

# 山坡地节水农业的物理化学方法 和蓄水耕作法研究概述

张兴昌<sup>①</sup> 庞小明<sup>②</sup> 张积祥<sup>③</sup> 王 晓<sup>④</sup>

①中国科学院  
水土保持研究所 陕西杨陵 712100)  
水利部

②黄委会天水水土保持科学试验站 甘肃天水 741000)

③黄委会西峰水土保持科学试验站 甘肃西峰 745000)

④黄委会绥德水土保持科学试验站 陕西绥德 718000)

**摘 要** 在查阅大量文献的基础上,较为详细地论述了化学试剂浸种、抗蒸腾剂、抗旱剂、保水剂及土壤改良剂与作物抗旱力的关系;通过对水土保持复合耕作法、蓄水覆盖耕作法、截流蓄水沟耕作法及集水深蓄耕作法的概述与分析,以期为黄土高原节水农业的持续发展提供切实可行的耕作措施。

**关键词** 山坡地 物理化学节水方法 蓄水耕作法 概述

## Summarization on Physical Chemistry Method and Storing-Water Tillage of Saving-water Agriculture in Slope Land

Zhang Xingchang<sup>1)</sup> Pang Xiaoming<sup>2)</sup> Zhang Jixiang<sup>3)</sup> Wang Xiao<sup>4)</sup>

(1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water  
Resources Yangling Shaanxi 712100)

(2 Tianshui Soil and Water Conservation Scientific Research Station,  
Yellow River Management Committee Tianshui Gansu 741000)

(3 Xifeng Soil and Water Conservation Scientific Research Station,  
Yellow River Management Committee Xifeng Gansu 745000)

(4 Suide Soil and Water Conservation Scientific Research Station,  
Yellow River Management Committee Suide Shaanxi 718000)

**Abstract** On the basis of referring to a lot of literatures, the correlation between chemically soaking seed, or resisting evaporation reagent, or anti-dry reagent, or anti-dry reagent, or soil-improved reagent and anti-dry of crop was summarized detailedly. The summarizations on the complex tillage of soil and water, water-stored film tillage, runoff-collected storing-water-gully tillage, water-intercepted deeply-storing-water tillage were probed so as to provide a practi-

cal tillage method for the sustainable development of saving water agriculture in slope land.

**Key words** slope land physical chemistry method storing water tillage summarization

## 1 问题的提出

广大黄土高原旱农地区,太阳辐射强,日照时数多,昼夜温差大,全年辐射量  $649\text{kJ}/\text{cm}^2$ ,年日照时数达  $3\,000\sim 3\,300\text{h}$ ,均较同纬度的华北地区高,有利于农业生产<sup>[1]</sup>。但大陆性气候明显,7~9月降雨量约占年降雨量60%。黄土高原年降雨量由东南向西北逐渐减少,平均为  $300\sim 600\text{mm}$ <sup>[2]</sup>。黄土高原地区山坡地水土流失严重,丘陵沟壑区侵蚀模数高达  $10\,000\sim 30\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,每年向黄河输沙7亿t左右,约占黄河平均输沙量16亿t的43%<sup>[3]</sup>。坡耕地表土差不多以每年流失1cm的速度被剥蚀掉,以致使原来较肥沃的黑垆土几乎被剥蚀殆尽,黄土母质裸露,成为幼年的黄壤土,土壤肥力低下,作物产量低而不稳,坡耕地作物产量多年徘徊在  $750\sim 1\,500\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右。

显然,限制黄土区坡耕地作物生产的两个最主要因素是水、肥。学术上的坡耕地“水”、“肥”限制之争由来已久,主张“水”者,认为旱地“旱”当然是主要问题;主张“肥”者,则认为目前大面积作物产量水平还没有达到水应有的利用程度,肥在起限制作用<sup>[1]</sup>。水肥耦合效应问题成为国内外农业专家研究的焦点问题<sup>[4~6]</sup>。合适的水分供应可以促进土壤养分矿化和释放;促使土壤养分向作物根系迁移,并向上部运转;改善作物体内的养分代谢过程和分布;促进经济产物的形成,提高作物产量,从而提高养分的利用率。合适的养分供应,可以促进根系的发育,扩大作物觅取水分的空间;增强根系活性,加强作物对水分的利用;提高蒸腾强度,增加净光合产物,降低叶水势,加强水分向地上部分传导、减少蒸发,提高蒸腾效率,从而有力地提高水分利用率<sup>[7~9]</sup>。因此,单方面强调水或肥是限制因素都是片面的。从发展的角度来看,随着化肥工业的发展,化肥的供应应该是不难解决的问题。而要发展节水农业,难度较大。最现实且易操作的方法就是利用化学物理节水方法和应用蓄水保墒耕作措施,尽可能达到坡耕地降水就地拦蓄入渗,抑制裸地蒸发,提高作物水分的利用率。

