

开发渭北旱塬农田蒸发水新技术

李旭辉¹, 李立科¹, 赵二龙¹, 王兆华²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院; 2. 西北农林科技大学经济管理学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 分析总结了开发农田蒸发水的可行性、可能性, 调查了降雨量、蒸发水对旱区作物产量的影响及试验研究, 提出了“留茬免耕秸秆全程覆盖”耕作新技术。在我们试验条件下, “留茬免耕秸秆全程覆盖”技术较传统耕作技术, 小麦增产 56.4%, 玉米增产 87%, 夏闲期土壤含水量增加 4.4%。多年试验、示范结果表明: “留茬免耕秸秆全程覆盖”是减少农田蒸发水、解决旱地农田干旱、增产增收、保护生态、培肥地力、投资少、易操作的一项先进实用技术。

关键词: 渭北旱塬; 农田蒸发水; 全程覆盖; 新技术

中图分类号: S152.73

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0234-03

The New Technique of Exploiting Farmland Evaporation Water on Weibei Arid Highland

LI Xu-hui¹, LI Li-ke¹, ZHAO Er-nong¹, WANG Zhao-hua²

(1. College of Resource and Environmental Science, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry,

2. College of Economics and Management Science, Northwest Sci-tech

Univ. of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The authors analyse and summarize feasibility and probably of exploiting farmland evaporation water; At the same time, the effects of precipitation and evaporation to grain yield were investigated and field experiments were conducted, with “left stubble non-tillage straw mulching for whole growing process” cultivated new technique. On our experiment condition, with the technique raising wheat yield 56.4%, raising maize yield 87%, soils content of water increasing 4.4% in 0~200 mm in summer fallows than tradition tillage technique. The numerous experiment and demonstrate results show: “left stubble non-tillage straw mulching for whole growing process” is the advanced applied technique of reducing farmland evaporation, improving dryland, increasing yield and income, protecting ecology, fertility raising, little input, operating easy.

Key words: Weibei arid high land; farm land evaporation; mulching for whole growing process; new technique

渭北旱塬人均土地多, 日照充足, 温差大, 农业生产富有潜力, 但在农业生产中存在着干旱、水土流失、沙尘暴及土壤肥力递减等问题。为有效解决这些问题, 我们研究、推广了“留茬免耕秸秆全程覆盖”新技术, 使农业高产高效, 区域生态环境优化, 农业持续发展。

1 试验区概况

陕西省人民政府为开发渭北, 解决农田干旱, 于 80 年代初建立了合阳甘井旱地农业试验站, 该站地处渭北旱塬东部地势北高南底, 海拔 1 000 m 左右, 位于北纬 34°10′~36°20′, 东经 106°20′~110°40′, 是典型的黄土高原沟壑区, 当地塬面平坦开阔, 光热资源较为充足, 年均温度 10.5℃, 年日照时数为 2 528 h, 年降雨量 350~550 mm, 主要集中在 7、8、9 三个月, 降雨年际间分配不均匀, 属半湿润易旱区。土壤以壤土为主, 土层深厚, 对开展旱地农业研究及水土保持、生态环境建设试验、示范、推广具有较好的代表性。几十年来, 辛勤工作在该站的农业科技工作者, 为农业综合开发做出了卓有成效的工作, 其中“留茬免耕全程秸秆覆盖”耕作技术是减少土壤表层水分蒸发、解决农田干旱缺水最有效的农艺措施之一。

2 解决农田干旱的问题

回顾农业土壤耕作历史, 始耕期自然条件较为优越, 品种的增产潜力有限, 所以水肥都能满足, 人们只要扩大种植面积, 就能获得较好的收成。在人口不断增加的情况下, 为了解决吃饭, 增加收入, 除广种薄收外, 以提高单产搞复种的种植方法不断扩大。这时土壤中的水肥都显不足, 便开始了施有机肥和轮作倒茬培肥地力, 修库塘、打水窖、打坝、修梯田、完善以犁、耙、耨为体系的耕作法来提高自然降水的保蓄率和利用率。另外研究抗旱品种、在有水源的地方兴修水利, 增施化肥以提高作物产量。发展至今, 在北方为解决农田干旱可以开发的水源已开发殆尽, 如何寻找新的水源进行有效开发, 解决农田干旱, 促进农业持续快速发展, 已成为旱农研究和推广工作的主要任务。

