

# 不同深松时期对旱地春玉米水分利用 状况及产量的影响

阎晓光, 李 洪, 王青水, 董红芬, 李爱军

(山西省农业科学院谷子研究所, 山西 长治 046001)

**摘要:** 于 2010—2012 年在晋东南旱平地设置了春季深松、夏季深松和秋季深松 3 种深松处理试验, 以传统翻耕为对照, 研究不同处理对春玉米耗水量、干物质积累与分配、产量和水分利用效率的影响。结果表明, 秋季深松处理的总耗水量最高, 春季深松处理次之, 且两者与传统翻耕(对照)差异均显著, 表明春季和秋季深松后春玉米的总耗水量增加。夏季深松总耗水量低于对照处理, 这是因为夏季深松后, 对玉米根系造成一定程度的伤害。在春玉米生育后期, 秋季深松和春季深松能有效促进干物质积累, 增加春玉米生物干重, 提高作物产量。2011 年秋季深松处理的产量和水分利用效率最高, 且显著高于其它处理, 分别比传统深翻(对照)提高 13.61% 和 10.26%, 春季深松处理次之, 分别比对照提高 10.32% 和 7.62%, 夏季深松处理低于传统深翻(对照), 且分别比对照降低 3.95% 和 1.82%, 表明秋季深松和春季深松有利于产量的提高和水分的高效利用。

**关键词:** 春玉米; 深松时期; 土壤水分; 产量; 水分利用效率

**中图分类号:** S341.1; S513 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2014)06-0165-06

## Effect of subsoiling timing on water utilization and grain yield of spring corn

YAN Xiao-guang, LI Hong, WANG Qing-shui, DONG Hong-fen, LI Ai-jun

(Millet Research Institute Shanxi Academy of Agricultural Science, Changzhi, Shanxi 046001, China)

**Abstract:** This experiment was conducted on drought plain in southeastern Shanxi during spring corn growing seasons in 2010—2012. Water consumption, dry matter accumulation and partitioning, grain yield, and water use efficiency of spring corn were analyzed using four subsoiling periods, including subsoiling in spring(RS1), subsoiling in summer(RS2), subsoiling in autumn(RS3), and plowing tillage(CK). The results showed that RS3 had the highest total water consumption, followed by RS1, indicating that total water consumption was markedly increased by spring and autumn subsoiling. By contrast, that of RS2 was lower than CK, partially due to the injured root by summer subsoiling. In the late growth stage of spring corn, RS3 and RS1 can effectively promote the dry matter accumulation, increasing the spring corn biomass and improving crop yield. In 2011, RS3 obtained the highest grain yield and water use efficiency, being 13.61% and 10.26% higher than CK, respectively. And RS1 caused 10.32% and 7.62% increase respectively. In contrast, RS2 resulted in a reduction of 3.95% and 1.82% as compared to CK, respectively. This finding illustrated that RS3 and RS1 had favorable effects of improving grain yield and water use efficiency.

**Keywords:** spring corn; subsoiling timing; soil moisture; grain yield; water use efficiency

干旱和水资源短缺已成为限制我国农业可持续发展的因素<sup>[1-2]</sup>, 高效利用雨水资源和提高水分利用效率是我国旱区抗旱减灾的有效途径。传统农业的连年翻耕导致土壤耕层薄, 土壤板结严重, 犁底层的土壤变得硬脆, 作物根系深扎阻力不断增大,

阻碍了土壤上、下水气的贯通和天然降水的贮存, 使得土壤干旱现象逐年加剧。深松作为一种新的耕作方式, 在增加土壤蓄水、减少蒸发损失、提高水分有效性、节省能耗以及改善作物产量等方面显示出最佳的效果<sup>[3]</sup>。有报道认为, 通过深松铲疏松土壤, 加

收稿日期: 2014-03-30

基金项目: 国家现代玉米产业技术体系建设专项(nycytx-02)

