

不同耕作措施对冬小麦农田土壤水分和温度的影响

于爱忠,黄高宝,冯福学

(甘肃农业大学农学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要: 在多年田间定位试验的基础上,研究了内陆河绿洲灌区不同耕作措施对冬小麦农田土壤水分和温度的影响。结果表明,冬小麦返青至成熟,0~150 cm 土层深度范围内免耕秸秆覆盖处理土壤平均含水量较免耕和传统耕作处理高 0.21%和 0.23%,免耕对土壤含水量影响不明显;冬小麦收获后,0~150 cm 土层深度范围内土壤含水量平均值的高低顺序为:免耕秸秆覆盖>免耕>传统耕作。冬小麦返青至成熟期间,无论晴天还是阴天,0~25 cm 土层深度范围内免耕秸秆处理土壤温度均低于免耕和传统耕作处理,免耕秸秆覆盖和免耕处理土壤温度平均值较传统耕作分别低 2.8℃和 2.6℃,免耕秸秆覆盖处理可以稳定土壤温度。相关分析表明,土壤含水量与土壤温度存在显著负相关关系。

关键词: 免耕秸秆覆盖;免耕;土壤含水量;土壤温度
中图分类号: S152.8;S152.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0084-05

免耕、秸秆覆盖技术可改善土壤理化性状、增加土壤有机质含量、调节土壤水分和温度。国外研究者认为,在一般的气候和水分条件下,免耕、覆盖保护性耕作都比传统的耕作方式增加土壤蓄水量,提高了水分利用效率;并在作物生长关键时期调节了土壤温度^[1~4]。国内在不同区域的研究表明免耕、秸秆覆盖土壤含水量较传统耕作高^[5,6]。黄高宝等研究了免耕、秸秆覆盖对黄土高原西部旱地麦田土壤温度的影响,认为与传统耕作相比,免耕秸秆覆盖可以稳定土壤温度^[7]。近年来,内陆河绿洲灌区农田生态环境倍受关注,黄高宝等通过田间试验和风洞试验研究结果认为,本地区春小麦改种冬小麦并采用免耕、秸秆覆盖等保护性耕作技术可减少农田土壤风蚀发生可能性^[8,9]。在该区域开展的关于免耕及免耕秸秆覆盖对农田耕层土壤水分和温度的效应研究相对较少。本文在多年田间试验基础上,研究了免耕和免耕秸秆覆盖对冬小麦农田土壤耕层水分和温度的影响及其相互关系,以期为内陆河绿洲灌区冬小麦保护性耕作技术体系提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试区概况

定位试验于 2004 年 9 月在甘肃省武威市凉州区黄羊镇开始布置。该地区位于甘肃河西走廊东端,东经 103°5',北纬 37°30',属冷温带干旱区,是典型的大陆性气候,日照充足,春季多风沙,夏季有干热风。平均海拔 1 776 m,降水年际变化不大,但季节变化较大,多年平均降水量 160 mm 左右,主要集中在 7、8、9 月份,冬春季干旱,降水无法满足作物生长需要。蒸发量 2 400 mm,干燥度 5.85,年平均气温 7.2℃,一月最低平均气温-27.7℃,七月最高平均气温 34.0℃。≥0℃积温为 3 513.4℃;≥10℃积温为 2 985.4℃。全年无霜期 156 d,绝对无霜期 118 d,年日照时数 2 945 h。土壤以荒漠灌淤土为主,粉沙壤质,土层深厚,基本状况如表 1 所示。

1.2 试验设计

试验设置 3 个处理,如表 2 所示。3 次重复,共 9 个小区,小区面积 108 m²(27 m×4 m),随机区组排列。

表 1 试验地土壤基本状况
Table 1 The basic soil condition of experimental site

层次 Layer (cm)	速效氮 Available nitrogen (mg/kg)	速效磷 Available phosphorus (mg/kg)	速效钾 Available potassium (mg/kg)	有机质 Organic matter (%)	容重 Bulk density (g/cm ³)
0~10	75.31	3.38	253.95	1.58	1.06
10~30	53.53	2.73	232.21	1.56	1.10

