

北方农牧交错带免耕对农田耕层土壤温度的影响

秦红灵, 高旺盛*, 李春阳

(中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100094)

摘要: 针对北方农牧交错带部分地区免耕措施生态效益好但作物产量有所下降的现状, 为了找出影响作物生长的因素, 对比分析了免耕和翻耕两种耕作方式下耕层土壤温度的变化。结果表明: 免耕地升温和降温都比较缓慢且幅度小, 翻耕地土壤温度在日间总体高于免耕地。在垂直方向上, 土壤温度随土层深度降低, 但一天中不同时刻的表现差异显著。土壤温度变化与当时气温呈正相关关系, 相关系数大于 0.5。与免耕地相比, 翻耕地气温与土壤温度的直线回归关系更显著。受土壤温度等物理性状的影响, 免耕地作物生物量及产量明显不如翻耕地。因此, 北方农牧交错带要通过农艺措施改善土壤物理结构, 提高免耕农田作物产量。

关键词: 土壤温度; 翻耕; 免耕; 北方农牧交错带

中图分类号: S152.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2007)1-0040-08

秦红灵, 高旺盛, 李春阳. 北方农牧交错带免耕对农田耕层土壤温度的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(1): 40-47.

Qin Hongling, Gao Wangsheng, Li Chunyang. Impacts of no-tillage on soil temperature of field in Ecotone of North China [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(1): 40-47. (in Chinese with English abstract)

0 引言

北方农牧交错带春季多风干旱, 土壤侵蚀时有发生。严重的土壤侵蚀不仅破坏生态与环境, 而且威胁当地农业生产的可持续发展^[1-3]。实践表明, 传统的翻耕农作措施是造成土壤有机质减少和水土流失的重要原因。同传统耕作方式相比, 免耕等保护性耕作措施可以大幅度降低土壤侵蚀强度和增加土壤有机质含量^[4-6]。尽管免耕可以减少土壤表层的水土流失, 但由于残茬覆盖绝缘地表, 使得土壤变干的速度放慢, 免耕条件下的种床层土壤温度通常低于翻耕。有研究表明, 即使是 1℃ 土壤温度的差异也将显著影响作物的生长^[7,8]。因此, 量化不同耕作方式对土壤温度的影响将有助于解释不同的耕作方式下农作物生长和生产的差异。

据张小平等对东北黑土春夏季节免耕对土壤温度的影响研究, 播种前, 免耕处理的玉米和大豆的白天 5 cm 土壤温度均低于常规耕作处理, 夜间差异不大; 相同深度的玉米和大豆秋翻处理土壤日平均温度分别比

免耕高 0.7℃ 和 0.5℃; 随土壤深度的增加, 土壤温度的差异逐渐减小。播种后, 除了下午免耕 5 cm 土壤温度略低于秋翻外, 下午至夜间免耕的 10 cm 和 15 cm 土壤温度, 均略高于秋翻的土壤温度^[9]。姚宝林等分析覆盖免耕在休闲期的调温效益表明, 免耕覆盖土壤温度在气温较低的 8:00 可以提高土壤表层温度, 在气温较高的 14:00 可以减缓土壤温度的升高, 而在 19:00 气温降低时可以减缓土壤温度的降低, 使土壤温度一直保持在一个稳定的状态^[10]。

北方农牧交错带保护性耕作的研究多集中在分析并评价其生态效益, 而作物生育期间不同耕作方式对土壤物理性状的影响及对农作物生长状况的影响研究的比较少, 不够深入。本文旨在评价不同耕作方式对土壤温度状况的影响, 以期找出影响农作物生长的因素, 为保护性耕作措施在北方农牧交错带的应用及管理提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域

2002 年秋收后, 在内蒙古武川旱农实验站 (N41°08.344', E111°17.580') 设立耕作方式的田间试验, 研究不同耕作方式对土壤侵蚀、作物产量和土壤肥力的影响。武川县属于北方农牧交错带的中段, 海拔 1555 m, 是中国典型的半干旱偏旱农业区。该区年降水量仅 250~400 mm, 月平均风速达 4.5 m/s, 年积温 2241~2900℃, 无霜期 90~120 d, 只能满足一季作物的生长。翻耕处理包括秋收后耕翻土地、春季整地、播种等田间

收稿日期: 2006-01-06 修订日期: 2006-08-14

基金项目: 粮食非产工程: 粮食主产区保护性耕作制与关键技术研究(2004BA520A14); 农业生态系统服务价值测度, 市场转化与决策模式研究(30471010)

作者简介: 秦红灵(1978-), 女, 河南南阳人, 博士生, 研究方向为区域农业生态与可持续发展。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: honglingqin2002@sohu.com

*通讯作者: 高旺盛(1963-), 男, 甘肃天水人, 教授, 博士生导师, 主要从事宏观农业、区域农业发展以及农业生态学等方面的研究。北京 中国农业大学农学与生物技术学院, 100094。Email: wshgao@cau.edu.cn