## 2 新的物理化学技术应用与坡地节水农业的关系

### 2.1 化学试剂浸种与作物抗旱力的关系

许多学者对化学试剂  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{ZnSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ 、黄腐酸、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 、CCC(氯化代胆碱)、2,4-D、甘露醇、聚乙二醇(PEG),以及从植物体中提出的生长素类物质——GA、细胞分裂素和VK<sub>3</sub>等在浸种处理与提高作物抗旱成苗方面业已进行了大量的研究<sup>[29,30]</sup>,所得一致的结论就是试剂浸种能提高种子成活力,增强作物的抗旱力。

Manchar<sup>[31]</sup>研究认为,用0.09%的琥珀酸溶液进行浸种3h能提高成苗率且能促进种苗的生长;赵长贵<sup>[32]</sup>试验结果表明,CCC浸种小麦种子后,可提高根系的再生能力达20%以上,并使土壤深层(70cm以下)根系的重量增加86.4%。CCC浸种后,作物能有效地利用深层土壤水分,也能增强在干旱胁迫下的再生能力,有效地抵御干旱的威胁;用黄腐酸拌种对小麦根系生长具有明显的促进作用,次生根量比对照增加52.0%<sup>[33]</sup>。发达的根系在干旱条件下能够吸收和利用较深层的土壤水分,增加植物体内的需水量,叶片含水率比对照提高4.9%,增强了麦苗对干旱的抗逆力<sup>[34]</sup>;  $\text{Ca}^{2+}$ +GA处理种子,在一定水分条件下促进种子的萌发与幼芽的伸长,其作用机理

在于使种子和种苗的生物活性在一定程度上得到结合,从而增强了对干旱地区多变水环境的适应,有利于这一地区旱地作物的成苗、生长乃至产量的形成<sup>[35]</sup>。

综上所述,化学试剂拌种或浸种在提高作用抗旱性方面的机理在于①提高种子的成苗率;②增加根系的重量并促使根系向土壤深层延深,利用深层水分,提高作物的抗旱性;③改善作物体内活性物质,从生理上提高作物抗旱性。

## 2.2 物理场处理种子与作物抗旱力的关系

利用一些物理场(激光场、磁场、电场、光谱辐射)处理种子以期提高作物的抗旱性,已成为国内外农业物理研究者关注的问题。刘思青<sup>[36]</sup>利用激光场处理玉米种子,发现可以明显地提高玉米的抗旱性,不同激光场强度处理的玉米种子在抗旱性方面表现出不同的生理差异,在激光场强度达到 11mV 时,抗旱性最强。其作用原理在于激光场处理能提高叶片组织的自由水含量,降低束缚水含量,增加有效水分含量;同时能降低玉米的萎蔫系数,提高玉米的叶水势。习岗<sup>[37]</sup>采用磁场处理玉米种子时发现,0.11T、30min 的剂量处理小麦种子能提高小麦的抗旱性。其作用机理在于①磁处理种子不仅可以从电子、分子到细胞的各个层次,以及在基因、酶、激素等各个方面施加影响。因此磁处理技术有可能成为一种改善作物生理机能,提高抗逆性和产量的实用型农业物理新技术。

## 2.3 抗蒸腾剂与作物抗旱力的关系

抗蒸腾剂就是能降低植物蒸腾一类化学物质的总称。目前做过研究的药物有 100 多种。概括起来有 3 类,其一为气孔关闭剂,如除草剂、杀菌剂、植物生长调节剂、代谢抑制剂,这类物质能参与作物的代谢过程,引起气孔的关闭,从而降低蒸腾;其二为薄膜型抗蒸腾剂,如硅酮类、聚乙稀、聚氯乙烯和石蜡乳剂,这类物质能在作物表面形成一层薄膜,封闭气孔口,阻止水分透过,从而降低蒸腾;其三为反射型抗蒸腾剂,这类物质中理想的应该能够有选择地反射 400nm 以下和 700nm 以上的无效光合辐射,降低叶面温度,从而降低蒸腾,而光合作用基本不受影响,这类物质中研究最多的为高岭土<sup>[37]</sup>。毫无疑问,抗蒸腾剂确能降低作物蒸腾,改善作物水分状况,但是许多研究表明,抗蒸腾剂也会降低作物光合强度。这会给实际应用带来许多弊端,选择合适的作物抗蒸腾剂是作物抗旱技术一项突破。

