

耕作方式对豫东夏玉米产量和水分利用效率的影响

张笑培^{1,2}, 周新国^{1,2}, 王静丽³, 樊向阳^{1,2}, 黄仲冬^{1,2}, 杨慎骄^{1,2}, 王和洲^{1,2}

(1. 中国农业科学院 农田灌溉研究所, 河南 新乡 453002; 2. 河南商丘农田生态系统国家野外科学观测研究站, 河南 商丘 476000; 3. 河南农业大学, 郑州 452000)

摘要:豫东地区夏玉米生长季恰逢雨季, 季节性强降水经常导致农田积水, 使玉米生长受到涝渍灾害威胁, 为探索当地夏玉米的适宜栽培管理模式, 试验设置播前翻耕、深松和旋耕3种耕作处理, 并以当地种植习惯的免耕贴茬播种为对照, 通过田间小区试验重点研究了不同耕作方式对农田土壤水分、夏玉米农艺性状、籽粒产量及水分利用效率的影响。结果表明, 与免耕贴茬播种处理相比, 翻耕和深松处理均能在强降雨后有效降低表层土壤含水率, 增加夏玉米生长中后期的株高和叶面积; 翻耕和深松处理籽粒产量分别提高了26.55%和19.67%; 翻耕和深松处理水分利用效率分别提高了15.37%和9.69%, 旋耕处理降低了3.45%。综合考虑夏玉米籽粒产量、水分利用效率等因素, 翻耕和深松措施是适宜于豫东地区夏玉米高产的栽培模式。

关键词:耕作方式; 土壤水分; 夏玉米; 水分利用效率

中图分类号: S157.4; S513

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.gggs.2017.09.003

张笑培, 周新国, 王静丽, 等. 耕作方式对豫东夏玉米产量和水分利用效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2017, 36(9): 13-19.

0 引言

黄淮海平原是我国重要的优质商品粮生产基地, 地处黄淮平原腹地的豫东地区, 受暖温带亚湿润季风气候的影响, 降水(多年平均降水量708 mm)季节分布不均, 主要集中在7—9月, 春旱夏涝是当地主要的气候特点。夏玉米生长处于该区域的降雨季节, 强降水极易造成涝渍灾害, 对玉米籽粒产量造成严重的负面影响。

黄淮海平原大面积推广应用的冬小麦机械化收获后秸秆就地覆盖、夏玉米贴茬播种耕作模式, 导致土壤压实, 犁底层土壤干体积密度和厚度逐年增加、通透性下降, 进一步阻碍了农田表层水分的入渗, 不仅降低了夏玉米对生长季自然降水的高效利用, 而且导致强降雨后农田积水, 夏玉米生长受到涝渍胁迫, 最终影响夏玉米经济产量和水分利用效率。

国内外研究表明, 耕作措施可以改善土壤蓄水能力、增加土壤渗透性、改变土壤肥力, 是农业生产中普遍应用的土壤扩蓄增容措施之一^[1-3]。受气候条件及土壤质地等多方面的影响, 相关研究结论不尽相同^[4-5]。研究表明^[6-8], 在旱作条件下, 免耕覆盖有利于提高作物产量和水分利用效率, 连续多年实施少免耕, 土壤贮水量增加; 也有研究表明^[9-11], 长期免耕条件下土壤压实程度加重, 干体积质量增加, 不利于作物根系发育, 产量显著降低。深松可以有效打破犁底层, 降低土壤干体积质量, 增加夏玉米根深, 提高水分利用效率, 但深松能有效提高黏重土壤的入渗能力, 而对轻质粉壤土影响不大^[12-14]。翻耕后土壤水分散失较快, 土壤紧实度过低, 蓄水保水效果低于免耕、深松处理^[15-16]。胡守林等^[17]研究表明, 翻耕覆膜可以促进玉米根系生长, 其增产节水效果优于免耕处理; 刘爽等^[18]研究表明黑土区旋耕相比于免耕、少耕能提高玉米水分利用效率和产量。

收稿日期: 2016-09-14

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2013AA102903); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203077)

