

玉米平作耕层水热动态及其节能减排效益分析

钱春荣¹, 刘英杰², 李怀庆², 于洋¹, 赵杨¹, 杨忠良³, 王俊河¹

(1. 黑龙江省农业科学院 耕作栽培研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 沈阳军区富裕农副业基地, 黑龙江 富裕 161232; 3. 黑龙江省农业科学院 五常水稻研究所, 黑龙江 五常 150229)

摘要:为发展低碳农业、探讨玉米低碳高产耕作栽培技术对保障粮食安全的影响,通过田间大区对比试验,对玉米平作与垄作耕层土壤温度、水分及产量进行了比较分析。结果表明:玉米生长前期,田间尚未封垄时如遇干旱,平作较垄作更有利于蓄水保墒,抵御干旱。中耕之后,平作与垄作土壤含水量没有显著差异;平作耕层土壤温度上升或下降幅度均小于垄作,平作较垄作能更好地抵御低温或高温危害;玉米平作与垄作产量上没有显著差异。调查数据表明,玉米平作比常规垄作节约柴油 22.2 L·hm⁻²。推广应用平作技术是应对气候变化、发展低碳农业的一项有效技术措施。

关键词:玉米;平作;耕层;水热动态;节能减排

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)07-0022-04

随着农业机械化程度的普遍提高,农业生产中直接能源消耗逐年增加。黑龙江省是我国的产粮大省,机械化作业水平全国最高,据统计,2000 年全省消耗农用柴油 798 716 t^[1],2008 年增至 1 102 280 t^[2]。当前,气候变化已经成为国际社会关注的热点和焦点,而应对气候变化的关键是要做好节能减排工作,农业和农村的节能减排是国家减排的重要组成部分,减少农用机械的直接消耗是实现节能减排的最简单易行的有效措施。目前,黑龙江省农业耕作中仍以小功率农具为主,能耗较高,小型拖拉机油耗比大中型拖拉机高 20%,而牵引效率低 20%^[3]。精耕细作的种植制度与种植习惯,使得机械作业工序多,能量消耗较高,玉米垄作栽培从整地到秋收,农具作业至少 7~8 次,整个生长季节平均耗油 70~90 L·hm⁻²。2010 年黑龙江省玉米播种面积发展到 533 万 hm²,且有继续增长的趋势,因此,探讨玉米低碳高产耕作栽培技术对保障粮食安全、发展低碳农业具有重要的现实意义。玉米少耕平作技术是

通过减少作业环节和机具作业次数,进而达到节能减排的效果。该研究根据试验资料和生产调查结果,对玉米少耕平作技术的生产力与能耗进行评价,明确玉米平作耕层水热动态特征、产量生产力、节能减排效益,为玉米低碳高产技术研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验土壤及品种

试验于 2009 年在黑龙江省双城市东官镇庆新村进行。土壤类型为黑钙土,速效氮含量 134.8 mg·kg⁻¹,速效磷含量为 25.6 mg·kg⁻¹,速效钾含量为 182.7 mg·kg⁻¹,全氮含量为 1.52 g·kg⁻¹,全磷含量为 1.02 g·kg⁻¹,全钾含量为 20.12 g·kg⁻¹,有机质为 26.3 g·kg⁻¹,pH 为 4.96。

供试材料为耐密型玉米品种鑫鑫 2 号。

1.2 试验设计

试验设置平作与垄作 2 种处理,试验区前茬作物为玉米,前茬秋季收获后进行深松耕耘整地,垄作试验区秋季起垄,试验采取大区对比试验设计,每种处理面积 3 600 m²,种植密度为 67 500 株·hm⁻²,施肥量 N、P₂O₅、K₂O 分别为 225、75、75 kg·hm⁻²,1/3 N 肥和全部 P₂O₅、K₂O 作为种肥一次性深施,2/3 N 肥作追肥于拔节期施入,4 月 28 日机器播种,生育期内中耕 2 次。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 土壤温度监测 采用自动温度记录仪监

收稿日期:2011-03-24

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)资助项目(2009CB118601);公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903001-06-5);哈尔滨市科技创新人才研究专项资助项目(2009RFQYN101)

第一作者简介:钱春荣(1973-),女,黑龙江省延寿县人,在读博士,副研究员,从事玉米耕作栽培技术研究。E-mail: qian-jianyi318@163.com。

