

# 耕作方式对秸秆覆盖玉米田春播期 土壤水热盐状况的影响

于庆峰<sup>1</sup>, 苗庆丰<sup>2</sup>, 史海滨<sup>2</sup>, 胡敏<sup>1</sup>, 张俊友<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109; 2. 内蒙古农业大学 水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

**摘要:**为探究秸秆覆盖玉米田秋收后不同整地耕作措施对翌年春播期土壤水热盐状况及玉米出苗率的影响, 试验设置免耕、少耕和旋耕共3个处理进行了对比研究。结果表明:不同耕作方式造成的秸秆覆盖量和土壤水分含量差异是影响土壤温度变化的主要因素, 各处理不同土层温度整体表现为旋耕>少耕>免耕, 春播期气温较低, 相对较高的土壤温度有利于玉米种子的萌发;各处理不同土层含水率整体表现为免耕>少耕>旋耕, 但各处理水分条件均适宜玉米种子的萌发;在一定的土壤含水率范围内, 土壤含水率与土壤温度间呈现负相关关系;各处理不同土层含盐量整体表现为旋耕>少耕>免耕, 0—20 cm 土壤含盐量平均值分别为 1.818 g/kg, 1.845 g/kg, 1.984 g/kg, 均适宜玉米的种植;不同耕作方式对玉米出苗率影响显著, 且旋耕处理出苗率最高, 平均较免耕和少耕处理高 9.25% 和 6.21%。

**关键词:** 秸秆覆盖; 耕作方式; 土壤含水率; 土壤温度; 土壤含盐量; 出苗率; 玉米; 河套灌区

中图分类号: S152

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2019)03-0265-04

## Effects of Tillage Methods on Soil Water, Heat and Salt of Field Maize in the Period of Spring Sowing

YU Qingfeng<sup>1</sup>, MIAO Qingfeng<sup>2</sup>, SHI Haibin<sup>2</sup>, HU Min<sup>1</sup>, ZHANG Junyou<sup>1</sup>

(1. College of Vocation and Technology, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109, China;

2. Water Conservancy and Civil Engineering College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

**Abstract:** In order to explore the effect of different tillage methods on soil water, heat, salt and the emergence rate of maize with straw mulching after autumn harvest, three treatments including no tillage, less tillage and rotary tillage were set up. The results showed that the different straw mulching patterns caused by different tillage methods and soil moisture contents were the main factors affecting soil temperature, the soil temperature of different soil layers decreased in the order: rotary tillage>less tillage>no tillage, the temperature was lower during period of spring sowing, so relatively high soil temperature was favorable for germination of maize seeds; the soil water contents of different soil layers decreased in the order: no tillage>less tillage>rotary tillage, but all the water conditions were suitable for maize seed germination. In a certain range of soil water content, the soil water and heat showed a negative correlation. The soil salts of different soil layers decreased in the order: rotary tillage>less tillage>no tillage, average contents of soil salt in 0—20 cm layer under no tillage, less tillage and rotary tillage were 1.818 g/kg, 1.845 g/kg and 1.984 g/kg, respectively, which were suitable for planting maize. The effects of different tillage methods on the emergence rates of maize were significant, and the rate of emergence was highest under rotary tillage, which was 9.25% and 6.21% higher than those under no tillage and less tillage, respectively.

**Keywords:** straw mulching; tillage method; soil water content; soil temperature; soil salt content; emergence rate; maize; Hetao Irrigation Zone

收稿日期: 2018-08-13

修回日期: 2018-08-28

资助项目: 国家自然科学基金重点项目(51539005); 国家自然科学基金(51209114); “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD29B03); 内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2012MS0303); 内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZY12088); 内蒙古农业大学职业技术学院科技创新团队项目(2017CXTD05)

第一作者: 于庆峰(1976—), 男, 呼和浩特人, 副教授, 主要从事农业水土工程的研究工作。E-mail: yuqf523@126.com

通信作者: 胡敏(1977—), 女(达斡尔族), 呼和浩特人, 博士, 副教授, 主要从事农业水土工程的研究工作。E-mail: 66970501@qq.com