作者简介: 张笑培(1978-), 女, 河北藁城人。副研究员, 主要从事农田水分高效利用的研究。E-mail: xiaopei@163.com

通信作者: 王和洲(1962-), 男, 河南南阳人。研究员, 主要从事农田水分高效利用与农业生态研究。E-mail: whzh6204@126.com

针对豫东地区夏涝导致作物生长受到涝渍胁迫以及自然降水利用效率较低等生产问题,以夏玉米为研究对象,重点研究不同耕作方式对农田土壤水分动态变化以及籽粒产量和水分利用效率特别是降水利用效率的影响,分析不同耕作方式的蓄水保墒和增收效果,以期在当地冬小麦-夏玉米连作条件下玉米优质高产以及雨水高效利用提供一定理论依据与技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2012年6—9月在河南商丘农田生态系统国家野外科学观测研究站(115°34'E, 34°35'N)进行。试验区属暖温带亚湿润季风性气候,多年平均降水量708 mm,且主要集中在7—9月(占全年降水量的65%~75%),年蒸发量为1 735 mm,多年平均气温13.9 °C,无霜期230 d。试验区土壤质地为轻黏质土质,0~100 cm平均土壤干体积质量为1.46 g/cm³,田间持水率为36.72%(体积含水率),耕层土壤有机质质量分数为9.8 g/kg,全氮量为0.78 g/kg,碱解氮、速效磷、速效钾量分别为56.4、10.5、52.6 mg/kg。

1.2 试验设计

供试夏玉米品种为农华101,玉米生育期划分为苗期、拔节期、抽雄吐丝期和灌浆成熟期4个生育阶段。在冬小麦秸秆粉碎还田基础上分别进行播前翻耕(FT)、深松(ST)、和旋耕(XT)和传统贴茬播种(CK),共4个处理(表1),各处理重复3次,小区面积10 m×45 m。前茬小麦收获后于2012年6月10日整地播种,播种深度5 cm,行距为60 cm。播种时施种肥450 kg/hm²(复合肥养分 $\omega(\text{N}):\omega(\text{P}_2\text{O}_5):\omega(\text{K}_2\text{O})=24:16:5$),拔节期(2012年7月19日)追施尿素300 kg/hm²(纯氮质量分数为46%)。试验区灌溉方式采用微喷带灌水,灌溉系统首部安装压力表和过滤装置等设备,灌溉水源为地下水,灌水量用水表计量。苗期所有处理均灌水40 mm。

表1 土壤耕作处理

处理	具体措施
翻耕(FT)	前茬小麦秸秆全部粉碎还田,撒施底肥,铧犁翻耕(深度30 cm),旋耕机旋耕2遍,机播玉米
深松(ST)	前茬小麦秸秆全部粉碎还田,撒施底肥,深松机深松1遍(深度30 cm),旋耕机旋耕2遍,机播玉米
旋耕(XT)	前茬小麦秸秆全部粉碎还田,撒施底肥,旋耕机旋耕2遍(深度18 cm),机播玉米
对照(CK)	小麦收获时,留茬15~20cm,秸秆全部粉碎,覆盖在地表,玉米贴茬播种

1.3 测定项目和方法

1.3.1 土壤含水率

夏玉米生育期内采用烘干称质量法分层(0~20、20~40、40~60、60~80和80~100 cm)观测0~100 cm土层土壤含水率,观测周期为5~7 d,灌水前后和降雨后加测。

1.3.2 夏玉米生长发育

每小区选5株长势均一的植株挂牌定株测量其株高、叶面积等指标。株高、叶面积均采用精度为0.1 cm的钢卷尺测量,叶片测量其最大长度和宽度,用0.7的系数乘以叶片的长和宽计算单片叶面积,从而计算出单株叶面积,再根据种植密度计算叶面积指数。