通讯作者:王俊河(1963-),男,黑龙江省绥化市人,研究员,从事耕作栽培与育种研究。E-mail: wangjunhe63@sohu.com。

测土壤各层次温度,将温度探头分别置于地表、耕层 5、15 和 30 cm,定期采集温度数据。

1.3.2 土壤水分测定 分别于播种期、苗期、拔节期、灌浆期和成熟期分别测定耕层 0~5、5~15、15~30、30~50、50~80 cm 土壤含水量,测定方法采用烘干法。

1.3.3 产量测定 测产面积为 60 m²,每处理随机选取 3 点进行实收测产。

2 结果与分析

2.1 耕层土壤含水量比较分析

由表 1 可知,在春季播种时平作与垄作耕层 15~30 cm 土壤水分含量差异显著,平作略高于垄作,其它各层次土壤含水量两者差异不显著;在苗期耕层 30~50 cm 土壤水分含量差异显著,拔节期 50~80 cm 土层内水分含量垄作高于平作,

表 1 不同生育时期耕层土壤含水量比较

%

| 耕层深度/cm | 播种期 | | 苗期 | | 拔节期 | | 灌浆期 | | 成熟期 | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 平作 | 垄作 | 平作 | 垄作 | 平作 | 垄作 | 平作 | 垄作 | 平作 | 垄作 |
| 0~5 | 17.77a | 17.54a | 11.53a | 10.86a | 18.75a | 17.74a | 11.41a | 13.78a | 21.00a | 20.57a |
| 5~15 | 20.33a | 20.67a | 18.43a | 19.66a | 18.74a | 18.86a | 18.88a | 16.95b | 22.13a | 21.48a |
| 15~30 | 22.47a | 21.17b | 21.62a | 20.99a | 20.95a | 19.75a | 17.98a | 17.44a | 23.29a | 24.55a |
| 30~50 | 21.31a | 22.55a | 22.78a | 21.16b | 22.14a | 21.97a | 19.75a | 18.51a | 25.22a | 24.60a |
| 50~80 | 18.47a | 19.37a | 19.59a | 20.04a | 20.00b | 21.86a | 20.96a | 19.14b | 24.24a | 23.58a |

注:小写字母表示 5% 的显著水平。

其它层次差异不显著;灌浆期 50~80 cm 土层内水分含量平作高于垄作;成熟期平作与垄作各土层水分含量差异不明显。从总体上评价,玉米生长前期,田间尚未封垄时,垄作由于蒸发表面积大,水分散失量大于平作,如遇干旱,平作能较垄作更好的蓄水保墒,利于抗旱。中耕之后,平作与垄作土壤含水量没有显著差异。

2.2 耕层土壤温度比较分析

东北春玉米生产过程中,播种与苗期时常发生低温冷害,从而影响玉米的生长发育。故而,该试验着重分析低温气候条件平作与垄作土壤温度变化情况。

该试验区 5 月 13 日出现异常低温,故以此日温度变化为特例分析垄作与平作对降温的反应。

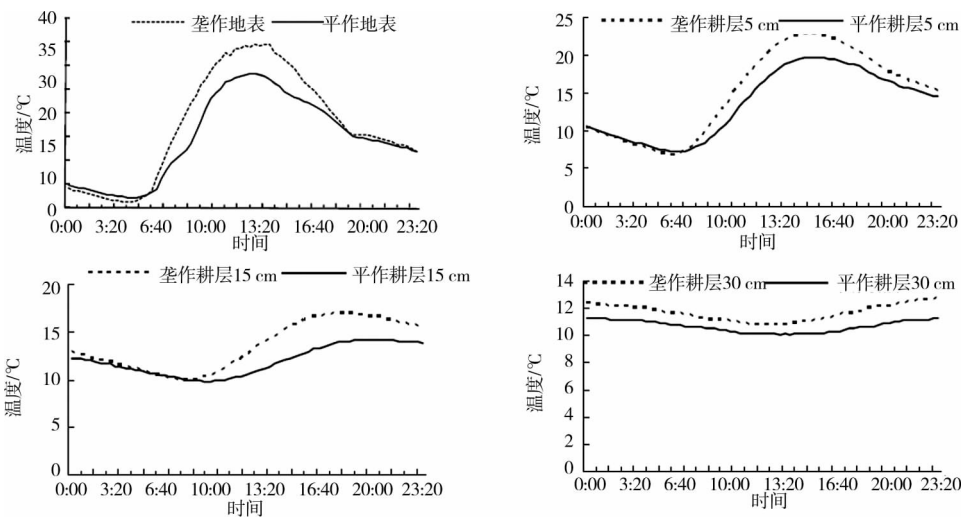


图 1 2009 年 5 月 13 日垄作与平作耕层土壤温度变化

由图 1 可知,平作与垄作土壤温度日变化曲线趋势相似,地表温度振幅最大,随着耕层加深,温差逐渐减小,最高和最低温度出现的时间也随着耕层的加深而向后延迟。

为了进一步明确不同耕作方式下,土壤温度的变化,分别对各个土壤层次的最高、最低温度进行了比较(见图 2),可知,0~15 cm 耕层内垄作日最低温度小于平作。垄作地表因为垄体的存在而