收稿日期:2008-03-05
基金项目:甘肃省科学技术攻关计划项目(2GS042-A41-002-01);国家科技支撑计划(2007BAD89B17)
作者简介:于爱忠(1981-),男,助教,硕士,主要从事绿洲农作制和保护性耕作理论与技术方面的研究。E-mail: yuaizh@gsau.edu.cn。

表 2 试验处理
Table 2 Treatments description

代码 Code	处理 Treatments	操作方法 Description
NT	免耕不覆盖 No tillage	作物收获后免耕,不覆盖。 No tillage without straw cover after harvesting.
NTS	免耕秸秆覆盖 No tillage with straw retention	作物收获后免耕,并将秸秆切成 5cm 长度覆盖于地表。 No tillage but mulching the soil surface with 5cm long cut straw after harvesting.
T	传统耕作 Conventional tillage	作物收获后深耕灭茬、耙耱整平,不覆盖。 Till after harvesting to burry the stubble and rake.

本试验于 2006 年 9 月开始布置,试验地前茬作物为春小麦。秸秆还田处理覆盖小麦秸秆 6 750 kg/hm²,冬小麦 9 月中旬播种,播种量 252.5 kg/hm²,各处理均用 2BMFS-5/10 型免耕覆盖施肥播种机播种。每公顷施纯 N 150 kg,纯 P₂O₅ 150 kg。各处理分别在苗期(11 月 4 日)、拔节期(5 月 7 日)、抽穗期(5 月 29 日)、灌浆期(6 月 14 日)灌水,灌水量分别为 1 500、1 350、1 050 和 900 m³/hm²,全生育期灌水 4 800 m³/hm²。

1.3 测定方法

1.3.1 土壤含水量测定 冬小麦播种前(2006 年 9 月 16 日)和收获后(2007 年 7 月 15 日)用烘干法分 0~10、10~20、20~30、30~50、50~80、80~110、110~130、130~150 cm 8 个层次测定土壤含水量。冬小麦返青后(3 月下旬)每隔 10~15 d 测定土壤含水量,0~10、10~20、20~30 cm 采用烘干法,30~150 cm 每 10 cm 一个层次采用中子水分仪法。

1.3.2 土壤温度测定 2007 年冬小麦返青后至成熟,每天 8:00、14:00 和 18:00 用地温计在地表(0 cm)和距离地表 5、10、15、20、25 cm 测定不同层次土壤温度,0~25 cm 土壤温度为各层次的平均值。

2 结果与分析

2.1 不同耕作措施对冬小麦播种前后土壤剖面水分的影响

近年来,不同生态区域的研究结果认为,免耕结合秸秆覆盖可提高小麦、玉米等农田土壤含水量^[10~12]。本试验不同耕作措施冬小麦播前收后土壤剖面水分变化如图 1 所示,无论是冬小麦播种前还是收获后,在 0~150 cm 土层深度范围内,各处理表土层(0~10 cm)土壤含水量均低于深层,在 0~90 cm 土层深度范围内免耕(NT)、免耕秸秆覆盖(NTS)土壤含水量高于传统耕作(T)处理。播种前 0~60 cm 土层深度范围内 NT、NTS 处理土壤含水量高低与变化趋势表现出高度的一致性。冬小麦收获后,此时正值当地气温最高的季节,0~150 cm 土

层深度范围内土壤含水量平均值的高低顺序为:NTS>NT>T,其中 NTS 处理 0~10 cm 土壤含水量较 NT、T 处理分别高 19.4%和 31.2%。说明免耕秸秆覆盖较传统耕作可以提高 0~150 cm 土壤剖面的含水量,可能是由于覆盖秸秆抑制了土壤水分蒸发的结果,这对蒸发量较大的绿洲灌区作物生产有很重要的意义。

2.2 不同耕作措施对土壤含水量动态变化的影响

冬小麦返青至成熟 0~150 cm 土层深度范围内土壤含水量动态变化如图 2 所示,0~150 cm 土壤含水量变化趋势基本一致,灌水使 0~30 cm 土壤含水量的变化幅度明显大于 30~150 cm 变化幅度。从冬小麦返青到成熟,NTS 处理 0~30 cm 土壤含水量均高于 NT 和 T 处理,这种优势在冬小麦进入灌浆时期表现的更突出;在 30~150 cm 范围内,NTS 处理土壤含水量明显高于 NT 和 T 处理。在 0~150 cm 范围内 NTS 处理平均土壤含水量较 NT 和 T 处理高 0.21%和 0.23%;NT 和 T 处理土壤含水量的高低变化表现出高度的一致性,说明免耕秸秆覆盖抑制了土壤水分的蒸发;免耕不覆盖对土壤含水量影响不大。