1.3.3 收获考种、田间测产与耗水量计算

试验结束后各小区随机取10株进行考种,测定株高、穗长、穗行数、行粒数、单穗质量、百粒质量、地上部干物质量等指标。

收获时各小区单打单收计产,以实收产量测算各处理产量,并折合产量。

各处理耗水量采用水量平衡公式计算,即:

$$ET_c = R + I - F + Q - S + \Delta W \quad (1)$$

式中: ET_c 为作物蒸发蒸腾量(mm); R 为降水量(mm); I 为灌水量(mm); F 为地表径流(mm); Q 为地下水补给量(mm); S 为深层渗漏量(mm); ΔW 为土壤贮水量的减少量,由实测的土壤含水率求得:

$$\Delta W = W_i - W_{i+1} \quad (2)$$

式中: W_i 和 W_{i+1} 分别为第*i*个时段初和时段末的土壤贮水量(mm)。为方便水量平衡计算,将含水率换算为以mm为单位的土壤贮水量 W ,即:

$$W = \theta \cdot \gamma \cdot H / 10 \quad (3)$$

式中： W 为土壤贮水量(mm)； θ 为土壤质量含水率(%)； γ 为土壤干体积密度(g/cm^3)； H 为土壤土层计算厚度(cm)。

1.3.4 气象资料

通过商丘国家站的自动气象观测站连续监测试验期间的太阳辐射强度、气温、相对湿度、风速和降雨量等常规气象指标。

1.4 数据处理

利用Microsoft Excel 2010、SAS6.0软件对数据进行统计分析。差异显著性采用LSD法进行比较。

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对土壤水分的影响

2.1.1 不同耕作方式对0~20 cm土壤含水率的影响

不同处理0~20 cm土壤含水率的变化如图1所示,在夏玉米整个生育过程中,CK土壤含水率均高于FT、ST、XT处理。整个生育期内表层0~20 cm土壤含水率均在田间持水率($\theta_r=36.72\%$)的50%以上,平均含水率为 θ_r 的74.5%~82.8%。可以满足夏玉米生长的需求,仅在7月下旬和8月中旬出现土壤含水率低谷,但随后降雨后土壤含水率升高。在夏玉米苗期和拔节期(6月10日—7月12日),由于植株较小,对土壤水分的消耗量少,各处理和CK之间差异不显著,从拔节期开始到抽雄期,植株逐渐长大,对土壤水分消耗量增加。7月初遇到连续降雨,7 d内累积降水量超过了200 mm,各处理土壤含水率均明显增加。

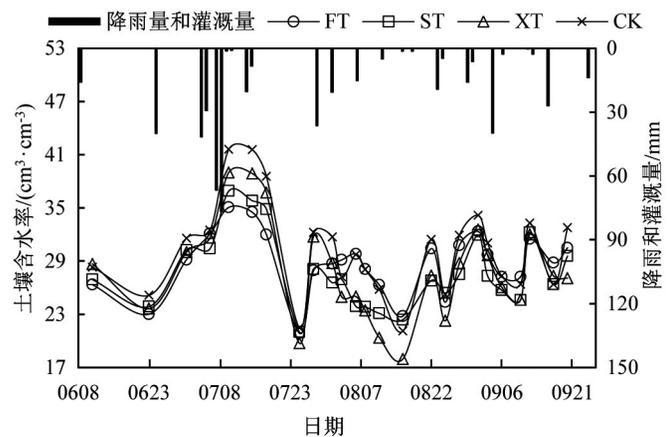


图1 降水量及不同处理0~20 cm土壤水分动态变化过程

由图1可知,7月10、15、18日CK的0~20 cm土层土壤含水率(分别为41.60%、41.57%和38.53%)均高于 θ_r ;FT处理0~20 cm土层土壤含水率(分别为35.06%、34.50%和31.97%)均低于 θ_r ;ST和XT处理的观测值介于二者之间;而且CK的观测值与其他3种耕作处理差异明显,其主要原因是翻耕、深松、旋耕3种耕作处理疏松表层土壤,同时将粉碎的前茬小麦秸秆埋入土中,土壤中孔隙度变大,增加了土壤的通透性,有效减少了表层积水。而且翻耕和深松处理在提高耕层土壤孔隙度的同时,有效打破了犁底层,有利于雨水的快速入渗。至8月16日,土壤水分动态呈现出低谷,与CK相比,XT处理土壤含水率降低了14.85%,FT和ST处理分别提高了8.06%和6.16%。