作业。免耕处理除用免耕播种机直接播种外,全年不再搅动土壤。秋收后免耕地作物留茬约 15 cm,农田在秋冬季节受残茬覆盖地表,有效制约了农田土壤风蚀的发生。2005 年试验地种植苜蓿,5 月 30 日翻耕地和免耕地一起播种,9 月 21 日收获。从 2002 年到 2005 年,免耕地没有进行过深松作业,农田没有秸秆覆盖。该区土壤属于栗钙土,表土层 0~10 cm 黏粒含量 1.18%,粉粒含量 30.82%,砂粒含量 68%。受耕作方式的影响,表层土壤物理特性各异(表 1),这些也是影响作物产量的重要因素^[11-15]。

表 1 供试土壤物理性状

Table 1 Physical properties of experimental soil

土层/cm		土壤坚实度 /kg·cm ⁻³	土壤容重 /g·cm ⁻³	有机质 /%
0~5	翻耕	0.90	1.48	1.70
	免耕	4.25	1.59	1.99
5~10	翻耕	0.98	1.40	1.61
	免耕	2.77	1.53	1.78
10~20	翻耕	0.96	1.37	1.70
	免耕	3.64	1.51	1.80

1.2 试验设计和管理

2005 年播种前后按 5 cm、10 cm 和 20 cm 深度埋设套管温度计。温度观测记录有两种方式:(1)观测期半月一次,从早 8:00 到晚 8:00,每 2 h 一次连续观测土壤温度。(2)观测日每天记录大气和土深 5、10 和 15 cm 处的 8:00, 14:00 和 20:00 3 个特定时刻土壤温度。

同时记录距地表 2 m 处大气温度,利用 SPSS 10.0 统计软件分析气温与土壤温度之间的关系。

2 结果与分析

2.1 两种耕作方式下土壤温度的时间变化特征

1) 两种耕作方式下土壤温度的日变化特征

分析两种耕作方式下土壤温度的日变化特征(图 1, 2)可知,无论翻耕地还是免耕地,各土层土壤的日温度呈周期性变化。在晴天大部分时间,翻耕地土壤表层温度高于深层土壤,且总是高于免耕地。阴天两种耕作处理间不同深度的土壤温度差异均不显著。日温度的周期性变化是由于气温和土壤表面获得的净辐射的周期性变化而引起的。在比较理想的情况下,大气温度 T_a (°C) 和土壤表面获得的净辐射(土壤吸收的太阳短波辐射和土壤本身向外发射的长波辐射之差) R_s (W/m²) 在一天中大致呈余弦函数变化^[16]。

图 1 是表层 5 cm 深度处土壤温度的日变化曲线图,由图 1 可见,同一日中,白天土壤温度从早 8:00 开始上升,到中午 14:00~16:00 点达到最大值后下降。总体看来翻耕地土壤温度上升的速度比免耕地快,中午 14:00 点翻耕地已到达土壤温度日最大值,免耕地则延缓到 16:00 点。翻耕地土壤温度在日间总体高于免耕地,4 月 3 号翻耕地与免耕地土壤温度最大差值为 4.25°C,4 月 4 日为 3.15°C,4 月 5 日为 2.95°C,随着气温的升高,两者的最大差值有减小的趋势。

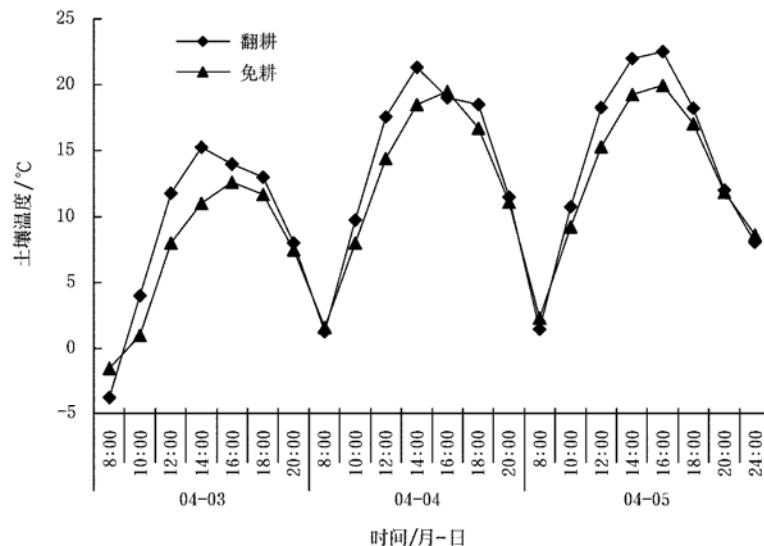


图 1 不同耕作方式下表层 5 cm 土壤温度日变化

Fig. 1 Diurnal changes of soil temperature at the surface layer of 5 cm under plow tillage and no-tillage

图 2 是不同天气情况下翻耕地和免耕地 3 个不同土层在 8:00, 14:00 和 20:00 3 个特定时刻土壤温度曲线图。由图 2 可见,在晴天(7 月 12 和 7 月 14 日)

日间大部分时间翻耕地土壤温度总是高于免耕地,且随土层深度的增加,土壤温度明显降低。可是在阴天(7 月 13 日),从早 8:00 到晚 20:00 土壤温度一直呈上升