2.3 不同耕作措施对土壤温度动态变化的影响

冬小麦返青至成熟 0~25 cm 土层深度的土壤温度平均值变化如图 3 所示,由图可以看出,NTS 和 NT 处理从冬小麦返青至成熟 0~25 cm 土壤温度平均值均低于 T 处理,并且 NTS 和 NT 处理在冬小麦生长前期对土壤温度的影响较小,拔节以后随着气温的逐渐升高,土壤温度明显低于 T 处理,NTS 和 NT 处理此期间土壤温度的高低和变化趋势表现出高度的一致性,这可能是由于小麦拔节以后进入生长旺盛季节,免耕处理对土壤含水量影响更加明显,进而显著影响了土壤的导热性所致。冬小麦返青至成熟 0~25 cm NTS 和 NT 处理土壤温度平均值较 T 处理分别低 2.8℃和 2.6℃,这是免耕处理影响土壤物理性状和土壤水分的表现。

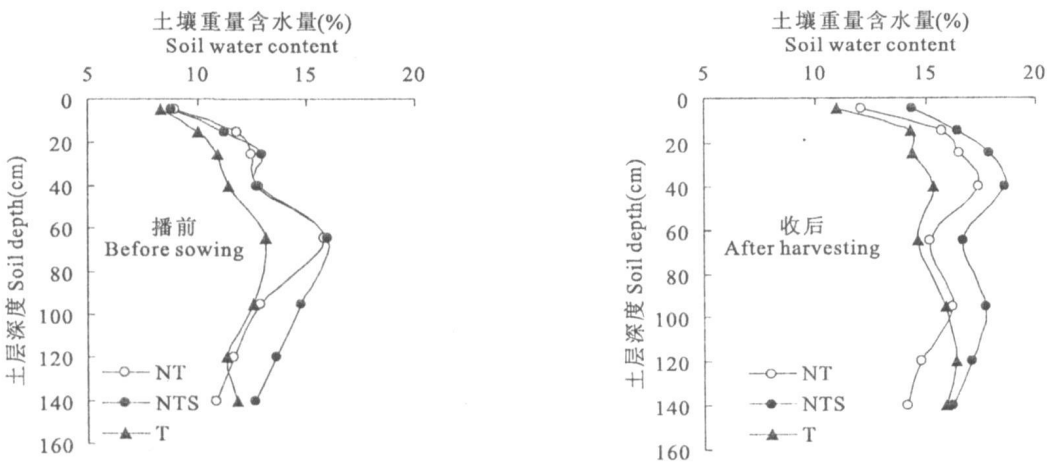


图 1 冬小麦播种前和收获后不同处理土壤剖面的水分含量

Fig.1 Soil water content before winter-wheat sowing and after harvesting under different treatments

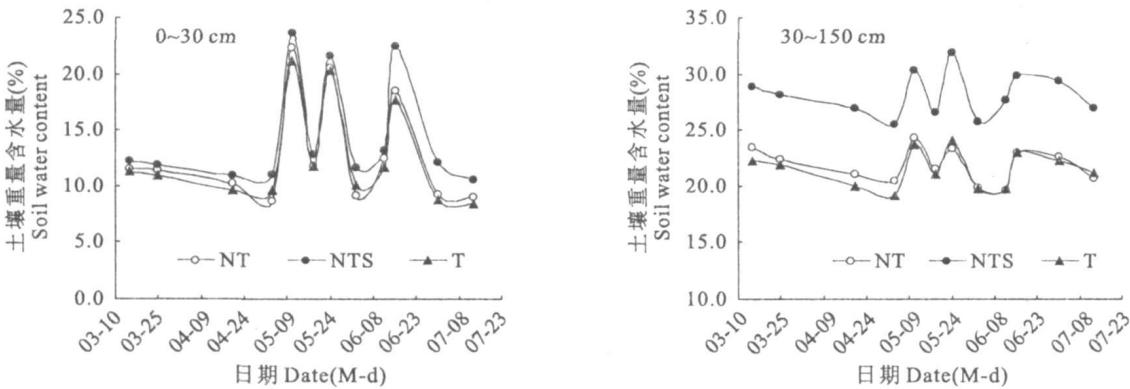


图 2 冬小麦返青后不同处理土壤剖面水分含量动态变化

Fig.2 Dynamics of soil water content after winter-wheat turning green stage under different treatments

