旱地农业的理论与实践[M].北京:科学出版社,1993,222—226.
- [2] 西北农大农业水土工程研究所.西北地区农业节水与水资源持续利用[M].北京:中国农业出版社,1998:452.
- [3] 党进谦,包忠谟,邓汉祥,袁文豪.农田爆破成腔技术的试验研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2002,30(6):11—14.
- [4] 邓汉祥,袁文豪,包忠谟,朱建强.农田地下爆破空腔使小麦增产的研究[J].火炸药学报,1998,(2):9—12.
- [5] 林大能,罗艾民,胡 伟.条形装药爆破成腔半径的弹塑性估算[J].岩土工程学报,2003,25(1):56—59.
- [6] 李佩成,刘俊民.论黄土台塬的地质地貌特征[J].干旱地区农业研究,1995,(50):12—15.
- [7] 党进谦,严宝文,李 靖,包忠谟.爆破成腔技术在旱作农业中的应用[J].水利学报,2002,(10):103—106.
- [8] 严宝文,李 靖,包忠谟,邓汉祥,袁文豪.农田爆破成腔技术要素与作物产量关系的正交试验研究[J].农业工程学报,2000,16(5):41—43.