内蒙古河套灌区地处干旱半干旱地区,属于典型的盐渍化灌区,且春季寒冷干旱,对春播期最佳播种农时的选择及种子的萌发和作物的生长发育产生了一定负面的影响,从而一定程度上制约了该地区农业的健康发展。而有研究表明,秋收后地表铺设秸秆,在土壤经历冻融循环后,显著改善了土壤水盐热条件,为翌年春季作物种子的萌发和生长提供了适宜的土壤环境<sup>[1]</sup>。也有研究表明,秋收后地表覆盖秸秆条件下,不同耕作措施造成的秸秆覆盖度是影响阳光辐射强度和土壤水热状况的关键因素,从而对春播期土壤环境产生影响<sup>[2]</sup>。

河套灌区特殊的气候和土质条件在一定程度上影响了灌区农业的健康发展,而春播期寒冷干旱且土壤盐分表聚问题严重一直以来也是困扰当地农民的主要难题<sup>[3]</sup>。良好的土壤条件是保证作物出苗和生长的关键因素。本研究鉴于前人的研究成果,在延续前期玉米秸秆覆盖试验的基础上,于玉米收获后通过设置免耕、少耕和旋耕的耕作措施,研究不同耕作措施对春播期土壤水热盐状况和玉米出苗率的影响,从而筛选出适宜灌区玉米生育期秸秆覆盖条件下的秋收后整地耕作措施,为灌区玉米的合理种植提供技术支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验区位于内蒙古河套灌区磴口县夹道村进行,试验期间无降水,该地区多年平均降雨量 139.8 mm,蒸发量 2 374.6 mm;多年平均气温为 7.6℃,平均日照时数 3 183 h,平均无霜期 130 d 左右。试验区 0—20 cm 为粉砂壤土,20—100 cm 为粉砂质黏壤土,土壤平均容重为 1.47 g/cm<sup>3</sup>;耕作层凋萎系数 9.3%,田间持水量 21.2%,该地区农业灌溉水源为黄河水,水质平均矿化度为 0.32 g/L,平均 pH 值为 8.1。

### 1.2 试验设计

试验地前茬为玉米平作秸秆覆盖种植,秸秆覆盖量为 10 t/hm<sup>2</sup>。玉米收获后,进行整地,试验设置免耕、少耕(只进行灭茬)、旋耕(深度 25 cm)共 3 个处理,各处理秸秆覆盖度分别为 40%,25%和 10%,11 月 1 日进行秋浇,秋浇水量为 1 500 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。采用随机区组试验设计,小区规格 50 m×10 m,3 次重复,春玉米播种期为 4 月 24 日。

### 1.3 测定内容及方法

各处理于秋浇后土壤冻结前,在 5—25 cm 土体埋设 HZR8T 土壤温度记录仪监测整个冻融期土壤温度变化,每 5 cm 一层,记录时间间隔 60 min。玉米播前连续三天利用土钻取样测定 0—5 cm,5—10 cm,10—15 cm,15—20 cm 和 20—25 cm 土壤含水率

和电导率值,各处理分别在田块内畦首、畦中、畦尾设 3 个采样点,采用烘干称重法测定土壤含水率,用 DDS—308A 电导率仪速测土壤 EC 值。

本文以土壤质量含盐量表征土壤盐分含量,根据研究得出的适宜当地经验公式,利用实测土壤电导率 EC 值进行换算<sup>[4]</sup>,计算公式为:

$$Q=3.471EC+0.015 \quad (1)$$

式中:Q 为土壤全盐质量分数(g/kg);EC 为土壤 1:5 浸提液在 25℃时的电导率值(mS/cm)。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003 进行数据处理并绘制图表,SPSS 17.0 进行单因素方差分析;如果差异显著,则采用邓肯氏新复极差检验法进行多重比较,检验不同处理间的差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作方式对土壤含水率的影响

河套灌区常年春季无降水,因此玉米春播期土壤水分的来源主要为前一年秋浇灌水,但土体经历冻融循环后,如何更好的保蓄和调节土壤水分是关键,土壤含水量过低会使得种子萌发过程遭受水分胁迫,水分过多则会造成农田塌湿,可能延误最佳农时,从而对玉米的生长及产量的形成造成不利影响<sup>[5]</sup>。