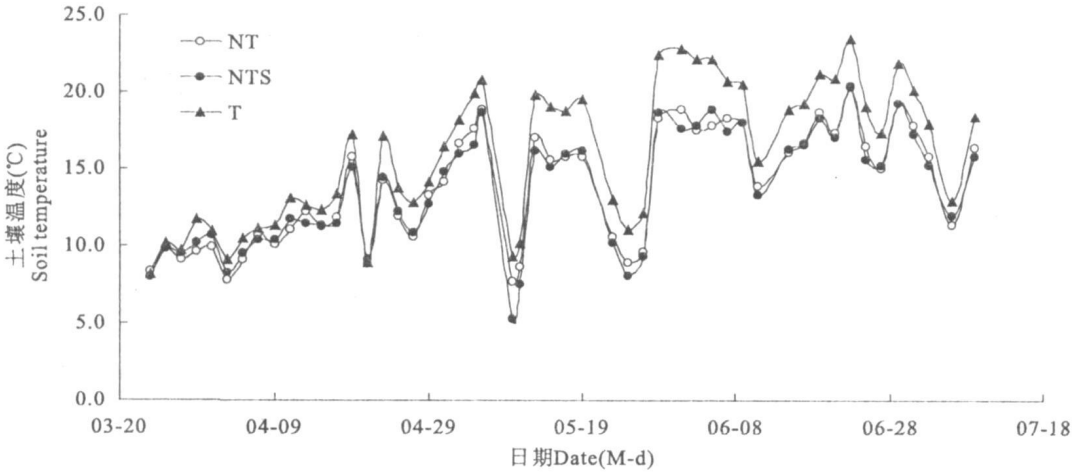


图 3 冬小麦返青后不同处理 0~25cm 土壤温度动态变化

Fig.3 Dynamics of soil temperature at 0~25 cm layer after winter-wheat turning green stage under different treatments

2.4 不同耕作措施对不同时段土壤温度的影响

不同天气状况下,不同处理 0~25 cm 土层深度的土壤温度变化见图 4。晴天(4 月 19 日)各处理 0~25 cm 范围内呈递减趋势,而阴天(4 月 21 日)则

呈递增趋势;但无论晴天还是阴天 0~25 cm 范围内 NTS 处理土壤温度均低于 NT 和 T 处理。各处理全天土壤温度变化如图 5,无论是晴天还是阴天各处理全天土壤温度变化趋势基本一致,白天气温较

低的 8:00 NTS 处理各层次平均温度比 T 处理高;而在白天气温最高的 14:00 NTS 处理较 T 处理低,NT 处理介于 T 处理和 NTS 处理之间。在气温回落的 18:00 NTS 处理各层次平均温度又高于 T 处

理。这说明免耕秸秆覆盖处理可以稳定土壤温度,随着气温的升降,土壤温度升降变化较免耕处理和传统耕作处理慢,这与黄高宝等^[7]在黄土高原半干旱区的研究结果是一致的。

