

农田爆破成腔技术的试验研究^{*}

党进谦¹, 包忠谟¹, 邓汉祥², 袁文豪²

(1 西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

[摘要] 采用田间试验方法研究爆破成腔技术在旱作农业中的应用, 结果表明: 爆破成腔技术可在作物根系层土壤中形成稳定的爆破腔体和纵横交错的裂隙, 增大作物根系层土壤的透气性; 改善旱季农田土壤墒情; 增加干旱地区农作物产量。

[关键词] 旱作农业技术; 爆破成腔; 土壤水分; 土壤结构; 土壤透气性

[中图分类号] S156 92 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387 (2002) 06-0174-03

水资源短缺是制约我国农业可持续发展的关键因素^[1]。受气候条件和水文地质条件的影响, 黄土高原地区降水量小, 蒸发量大, 农业水资源十分匮乏, 农田土壤水分含量偏低, 地下水埋藏较深且储量有限。为了战胜干旱, 人们除了兴修水利发展灌溉外, 还创造了多种提高农田降水利用效率的技术^[2], 但这些方法或由于造成表土深埋, 养分亏缺, 或由于投资偏高等原因而未能全面推广。

爆破成腔技术是一项新的旱作农业田间技术, 是从永久性或非永久性地改善作物根系层土壤结构着手, 与现行的各种田间保水抗旱措施完全不同。当适当药量的药包在土壤浅层(1~2 m)部位爆炸时, 由于爆破空腔上下部的边界条件差异较大, 爆破空腔的上部为有限介质, 下部为无限介质, 爆炸时上部土体被显著松动, 同时出现许多切向与径向爆破裂隙。爆破空腔的下部土体则被压实, 形成完整厚实的压缩层。如果多个均匀分布的药包在土壤同一深度同时爆炸, 即可改善土壤的原有结构, 在作物根系层土壤中形成上部裂隙发育、下部密实的土壤水调蓄层, 增大作物根系层土壤的透气性, 有利于作物根系的生长发育; 增强上部土壤的透水性, 吸收更多的降水进入土壤, 减小降水的径流损失, 下部形成的密实隔水层, 阻挡降水深层渗漏, 把天然降水尽可能多的蓄积在该层中, 被作物充分吸收利用。本文从炮孔深度、间距及每孔装药量等爆破参

数的设计入手, 探索最佳农田爆破成腔技术方案。

1 试验研究

与一般工程上的空腔爆破和单纯的松动爆破不同, 该技术的目的既要形成稳定的爆破空腔, 又要形成贯穿于整个上部土壤介质的爆破裂隙, 同时在爆破空腔下部形成完整的隔水层。因此, 试验研究主要拟探索解决的问题有炮孔深度、间距及每孔装药量。

1.1 爆破参数的设计

决定爆破孔深度的主要因素有两个: 一是生产因素, 也就是保证爆破空腔层所阻蓄的降水能有效地被作物吸收利用, 陕西关中地区大田作物, 尤其是主产作物冬小麦根系分布主要在1.5 m深度范围内, 因此爆破形成的空腔层的埋置深度不宜超过1.5~2.0 m; 二是爆破因素, 受爆破成腔原理制约, 炮孔深度不能过小, 否则在一定的装药量下, 由于上覆土层厚度小, 爆破时将上覆土层抛向空中, 不会形成牢固的爆破空腔, 也没有较稳定的爆破裂隙, 达不到预期的爆破效果。已知爆破最小抵抗线公式为^[3]

$$Q = f(n)kd^3 \quad (1)$$

式中, Q 为药包质量, kg; $f(n)$ 为爆破作用指数; k 为土质系数; d 为最小抵抗线距离(炮孔深度), m。

炮孔间距直接影响爆破成腔技术的投资成本, 是该技术设计要解决的第二个关键问题。爆破空腔中心距过大, 爆破后形成的压缩层彼此不连接, 不

^{*} [收稿日期] 2001-10-30
[基金项目] 教育部博士点基金资助项目(970701)
[作者简介] 党进谦(1964-), 男, 陕西澄城人, 副教授, 硕士, 主要从事黄土工程性质研究。

能形成连续阻滞降水的隔水层, 爆破空腔中心距大小, 使该技术成本明显提高, 且爆破时可能出现相邻爆破空腔侧壁击穿的现象。根据爆破原理^[3], 炮孔埋深确定后, 爆破空腔中心距按 $l=1.95[f(n)]^{1/2}d$ 计算, 式中, l 为炮孔间距 (爆破空腔中心距), m。