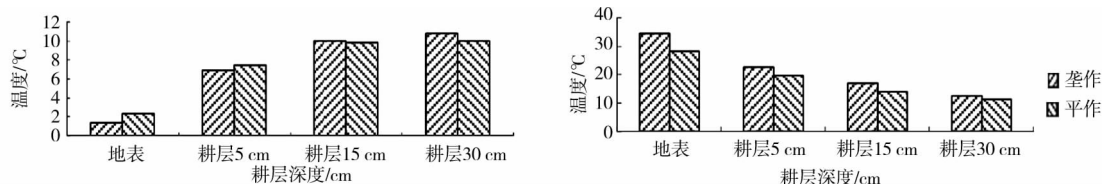


图2 2009年5月13日垄作与平作耕层土壤最高和最低温度比较

增加了热量辐射面积,加之垄作地表土壤含水量相对低于平作,因而表现为垄作日最低温度低于平作;5 cm耕层,则因为平作土壤含水量高,热传导率相对较低,而使得5 cm耕层土壤温度仍是垄作低于平作,而且这一层次二者间的差异逐渐小于地表层。15 cm和30 cm耕层内土壤最低温度垄作逐渐高于平作。在春季时期,玉米根系主要生长在0~15 cm耕层内,这一范围内的土壤温度变化对作物生长影响最大,因而平作更有利于抵御低温冷害。

由图2各耕层日最高温度比较可以看出,垄作各个层次耕层内的日最高温度均高于平作,这与垄作表面积大,吸收太阳辐射较多有关。

对垄作与平作2种耕种方式耕层土壤日较差进行了比较分析(见图3),垄作日较差高于平作,随着耕层加深,两者间的差异逐渐减小。

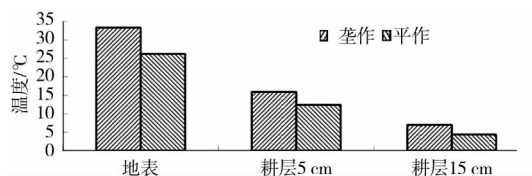


图3 2009年5月13日耕层温度日较差变化

由此,可得出,在作物生长期,如果遇到极端气候,平作较垄作能更好的抵御低温或高温危害。

2.3 平作产量分析

从表2产量结果分析可以看出,垄作产量略高于平作,但二者差异不显著。

表2 平作与垄作产量比较

| 处理 | 均值/kg·hm ⁻² | 5%显著水平 | 1%极显著水平 |
|----|------------------------|--------|---------|
| 垄作 | 7677.90±417.60 | a | A |
| 平作 | 7350.75±277.80 | a | A |

2.4 田间作业能耗分析

垄作玉米田间机械作业包括耕翻、耙、镇压、播种、播后镇压、化学药剂除草、2次中耕、机械化收获与田间运输。玉米平作采取的整地技术是每3 a耕翻、深松1次,第1年玉米平播,第2年免耕播种,种子播种在前茬2行之间,生育期间进行2次中耕;第3年免耕播种,种子仍播种在前茬2行之间,第4年深松整地,如此循环反复。依此计算,玉米平作与垄作相比,整地环节减少了1/3,燃油减少消耗22.2 L·hm⁻²,用工投入减少240元·hm⁻²。

表3 平作与垄作田间作业耗油量比较

L·hm⁻²

| 耕作方式 | 整地 | 播种 | 播后镇压 | 除草 | 中耕施肥 | 机械收获 | 运输 | 合计 |
|------|------|-----|------|-----|-------|------|-----|-------|
| 平作 | 11.1 | 7.5 | 3.3 | 2.5 | 17.25 | 19.5 | 7.5 | 68.65 |
| 垄作 | 33.3 | 7.5 | 3.3 | 2.5 | 17.25 | 19.5 | 7.5 | 90.85 |