趋势,不同耕作方式、不同土层深度对土壤温度的影响均不明显。这说明气温升高对翻耕地土壤温度的升高有促进作用,天气变冷时,这种影响就比较小;同时也说明一天中当气温达到最大值时耕作方式对土壤温度的影响效应最明显。这种变化主要是由于不同耕作方式下土

壤结构、密度和水分含量差异引起土壤热容量和热传导率的不同。与水分相比,土壤热容量小且热传导率大,因此干土总是比湿土变冷或变热的要快^[17]。与翻耕地相比,免耕地土壤表层水分含量大,容重大,土壤温度的变化比较缓慢。

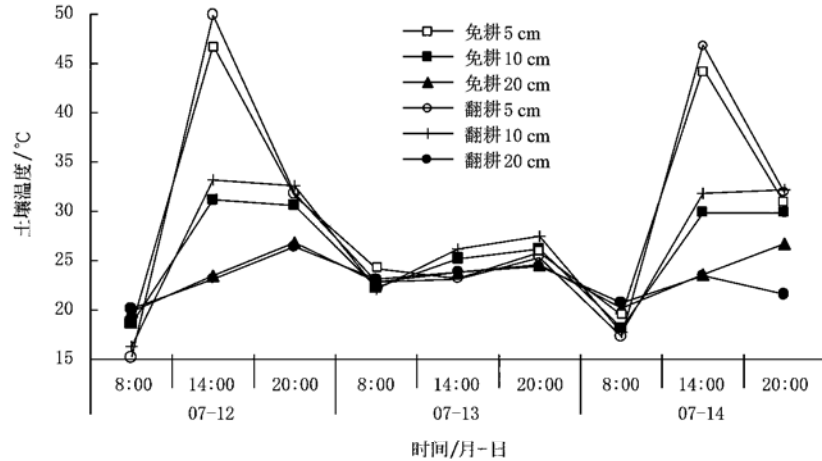


图2 不同土层土壤晴天和阴天土壤温度的时刻变化

Fig. 2 Hour changes of soil temperature in sunny and cloudy day under different soil layers

2) 两种耕作方式下土壤温度的季节变化特征

由于 5 cm 土壤温度变幅最大,而且在 8:00、14:00 和 20:00 时 3 个观测时刻中,以 14:00 土壤温度变化最剧烈,因此仅以 2005 年 14:00 时观测的 5 cm 深处土壤温度来分析不同耕作方式下土壤温度的季节变化特征(图 3)。根据气温的季节变化和作物生育期的变化,把观测期分为 4 个阶段来分别讨论:(1)自 5 月 10 日~ 5 月 25 日,处于作物播种前时期,此时农田土壤

已完全解冻融化,太阳辐射能进一步增强,气温持续升高,也是全年中风速最大的阶段。由于农田没有作物覆盖,因此气温对地表温度的影响极为敏感,表现为这一时期土壤温度和气温的变化幅度均大,且地表温度明显高于气温,其中翻耕地为最高。(2)6 月 1 日~ 6 月 30 日,作物播种后一月,也是作物的苗期生长时期。受天气的影响,在作物播种后气温有一个回落,此时免耕土壤温度略高于翻耕地。(3)从 7 月 2 日~ 8 月 10 日,此时

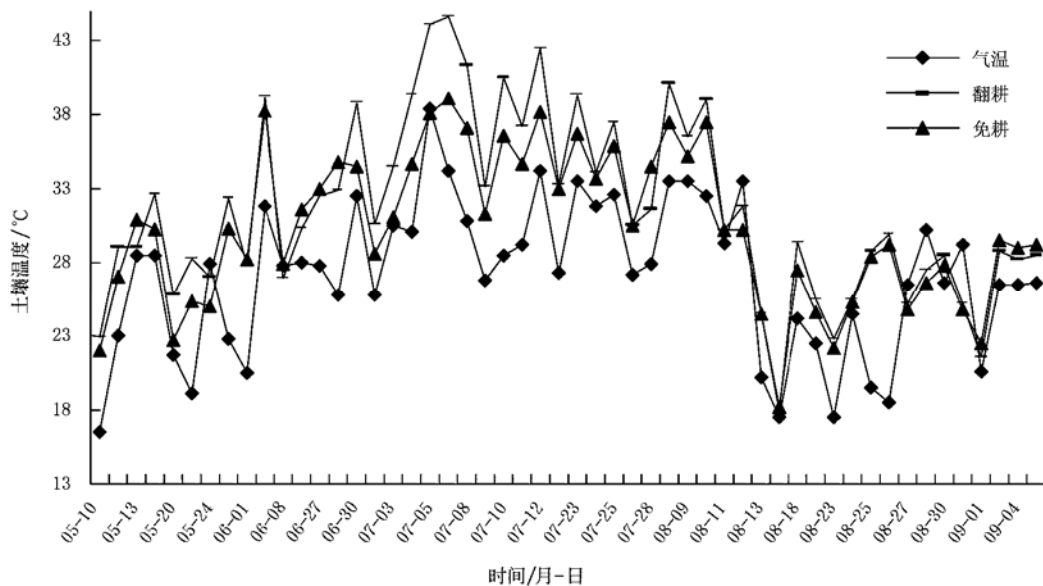


图3 土壤温度的季节变化

Fig. 3 Seasonal changes of soil temperature

气温和土壤温度均达到最大, 翻耕地土壤温度明显高于免耕地。气温越高, 温差越大。(4) 8 月 11 日~ 9 月 5 日。此时处于莜麦生育后期, 这一时段内日照强度已经小于盛夏, 作物接近成熟, 土壤温度和作物之间的影响减弱, 土壤温度和气温的变化高低交错。