作者简介: 阎晓光(1984—), 男, 山西原平人, 研究实习员, 主要从事玉米旱作栽培研究。E-mail: gzsyxg001@163.com。

通信作者: 李 洪(1963—), 女, 山西汾阳人, 副研究员, 硕士, 主要从事玉米遗传育种研究。E-mail: lih0910@163.cn。

深耕层而不翻转土壤,可降低土壤容重,打破犁底层,增强土壤对降水的蓄纳能力,促进作物对土壤深层水分的吸收,达到抗旱增产的目的<sup>[4-5]</sup>。与传统翻耕相比,深松增加了籽粒产量,提高了水分利用效率<sup>[6]</sup>,且不需年年深松<sup>[7]</sup>。前人多在旱作条件下研究秸秆覆盖、地膜覆盖、免耕和少耕对旱地玉米产量和水分利用状况<sup>[8-11]</sup>,而在旱作条件下不同深松时期,尤其是苗期深松对春玉米水分利用效率和籽粒产量影响的报道尚少。本试验在前人研究的基础上,对春玉米深松时期进行了进一步的探索,以春季深松、夏季深松、秋季深松及传统翻耕(对照)为处理,探索不同深松时期 0~200 cm 土层土壤含水量、春玉米干物质的积累与分配,分析不同深松时期对春玉米产量和水分利用效率的影响,以期为提高水分利用效率和产量采取适当的深松措施提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验于 2010 年 10 月至 2012 年 10 月,在山西省农业科学院谷子研究所试验田内进行(东经 113°15′,北纬 36°12′)。试验地为旱平地,海拔 933 m,年均降水量 547.5 mm,年均温度 10.02℃,≥10℃的积温 3 570.1℃,无霜期 165 d,年均累计日照时数 2 464.44 h(1956—2012 年)。土质属褐土,0~20 cm

土层土壤养分含量为:有机质 9.12 g·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.93 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮 87.13 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷 10.12 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 9.37 mg·kg<sup>-1</sup>,土壤容重 1.52 g·cm<sup>-3</sup>。pH 值为 7.5。

2011 年试验期间,年累计降水量 512.2 mm,比多年平均降水量少 35.3 mm,春玉米生长季(5—9 月)累计降水量 442.5 mm,高于多年平均降水量(433.8 mm),其中 7—8 月份降水量 275.3 mm,占全年降水量的 40.1%。但是,1—4 月份降水量为 35.9 mm,降水量低于常年平均降水量 58.6 mm,降水距平百分率  $Pa = 74.6\%$ ,属于中度春旱,总体上属于平水年份。期间休闲期降水量为 78.3 mm。

### 1.2 试验方案

试验田前茬作物为玉米,收获后玉米秸秆全部粉碎还田。供试品种为先玉 335,试验采用随机区组设计,设 4 个处理,3 次重复,共 12 个小区。小区面积 60 m<sup>2</sup>(10 m×6 m)。4 个处理分别为:春季深松(RS1, Subsoiling in spring)、夏季深松(RS2, Subsoiling in summer)、秋季深松(RS3, Subsoiling in autumn)和传统翻耕(P, Plowing tillage),以传统翻耕为对照,作业程序如表 1。深松深度为 40 cm,传统翻耕深度为 20 cm,采用宽窄行(80 cm×40 cm)种植,种植密度为 6 万株·hm<sup>-2</sup>。深松部分使用的是由山西农科院玉米研究所研制的 IS-200 型土壤深松施肥机。

表 1 4 种耕作方式的作业程序(2010—2012 年玉米生长季)

Table 1 Operation procedure of four tillage styles (2010–2012 corn growing season)