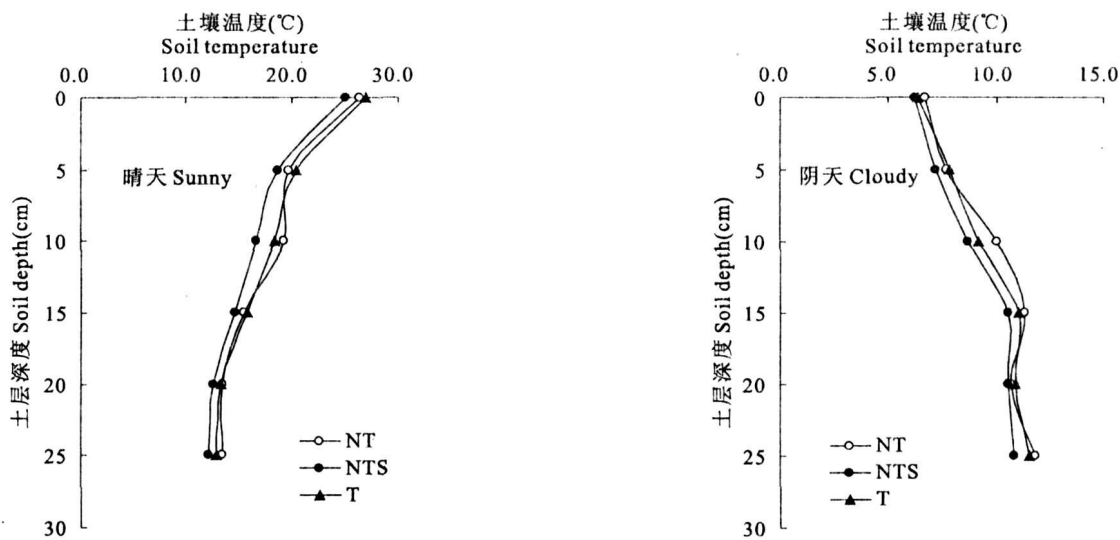


图 4 晴天和阴天不同处理 0~25 cm 土壤温度
Fig. 4 Soil temperature of 0~25 cm layer in sunny day and cloudy day under different treatments

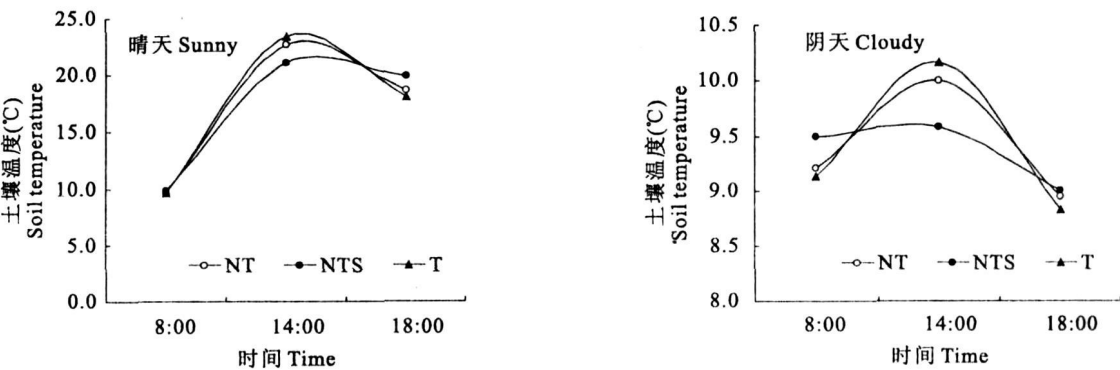


图 5 晴天和阴天不同处理土壤温度变化
Fig. 5 Dynamics of soil temperature in sunny day and cloudy day under different treatments

有研究认为,地温与土壤含水量有密切关系,土壤含水量高低直接影响热量的传递^[13]。本试验为了进一步探讨不同耕作措施条件下耕层(0~25 cm)土壤含水量与土壤温度的关系,对其进行相关分析(如图 6),结果表明土壤含水量与土壤温度存在显著负相关关系($r=-0.748^*$),这可能与不同耕作措施条件下土壤水分含量存在差异,使土壤在不同含水量条件下的导热存在差异有关。

3 结 论

冬小麦返青至成熟,在 0~150 cm 土层深度范围内免耕秸秆覆盖处理土壤平均含水量较免耕和传

统耕作处理高 0.21%和 0.23%;免耕对土壤含水量影响不大。冬小麦收获后,0~150 cm 土层深度范围内土壤含水量平均值的高低顺序为:免耕秸秆覆盖>免耕>传统耕作。

冬小麦返青至成熟期间,无论晴天还是阴天 0~25 cm 土层范围内免耕秸秆覆盖处理土壤温度均低于免耕和传统耕作处理,免耕秸秆覆盖和免耕处理土壤温度平均值较传统耕作处理分别低 2.8°C和 2.6°C。免耕秸秆覆盖处理可以稳定土壤温度,随着气温的升降土壤温度变化较免耕处理和传统耕作处理慢。