本研究发现,各处理不同土层含水率整体表现为免耕>少耕>旋耕,且免耕 0—5 cm 和 5—10 cm 土壤含水率平均较少耕高 10.62%和 9.78%,差异性显著( $p<0.05$ ),而其他土层间含水率差异性不显著( $p<0.05$ )(表 1)。但两处理各土层含水率均显著高于旋耕处理,免耕和少耕 5—25 cm 土壤含水率平均较旋耕高 8.35%~24.82%和 5.44%~12.84%,研究结论与张少良等<sup>[2]</sup>的研究结果具有一定的一致性,这主要是由于秸秆覆盖量越大,形成的隔绝效应一定程度上阻碍了土壤与空气的交换通道,水分蒸发量大幅减小<sup>[3]</sup>。而孟宪欣等<sup>[6]</sup>通过研究表明,适宜于种子萌发和壮苗的土壤含水率为 15%~20%,侯玉虹等<sup>[7]</sup>通过研究不同土质底墒对玉米出苗的影响,得出适宜的土壤水分条件为壤土 19%~22%,黏土 26%~29%和沙土 13%~15%。结合灌区实际条件,玉米种植犁底层为 15 cm 左右,种植深度为 2.5 cm 左右,综合本试验结果来看各处理土壤水分条件均可满足玉米种子萌发所需土壤水分条件,且不存在干旱胁迫或农田塌湿现象。

### 2.2 不同耕作方式对土壤温度的影响

河套灌区属于典型的干旱半干旱地区,春播期气温较低,而玉米属于典型的喜温性作物,适宜的土壤温度是保证种子萌发和幼苗生长的关键性因素<sup>[8]</sup>。通过对

玉米播前连续 3 d 的地温日变化情况监测发现,各处理土壤表层 5—25 cm 土壤温度日变化趋势一致,均表现为表层 5—15 cm 变幅较大,且在 14:00 达到全天的峰值,而 20—25 cm 土壤温度受外界环境影响减弱,变化平缓,且最高值的出现呈现明显的滞后效应。

表 1 不同耕作方式下土壤含水率对比 %			
土层深度/cm	免耕	少耕	旋耕
5	14.65a	13.24b	11.73c
10	15.75a	14.35b	13.09c
15	16.84a	16.12a	14.36b
20	17.66a	17.05a	16.17b
25	20.75a	20.33a	19.15b

对比各处理发现,土壤温度整体表现为旋耕>少耕>免耕处理,旋耕表层 5 cm 处土壤日平均温度平均较少耕和免耕高 17.51%和 54.12%,10 cm 处高 16.73%和 58.75%,15 cm 处高 15.76%和 46.58%,20 cm 处高 12.45%和 42.06%,25 cm 处高 6.54%和 20.50%,差异性均达到了显著性水平( $p<0.05$ ),这一方面是由于秸秆覆盖量越大,形成一定的隔绝效应,从而减少了阳光对地面的辐射强度,增温效应较弱,另一方面是受土壤含水率的影响。随土层深度的增加,受外界环境影响减弱,差异逐渐减小。此阶段气温较低,相对较高的土壤温度将有利于玉米种子的萌发及苗期的生长。

已有研究表明,土壤含水量与和热量变化存在着相互影响和相互作用的关系<sup>[9-11]</sup>。通过对不同土层含水率和温度回归分析发现,两者可拟合为具有较高精度的二次曲线关系( $R^2=0.9617$ )。说明在一定范围内随土壤含水率的增加,土壤温度呈现下降趋势,这主要是由于土壤含水量越大,增大了土壤的比热容,降低了土壤温度的变化幅度<sup>[12]</sup>,这不利于北方寒冷地区春播期土壤增温,从而对玉米出苗产生不利影响。

2.3 不同耕作方式对土壤含盐量的影响

春播期至玉米苗期,土壤含盐量的大小直接影响种子的萌发和生长发育,从而影响其出苗率和保苗率。大量研究表明<sup>[13-15]</sup>,土壤水分是盐分运移的载体,春播期,盐随水走,在土壤水分蒸发的影响下,土壤盐分呈现向表层积聚的态势。由于免耕和少耕处理地表覆盖度较大,减少了土壤水分的蒸发量,从而减弱了盐分表聚现象的发生。研究发现,旋耕处理盐分表聚量显著高于免耕和少耕处理( $p<0.05$ ),5—25 cm 土壤盐分含量平均高 5.80%~14.57%和 5.56%~10.44%。说明不同秸秆覆盖量条件下,不同程度改变了土壤水热循环系统,进而影响土壤盐分的运移,为玉米种子的着床和萌发提供了相对淡化的土壤环境。