2.2 两种耕作方式下土壤温度剖面的变化特征

虽然耕作方式不同, 但土壤温度在垂直方向的变化规律是一致的, 由表层向下, 随着土层深度的增加, 土壤温度依次降低, 即 $5\text{ cm} > 10\text{ cm} > 20\text{ cm}$ 。不同深度土壤温度的日变化是地表散热和吸热之间动态变化的结果。表层的热量散失和吸热向地下传递有一个过程^[18, 19], 所以表层土壤温度比各深度土壤温度的变化更大一些, 因此沿土层深度方向, 深度增加则土壤温度变化趋于平缓。

由于一天中不同时刻土壤温度的剖面特征不尽相同, 因此以实测的 8:00、14:00 和 20:00 土壤层 0~

20 cm 土壤温度, 进一步分析日内特定时刻土壤温度沿深度方向的变化规律(图 4~ 图 6)。

1) 8:00 土壤温度剖面的变化特征

8:00 处于北方农牧交错带夏季日照的起点时段, 此时刻在耕作层剖面上土壤温度总体变化不大, 但随季节变化稍有差别(图 4)。其具体特征如下: 无论翻耕还是免耕, 8:00 的耕作层 0~ 20 cm 土壤温度大多随土层深度增大而逐渐增加, 但变化幅度不大; 全生育期土壤温度呈抛物线型, 在 8 月上旬达到最大值。除 5 月 25 日外, 免耕地土壤温度在各深度上均比翻耕地有所增加, 在 5 cm 深度免耕地比翻耕地平均高 0.87°C , 10 cm 处高 1.01°C , 20 cm 处高 0.34°C 。