## 2.4 抗旱剂、保水剂及土壤改良剂与土壤保墒的关系

抗旱剂、保水剂及土壤改良剂是化学节水技术在农业上应用最为有效的新技术。早在 30 年代,原苏联就开始用石脑油抑制土壤水分蒸发,减少蒸发 60%~70%;到 80 年代,土壤保水剂的研制为旱地节水开辟了一条新的途径,目前已研制出多种类型的保水剂;到 90 年代,土壤保墒剂、土壤结构改良剂的大量应用,极大地提高旱地农业产量。这些化学试剂多为多分子化合物,对植物、土壤无污染,多次吸水释水,一直受到农学家的重视。黄凤球<sup>[39]</sup>的研究结果表明:大豆采用抗旱剂拌种或喷施均能明显降低叶片气孔开张,与对照相比,叶片水势和叶片叶绿素含量分别增加 21.0%~51.8%和 32.3%~44.8%。光合强度增加 13.4%~36.6%,叶面喷施效果优于拌种;保水剂拌种,叶片水势可增加 9.6%~20.2%;抗旱剂与保水剂混拌和叶面喷施,抗旱增产效果最佳。王久志<sup>[40]</sup>利用阴离子沥青乳剂改良土壤,可以抑制水分蒸发 14.7%~32.31%;在 0~15cm 和 100cm 土层内,土壤含水量可分别增加 19.33%~27.44%;土壤团聚体含量增加 5.6%~19.4%。王晗生<sup>[41]</sup>应用水解聚丙烯腈改良黄绵土,效果显著,试验结果显示,水解聚丙烯腈的使用,可促进土壤团粒结构的形成,降低土壤容重,提高土壤渗透性。

### 3 山坡地蓄水耕作法

早在40年代,土壤耕作法在国外就引起重视。特别在旱坡地以保护坡耕地,防止土壤退化为特征新的保护耕作法代替传统耕作法更加引人注目。Mannering<sup>[10]</sup>(1987)在前人研究的基础上,将保护耕作法明确定义为:保护耕作是任何一个耕作和种植制度,只要它最少能维持30%的土壤覆盖,并减少土壤和水分流失,提高耕作地产量。随后Mannering对保护耕作法进行系统分类研究,认为保护耕作法至少应该包括免耕、垄沟、条带耕作、覆盖耕作和减少耕作。

水土保持耕作法作为保护耕作法的一个分支,近年来日益受到国内外农学家的重视,有人将它与有机农业一起并列为90年代世界农业研究的两个重要课题<sup>[11]</sup>。但多数研究注重其实用性,有关它的概念、范畴尚存在争议。杨春峰<sup>[12]</sup>认为土壤耕作法指由若干土壤耕作措施有机组成的一种特定的土壤耕作类型,并将水土保持措施分为保护耕作和保护种植两部分。蒋德麒<sup>[13]</sup>认为“从广义上讲,整个农业技术改良措施特别是旱地农业技术措施均属此类”。卢宗凡认为水土保持耕作法旨在以保水保肥为目的、提高农业生产的措施。综上所述,共同的认识是水土保持耕作法是以提高坡耕地水、肥利用率为目的,以增加地面覆盖、减少水土流失为主导措施的耕作技术。1983年在延安召开的全国首届水土保持耕作学术讨论会促进了这一学科的发展。典型的水土保持耕作法有水土保持复合耕作法、蓄水聚肥耕作法、地膜覆盖及残茬覆盖耕作法、改土截流蓄水种植沟耕作法、松免少耕法等。

#### 3.1 水土保持复合耕作法

水土保持复合耕作体系有4个显著的特点:一是保持水土为核心;二是有明显的增产效果;三是自成体系;四是具有一定的地域性。卢宗凡<sup>[14]</sup>在长期研究的基础上,把水土保持复合耕作法为分3类:<25°的坡耕地实行了水平沟种植;25~30°坡耕地实行草粮带状间轮作;>30°坡地进行草灌带状间作。