耕作方式 Tillage	作业程序 Operation procedure
传统翻耕(P) Plowing tillage	前茬玉米秸秆全部粉碎还田→撒施底肥→于 10 月下旬铧式犁耕(深度 20 cm)→旋耕机旋耕 2 遍(深度 15 cm)→耙地 1 遍→机播下种
春季深松(RS1) Subsoiling in spring	前茬玉米秸秆全部粉碎还田→撒施底肥→于 4 月初用 IS-200 型土壤深松施肥机深松 1 遍(深度 40 cm)→旋耕机旋耕 2 遍(深度 15 cm)→耙地 1 遍→机播下种
夏季深松(RS2) Subsoiling in summer	前茬玉米秸秆全部粉碎还田→撒施底肥→旋耕机旋耕 2 遍(深度 15 cm)→耙地 1 遍→机播下种→玉米四到五叶期时仅在宽行用 IS-200 型土壤深松施肥机深松 1 遍(深度 40 cm)
秋季深松(RS3) Subsoiling in autumn	前茬玉米秸秆全部粉碎还田→撒施底肥→于 10 月下旬用 IS-200 型土壤深松施肥机深松 1 遍(深度 40 cm)→旋耕机旋耕 2 遍(深度 15 cm)→耙地 1 遍→机播下种

播前施底肥,施肥量为:N 150 kg·hm<sup>-2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 150 kg·hm<sup>-2</sup>, K<sub>2</sub>O 150 kg·hm<sup>-2</sup>。拔节期开沟追施 N 140 kg·hm<sup>-2</sup>。其它管理措施同普通大田。5 月 6 日播种,10 月 6 日收获,全生育期 154 d。全生育期内无灌溉。

2012 年试验设计同上一年,2012 年春玉米生长季(5—9 月)累计降水量 421.8 mm,4 月 26 日播种,9 月 27 日收获,全生育期 154 d。测定了土壤贮水量,总耗水量,水分利用效率和产量。

### 1.3 测定项目与方法

#### 1.3.1 土壤含水量的测定 在玉米播种前、拔节

期、开花期和成熟期利用烘干法测定土壤含水量。用土钻分层取土,取 0~200 cm 土层的土,每 20 cm 为一层。每小区取样 3 个点,同层土壤混合装入塑料自封袋中,带回室内混匀后装入铝盒,110℃烘干至恒重,计算土壤含水量。同时用环刀法测土壤容重。

#### 1.3.2 土壤贮水量(W)的计算<sup>[12]</sup>

$$W = \sum_{i=1}^{10} W_i \cdot D_i \cdot H_i \times 10/100$$

式中, W 为土壤贮水量(mm); W<sub>i</sub> 为第 i 层土壤重量含水量(%); D<sub>i</sub> 为第 i 层土壤容重(g·cm<sup>-3</sup>); H<sub>i</sub> 为第 i 层土层厚度(cm)。

1.3.3 作物生长期间的总耗水量(ET)的计算

$$ET = \Delta S + P_0$$

式中,ET 为总耗水量(mm); $\Delta S$  为土地在播种期与收获期 2 m 土体贮水量(mm)之差; $P_0$  为玉米生育期降水量(mm)。

1.3.4 水分利用效率(WUE)的计算<sup>[13]</sup>

$$WUE = Y/ET$$

式中,Y 为籽粒产量(kg·hm<sup>-2</sup>);ET 为小麦生育期间总耗水量(mm),用  $ET = \Delta S + P_0$  计算。

1.3.5 产量及干物质的测定 成熟期每小区实收 4 行(每行 5 m),按平均鲜穗重从 2 行所收果穗中随机选取 20 穗,将籽粒烘干后按含水量 14% 折算大田实际产量。另外取样 10 株将叶、茎鞘、苞叶、穗轴与籽粒分别装袋,称重,然后于 105℃ 下杀青 1 h,然后在 80℃ 下烘至恒重,称重。分配指数 = 植株器官干物质重/总干物质重<sup>[14]</sup>。

1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据计算和作

图,用 DPS7.05 统计分析软件进行数据差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 2011 年不同深松时期对土壤水分含量变化的影响