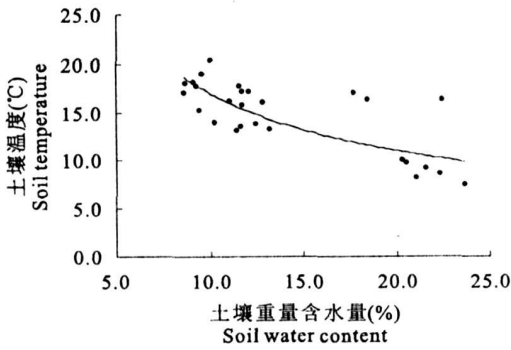


图 6 0~25 cm 土壤含水量与土壤温度的关系
Fig.6 Relationship between soil water content and temperature of 0~25 cm layer

土壤含水量与土壤温度存在显著负相关关系,这可能与不同耕作措施条件下土壤水分含量存在差异,使土壤在不同含水量条件下的导热存在差异有关。关于温度对土壤水分运移的影响及其机理和不同耕作措施对水分利用效率的影响有待进一步深入研究。

参考文献:

[1] Fawcett R, Tiemey D, Christensen B. Impact of conservation tillage on reducing run off of pesticides into surface water[J]. Soil Water Conservation, 1994, 49, 49—56.
[2] Willis W Q, Bond J J. Soil water evaporation reduction by simulated tillage[J]. Soil Sci Soc Am. Proc, 1971, 35, 526—529.
[3] Sarkar S, Singh S R. Interactive effect of tillage depth and mulch

on soil temperature, productivity and water use pattern of rainfed barley(*Hordium vulgare* L.) [J]. Soil & Tillage Research, 2007, 92, 79—86.
[4] Sarkar S, Paramanick M, Goswami S B. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson(*Brassica napus* L. var. glauca) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern India[J]. Soil & Tillage Research, 2007, 93, 94—101.
[5] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作农田土壤水分的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5); 94—96.
[6] 朱钟麟, 卿明福, 郑家国, 等. 免耕和秸秆覆盖对小麦、油菜水分利用效率的影响[J]. 西南农业学报, 2005, 18(5); 565—568.
[7] 黄高宝, 李玲玲, 张仁陟, 等. 免耕秸秆覆盖对旱作麦田土壤温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(5); 1—4.
[8] 黄高宝, 于爱忠, 郭清毅, 等. 甘肃河西冬小麦保护性耕作对土壤风蚀影响的风洞试验研究[J]. 土壤学报, 2007, 44(6); 968—973.
[9] 于爱忠, 黄高宝. 保护性耕作对内陆河灌区春季麦田不可蚀性颗粒的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3); 6—9.
[10] 马月存, 秦红灵, 高旺盛, 等. 农牧交错带不同耕作方式土壤水分动态变化特征[J]. 生态学报, 2007, 27(6); 2523—2530.
[11] 于舜章, 陈雨海, 周勋波, 等. 冬小麦期覆盖秸秆对夏玉米土壤水分动态变化及产量的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6); 175—178.
[12] 彭文英. 免耕措施对土壤水分及利用效率的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(2); 379—383.
[13] 常旭虹, 赵广才, 孟祥云, 等. 农牧交错区保护性耕作对土壤含水量和温度的影响[J]. 土壤, 2006, 38(3); 328—332.

The effect of different tillage on soil water and soil temperature of winter-wheat field

YU Ai-zhong, HUANG Gao-bao, FENG Fu-xue

(College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: Based on the long term field experiment in inland river irrigation area, the effect of different tillage treatments on winter-wheat farmland soil water and temperature was investigated. The result showed that the average soil water content in 0~150 cm layer of no-tillage with straw retention(NTS) was 0.21%, 0.23% higher than that of no-tillage(NT) and conventional tillage (T) respectively during the stage of winter-wheat turning green to maturing. The average soil water content in 0~150 cm layer after winter-wheat was harvested were showed as follows: NTS>NT>T. The soil temperature in 0~25 cm layer of NTS was lower than that of NT and T in sunny day and cloudy day during the stage of winter-wheat turning green to maturing. The average soil temperature of NTS was 2.8℃ and 2.6℃ lower than that of T. The NTS could steady the soil temperature. There was significantly negative relationship between soil water content and soil temperature.

Key words: no-tillage with straw retention; no-tillage; soil water; soil temperature