**3.1.1 水平沟耕作** 水平沟耕作作为水土保持耕作法的一种形式,通过土壤耕作在坡面上形成较大的沟与垄,增加地面粗糙度,防止土壤侵蚀。在旱坡地上,沿等高线开沟、筑垄,以垄拦水,以沟蓄水,把作物种在沟里,即保水肥,又保作物,有良好的增产效果。水平沟耕作增产机理在于①改变太阳光的反射角度,减少受光热能的散失,使表层和10cm土壤地温有所提高,迎风面风速降低,减少土壤水分散失,起到保墒作用<sup>[15]</sup>;②拦蓄径流和减少土壤冲刷<sup>[16]</sup>。水平沟较平播减少径流量25.7%~40.3%,减少土壤侵蚀33.7%~56.1%<sup>[16]</sup>;③减少土壤养分的流失<sup>[16]</sup>。水平沟耕作能有效地减少土壤可溶性氮素的损失。与传统耕作相比,随坡度的增大 $\text{NH}_4^+-\text{N}+\text{NO}_3^--\text{N}$ 拦蓄效果由62.4%下降到49.8%<sup>[17]</sup>;水平沟耕作小区以侵蚀形式流失的土壤N素含量介于302~1578kg/(km<sup>2</sup>·a)之间;流失的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>介于863~4516kg/(km<sup>2</sup>·a)之间,而传统耕作小区以土壤颗粒形式流失的N素含量介于1170~2382kg/(km<sup>2</sup>·a)之间,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量介于2506~6815kg/(km<sup>2</sup>·a)之间,并随坡度增大N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>流失量随之增大<sup>[16]</sup>;④蓄水效应显著地高于平播,并随坡度增加蓄水能力在下降<sup>[17]</sup>;⑤改变了土壤水分条件,土壤水分利用率显著提高<sup>[16]</sup>;⑥集中施肥可以显著地提高水、肥利用率,且水肥耦合效应表现为正效应。

在风蚀地区,利用水平沟耕作法增加地面粗糙度,也有良好地防风蚀效果。它能利用高出地面垄体,降低近地面大气层风速;利用低于地面的垄间捕获风移动的土壤颗粒。据研究<sup>[18]</sup>,垄高10cm,垂直于风向,防风效果最好。利用水平沟耕作,在地面形成>1.0mm的较多非风蚀颗粒,防风效果更好。

田同层容重为  $1.232\text{g}/\text{cm}^3$ , 容重下降  $0.120\text{g}/\text{cm}^3$ ; 覆膜田孔隙度为  $49.9\%$ , 对照田为  $45.01\%$ , 孔隙度增加  $9.72\%$ <sup>[24]</sup>; 固相下降  $7.13\%$ , 气相增加  $34.10\%$ , 改变土壤三相比例关系<sup>[25]</sup>。不仅如此, 覆盖还可改变土壤生态条件, 为土壤微生物创造了良好的生活环境。据肖玉珍的研究<sup>[26]</sup>, 覆盖田的土壤微生物类群的数量, 从苗期到 11 叶期, 细菌比对照田高  $82.5\%\sim 141.6\%$ , 放线菌比对照田高  $71.8\%\sim 127.7\%$ , 真菌比对照田高  $67.7\%\sim 74.4\%$ , 硝化细菌比对照田高  $3.9\%\sim 57.2\%$ , 纤维素分解菌比对照高  $56.0\%\sim 74.4\%$ , 自生固氮菌的固氮菌量比对照田高  $4.3\%\sim 8.3\%$ 。因而覆盖耕作能加快土壤有机、无机物质的矿化, 促进土壤难溶性养分向可溶性养分转化, 提高肥料利用率。另一方面, 由于地膜覆盖使土壤养分的利用率显著提高, 水肥耦合效应表现突出。试验表明旱地玉米覆盖栽培下施用氮、磷肥均有显著的增产效果, 其中以氮肥最为突出<sup>[27]</sup>。地膜覆盖根系发达, 能调运土壤深层水分。地膜覆盖由于改善了土壤生态条件, 水、肥、气、热适度增加, 并协调一致, 促使玉米根系生长快, 吸附面积大, 活力强<sup>[28]</sup>。覆膜的初生根、次生根、支持根、根系总长度和根系水平扩展分别比对照增加  $133.3\%$ 、 $40.0\%$ 、 $72.7\%$ 、 $69.4\%$  和  $50.0\%$ 。根系总吸附面积和活跃吸附面积均比对照增加  $52.6\%$ <sup>[28]</sup>。利用作物残茬覆盖地面是比较简单易行的覆盖方法。以其作为热传导的隔离层, 水分蒸发的障碍物, 亦能收到明显的保墒效果。在坡耕地上残茬覆盖还有明显的保水保土效果。但残茬覆盖也有不利因素, 降低地温, 作物生育期推迟, 播后覆盖还会发生“氮饥饿”现象, 需额外施肥。