2.1.2 不同耕作方式下夏玉米土壤剖面水分分布

图2为不同时期0~100 cm土层剖面土壤水分分布情况。从图2可以看到,夏玉米播种后13 d,各处理0~20 cm土壤含水率差异不大,而0~40 cm土层CK土壤含水率明显低于其他处理。播种后21 d经过苗期灌溉(6月24日灌水40 mm)后,各处理土壤含水率明显增加,而且3种耕作处理不同层次的土壤含水率均大于CK。由于7月初连续降水200 mm,播种后31 d的观测结果表明,各处理不同层次土壤含水率尤其是40 cm以下的土壤含水率均接近或超过田间持水率,其中CK 0~20 cm的土壤含水率最高(41.6%),远超过了 θ_r ,且均高于FT(35.0%)、ST(36.9%)和XT(39.0%)处理;FT处理表层含水率最低,这是由于翻耕措施增加表层土壤孔隙度,打破了犁底层,在促进雨水快速下渗的同时扩大根区土壤蓄水能力。在夏玉米生长的中后期(播种后45 d和67 d)土壤剖面土壤含水率变化趋势基本一致,均表现为表层土壤含水率低于40 cm以下土层土壤含水率,夏玉米播种后92 d的观测结果表明,收获期与播种后45 d、播种后67 d变化趋势基本一致,表层20 cm土壤含水率增加,与夏玉米生育后期降雨密切相关。降水后CK表层土壤含水率明显高于其他3种耕作处理,这是因为不同耕作措施改变了耕层土壤结构,进而影响了农田土壤棵间蒸发和蓄水能力,同时不同程度影响了自然降水向深层土壤入渗,进而影响了不同层次的土壤水分分布。