由图 1 可知,从播前土壤水分变化来看,秋季深松在 0~180 cm 各土层的土壤含水量均高于其它处理,主要在于深松时间,秋季深松是在 2010 年 10 月下旬进行的,深松可以有效打破土壤坚硬的犁底层,降低土壤容重、增加孔隙度,利于降水的下渗,增强土壤水分蓄集能力,从而使冬季降水得以保持。春季深松在 0~60 cm 土层内的土壤含水量低于秋季深松和传统翻耕,是因为春季深松处理造成表层(0~40 cm)土壤总孔隙度大,水分散失,保水作用不明显。在 60~200 cm 土层春季深松和传统翻耕的土壤含水量变化基本趋于一致。

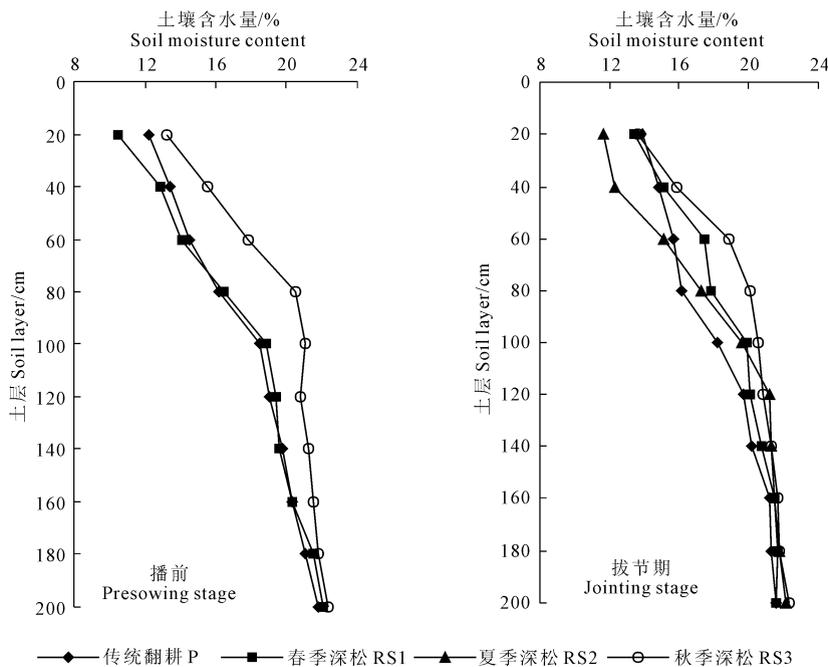


图 1 2011 年不同深松时期在播前和拔节期 0~200 cm 各土层对土壤含水量的影响  
Fig.1 Effect of different subsoiling timing on soil moisture content of different soil layers at presowing stage and jointing stage in 0~200 cm layers in 2011

拔节期,夏季深松在 0~60 cm 各土层的土壤含水量明显低于其它三种处理,这是因为夏季深松后,对玉米根系造成一定程度的伤害,而且动土严重,玉米也暂没封行,导致水分蒸发严重,所以 0~60 cm 各土层含水量较低,存在跑墒情况。在 60~120 cm 各土层的土壤含水量变化趋势基本一致,由大到小依次为:秋季深松 > 春季深松 > 夏季深松 > 传统翻

耕。在 120~200 cm 各土层,四种处理的土壤含水量变化和大小都基本趋于一致。

由图 2 可知,吐丝期,传统翻耕在 0~80 cm 各土层的土壤含水量均低于其它三种处理,这表明春季深松、夏季深松、秋季深松都有效地打破了土壤坚硬的犁底层,降低土壤容重、增加孔隙度,利于降水的下渗,增强了土壤的水分蓄集能力,从而使冬春季