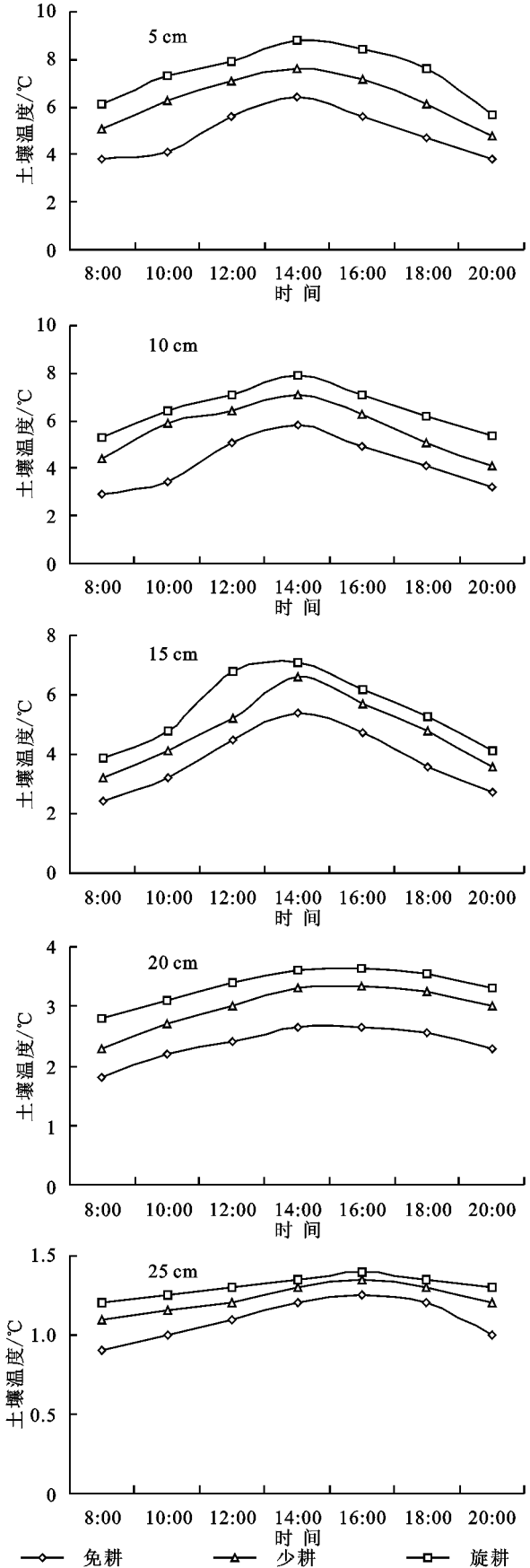


图 1 不同耕作方式下土壤温度变化

童文杰等<sup>[16]</sup>通过对内蒙古河套灌区玉米种植园盐性的研究,确定了当土壤表层 0—20 cm 土壤含盐

量在低于 1.178、1.178~2.036、2.036~3.465 和高于 3.465 g/kg 的土壤盐分条件,为玉米最适宜种植区、适宜种植区、次适宜种植区及不适宜种植区。本研究通过对数据分析发现,处理免耕、少耕和旋耕 0—20 cm 土壤含盐量平均值为 1.818 g/kg,1.845 g/kg,1.984 g/kg,均为玉米适宜种植区,综合来看,各处理春播期盐分含量均适合玉米的播种。

表 2 不同耕作方式下土壤含盐量对比 g/kg

土层深度/cm	免耕	少耕	旋耕
5	1.98b	2.00b	2.11a
10	1.86b	1.92b	2.07a
15	1.78b	1.82b	1.94a
20	1.67b	1.73b	1.91a
25	1.80b	1.76b	1.90a

2.4 不同耕作方式对玉米出苗率的影响

由图 2 玉米出苗率可知,各处理间玉米出苗率差异性均达到了显著性水平( $p<0.05$ ),且以旋耕处理出苗率最高,平均较免耕和少耕处理高 9.25%和 6.21%,这主要是由于各处理均为玉米种子萌发提供了适宜的土壤水盐条件,但旋耕处理土壤温度显著高于其他处理,春播期气温较低,为玉米种子的萌发提供了更适宜的土壤温度条件,显著提高了出苗率。