3 开发旱地农田水资源

3.1 水资源可利用量计算的新观点

陆地上水资源可利用量一直沿袭的计算方法是: 水资源可利用量 = 河流水 + 湖泊水 + 地下水

而经过多年试验表明, 降于地面的雨水在北方: (1) 有

* 收稿日期: 2006-06-14

作者简介: 李旭辉(1958-), 女, 陕西临潼人, 副研究员, 主要从事土壤资源、植物营养研究工作。

60% 被蒸发; (2) 有 30% 被植物利用; (3) 有 10% 因径流渗漏变成了河流湖泊和地下水。

如果按上述的方法来计算, 就会把大量被蒸发的水遗漏掉。

降于地面的雨都是水, 只因到了下垫面, 遇到的环境不同, 最后形成的可见水量也就不同。如能把降于地面的雨水从一到地面就开始收集贮藏起来, 减少蒸发, 仅这一项, 在北方比该处河流、湖泊和地下水的总量大 6 倍。因此, 开发农田蒸发水很有潜力。

陆地上的淡水资源都是来源于自然降水, 计算水资源可利用量应以气象上记录统计的降雨量为依据较为适宜。

3.2 开发农田蒸发水的可行性

这里举几个实例说明:

(1) 在陕西榆林城以北的毛乌素沙地, 降雨一到下垫面, 就进行了收集贮藏, 很快就渗到了沙地深处, 减少了蒸发, 深处的水逐年增多, 便从高处集中流到低处, 形成海子, 最后从红石峡流出, 供人们生活、生产和灌溉用。在榆林城的南部丘陵沟壑区, 降于地面的雨水, 被黄土吸收, 入渗浅。在风吹日晒下, 大量的水分被蒸发, 损失掉, 下渗到深处, 集中于沟道, 形成像沙漠中海子一样多的水的现象很少。

(2) 我国兰州以西的农民, 于地面上覆盖沙子, 减少蒸发, 提高了自然降水的入渗率, 解决了旱地上农作物水分不足的问题。

(3) 我们在渭北的旱耕地上每公顷覆盖 9 750~ 11 250 kg 麦草, 减少蒸发, 每年可为每公顷耕地增加 600~ 1 200 m³ 的水分, 保证了作物的高产、稳产^[1]。

从上例可以看出, 对于降于地面的雨水, 立即就收集开发利用, 减少蒸发, 水量就会大大增加, 所以开发蒸发水, 是有可能的, 量是很大的, 是个新水源。

3.3 依靠自然降水, 解决渭北农田干旱的可能性

农业生产条件下不外乎光、温、水、肥四大要素。渭北旱塬光照充足, 温度适中, 水、肥是重点考虑的问题。肥是可控的, 而水分胁迫是限制生产的主要因素。

依靠自然降水解决农田干旱有无可能? 北方半干旱和半湿润易旱地区的旱耕地是处在降水 350~ 550 mm 的地区, 而这些地区所种农作物的需水量是在 230~ 450 mm 之间, 减去蒸发, 有 200~ 300 mm 也就够用, 降水量超过了农作物的需水量, 解决旱耕地上的缺水是有可能的。

自然降水量超过了农作物的需水量, 为什么产生干旱呢? 原因是: (1) 以犁、耙、耨为体系的传统耕作法, 对自然降水的保蓄率只有 25% ~ 35%, 所降的雨水 50% ~ 60% 被蒸发; (2) 有 5% ~ 15% 水分流失; (3) 由于自然降水的多变性和季节的分布不均, 与按季节播种生长的农作物需水不相吻合, 造成了干旱。地处黄土高原上的旱耕地, 2 m 土层能接纳 500~ 600 mm 的降水^[2]。如能把较多的自然降水接纳保蓄在深厚的黄土之中, 使其少蒸发、少流失, 使多变的自然降水变成被土壤控制, 能被作物自由吸收利用, 同时进行余缺调剂的有效水, 就可使农作物高产稳产。