总体来看 8:00 的耕作层 0~ 20 cm 土壤温度大多随深度增大而逐渐增加, 但变化幅度不大。免耕地土壤温度在各深度上均比翻耕地土壤温度有所增加。

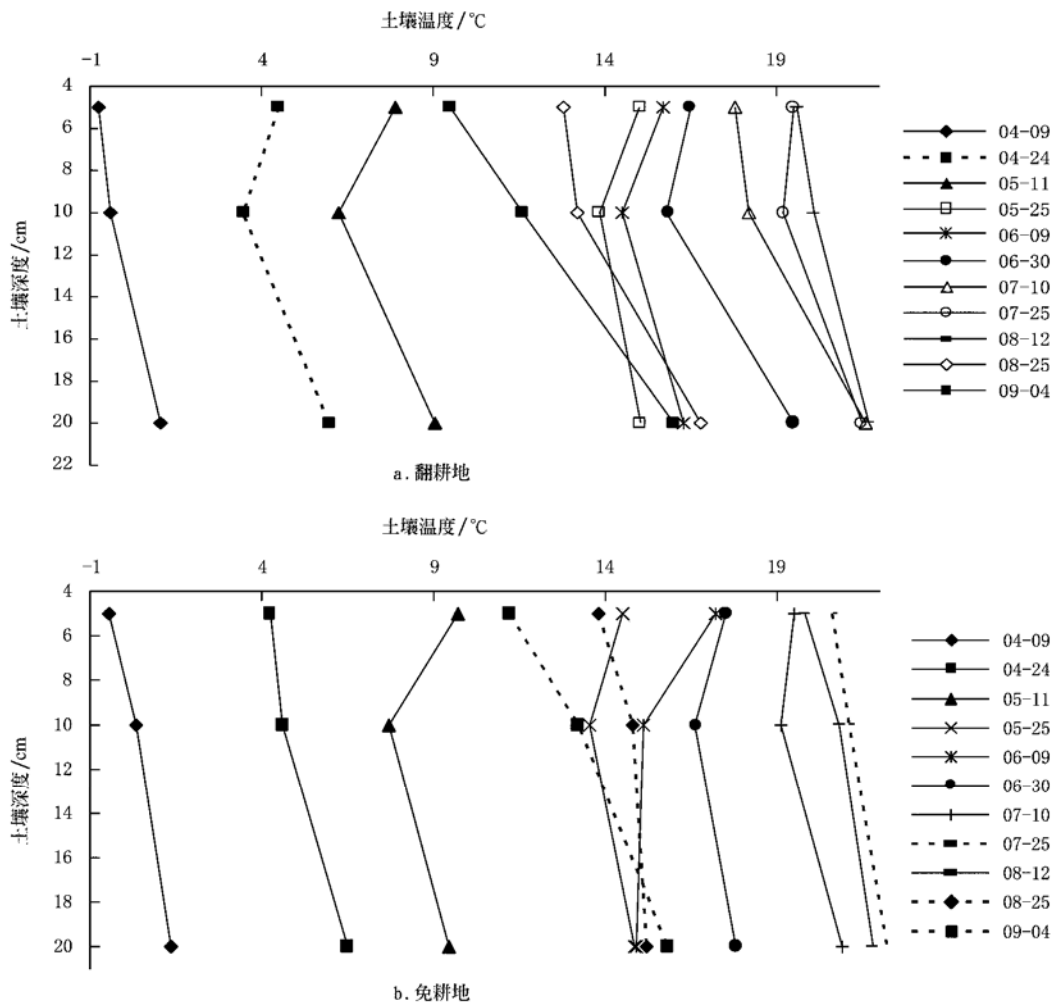


图 4 8:00 土壤温度剖面的变化
Fig. 4 Vertical changes of soil temperature at 8:00

2) 14:00 土壤温度剖面的变化特征

由于日照强度在 14:00 左右最高, 此刻剖面土壤温度的变化幅度最大(图 5)。其具体特征如下: (1) 无论翻耕还是免耕, 14:00 的耕层 0~20 cm 内土壤温度大多在 5 cm 处达到最高, 并随土层深度增大而逐渐降低。(2) 观测期翻耕地与免耕地耕层最大温差分别为 16.7°C 和 13.3°C, 翻耕地比免耕地高 3.4°C; 翻耕地最高土壤温度为 40.5°C, 免耕地最高土壤温度为 36.6°C, 翻耕地比免耕地高 3.9°C; 翻耕地最低土壤温度为 1.25°C, 免耕地最高土壤温度为 1.9°C, 翻耕地最低土壤温度比免耕地低 0.65°C。可见 14:00 翻耕地剖面土壤温度的变化幅度比免耕地剧烈。(3) 土层 5 cm 处, 除 6 月 9 日和 9 月 4 日受气温降低的影响, 观测期大部分时间内翻耕地土壤温度高于免耕地, 平均高 2.54°C, 6 月 30 日最大为 4.3°C。(4) 土层 10 cm 处, 不同耕作方

式受季节变化的影响较大。在 5 月 25 日, 6 月 30 日和 7 月 10 日气温和土壤温度均达到最大值, 此时翻耕地高于免耕, 平均高出 1.17°C, 6 月 30 日最大为 1.9°C。观测期其他时间免耕地均高于翻耕地, 平均高出 1.17°C, 6 月 30 日最大为 1.95°C。(5) 土层 20 cm 处, 剖面土壤温度的变化趋势与 10 cm 处相一致, 但翻耕地与免耕地土壤温度的差异不大, 温差不超过 1°C。

总体来说, 14:00 是土壤剖面土壤温度变化幅度最大的时刻, 耕作层 0~20 cm 内土壤温度基本随深度增大而逐渐降低, 但各土层翻耕地与免耕地的表现不一。5 cm 处翻耕地高于免耕地, 10 cm 处受气温影响季节变化不一。从 5 月中旬到 7 月中旬气温和土壤温度均达到最大值, 翻耕地高于免耕地, 其他时间反之。20 cm 处翻耕地与免耕地土壤温度的差异不大, 温差不超过 1°C。