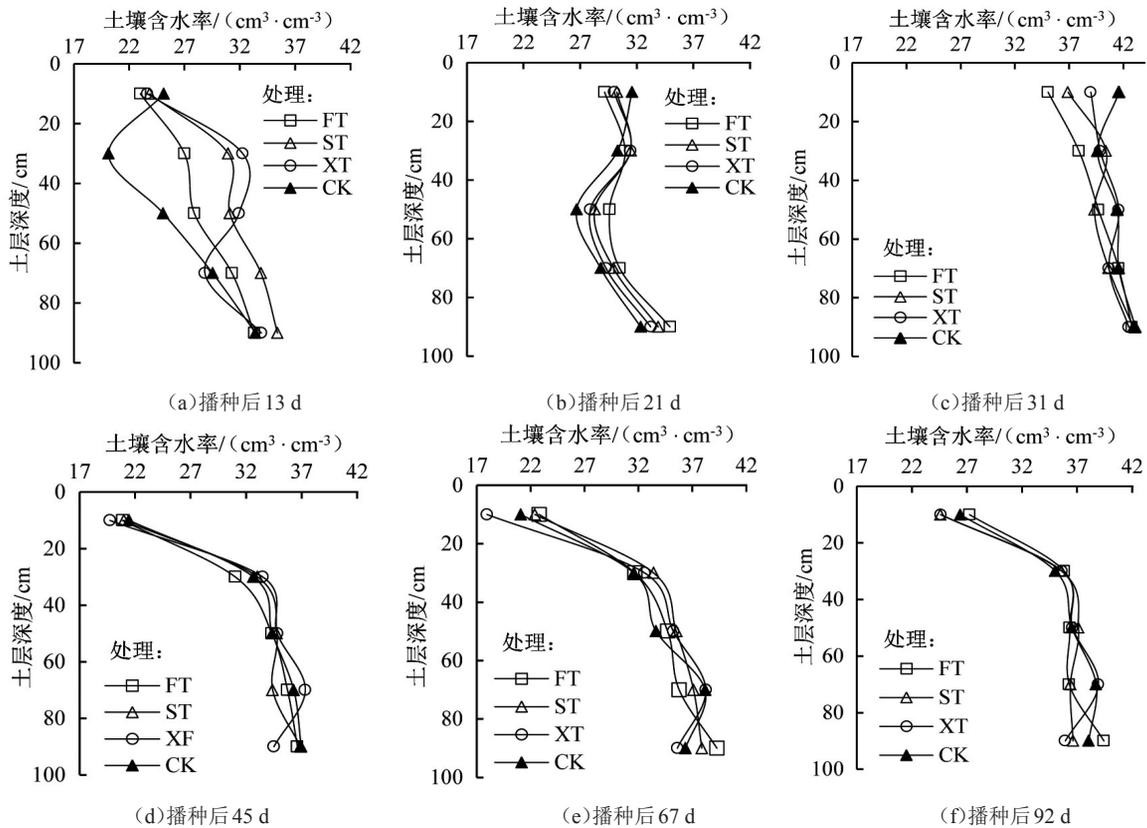


图2 不同时期0~100 cm土壤剖面水分动态

图3是7月4—8日强降雨(降雨量214.2 mm)后第4天(7月12日)、第7天(7月15日)、第10天(7月18日)不同处理0~100 cm土层剖面土壤含水率变化。

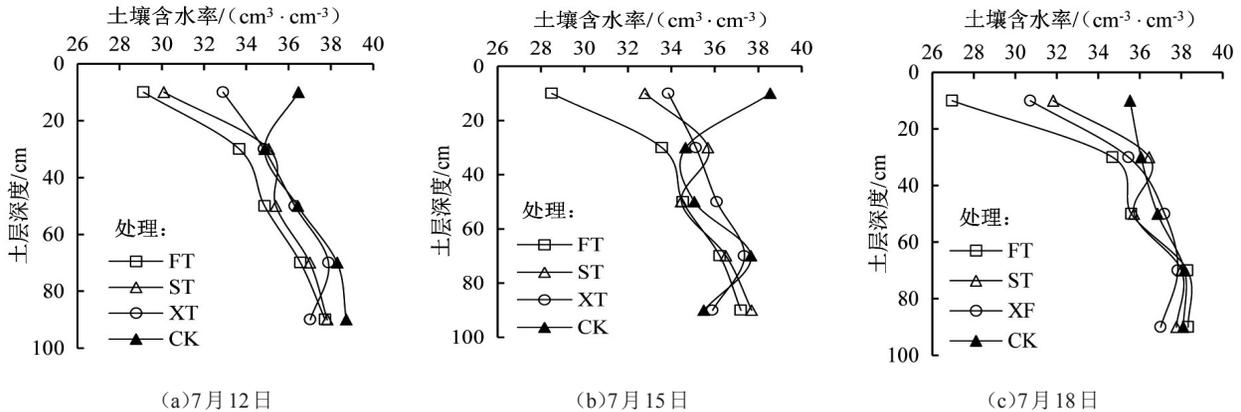


图3 强降雨后第4、7、10天土壤剖面水分动态

从图3可以看出,强降雨后第4天,0~20 cm土层含水率差异较大,变化趋势为CK>XT处理>ST处理>FT处理,CK表层土壤含水率最高(36.47%),接近于 θ_r ,除CK表层含水率与深层土壤含水率基本持平外,其他3种处理20 cm以下土壤含水率均大于表层含水率。强降雨后第7天(7月15日),历经7月13日、14日累计28.8 mm的降水,各处理土壤水分得到补充,CK表层含水率(38.57%)超过了 θ_r 。强降雨后第10天,各处理表层含水率下降较为明显,深层土壤含水率变化不大,CK表层含水率仍然高于其他处理,但是已经低于 θ_r ,FT处理表层含水率最低。20 cm以下深层土壤含水率各处理间差异不明显,但均高于 θ_r 的80%,处于高水分状态。

2.2 不同耕作方式对夏玉米生长的影响

夏玉米生长初期,各处理株高差异不显著,播种后10 d和21 d观测结果表明,CK株高最高,分别为12.1和41.0 cm,XT处理株高最低分别为10.3和33.7 cm,FT和ST处理介于二者之间,株高由大到小的顺序依次为CK>ST处理>FT处理>XT处理。播种后31 d,株高的大小顺序为FT处理>ST处理>CK>XT处理,与CK