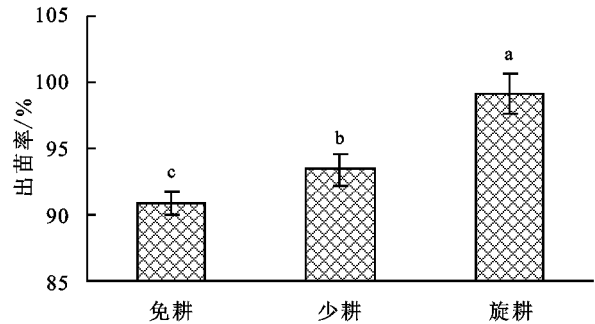


图 2 不同耕作方式下玉米出苗率对比

3 结论

(1) 不同土层温度整体表现为旋耕>少耕>免耕,且各处理间差异性达到了显著性水平。春播期气温较低,玉米作为典型的喜温性作物,相对较高的土壤温度有利于玉米种子的萌发。

(2) 适宜的土壤水分状况是保证种子萌发的必要条件,受耕作方式影响,各处理秸秆覆盖量的差异形成了不同的隔绝效应,阻碍了土壤与空气的交换通道。各处理不同土层含水率整体表现为免耕>少耕>旋耕,但各处理水分条件均适宜玉米种子的萌发。

(3) 通过回归分析发现,土壤含水率与土壤温度可拟合为具有较高精度的二次曲线关系( $R^2=0.9617$ ),说明在一定的土壤含水率范围内,二者呈现负相关关系,

土壤含水率越高,温度越低,而这不利于北方寒冷地区春播期土壤的增温。

(4) 各土层含盐量整体表现为旋耕>少耕>免耕,但 0—20 cm 土壤含盐量平均值为 1.818 g/kg,1.845 g/kg,1.984 g/kg,均适宜玉米的种植。

(5) 不同耕作方式条件下的土壤水热盐状况影响玉米种子的萌发,进而影响出苗率,研究发现,旋耕处理出苗率最高,平均较免耕和少耕处理高 9.25%和 6.21%。

参考文献:

[1] 梁建财,史海滨,李瑞平,等.覆盖对盐渍土壤冻融特性及秋浇灌水质量影响研究[J].农业机械学报,2015,46(4):98-105.

[2] 张少良,张兴义,于同艳,等.秸秆覆盖对农田黑土春季地温的影响[J].干旱区资源与环境,2010,24(6):169-173.

[3] 于庆峰,苗庆丰,史海滨,等.秸秆覆盖量对土壤温度和春玉米耗水规律及产量的影响[J].水土保持研究,2018,25(3):111-116.

[4] 白岗栓,杜社妮,于健,等.激光平地改善土壤水盐分布并提高春小麦产量[J].农业工程学报,2014,29(8):125-134.

[5] 倪东宁,李瑞平,史海滨,等.秋灌对冻融期土壤水盐热时空变化规律影响及灌水效果评价[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):141-145.

[6] 孟宪欣,王洪刚,方仁柱.水分对玉米种子发芽及苗期生长的影响[J].安徽农学通报,2008,14(4):40.

[7] 侯玉虹,尹光华,刘作新,等.土壤含水量对玉米出苗率及苗期生长的影响[J].安徽农学通报,2007,13(1):70-73.

[8] 霍铁珍,郭彦芬,韩翠莲,等.不同覆膜处理对土壤水热效应及春玉米产量的影响[J].水土保持研究,2016,23(5):124-128.

[9] 龚雪文,李仙岳,史海滨,等.番茄、玉米套种膜下滴灌条件下农田地温变化特征试验研究[J].生态学报,2015,35(2):1-13.

[10] 李兴,程满金,勾芒芒,等.黄土高原半干旱区覆膜玉米土壤温度的变异特征[J].生态环境学报,2010,19(1):218-222.

[11] 李尚中,王勇,樊廷录,等.旱地玉米不同覆膜方式的水温及增产效应[J].中国农业科学,2010,43(5):922-931.

[12] 李殿祥,永傲强,刘志军.温度对大豆生育的影响[J].中国科技信息,2006(22):71.

[13] 彭振阳,黄介生,伍靖伟,等.秋浇条件下季节性冻融土壤盐分运动规律[J].农业工程学报,2012,28(6):77-81.

[14] 张殿发,郑琦宏,董志颖.冻融条件下土壤中水盐运移机理探讨[J].水土保持通报,2005,25(6):14-18.

[15] Wiggert D C, Andersland O B, Davies S H. Movement of liquid contaminants in partially saturated frozen granular soils[J]. Cold Regions Science and Technology, 1997,25(2):111-117.

[16] 童文杰,陈中督,陈阜,等.河套灌区玉米耐盐性分析及生态适宜区划分[J].农业工程学报,2012,28(10):131-137.