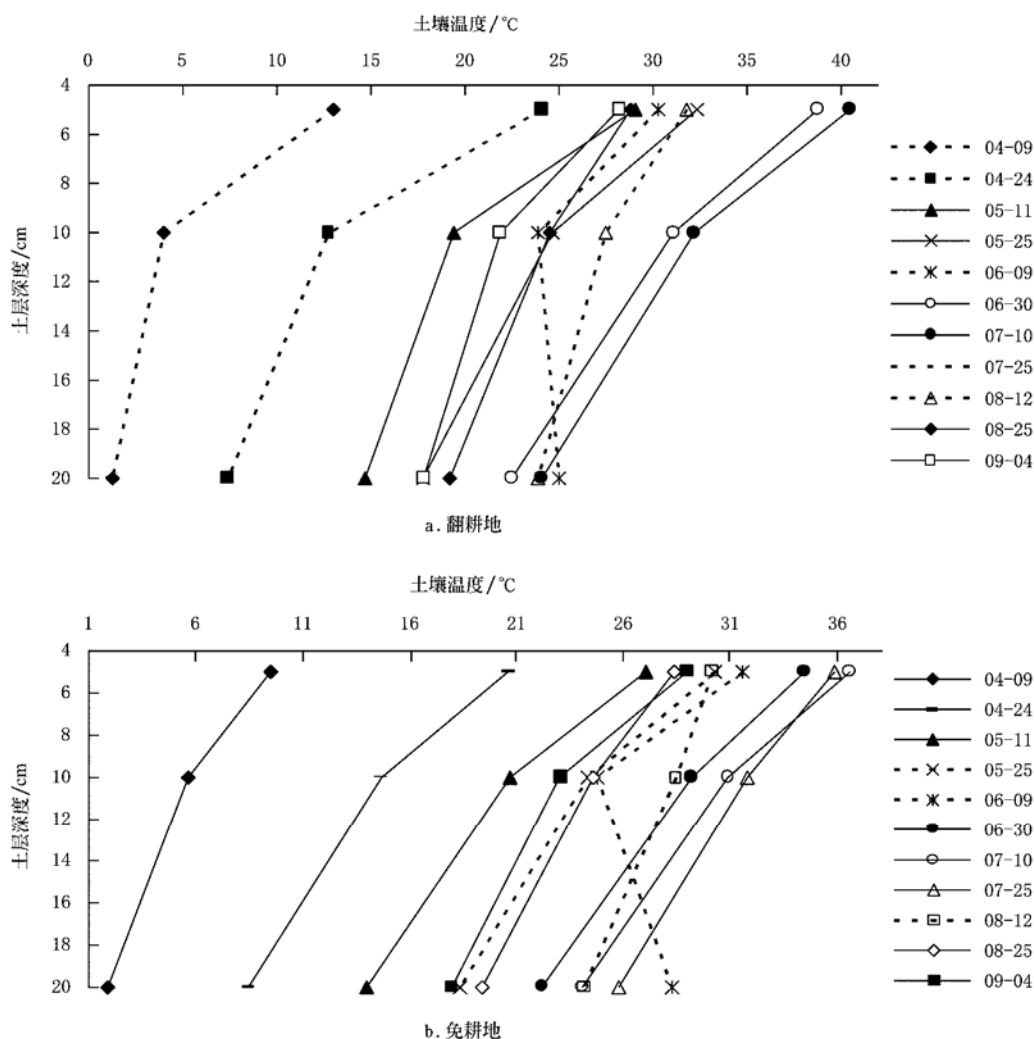


图 5 14:00 土壤温度剖面的变化

Fig. 5 Vertical changes of soil temperature at 14:00

3) 20 : 00 土壤温度的剖面变化特征

20 : 00 耕作层土壤处于热量重新分配时间(图 6), 其变化特征如下: (1) 此时刻土壤温度从地表增加, 在 10 cm 处达到最高, 再往深土壤温度逐渐降低, 20 cm 土层土壤温度最低。但无论是翻耕地还是免耕地, 20 : 00 耕作层土壤温度的整体变化幅度不大。(2) 5 cm 土层翻耕地土壤温度略高于免耕地 0.1~ 0.9℃, 除 4 月份和 9 月份, 当气温较低时, 免耕地在耕层各土层土壤温度均高

于翻耕地, 9 月 4 日在 5 cm 土层处免耕比翻耕最高达 5.3℃。(3) 10 cm 和 20 cm 土层免耕地均高于翻耕地, 10 cm 处免耕地土壤温度高于翻耕地最大达 2.05℃, 20 cm 处最大达 1.60℃。