降水得以保持。长治地区在 5—6 月份的有效降水量非常少,而此阶段正是玉米生长发育大量需水的阶段,深松在此阶段表现出明显作用。在 80 ~ 120 cm 的深土层,春季深松和秋季深松两处理的土壤含水量均低于传统深翻,这可能是由于深松使玉米根系较容易扎入土壤深层,从而有效地吸收了有效降水贮存在深层土壤的水分,增强了作物对深层水的利用能力。

成熟期,春季深松、夏季深松和秋季深松在 0 ~ 200 cm 各土层的土壤含水量变化基本趋于一致,均高于传统翻耕。这是因为春玉米生长季(5—9 月)累计降水量 442.5 mm,高于多年平均降水量 433.8 mm,其中 7—8 月份降水量 275.3 mm,占全年降水量的 40.1%。充足的降雨量能够满足玉米后期生长发育的需要,土壤含水量主要受到降雨量的影响,深松处理使土壤含水量高于对照,但是差异不显著。

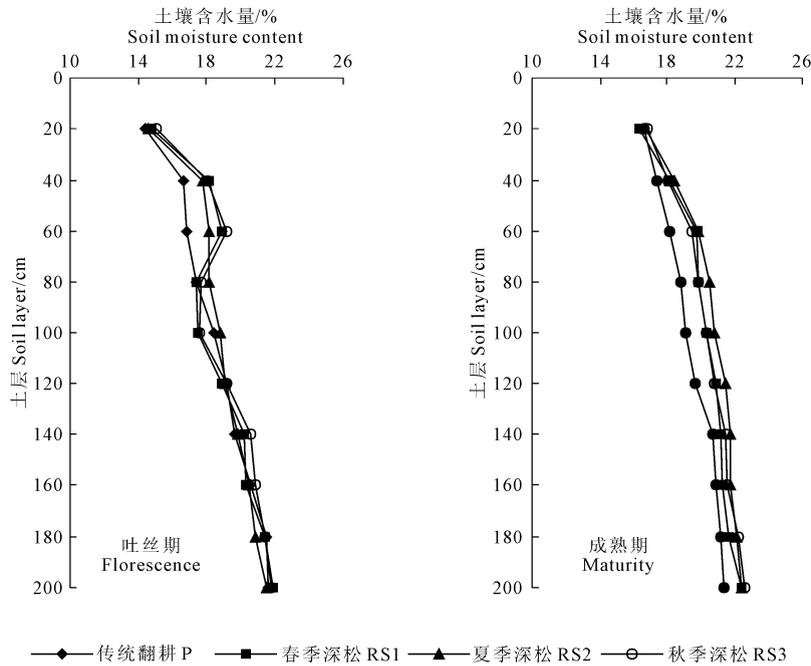


图 2 2011 年不同深松时期对吐丝期和成熟期 0 ~ 200 cm 各土层土壤含水量的影响  
Fig.2 Effect of different subsoiling timing on soil moisture content of different soil layers at florescence and maturity in 0 ~ 200 cm layers in 2011

## 2.2 不同深松时期对春玉米干物质积累与分配的影响

2.2.1 2011 年不同深松时期对春玉米干物质积累的影响 由图 3 可以看出,不同深松时期春玉米生物干重呈 S 型曲线增加,拔节期前增长缓慢,之后增长迅速,灌浆后又变慢。在苗期,4 种处理之间干物质积累量差异不大。从拔节期到大喇叭口期,秋季深松的干物质积累量最大,其它深松时期差异不明显;在开花期,秋季深松和传统翻耕的干物质积累速率明显高于春季深松和夏季深松两个处理;从灌浆期到成熟期,干物质积累速率大体表现为秋季深松 > 春季深松 > 传统翻耕 > 夏季深松。说明秋季深松和春季深松能有效提高春玉米干物质积累能力,增加春玉米生物干重,对提高产量十分重要。