相比,FT、ST处理无显著性差异,XT处理差异明显,比CK降低5.70%。夏玉米进入拔节期,由于在7月初经过为期5 d的强降雨(总降雨量达到214.2 mm),田间土壤含水率达到或超过 θ ,夏玉米受到不同程度的涝渍胁迫,与CK相比,FT和ST处理由于播前耕作措施打破了犁底层,有利于雨水的快速入渗,因此在一定程度上有效缓解了涝渍胁迫对玉米生长的负面影响。播种后40 d调查结果表明,FT和ST处理的株高分别比CK增加了30.01%和5.96%,各处理株高从高到低依次为FT处理>ST处理>CK>XT处理。夏玉米抽雄灌浆期以及灌浆成熟期观测结果表明,夏玉米株高均表现为FT处理最高,ST处理次之,CK最低。

夏玉米生长初期叶面积指数差异较小,FT处理最高(0.13),XT处理最低(0.08),ST处理(0.12)和CK(0.09)介于二者之间,处理间差异不明显。进入拔节期后,由于强降水的影响,土壤扩蓄增容的优势逐渐显现。播种后40 d调查结果表明,与CK相比,FT和ST处理的叶面积指数分别增加了105.15%和41.24%,XT处理的叶面积指数降低了13.40%。在夏玉米生长的中后期,CK和XT处理叶面积指数差异不明显,但均显著低于FT和ST处理。

夏玉米生长初期,不同耕作措施对夏玉米株高和叶面积的影响差异不显著,中后期随着夏玉米生育进程的推进,差异逐渐显现,其中FT、ST处理夏玉米株高和叶面积均明显大于CK(表2,表3),XT处理略低于CK,说明适宜的耕作措施能够促进夏玉米生长,这与耕作措施能够有效提高土壤水分保蓄能力,改善土壤结构,优化土壤环境等直接相关。

表2 不同时期夏玉米株高

处理	播后10 d	播后21 d	播后31 d	播后40 d	播后54 d	播后68 d	播后83 d
FT	11.87 a	37.64ab	61.2 a	120.1 a	200.1 a	281.2 a	294.1 a
ST	11.5 a	37.8 ab	60.5 a	102.3 b	180.4 b	265.1 ab	289.25a
XT	10.3 a	33.7 b	56.2 b	82.3 c	161.2 c	251.0 bc	281.6 a
CK	12.1a	41.0 a	59.6 a	96.6 b	155.2 d	239.1 c	256.8 b

注 同列不同字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

表3 不同时期夏玉米叶面积指数(LAI)

处理	播后10 d	播后21 d	播后31 d	播后40 d	播后54 d	播后68 d	播后83 d
FT	0.13 a	0.19 a	1.25 a	1.99 a	2.62 a	2.95 a	2.98 a
ST	0.12 a	0.18 a	1.15 b	1.37 b	2.25 bc	2.61 b	2.88 a
XT	0.08 a	0.13 b	0.78 b	0.84 c	1.75 bc	1.92 c	2.20 b
CK	0.09 a	0.17 ab	0.85 b	0.97 c	1.94 c	2.16 bc	2.24 b

2.3 不同耕作方式对夏玉米耗水量和水分利用效率(WUE)的影响

夏玉米生长季累积降水475.0 mm(图1),其中次降水量大于5、20、40和60 mm的累积降水量分别为453.2、358.4、185.0和143.4 mm;其中7月4—8日累积降水量达到了214.2 mm,在补充田间根层土壤水分的同时,使作物受到淹水和涝渍灾害胁迫,同时产生地表径流和深层渗漏。不同处理夏玉米全生育期耗水量为381.11~418.05 mm,FT和ST处理耗水量无显著差异,但均显著高于CK(表4),FT、ST和XT处理的耗水量分别比CK增加了9.69%、9.09%和3.54%。