### 3.3 截流蓄水沟耕作法

在继承传统耕作法优点的基础上, 将坡耕地农田沿等高线由低向高依此规划成  $1.2\text{m}$  或  $2.2\text{m}$  宽的耕作带, 采用人、机结合把第二耕作带内的活土层叠加移翻到第一耕作带, 移填对深施农家肥和化肥, 构筑成净带  $0.9\text{m}$  或  $1.8\text{m}$  的微型水平式截流蓄水沟。李永平<sup>[42]</sup>等人在宁南山坡进行了上述截流蓄水沟耕作法研究, 试验结果表明: 与传统耕作法相比,  $0\sim 50\text{cm}$  土壤容重较传统耕作法降低  $0.10\sim 0.12\text{g}/\text{cm}^3$ , 孔隙度增加  $5.0\%\sim 6.4\%$ , 土壤有机质增加  $14.0\%$ , 全氮增加  $17.5\%$ , 速效氮增加  $33.5\%$ 。截流蓄水沟同时也能增加  $0\sim 200\text{cm}$  土层蓄水量, 较传统耕作法增加蓄水量  $73.3\text{mm}\sim 114.8\text{mm}$ , 土壤蓄墒率提高  $42.5\%\sim 71.5\%$ 。

### 3.4 集水深蓄耕作法

张定一<sup>[43]</sup>等人在长期研究的基础上, 提出集水深蓄耕作法。具体田间作业为: 用畜力翻转犁作业, 沿与坡向相垂直的等高线每  $50\text{cm}$  做一个垄沟, 垄沟耕作带宽  $25\text{cm}$ , 空耕带宽  $25\text{cm}$ , 打一个孔径  $5\text{cm}$ , 深  $35\text{cm}$  的地孔, 使径流渗入深层土壤。试验结果表明: 集水深蓄耕作法与传统耕作法相比, 可以减少径流量  $57.8\%$ , 减少土壤侵蚀  $58.0\%$ 。

### 参考文献

- 1 杨春峰. 西北旱地土壤耕作技术评估. 干旱地区农业研究, 1992, 10(2): 1~7
- 2 蒋定一. 黄土高原降雨特征. 见: 黄土高原水土流失与治理模式. 中国水利水电出版社, 1997
- 3 张兴昌. 陕北黄土丘陵区坡耕地土壤肥力退化原因及防治对策. 水土保持研究, 1996, 3(2): 1~5.
- 4 Kallson, C. E. et al. , Nitrogen and yields as related to water use of spring barely, Agron. J. 1984, 7: 59~64
- 5 Singh, P. N. et al. , Water use and yield response of subarcane under different irrigation schedules and nitrogen levels in a subtropical region. Agricultural water Management, 1994, 26: 253~264
- 6 Adinarayana J. et al. , Nitrogen use efficiency of unirrigated barely as affected by shortage of water. J. Agric. Sci. Camb. , 1987, 109: 33~38
- 7 李世清等. 水肥配合对玉米产量肥料效果的影响. 干旱地区农业研究, 1994, 12(1): 47~53