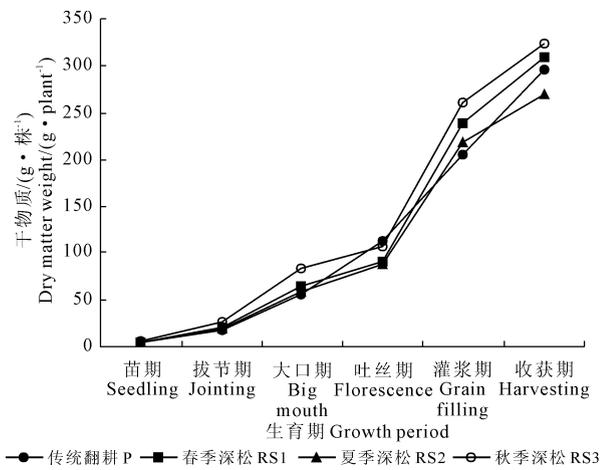


图 3 2011 年不同深松时期对春玉米干物质积累的影响  
Fig.3 Effect of different subsoiling timing on dry matter accumulation in spring corn in 2011

2.2.2 2011 年不同深松时期对春玉米干物质分配的影响 由表 2 可知,3 种不同时期的深松处理与传统翻耕对春玉米成熟期各器官分配指数变化各有

不同,总的表现为:籽粒 > 茎 > 叶 > 穗轴 > 鞘 > 苞叶。其中,春季深松叶的分配指数最高,与传统翻耕

差异显著,与其它处理间差异不显著;茎的分配指数春季深松最低,其它处理间差异不显著;鞘的分配指数秋季深松最高,与夏季深松、传统翻耕差异显著,与春季深松差异不显著;苞叶中传统翻耕的分配指数最低,秋季深松次之,夏季深松再次,春季深松最高;秋季深松的穗轴分配指数最高,与春季深松差异显著,与其它处理间差异不显著;籽粒的分配指数秋季深松 > 春季深松 > 传统翻耕 > 夏季深松,秋季深松与夏季深松差异显著。

### 2.3 不同深松时期对春玉米产量和水分利用效率的影响

#### 2.3.1 2011 年不同深松时期对春玉米产量构成因

表 2 2011 年不同深松时期对成熟期春玉米干物质分配指数(%)的影响

Table 2 Effect of different subsoiling timing on index of dry matter partitioning at maturity of spring corn in 2011

处理 Treatment	叶 Leaf	茎 Stalk	鞘 Stem	苞叶 Husk leaves	穗轴 Corn cobs	籽粒 Kernel
传统翻耕 P	8.21b	11.72ab	5.32c	5.02b	7.69b	59.49ab
春季深松 RS1	9.07a	10.70b	7.05a	5.40a	7.81ab	60.54ab
夏季深松 RS2	8.66ab	12.27a	6.31b	5.23ab	7.51b	58.14b
秋季深松 RS3	8.86a	11.52ab	7.12a	5.15a	8.11a	61.47a

注:小写字母分别表示在一系列数据在  $P < 0.05$  水平上的差异显著性。下同。

Note: Lowercase letters indicates significant difference at the level of  $P < 0.05$  respectively. The same as below.

表 3 2011 年不同深松时期对春玉米产量及其构成因素的影响

Table 3 Effect of different subsoiling timing on yield and yield component in spring corn in 2011

处理 Treatment	穗数 Grain number	穗粒数 Kernel number /spike	千粒重 1000 kernel weight /g	产量 Grain Yield /(kg·hm <sup>-2</sup> )	产量比对照高 Higher than P /%
传统翻耕 P	57477.03b	501.07b	337.57c	9604.92c	—
春季深松 RS1	58115.93a	519.83a	348.87b	10596.44b	10.32
夏季深松 RS2	56258.96c	503.47b	342.47c	9225.40d	-3.95
秋季深松 RS3	58203.80a	522.37a	355.27a	10912.53a	13.61