4 调查试验结果与分析

4.1 降雨对产量的影响

2003 年渭北是一个多雨年份, 在合阳甘井降了 817 mm 雨水, 施足肥的玉米公顷产 11 250 kg。2004 年 10 月至 2005 年 8 月仅降了 280.5 mm 雨水(见表 1), 因为干旱, 旱地玉米公顷产 6 000 kg 上下, 灌水的高达 13 500 kg。2003 年降了 817 mm 水, 所以 2004 年因为底墒足, 水分满足了小

麦的需求, 麦收后于 19 户中调查, 公顷产 6 000 kg 以上就有 7 户, 7 500 kg 以上的两户, 6 户平均公顷产达到 4 875 kg, 合阳全县的小麦平均公顷产达到了 3 465 kg, 比历史最高平均公顷产 3 187.5 kg 还高出 277.5 kg。2004 年 7 月至 2005 年 5 月在合阳甘井降了 448.7 mm 水(见表 2), 全县水旱地的小麦平均公顷产仅有 2 700 kg。甘井乡万年村村民乔新发灌水的果园公顷产值达到 15 万元以上, 而未灌水的仅有 7.5 万元。从以上的调查和观察看, 缺水干旱已成为限制渭北农业进一步发展的主要限制因素。

表 1 2004 年 10 月至 2005 年 8 月玉米生产年度降水量(合阳甘井)

年 月	2004			2005								总降水量
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	
降水量/mm	19.6	8.0	18.1	0.0	1.5	6.2	15.0	35.4	53.9	73.6	49.2	280.5

表 2 2004 年 7 月至 2005 年 5 月小麦生产年度降水量(合阳甘井)

年 月	2004						2005					总降水量
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
降水量/mm	92.0	180.0	72.3	19.6	8.0	18.1	0.0	1.5	6.2	15.0	35.4	448.7

4.2 蒸发对产量的影响

2005 年因小麦的生产年度降水少(448.7 mm) 是个旱年, 水分对小麦产量的高低影响很大。于收麦时在合阳县南部海拔 500 m 上下、蒸发量大的黑池、新池 9 户人家 4 hm² 的旱地小麦调查, 最高单产 1 500 kg/hm², 最低 750 kg/hm², 平均 1 149.8 kg/hm²。而在合阳县北部海拔 900 m 上下蒸发量小的甘井村 8 户人家 2.7 hm² 调查, 最高单产 3 000 kg/hm², 最低 1 650 kg/hm², 平均为 2 196.75 kg/hm²。皇甫庄海拔 1 000 m 上下的埝吉、陈峪调查 12 户 3.5 hm², 最高单产 3 000 kg/hm², 最低 1 725 kg/hm², 平均 2 406 kg/hm²。另外, 坊镇北勃海杨和平家调查 0.2 hm², 蒸发量小的阴坡地小麦单产 3 300 kg/hm², 0.13 hm² 蒸发量大的阳坡地小麦单产 2 250 kg/hm²; 路井西吴 3 组席喜茂 0.12 hm² 蒸发量小的阴坡地小麦 225 kg, 0.13 hm² 蒸发量大的阳坡地产小麦 160 kg。从以上调查可以看出, 农田蒸发对产量有着明显的影响。