表4 不同处理夏玉米的耗水量和WUE

项目	穗长/cm	秃尖长/cm	穗粗/cm	穗行数/行	行粒数/粒	百粒质量/g	籽粒产量/(kg·hm ⁻²)	耗水量/mm	WUE/(kg·m ⁻³)
FT	19.40a	1.36ab	4.81a	13.87a	38.78ab	33.55a	10 140.57a	418.05a	2.43a
ST	19.71a	1.27b	4.76a	13.47a	39.33a	32.74a	9 588.96b	415.79a	2.31b
XT	18.56a	1.80ab	4.67a	13.13a	37.97b	28.57b	8 010.38c	394.60b	2.03c
CK	19.04a	1.79a	4.68a	13.16a	37.64b	29.35b	8 013.09c	381.11b	2.10c

WUE是衡量植物消耗单位水量的产出同化量,反映植物生产过程水分转化效率的重要指标之一。试验结果(表4)表明,籽粒产量以FT处理最高,XT处理最低,与CK相比,FT、ST处理的产量分别提高了26.55%、19.67%,FT、ST处理与CK间差异均达到了显著性水平;XT处理籽粒产量最低,与FT、ST处理之间的差异达到了显著性水平,与CK差异不明显。与CK相比,FT和ST处理的WUE分别提高了15.37%和9.69%,差异达到了显著性水平。表明翻耕、深松耕作措施能改善土壤生态环境,增强夏玉米生长发育对土壤水分的转化

效率,提高夏玉米 *WUE*,显著提高夏玉米对降水资源的有效利用。XT处理的 *WUE* 比CK降低了3.45%,说明旋耕处理不适宜于豫东地区的夏玉米生产,其主要原因是由于旋耕处理前期表层土壤孔隙度较大保墒能力较弱,旋耕深度较浅不能有效打破犁底层,降水特别是7月初强降水后,与CK相比,农田水分蒸发较弱,与FT和ST处理相比,通过深层渗漏排水的能力偏低,不利于作物生长,从而对植株生长及产量形成不可逆转的负面影响,最终导致 *WUE* 偏低。

3 结论

研究表明,翻耕、深松处理的作物籽粒产量显著高于免耕贴茬播种处理,增产幅度分别达到了26.55%和19.67%,旋耕无增产效果。Via等^[19]研究发现,降雨会对免耕效果产生影响,并且在降雨量较低时具有产量优势,传统耕作在降雨量较高时具有产量优势,这与本研究结论基本一致。本研究地处豫东地区,试验季节正值雨季,翻耕、深松耕作方式与免耕贴茬播种相比,具有产量优势。

免耕贴茬播种处理作物前期株高和叶面积均高于其他处理,中后期逐渐低于翻耕、深松处理。至拔节前期由于强降水过程致使试验地产生田面积水,免耕贴茬播种处理入渗、水分散失和排水效果低于其他耕作处理,致使田间水分过高而对夏玉米生长发育产生不利影响。说明在豫东地区夏玉米播前采取翻耕、深松耕作措施,可有效提高夏玉米产量。

免耕贴茬播种处理作物全生育期耗水量最低,翻耕、深松和旋耕处理的耗水量分别比免耕贴茬播种处理增加9.69%、9.09%和3.54%,免耕贴茬播种处理由于麦茬减少了太阳辐射及土壤与大气之间的水分交换,降低了土壤水分蒸发损失,与前人关于免耕提高土壤含水率研究结果一致。但是,由于试验期间降雨的因素,免耕贴茬播种产量受到影响,其 *WUE* 仅高于旋耕处理,低于翻耕和深松处理。

参考文献:

- [1] BHATT R, KHERA K L. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the submontaneous tract of Punjab, India [J]. Soil and tillage research, 2006, 8: 107-115.
- [2] WANG X B, CAI D X, HOOGMOED W B, et al. Developments in conservation tillage in rainfed regions of North China[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 93: 239-250.
- [3] DE VP, PAOLO E D, FECONDO G, et al. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy [J]. Soil and Tillage Research, 2007, 92: 69-78.
- [4] 雷金银,吴发启,王健,等. 保护性耕作对土壤物理特性及玉米产量的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(10):40-45.
- [5] 江晓东,迟淑筠,李增嘉,等. 少免耕模式对冬小麦花后旗叶衰老和产量的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(4):55-58.
- [6] RIKSEN MJ, GOOSSENS D. Tillage techniques to reactivate Aeolian erosion on inland drift-sand [J]. Soil and Tillage Research, 2005, 83: 218-236.
- [7] 张海林,陈阜,秦耀东,等. 覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J]. 农业工程学报,2002,18(2):36-40.
- [8] 代快,蔡典雄,张晓明,等. 不同耕作模式下旱作玉米氮磷肥产量效应及水分利用效率[J]. 农业工程学报,2011,27(2):74-82.
- [9] AON MA, SARENA DE, BURGOS JL. Microbiological, chemical and physical properties of soils subjected to conventional or no-till management: an assessment of their quality status [J]. Soil and Tillage Research, 2001, 60: 173-186.
- [10] LAMPURLANES J, ANGAS P, CANTERO MC. Root growth soil water content and yield of barley under different tillage systems on two soils in semiarid conditions [J]. Field crops Research, 2001, 69: 27-40.
- [11] SINGH B, CHANASYK D, MCGILLW B. Soil water regime under barley with long-term tillage-residue system [J]. Soil and Tillage Research, 1998, 45: 59-74.
- [12] 丁昆仑, Hann MJ. 耕作措施对土壤特性及作物产量的影响[J]. 农业工程学报,2000,16(3):28-31.
- [13] 褚鹏飞,于振文,王东,等. 耕作方式对小麦耗水特性和籽粒产量的影响[J]. 中国农业科学,2010,43(19):3 954-3 964.
- [14] 王红光,于振文,张永丽,等. 耕作方式对旱地小麦耗水特性和干物质积累的影响[J]. 作物学报,2012,38(4):675-682.
- [15] 付国占,李潮海,王俊忠,等. 残茬覆盖与耕作方式对土壤性状及夏玉米水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(1):52-56.
- [16] 常晓,魏克明,王和洲,等. 不同耕作方式对夏玉米田土壤水分调控效应[J]. 灌溉排水学报,2012,31(4):75-78.
- [17] 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.
- [18] 刘爽,张兴义. 不同耕作方式对黑土农田土壤水分及利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究,2012,30(1):126-131.
- [19] VIA P, DE V P, PAOLO E D, et al. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy [J]. Soil and Tillage Research, 2007, 92:69-78.

Impact of Tillage on Yield and Water Use Efficiency of Summer Maize in Eastern Henan Province

ZHANG Xiaopei^{1,2}, ZHOU Xinguo^{1,2}, WANG Jingli³, FAN Xiangyang^{1,2},
HUANG Zhongdong^{1,2}, YANG Shenjiao^{1,2}, WANG Hezhou^{1,2}

(1. Farmland Irrigation Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Xinxiang 453002, China;

2. National Agro-ecological System Observation and Research Station of Shangqiu, Shangqiu 476000, China;

3. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: Summer maize grows in rainy season in Eastern Henan Province and excessive seasonal rainfall could result in waterlogging, detrimentally impacting the plant growth. In attempts to find suitable cultivating and agronomical methods for the summer maize, a field experiment was conducted in this paper to investigate the effect of different tillages on soil water, plant traits, grain yield, and water use efficiency. Four tillages were examined: plowing (FT), sub-soiling (ST), rotary tillage (RT) and no tillage (CK), before sowing. The results showed that compared with CK, FT and ST substantially reduced the soil water content in the top 0~20cm soil after heavy rainfalls, and as a result, the plant height and *LAI* of the maize increased during the middle and late growing stages. FT and ST increased the grain yield by 26.55% and 19.67%, and water use efficiency by 15.37% and 9.69%, respectively, compared with CK. In contrast, RT reduced the yield by 3.45%. In summary, FT and ST are more efficient to alleviate waterlogging occurring in the summer maize field in Eastern Henan Province.

Key words: tillage management; soil water content; summer maize; water use efficiency

责任编辑:赵宇龙