- 8 李生秀等. 水分对土壤养分迁移的影响. 见: 旱地农田肥水关系原理与调控技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1995, 6~11
- 9 李生秀等. 施用氮肥对提高旱地作物利用土壤水分的作用机理和效果. 见: 中国北方旱地农业综合发展与对策. 北京: 中国农业科技出版社, 1994, 129~135
- 10 Mannering, J. V. et al. , Overview of conservation, Effects of Conservation Tillage on Groundwater Quality: Nitrates and Pesticides, Terry, J. Logan et al. , eds, Chelsea, Michigan, USA.
- 11 秋俊一. 世界农业研究中的两个重要课题. 河北农业科技情报, 1990(1)
- 12 杨春峰. 耕作学. 银川: 宁夏人民出版社, 1984
- 13 蒋德麒. 我国的水土保持耕作措施. 中国水土保持, 1964(2)
- 14 卢宗凡. 水土保持农业增产体系的研究. 水土保持学报, 1991, 5(2): 66~74
- 15 王天义. 山地水平沟小麦增产规律的研究. 干旱地区农业研究, 1990, (1): 33~41
- 16 张兴昌. 坡地水平沟耕作的土壤水分的动态及增产机理. 水土保持学报, 1993, 7(3): 58~66
- 17 林和平. 水平沟耕作在不同坡度上的水土保持效应. 水土保持学报, 1993, 7(2): 63~64
- 18 David Pimentel, World soil Erosion and Conservation, Cambridge 1993
- 19 Robinson, C. A. et al. , Vegetative filter strip effects on sediment concentration in cropland runoff. J. Soil and Water Conser. 1996, 50(3): 227~230
- 20 Dillaha, T A. et al. , Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source pollutant control, Transactions of the American society of Agricultural Engineers. 1989, 32: 513~519
- 21 Tollner, E. W. et al. , Suspended sediment filtration capacity of the American society of Agricultural Engineers, 1976, 19: 678~682
- 22 刘洪岭. 黄土丘陵人工草地土壤腐殖质及养分状况的研究[学位论文]. 中国科学院水利部水土保持研究所, 1997
- 23 许强. 地膜覆盖栽培在宁南山区粮食生产的重要作用. 干旱地区农业研究, 1992, 10(3): 45~51
- 24 梁亚超等. 浅析地膜玉米高产的理论依据. 四平农业科技, 1986(2)
- 25 梁亚超等. 玉米地膜覆盖蓄水保墒高产机理的研究. 干旱地区农业研究, 1990(1): 27~32
- 26 肖玉珍. 地膜覆盖栽培玉米土壤中微生物变化规律的研究. 东北农学院学报, 1988(2)
- 27 张强等. 旱地玉米地膜覆盖施肥技术的研究. 干旱地区农业研究, 1994, 12(2): 27~31
- 28 梁亚超等. 地膜覆盖栽培玉米根系的研究初报. 内蒙古农业科技, 1988(2)
- 29 Meyer, R. F. et al. , Planta, 1981, 151: 482~489
- 30 邓西平. 提高植物在干旱条件下成苗途径的研究进展. 干旱地区农业研究, 1990(1): 90~98
- 31 Manobar, M. S. et al. , Adv. Front Plant Sci, 1966, 17: 133~148
- 32 赵先贵. 用 CCC 浸种对提高旱地小麦氮肥利用率的研究. 干旱地区农业研究, 1990(2): 55~62
- 33 胡芬等. 旱地小麦应用黄腐酸的抗旱增产效果研究. 干旱地区农业研究, 1991(4): 32~36
- 34 Kummerow, J. Adaption of plant to water and high temperature stress. 1981: 57
- 35 山仑等. 干旱条件下钙与赤霉素混合处理种子的生理效应及增产效果. 干旱地区农业研究, 1994, 12(1): 85~91
- 36 刘思春等. 激光场处理玉米种子对玉米幼苗抗旱性影响. 干旱地区农业研究, 1995, 13(2): 78~81
- 37 习岗等. 磁处理对不同抗旱性小麦萌发与生长影响的差异性研究. 干旱地区农业研究, 1995, 13(2): 83~87
- 38 腾九文. 抗蒸腾剂及其在果树上的应用. 干旱地区农业研究, 1992, 10(2): 20~23
- 39 黄凤球等. 化学节水技术在农业上的应用效果研究. 水土保持研究, 1996, 3(3): 118~124
- 40 王久志等. 土壤结构改良剂覆盖改土作用的研究. 干旱地区农业研究, 1991(2): 48~55
- 41 王哈生. 应用水解聚丙烯腈改良黄绵土的效果研究. 水土保持通报, 1997, 17(5): 23~26
- 42 陈永平. 旱坡地截流蓄水种植沟耕作技术及其水肥效益研究. 水土保持通报, 1997, 17(5): 1~6
- 43 张定一. 坡旱地集水深蓄耕作技术研究. 干旱地区农业研究, 1994, 12(4): 31~36