4.3 “留茬免耕秸秆全程覆盖”试验结果

2004 年于小麦收后留茬粉碎秸秆覆盖, 玉米收完果穗后碾倒秸秆覆盖免耕, 喷除草剂和农药消灭杂草和病虫, 休闲, 应用施肥穴播机施肥播种, 保留覆盖物作到全面全程覆盖, 小麦玉米生长期再喷除草剂和农药, 消灭杂草和病虫。试验种植的 0.8 hm²“留茬免耕秸秆全程覆盖”小麦单产达到 6 163.5 kg/hm², 达到 1 mm 降水产 0.915 kg, 较对照增产 57.8%。示范推广的 9.2 hm², 平均单产达到了 3 892.5 kg/hm², 比应用传统蓄水保墒方法的对照平均单产 2 488.5 kg/hm² 增产 56.4%。示范种植的 0.67 hm² 玉米留茬免耕秸秆全程覆盖, 单产达到了 9 417.8 kg/hm², 较传统的蓄水保墒方法单产 5 032.5 kg/hm², 增产 87%。在合阳甘井连续三年试验, 于小麦收获前遇雨套种玉米, 玉米收后再回种小麦, 把两季所产的秸秆打碎覆盖在地面进行纳雨保墒, 小麦平均单产为 4 265.3 kg/hm², 玉米平均单产为 6 149.3 kg/hm²。2005 年是个旱年, 小麦的生产年度降水仅有 447.8 mm, 春玉米生产年度降水为 280.5 mm, 减少蒸发和流失的水分, 该技术所保蓄的水分使小麦玉米都达到了灌水条件下的产量。

2005 年小麦收后,夏 闲期留茬免耕秸秆覆盖与传统耕 作法保水效果如下:

表 3 小麦收后夏闲期留茬免耕秸秆覆盖与传统耕作法(CK)的保水效果

测土深度/ cm		0~ 20	20~ 40	40~ 60	60~ 80	80~ 100	100~ 120	120~ 140	140~ 160	160~ 180	180~ 200	平均
6 月下旬小麦收后土壤剩余水分/ %		8. 9	9. 2	8. 6	8. 0	7. 9	8. 3	8. 8	9. 4	9. 8	10. 4	8. 9
9 月上旬小麦播前	CK	20. 4	17. 1	17. 8	16. 0	12. 1	10. 9	10. 7	10. 7	11. 4	12. 1	13. 9
土壤增加水分/ %	覆盖	20. 9	19. 8	19. 3	19. 6	18. 6	18. 9	17. 6	15. 8	12. 4	12. 1	17. 4

由表 3 也可以看出,留茬免耕全程覆盖夏闲期土壤含水量增加 8. 4%,传统耕作法增加 5. 0%,前者较后者土壤含水量增加 4. 4%。即留茬免耕全程覆盖较传统耕作法有明显的接纳雨水和蓄水保水作用。

5 如何开发蒸发水解决农田干旱

试验研究结果表明:“留茬免耕秸秆全程覆盖”耕作新技术是减少土壤表层水分蒸发,解决旱地农田干旱缺水一条重要途径。他的蓄水保墒原理是仿森林生态的原理于农田,留茬相当于森林中的杂草和灌木的根茬,所覆盖的农作物秸秆相当与森林中的枯枝落叶,在留茬固定秸秆的阻隔下可以减少雨滴对地面的打击和对结构的破坏,防止土粒分散后对表层透水空隙的密封,从而增加降水的就地入渗和增多土壤的蓄水量,减少径流;覆盖也防止土——气界面的水分交换,土壤水分向空气逸散,从而有效拟制土壤水分蒸发^[3];同时,免耕不翻动土层也减少土壤水分蒸发和水土流失,提高土壤蓄水保墒能力。此外,留茬免耕秸秆覆盖能防沙化尘暴,秸秆参考文献:

[1] 李立科,王兆华,赵二龙,等. 蒸发水——西部开发的新水源[J]. 干旱地区农业研究,2002,(3): 97– 100.
[2] 李立科,王兆华,赵二龙,等. 论传统耕作方法再西北农业中的弊病与改革方法[J]. 甘肃农业大学学报, 2003 , (增刊): 41– 43.
[3] 李生秀,等. 中国旱地农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003. 29.
[4] 李立科. 小麦留茬少耕秸秆全程覆盖新技术[J]. 陕西农业科学, 1999, (4): 40– 41.