1.2 试验方案设计

依据爆破原理并考虑生产因素, 选取面积在 36~300 m² 的试验小区 8 个, 设计多个水平的炮孔深度、密度及装药量。首先制订了 8 个爆破试验方案, 见表 1 中 1~8, 于 1993 和 1994 年在西北农林科技大学乾县枣子沟水土保持试验示范区进行爆破试验, 炮孔采用洛阳铲人工成孔, 群孔起爆。爆破

后对爆破地现场开挖, 可知爆破成腔效果较理想, 爆破空腔稳定, 爆破空腔层下侧土壤被压实, 上侧土壤中有清晰可见的裂隙。从 1994~1997 年分别测定这些爆破地块上的冬小麦产量, 根据实测的冬小麦产量和各地块爆破参数设计的分析, 表明在黄土高原地区爆破成腔技术的较优爆破方案为炮孔深度小于 1.5 m, 炮孔间距 1.0 m 左右, 每孔装 100 g 2# 硝氨炸药。根据该结果, 又设计炮孔深度分别为 90, 130 cm, 炮孔密度分别为 7 995, 11 490 个/hm², 每孔装药量为 100 g 的爆破方案 4 个, 见表 1 中 9~12, 于 1998-10 在西北农林科技大学灌溉试验站选择 1 650 m² 生产地进行爆破。

表 1 爆破试验方案
Table 1 Explosion experiment scheme

序号 Sequence	地点 Place	面积/m ² Area	布孔特征 Blasting layout			孔深/m Depth of holes	装药量/g Explosive capacity	爆破时间 Blasting time
			密度/ (个·hm ⁻²) Density	孔距/m Distance of holes	排距/m Distance of rows			
1	乾县试区 Experiment plot in county Qian Xian	36	10 000	1.0	1.0	1.8	250	1993-07
2		100	3 500	1.8	1.6	1.8	250	1993-07
3		100	2 200	2.5	2.2	2.0	400	1993-07
4		100	1 400	3.0	2.7	2.3	500	1993-07
5		100	2 700	2.0	1.73	1.8	250	1993-07
6		300	6 000	1.25	1.25	1.0	150	1994-08
7		102	7 059	1.22	1.0	1.0	150	1994-08
8		300	4 800	2.0	1.0	1.0	150	1994-08
9	西农灌溉站 Irrigating station at NWUA	334	11 490	0.93	0.93	0.9	100	1998-10
10		334	7 995	1.12	1.12	1.3	100	1998-10
11		334	7 995	1.12	1.12	0.9	100	1998-10
12		334	11 490	0.93	0.93	1.3	100	1998-10

2 效果分析

爆破实施后, 1999~2001 年重点对 9~12 号地的含水量及冬小麦产量进行测定。含水量为重量含水量, 现场人工取样, 烘干法测定。已知灌溉试验

站 0~100 cm 内土层的平均干容重为 1.44 g/cm³^[4], 依据实测含水量计算土壤蓄水量。每年小麦收割后随机抽样测定各地块的冬小麦产量, 实测结果见表 2。

表 2 爆破成腔技术的保水增产效果

Table 2 Effects of blasting cavity technique on water holding capacity and increasing yield

密度/ hm ⁻² Density	孔深/cm Depth of hole	保水效果 Effects of water holding				增产效果 Effects of increasing yield					
		降水后第 4 天 4 d after precipitation		长期干旱后 Dry for a long time		1999 年		2000 年		2001 年	
		蓄水量/ (m ³ ·hm ⁻²) Water storage	增幅/% Growth rate	蓄水量/ (m ³ ·hm ⁻²) Water storage	增幅/% Growth rate	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increases production	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increases production	产量/ (kg·hm ⁻²) Yield	增产/% Increases production
11 490	90	3 034.4	27.9	2 397.6	31.3	3 354	17.2	5 097	21.6	2 748	14.5
7 995	90	3 003.7	26.5	2 380.8	30.2	4 326	51.2	4 848	15.7	2 895	20.6
7 995	130	3 159.6	33.1	2 487.5	36.0	4 491	56.9	6 873	64.0	2 892	20.5
11 490	130	3 169.5	33.6	2 499.4	36.7	3 579	25.1	4 584	9.4	2 733	13.9
对照 Control		2 373.0		1 828.4		2 862		4 191		2 400	