2.3.2 2011—2012 年不同深松时期对水分利用效率的影响 由表 4 可以看出各处理的水分利用效率存在较大差异,秋季深松的总耗水量最高,春季深松次之,传统翻耕再次,夏季深松最低。表明秋季深松促进了土壤贮水的消耗。以上结果表明,秋季深松与春季深松的籽粒产量和水分利用效率均高于传统翻耕处理,且两者间差异显著,表明秋季深松和春季深松都促进了春玉米对水分的高效利用,有利于获得较高的籽粒产量和水分利用效率,以秋季深松为最佳。夏季深松的籽粒产量和水分利用效率低于传统翻耕处理,不利于籽粒产量的提高。

## 3 讨论与结论

深松技术的应用可以有效打破土壤因各种农业机械的使用、传统的耕作方式以及少免耕技术的应

素的影响 如表 3 所示,春季深松和秋季深松的穗数显著高于夏季深松和传统翻耕,秋季深松高于春季深松,但差异不显著;传统翻耕的穗数显著高于夏季深松。春季深松和秋季深松穗粒数显著高于夏季深松和传统翻耕,秋季深松高于春季深松,但差异不显著;夏季深松高于传统翻耕,但差异不显著。千粒重秋季深松显著高于其它处理,春季深松显著高于夏季深松和传统翻耕,夏季深松高于传统翻耕,但差异不显著。4 个处理的产量以秋季深松最高,显著高于其它处理,比对照增产 13.61%,春季深松次之,显著高于春季深松和传统翻耕,比对照增产 10.32%,夏季深松产量最低,比对照减产 3.95%。

用所产生的农田土壤中坚硬的犁底层,有利于提高降水和灌溉水的下渗速度,增强土壤水分蓄集能力,达到蓄水保墒的作用,提高作物抗旱能力,显著提高作物的产量和水分利用率<sup>[15-16]</sup>。深松使土壤疏松耕作层加厚,在降雨季节,上部虚土层能迅速接纳雨水,并通过深松层下渗到 30 cm 以下的土壤中储存起来,形成土壤水库;有效地防止了水土流失,缓解旱情对作物生长的影响,增强耕地防旱、排涝和抗涝能力;可提高地温,加速作物根系生长发育,促进早熟,抗灾增产,从而实现粮食增产和耕地可持续利用<sup>[17]</sup>。

秋季深松的总耗水量最高,春季深松次之,且两者与传统翻耕(对照)差异均显著,表明深松后春玉米的总耗水量增加。夏季深松低于对照处理,这是因为夏季深松后,对玉米根系造成一定程度的伤害。

表 4 2011—2012 年不同深松时期对春玉米水分利用效率的影响  
Table 4 Effect of different tillage timing on WUE of spring corn in 2011—2012

年度 Year	处理 Treatment	播前土壤贮水 Water storage at seeding time /mm	收获土壤贮水 Water storage at raping time /mm	生育期降水 Rainfall during growth period /mm	总耗水 Total water consumption /mm	产量 Grain yielded /(kg·hm <sup>-2</sup> )	水分利用效率 WUE /(kg·hm <sup>-2</sup> ·mm <sup>-1</sup> )
2010—2011	传统翻耕 P	494.41b	579.94b	442.50	356.97c	9604.92c	26.91c
	春季深松 RS1	486.60c	563.24c	442.50	365.86b	10596.44b	28.96b
	夏季深松 RS2	498.90b	592.17a	442.50	349.24d	9225.40d	26.42d
	秋季深松 RS3	521.66a	596.28a	442.50	367.88a	10912.53a	29.67a
2011—2012	传统翻耕 P	506.60b	577.09ab	421.80	351.31c	9678.26c	27.55c
	春季深松 RS1	477.41c	532.31c	421.80	366.90b	10393.11b	28.33b
	夏季深松 RS2	503.57b	583.47a	421.80	341.90d	9162.07d	26.80d
	秋季深松 RS3	531.00a	565.58b	421.80	387.21a	11532.53a	29.78a