(上接第 233 页)

排水边沟采用铺植生态植被毯进行植被恢复,采用铺植苇状羊茅和无芒雀麦混合草种制作的生态植被毯。

④路基边坡的植被恢复。对 K0+ 000– K14+ 763 段路基边坡采用铺植生态植被毯。首先进行坡面整治,然后实施工程护坡绿化,采用铺植苇状羊茅和无芒雀麦混合草种制作的生态植被毯。

④河道两侧植被恢复。河道上游 30 m、下游 50 m 及道路两侧属植被破坏区域,施工结束后对此区域进行植被恢复,方案采用在沟道两侧种植垂柳,株距 4 m,林下撒播苇状羊茅、无芒雀麦、二月兰、波斯菊混合植草种进行植被恢复。

¼ 临时堆土堆料场及施工营地植被恢复。临时堆土堆料场及施工营地后期土地整治完毕后,撒播苇状羊茅、无芒雀麦、二月兰、波斯菊混合植草种进行植被恢复。

½ 沙尹沟沟道防护。沙尹沟河道常水位以上边坡通过六棱花饰固坡后,框内栽野牛草进行植被恢复。

¾ 施工便道可绿化区域植被恢复。对新建施工便道施工结束后可绿化区域通过撒播苇状羊茅、无芒雀麦、二月兰、波斯菊混合植草种进行植被恢复。

⑧弃渣场终期植被。本项目弃渣场选用与道路临近大参考文献:

[1] 丁伟. 公路工程水土保持方案的编制与实践[J]. 浙江水利水电专科学校学报, 2006,(2): 31– 33.
[2] 焦居仁. 开发建设项目水土保持[M]. 北京: 中国法制出版社, 1998.

腐烂归还土壤,培肥地力,使资源得到循环利用,显著促进农业持续发展。

6 结论与建议

“留茬免耕秸秆全程覆盖技术”是在国内外保护性耕作法的基础上,结合我国干旱地区雨养农业的特点,经十多年研究、示范提出来的。通过对农田留茬免耕秸秆全程覆盖,减少水分蒸发,使自然降水充分地就地拦蓄、入渗,不产生径流,把自然降水的保蓄率由传统耕作法的 25% ~ 35% 提高到 50% ~ 65%^[4],可为每公顷农田增加 600~ 1 200 m³ 的水分,有效克服了渭北农田干旱对农业生产的影响,它是一项集保墒、保肥、增产为一体的旱作农业实用新技术。已累计推广面积达 6. 67 万 hm² 以上,取得很好的经济效益和生态效益。该技术是对传统耕作技术的革新,符合旱地农业的发展方向。如能与已研制成功的留茬覆盖条件下的免耕施肥穴播机结合,在我国干旱地区作示范,进行大面积推广,将为解决旱区的农田干旱、防止水土流失和沙尘暴等做出贡献。

灰店村的废弃鱼塘,施工结束后对此区域选用撒播紫花苜蓿进行植被恢复。

3. 3. 3 临时措施

进行桥梁施工时为了减少施工材料流入河道,污染河流水质,影响河道行洪安全,方案在河道两侧用装土编织袋设置拦挡围堰,编织袋一排码放两层;桥梁基础钻孔灌浆施工时为了减少对周边环境的影响设置临时沉沙池临时存放泥浆,并在周边设置临时拦挡围堰。围堰为梯形断面,上截面宽 0. 3 m,下截面宽 0. 5 m,高 0. 2 m;临时沉沙池尺寸为:底面尺寸为 1 m× 2 m,深 1. 5 m,拍实素土,铺设无纺布防冲刷。

临时堆土堆采取覆盖、拦挡、排水、沉沙措施,减少大风、降雨期间对料场周边生态环境的影响。覆盖材料采用纤维网,临时堆土场周边用装土编织袋设置临时拦挡围堰,编织袋一排码放两层;排水为临时排水沟,铺设无纺布;临时排水沟末端修建临时沉沙池,铺设无纺布防冲刷。对临时堆土场的临时排水沟进行典型设计,设计为梯形断面,底宽 0. 3 m,沟深 0. 4 m,边坡 1: 1. 5,纵坡为自然坡;临时沉沙池尺寸为:底面尺寸为 1 m× 2 m,深 1. 5 m,拍实素土。