2.1 蓄水效果

表 2 中 3~6 列为两个典型时间试验地和对照

地 0~100 cm 深度内的蓄水量, 3~4 列为降水后第 4 天实测的蓄水量, 测定时间为 1999-04-30, 1999-

04-23~ 1999-04-26 杨陵地区连续降水 4 d, 降水量为 51.3 mm。5~ 6 列为长期干旱后实测的蓄水量, 测定时间为 1999-03-10, 1998-10-30~ 1999-03-10 灌溉试验站气象站实测降水量仅 1 mm。由表 2 知, 试验地的蓄水量均高于对照地, 干旱时间越长, 试验地的保水效果越好, 可见爆破成腔技术有利于地表水的入渗, 减小土壤表面蒸发, 能有效地提高土壤调蓄降水的能力, 增大土壤的蓄水量, 改善旱季农田土壤墒情。

2.2 增产效果

由表 2 可见, 冬小麦 1999 年的增产幅度为 17.2%~ 56.9%, 2000 年为 9.4%~ 64.0%, 2001 年为 14.5%~ 20.6%, 可见爆破成腔技术对冬小麦增产效果明显。爆破在土壤中形成稳定的爆破空腔和纵横交错的裂隙, 一方面促进降水的下渗和积蓄, 为作物吸收利用提供基础; 一方面裂隙、腔体与大气间构成交流通道, 改善土壤的透气性, 进一步促使作物增产。

2.3 成本分析

爆破成腔技术成本包括成孔费和器材费, 深度 1.1~ 1.5 m 的炮孔人工成孔费 0.3 元/孔, 大面积爆破时机械成孔费用还可降低; 电雷管 0.5 元/支; 2[#] 硝氨炸药 2 元/kg; 导线平均 0.1 元/孔, 则单孔成本为 1.1 元, 以 8 000 孔/hm² 计, 爆破费用为 8 800 元/hm², 农田爆破腔室及裂隙有效期以 15 年计, 每年农田分摊的成本为 587 元/hm²。

1999~ 2001 年试验地平均增产 883.5 kg/hm², 增产幅度最大的试验地 3 年平均增产 1 601 kg/hm², 小麦单价以 1.0 元/kg 计, 仅小麦每年增收 883.5 元/hm², 连续几年的试验观察可知, 在干旱地区通过爆破成腔技术处理的农田, 在正常降水年份可免灌或少灌, 陕西关中地区农田每年灌水费用为 2 000~ 3 000 元/hm², 可见该技术在经济上是可行的。在黄土中随处可见自然发育或人工开挖形成的腔室及裂隙, 调查可知这些腔室及裂隙可保存 30~ 50 年或更长时间^[5], 可见农田爆破腔体及裂隙保存 15 年是保守的。

3 结 语

农田爆破成腔技术是一项有待深入研究开发的旱作农业田间新技术, 本研究结果表明, 在陕西关中地区较优的爆破方案是炮孔深度 1.3 m, 密度 8 000 hm⁻², 每孔装 100 g 2[#] 硝氨炸药。炮孔间距 (爆破空腔的分布密度) 是该技术成本的最主要影响因素, 爆破空腔密度若能减小, 该技术成本将随之降低。

由于试验条件限制, 爆破成腔技术在提高土壤保水能力、增加作物产量方面的作用机理仍不明确, 对试验中出现的一些现象无法从理论上作出解答; 爆破成腔技术对土壤浅层入渗、表面蒸发的影响规律没有进行试验, 这些问题需进一步观察研究。

[参考文献]

- [1] 康绍忠, 蔡焕杰, 马孝义. 旱区农业水土工程科学的研究现状与未来研究方向 [A]. 康绍忠. 农业高效用水与水土环境保护 [C]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2000. 19-23.
- [2] 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.
- [3] 陶颂霖. 爆破工程 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1979. 175-178.
- [4] 韩 娟. 利用大型蒸发仪测定蒸发蒸腾量及作物需水量计算方法的研究 [D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 2000.
- [5] 黄河水利委员会水利科学研究所. 黄河流域旱井调查研究 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1958.

Experiment on technique of cavity making by explosion in agriculture

DANG Jin-qian¹, BAO Zhong-mo¹, DENG Han-xiang², YUAN Wen-hao²

(1 College of Water Resources and Architectural Engineering, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: Field experiment is carried out to study the use of cavity making by explosion in arid-agriculture. Results indicate that cavity making by explosion can make a steady blasting cavity and crisscross fissures in the soil in the crop root zone and raise the air permeability of the soil in this zone. Also, it can improve the soil moisture in drought season and increase the crop yield in arid areas.

Key words: arid-agriculture technique; cavity making by explosion; soil moisture; soil structure; soil permeability