本试验 4 个处理中,秋季深松的春玉米产量较对照增加 13.61%,且显著高于其它处理;春季深松次之,较对照增加 10.32%;而夏季深松产量最低,较对照降低 3.95%。表明秋季深松和春季深松都有利于产量的提高和水分的高效利用。

2011 年和 2012 年两年试验 4 个处理中秋季深松的春玉米的水分利用效率最高,较对照分别增加 10.26% 和 8.09%,且显著高于其它处理;春季深松次之,较对照分别增加 7.62% 和 2.83%;而夏季深松产量最低,较对照分别降低 1.82% 和 2.72%。表明秋季深松和春季深松都有利于水分的高效利用。

春季深松、夏季深松和秋季深松都在不同程度上打破土壤犁底层,使土壤疏松耕作层加厚,明显地改善了土壤的蓄水能力,使土壤含水量明显提高。春季深松和夏季深松因为深松时期在一定程度上都有水分蒸发,夏季深松还会造成玉米根系的伤害,需要一段时间生长恢复,所以以秋季深松最佳。

#### 参考文献:

- [1] 刘愿英,代世伟,范永贵,等.我国灌区农业水资源可持续利用问题探讨[J].干旱地区农业研究,2007,25(6):157-162.
- [2] 高育峰.干旱对农业生产的影响及应对策略[J].水土保持研究,2003,10(1):90-91.
- [3] 王小彬,蔡典雄,金 轲,等.旱坡地麦田夏闲期耕作措施对土壤水分有效性的影响[J].中国农业科学,2003,36(9):1044-1049.
- [4] 秦红灵,高旺盛,马月存,等.两年免耕后深松对土壤水分的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):78-85.

- [5] Mohanty M, Bandyopadhyay K K, Painuli D K, et al. Water transmission characteristics of a vertisol and water use efficiency of rainfed soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under subsoiling and manuring [J]. Soil and Tillage Research, 2007,93:420-428.
- [6] 王育红,姚宇卿,吕军杰,等.豫西旱坡地高留茬深松对冬小麦生态效应的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(2):146-148.
- [7] 何 进,李洪文,高焕文.中国北方保护性耕作条件下深松效应与经济效益研究[J].农业工程学报,2006,22(10):62-67.
- [8] 张 伟,张冬梅,樊修武,等.不同耕作方式对旱地土壤环境和玉米产量的影响[J].山西农业科学,2010,38(7):44-47.
- [9] 胡守林,张改生,郑德明,等.不同耕作方式玉米地下部生长发育及土壤水分状况的研究[J].水土保持研究,2006,13(4):223-225.
- [10] 柳维扬,张建国,赵 湛,等.不同耕作方式对玉米生长发育的影响[J].塔里木大学学报,2006,18(1):6-9.
- [11] 李 旭,闫洪奎,曹敏建,等.不同耕作方式对土壤水分及玉米生长发育的影响[J].玉米科学,2009,17(6):76-78,81.
- [12] 郭清毅,黄高宝.保护性耕作对旱地麦-豆双序列轮作农田土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(3):165-169.
- [13] 晋小军,黄高宝.陇中半干旱地区不同耕作措施对土壤水分及利用效率的影响[J].水土保持学报,2005,19(5):108-112.
- [14] 袁家福.麦田秸秆覆盖及增产作用[J].生态农业研究,1996,4(3):61-65.
- [15] 胡恒宇,李增嘉,宁堂原,等.深松和尿素类型对不同玉米品种水分利用效率的影响[J].中国农业科学,2011,44(9):1963-1972.
- [16] 张哲元,张玉龙,黄 毅,等.覆膜及深松配合措施对玉米生长发育及产量的影响[J].土壤通报,2009,40(5):1156-1159.
- [17] Adeoye K B. Effect of tillage depth on physical properties of a tropical soil and on yield of maize, sorghum and cotton [J]. Soil and Tillage Research, 1982,2(3):225-231.