注:表中调查数字来自沈阳军区富裕农副业基地。

3 结论与讨论

东北三省及内蒙古东部在长期农业生产实践中形成了垄作耕作方式,垄作可以改善土壤温湿状况,垄形的存在有利于抗旱防涝^[4]。但传统垄作耕法存在土壤频繁耕翻,机械作业次数多,压实土壤,破坏土壤结构,耕地退化,无法创造蓄水保墒的土壤环境等弊端^[5-6]。东北地区采用垄作,主要是为了解决春季气温低,地温回升慢的问题。根据中国近50年来(1951~2000年)的气象资料

分析,东北是中国增温最快、范围最大的地区之一,自1970年以来,东北地区气温升高了1℃^[7],气温的升高使低温冷害、冰雹灾害发生概率明显降低,大范围持续性干旱成为农业生产的最严重威胁。前人研究表明,不同土壤耕作方式播种后耕层含水率差异极大,以少耕最高,翻耕最低^[8-9];目前,黑龙江省大部分地区实施春季整地,导致大量土壤水份散失,通常是“耕多深,旱多深”,该研究中的平作技术体系以少耕播种为主,在春季不

搅动土壤,有利于保墒,并且减少了作业次数,从而减少了能源消耗,玉米平作可节约柴油 $22.2 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$,节约用工投入 $240 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2}$,与传统垄作相比,少耕平作有利于节能减排。该研究表明,平作与垄作在产量上没有显著差异,因此,改革玉米垄作方式,不失为应对气候变化,探索低碳农业的一项有效技术措施。

参考文献:

- [1] 黑龙江省统计局. 黑龙江县(市)农村经济社会统计概要[M]. 哈尔滨:黑龙江省统计局,2001.
- [2] 黑龙江省统计局. 黑龙江县(市)农村经济社会统计概要[M]. 哈尔滨:黑龙江省统计局,2009.
- [3] 张旭东,章惠全,等. 玉米精量播种节能减排技术分析[J]. 农业科技与装备,2009,183(3):114.
- [4] 《中国农业土壤概论》编委会. 中国农业土壤概论[M]. 北京:农业出版社,1982.
- [5] Morrison John E. Development and future conservation tillage in America[C]. 中国机械化旱作节水农业国际研讨会论文集. 北京:中国农业大学出版社,2000.
- [6] Hwat Bing So, Andrew Grabski, Peter Desborough. A comparison of the impact of 14 years of conventional and no-till cultivation on physical properties and crop yields of loam soil at Grafton NSW[M]. Conservation Tillage and Sustainable Farming. Beijing: China Agricultural Sciences and Technology Press,2004.
- [7] 《气候变化国家评估报告》编写委员会. 气候变化国家评估报告[R]. 北京:科学出版社,2007.
- [8] 徐福利,梁银丽,汪有科,等. 秸秆覆盖保护耕作法土壤水分和温度变化及玉米产量效应[J]. 土壤通报,2008,37(4):648-650.
- [9] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红,等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学,1996,29(2):59-66.

Analysis of Topsoil Water-heat Dynamic and Energy-saving and Pollution-reducing on Flatten Cultivation Maize

QIAN Chun-rong¹, LIU Ying-jie², LI Huai-qing²,

YU Yang¹, ZHAO Yang¹, YANG Zhong-liang³, WANG Jun-he¹

(1. Tillage and Cultivation Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Fuyu Agriculture and Avocation Base of Shenyang Military District, Fuyu, Heilongjiang 161232; 3. Wuchang Rice Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Wuchang, Heilongjiang 150229)

Abstract: In order to develop low-carbon agriculture, discuss the effect of maize low-carbon cultivation technology on food security, the large-plot contrast test was conducted to analyze the topsoil temperature and moisture dynamic and compare yield of flatten and ridge cultivation maize. The result showed that at the early growth stage when the field not covered by leaves flatten topsoil was more beneficial to moisture conservation than that of ridge one. After inter-tillage there was no difference in moisture content between flatten and ridge topsoil. Topsoil temperature of flatten field rose or went down slowly than ridge so flatten field could resist chilling and heat damage better than ridge one. There was no difference in yield between flatten and ridge cultured maize. Flatten culturing could save diesel oil about $22.2 \text{ L} \cdot \text{hm}^{-2}$ according to survey data. Flatten cultured maize will be an effective technical measure for low carbon agriculture to deal with climate change.

Key words: maize; flatten culture; topsoil; water-heat dynamic; energy-saving and pollution-reducing

(该文作者还有宫秀杰,姜宇博,单位同第一作者)