总体看来, 20 : 00 耕作层土壤温度的变化幅度不大, 10 cm 处土壤温度最高, 20 cm 处土壤温度最低, 免耕地土壤温度略高于翻耕地。

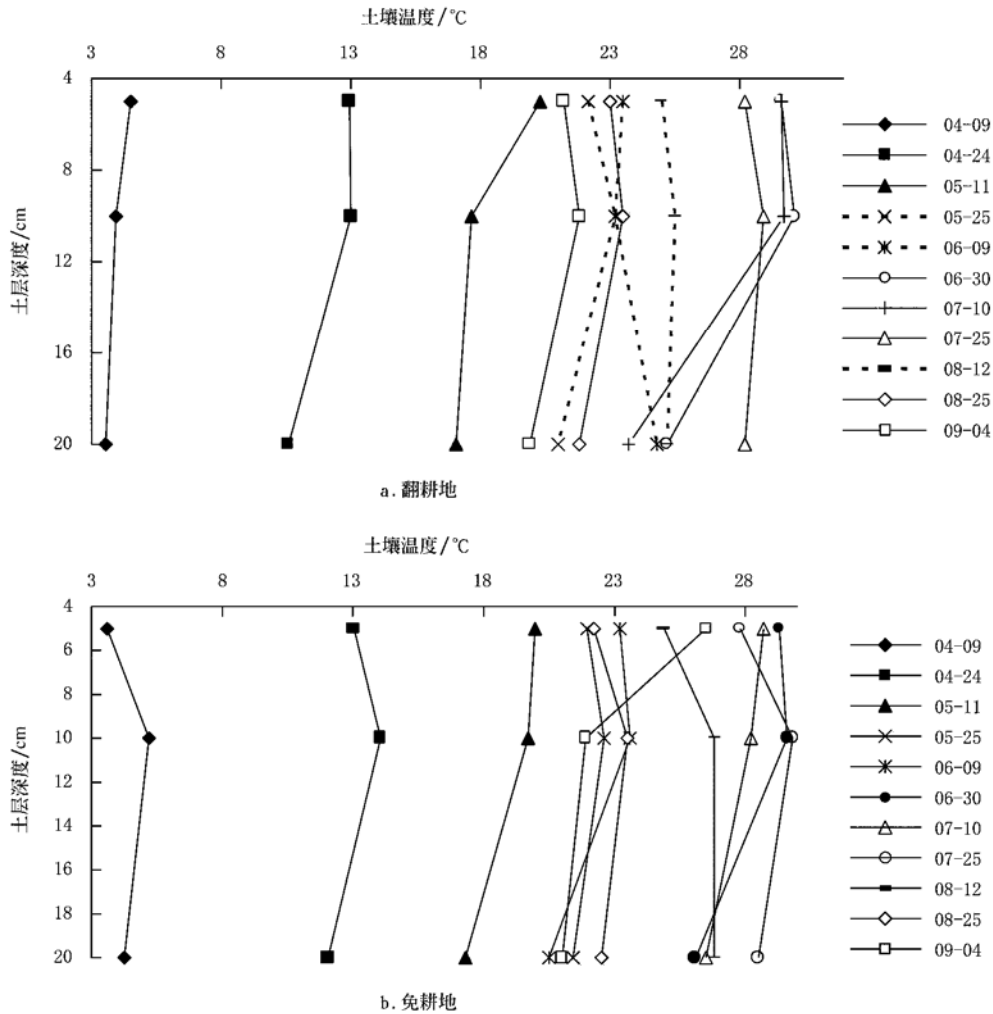


图 6 20 : 00 土壤温度剖面的变化

Fig. 6 Vertical changes of soil temperature at 20 : 00

2.3 土壤温度与气温相关关系

分析两种耕作方式下气温对土壤温度的影响(表 2), 由表 2 可知, 不管翻耕地还是免耕地, 土壤温度变化与当时气温呈正相关关系, 这说明 20 cm 以上土层当气温升高, 土壤温度随之上升; 当气温下降, 土壤温度亦随之降低。比较各组相关系数值, 以 20 : 00 翻耕地 10 cm 土层与气温的相关系数最小为 0.23, 此时气温对土壤温度的作用不大; 其他时刻相关系数为 0.61~ 0.85, 均大于 0.5, 这说明气温在土壤温度的变化中起

决定性作用。

表 2 不同耕作方式气温与土壤温度的相关系数

Table 2 Correlative coefficient between soil temperature and air temperature under plow tillage and no-tillage

时间	翻耕			免耕		
	5 cm	10 cm	20 cm	5 cm	10 cm	20 cm
8 : 00	0.76	0.72	0.64	0.80	0.61	0.68
14 : 00	0.83	0.84	0.73	0.84	0.85	0.68
20 : 00	0.86	0.23	0.85	0.85	0.83	0.84

根据相关分析结果,利用 SPSS10.0 软件分别以日平均气温与土壤温度变化建立回归关系式($y = b_0 + b_1X$),见表 3。经方差分析, F 值全部达到极显著水平。说明当时气温与土壤温度有极显著的直线回归关系。由 r^2 值可见,与免耕地相比,翻耕地气温与土壤温度的直线回归关系更显著。

表 3 不同耕作方式日平均气温与土壤温度的回归关系

Table 3 Regressive relationship between diurnal soil temperature and air temperature

耕作方式	土层深度/cm	b_0	b_1	r^2
翻耕	5	- 2.63	1.16	0.802
	10	0.52	0.93	0.824
	20	3.9	0.7	0.709
免耕	5	- 2.13	1.13	0.762
	10	1.61	0.86	0.777
	20	2.57	0.73	0.735

2.4 不同耕作方式对作物生长状况的影响

与翻耕地相比,免耕地的降温作用以及土壤容重增大等物理性状的变化,影响作物根系的生长,进而直接影响作物的生长状况,降低了作物产量。不同耕作方式下苜蓿的生物量及产量结果表明(见表 4),在作物生长的早期(苗期和拔节期),免耕地作物生长速度快,分蘖比翻耕地快。可是受土壤温度和土壤紧实状况的影响,免耕地根系生长受阻,在作物生长的关键时期(抽穗期,灌浆期)作物根系生物量干重只是翻耕地的 50%。由于根系少,不能有效吸收土壤中的水分及养分,地上部分(茎,叶,穗)的生长免耕地相应地比翻耕地也差得多,抽穗期免耕地长势是翻耕地的七成,灌浆期只是六成而已,到了作物收获,免耕地作物产量基本只是翻耕地的五成。

表 4 不同耕作方式下作物的生物量及产量

Table 4 Biomass and yield under plow tillage and no-tillage

项目	日期 /月-日	翻耕			免耕		
		分蘖 数	地上 部分	地下 部分	分蘖 数	地上 部分	地下 部分
生物量 /g · (50cm) ⁻¹	06-30	25	2.5	0.6	26	2.7	0.5
	07-18	52	26.75	3.0	65	19.5	1.75
	08-09	70	35.5	3.5	65	22	1.75
产量 /kg · hm ⁻²	09-21	588			310		

注:作物生物量测定以作物行上 50 cm 长,分地上部分(茎、叶、穗)和地下部分(根),按生物期的不同阶段取样,在烘箱内 80℃ 烘 48 h,用百分之一电子天平称干重,多重求平均值。表 4 中生物量为 50 cm 长作物干重(g);产量以 1 m² 小区取样,多重求平均值,最后测合每公顷产量。表 4 中产量为每公顷籽粒干重(kg)。

3 结论与讨论

1) 在晴天大部分时间,翻耕地土壤表层温度高于

深层土壤,且总是高于免耕地,而阴天土壤温度不同深度和不同耕作处理间的温度差异均不显著;总体看来,翻耕地土壤温度上升的速度比免耕地快,日土壤温度免耕地升温和降温都比较缓慢且幅度小,翻耕地土壤温度在日间总体高于免耕地。以 14:00 时观测的 5 cm 土壤温度来分析不同耕作方式下土壤温度的季节变化特征,可以把观测期土壤温度的变化分成 4 个阶段来分析,这与气温的季节变化和农作物的季节生长相一致。土壤温度在垂直方向由表层向下,随着土层深度的增加,土壤温度依次降低。但一天中不同时刻的表现差异显著,需按特定时刻分别分析。

2) 土壤温度变化与当时气温呈正相关关系,分别以当日平均气温与土壤温度变化情况建立了回归关系式($Y = b_0 + b_1X$),经方差分析, F 值全部达到极显著水平。与免耕地相比,翻耕地气温与土壤温度的直线回归关系更显著。

3) 受土壤温度等物理性状的影响,免耕地作物生物量及产量明显不如翻耕地。因此,北方农牧交错带实行保护性耕作措施改善生态与环境的同时,建议通过农艺措施改善土壤物理结构,提高保护性耕作农田作物产量。

[参 考 文 献]

- [1] 裘国旺,赵艳霞,王石立. 我国北方农牧交错带生态环境影响分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2001, 11: 49- 50.
- [2] 杨泰运,陈广庭. 农牧交错地带土地生产力退化的初步探讨[J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5(3): 75- 82.
- [3] 罗承平,薛纪瑜. 中国北方农牧交错带生态环境脆弱性及其成因分析[J]. 干旱区资源与环境, 1995, 9(1): 1- 7.
- [4] Hajabbasi M A, Hemmat A. Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran[J]. Soil and Tillage Research, 2000, (56): 205- 212.
- [5] Thapaa B B, Casselb D K, Garrity D P. Assessment of tillage erosion rates on steepland in the humid tropics using granite rocks[J]. Soil and Tillage Research, 1999, (51): 233- 243.
- [6] Thapa B B, Cassel D K, Garrity D P. Ridge tillage and contour natural grass barrier strips reduce tillage erosion [J]. Soil and Tillage Research, 1999, (51): 341- 356.
- [7] Barlow E W R, Boersma L, Young J L. Photosynthesis, transpiration, and leaf elongation in corn seedlings at suboptimal soil temperatures[J]. Agron J, 1977, (69): 95 - 100.
- [8] Walker J M. One-degree increments in soil temperatures affect maize seedling behavior[J]. Soil Sci Soc Am Proc, 1969(33): 729- 736.
- [9] 张小平,方华军,杨学明,等. 免耕对黑土春夏季节温度和水分的影响[J]. 土壤通报, 2005, 36(3): 313- 316.
- [10] 姚宝林,景明,施炯林. 覆盖免耕在休闲期的节水和生育

- 期的调温效应[J]. 甘肃农业大学学报, 2005, 40(2): 208-211.
- [11] Mark A L, Mahdi A K. Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties[J]. Soil and Tillage Research, 2005(80): 233- 249.
- [12] Shinnors K J, Nelson W S, Wang R. Effects of residue-free band width on soil temperature and water content[J]. Trans. ASAE, 1993, (37): 39- 49.
- [13] Berrya E C, Jordanb D. Temperature and soil moisture content effects on the growth of *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta: Lumbricidae) under laboratory conditions [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2001, (33): 133 - 136.
- [14] 贾树龙, 孟春香, 任图生, 等. 耕作及残茬管理对作物产量及土壤性状的影响[J]. 河北农业科学, 2004, 8(4): 37-42.
- [15] Schneider E C, Gupta S C. Corn emergence as influenced by soil temperature, matric potential, and aggregate size distribution[J]. Soil Sci Soc Am J, 1985(49): 415: 422.
- [16] 康绍忠, 土壤-植物-大气连续体水热动态模拟的研究[J]. 生态学报, 1991, 11(3): 256- 260.
- [17] Azooz R H, Lowery B, Daniel T C, et al. Impact of tillage and residue management on soil heat flux [J]. Agricultural and forest meteorology, 1997, (84): 207 - 222.
- [18] 范爱武, 刘 伟, 王崇琦. 土壤温度和水分日变化实验[J]. 太阳能学报, 2002, 23(6): 721- 723.
- [19] 范爱武, 刘 伟, 王崇琦. 不同环境条件下土壤温度日变化的计算模拟[J]. 太阳能学报, 2002, 24(3): 167- 171.

Impacts of no-tillage on soil temperature of field in Ecotone of North China

Qin Hongling, Gao Wangsheng^{*}, Li Chunyang

(College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Based on the better ecological effect but lower crop yield under no-tillage in Ecotone of north China, the changes of soil temperature under no-tillage and plow tillage were contrastively analyzed to find out the factors that affect the crop growth. Results show that the change of soil temperature is slower and less under no-tillage than that under plow tillage. In daytime, the soil temperature is higher under plow tillage than that under no tillage. The soil temperature in vertical section descends with the soil depth. The change trend within one day is significant. There exists positive correlativity between soil temperature and air temperature, and the correlation coefficient is over 0.5. The regressive relationship is more significant under plow tillage than that under no-tillage. Effected by soil temperature and the other physical properties, the biomass and yield are less under no-tillage than that under plow tillage. Therefore, soil physical properties should be ameliorated by the agricultural measurement to improve the crop yield in Ectone of North China.

Key words: soil temperature; plow tillage; no-tillage; Ecotone of North China