

不同耕作措施对黑龙江西部干旱地区土壤温度的影响

张玉先¹, 罗 奥¹, 祁倩倩¹, 姜玉美¹, 崔洪秋¹, 才 艳²

(1. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 2. 黑龙江 857 农场, 黑龙江 密山 158300)

摘 要: 在黑龙江西部干旱地区, 2007~2008 进行了秋旋、深松、春旋和原垄卡四种耕作措施以及中耕对土壤温度影响试验。结果表明: 原垄卡和深松能有效地调节土壤温度, 在早上 8:00 温度较低的时候, 提高地温 0.5~1℃, 在温度较高的下午 14:00, 能减缓土壤温度升高过快。中耕在高温时能极显著提高地温 1~2℃, 但温度下降也很快, 对调节土壤温度没有积极作用。综合来看, 在黑龙江西部干旱地区, 原垄卡和深松且不中耕的耕作措施可使土壤的温度保持在一个相对稳定的状态, 创造良好的农田小气候, 有利于作物的生长; 而旋耕措施不适宜该地区农业耕作。

关键词: 不同耕作措施; 土壤温度; 中耕

中图分类号: S343.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)05-0093-04

土壤温度是植物生长的重要生态因子, 直接影响土壤中水、气的保持和运动, 与作物根系功能和光合作用等生长发育指标有着规律性的对应关系, 温度过高或过低都不利于作物生长发育^[1~3]。土壤温度受到大气温度、近地面的空间热平衡特征、土壤持水状况及太阳辐射等因素影响^[4,5], 农业生产中, 耕作措施直接调节土壤的结构和物理性状, 影响土壤的热特性^[6~8]。适宜的耕作措施能有效地调节土壤水分和土壤温度的平衡关系^[9]。黑龙江省西部干旱区是我国典型的旱作农业区, 该地区气候特点是春季风大、干旱少雨、空气干燥、温度变化剧烈, 夏季气温剧增, 高温干旱一直是该地区最主要的自然灾害之一^[10]。探讨该地区适宜的农业耕作措施, 寻求耕地的水热效应平衡一直为农业工作者的研究重点。本研究以秋旋、深松、春旋和原垄卡四种耕作措施以及中耕对黑龙江西部干旱地区土壤温度的影响为研究对象, 以期黑龙江西部地区耕作体系的建立提供理论依据, 指导农业生产。

1 材料和方法

1.1 试验区概况

试验区设在大庆市林甸县黑龙江八一农垦大学试验田。干燥指数大于 1.2, 大于 10℃ 积温为 2 850~2 900℃, 年降水量不足 500 mm, 供试土壤为草甸

黑钙土。土壤肥力指数在 400~450 左右; 春季多大风, 土壤水分蒸发剧烈, 十年九春旱, 旱情特别严重^[11]。

1.2 试验设计

试验于 2007~2008 年进行, 采用裂区试验设计, 主处理为垄作, 垄距 67 cm, 四种耕作措施分别为:

- 1) 秋旋起垄(Q): 前茬大豆收获后, 于 10 月份旋耕后起垄, 旋耕深度为 20~25 cm 并用圆盘镇压器镇压。
- 2) 秋深松起垄(S): 前茬大豆收获后, 于 10 月份间隔深松, 松耕宽度为 10 cm, 耕深 30~35 cm。用圆盘镇压器镇压。
- 3) 春旋起垄(C): 播种前一个月旋耕后起垄, 旋耕深度为 20~25 cm, 起垄后镇压。
- 4) 原垄卡种植(Y): 保持前茬大豆的垄不变, 直接在垄台上施肥播种。

副处理一种为每种耕作措施按农时适时中耕两次, 另一种处理为始终不中耕。处理代号 1 表示中耕, 0 表示没有中耕。

(I) 中耕处理: 根据杂草情况进行中耕, 本实验中耕两次分别为 6 月 5 日和 6 月 28 日, 中耕深度为 20~25 cm。

(II) 不中耕处理: 始终不中耕, 杂草较多时人

收稿日期: 2009-02-25

基金项目: 黑龙江省高校骨干教师创新能力资助计划“一年一熟轮作周期中集约施肥技术体系研究”; 国家科技支撑计划项目“连作大豆增产途径研究”(2006BAD21B01-10); 黑龙江省“十一五”科技攻关项目“机械化护土保墒技术研究”(GA06B101-2-7)

作者简介: 张玉先(1968—), 男, 辽宁省东沟县人, 博士, 教授, 研究方向为土壤耕作技术与大豆高产生理。E-mail: zyx_lxy@126.com。

通讯作者: 罗 奥(1984—), 男, 湖南长沙人, 研究方向为土壤耕作技术。E-mail: luao0305@163.com。

工拔除。

共八个处理,小区面积为 60 m²,每个处理设 3 个重复。供试作物为大豆,品种为垦农 4 号。以尿素 445 kg/hm²,二铵 134 kg/hm²,磷酸钾 68 kg/hm²,作为基肥。播种时间为 5 月中旬,机器播种,小区人工保苗 2 万,田间管理措施按常规进行。

1.3 测定方法

采用套装曲管地温计,于第一次中耕后开始到大豆封垄,每隔 5 d 测定一次地温,测定时间为早上 8:00 和 14:00,测定层次为 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm 四个深度。

2 结果与分析

2.1 不同耕作措施不同层次土壤温度变化

不同深度土壤温度 8:00 时月变化曲线如图 1~4 所示(图中代码分别为 C0:春旋不中耕;Q0:秋旋不中耕;S0:深松不中耕;Y0:原垄卡不中耕;C1:春旋中耕;Q1:秋旋中耕;S1:深松中耕;Y1:原垄卡中耕,其他图表与此同)。四层土壤温度随着气温变化其变化趋势基本保持一致。从土壤温度与深度的关系来看,土壤温度随着深度的递增而保持一定幅度的下降,这是由于土壤浅层的垂直温度梯度远比空气大,土壤的热容量比空气大 1000 倍,大部分热量被表层吸收,而深处的热通量大为减弱,土壤温度梯度随深度增加而减小^[12]。由于经过一个晚上的辐射,土壤表层的能量丧失大于深层土壤,地表层处理间差异小于深层土壤温度差异,5 cm 层地温从高到低大致为原垄卡>深松>秋旋>春旋,差幅为 0.3~0.8℃。中耕处理后土壤温度低于没有中耕的各处理,最大幅度达到 1℃。10 cm 和 15 cm 的土壤温度平均温度以深松处理最高而春旋处理最低。除春旋处理外,其他处理中耕处理与没有中耕处理的温度差异减小。

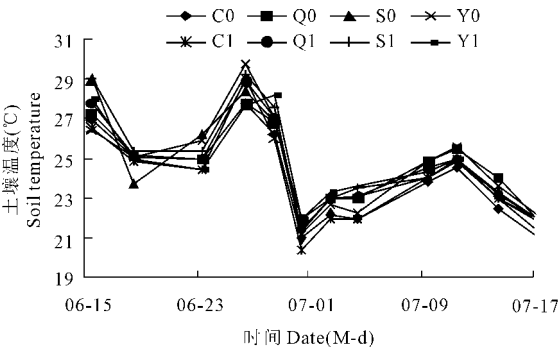


图 1 5 cm 不同耕作处理土壤温度变化

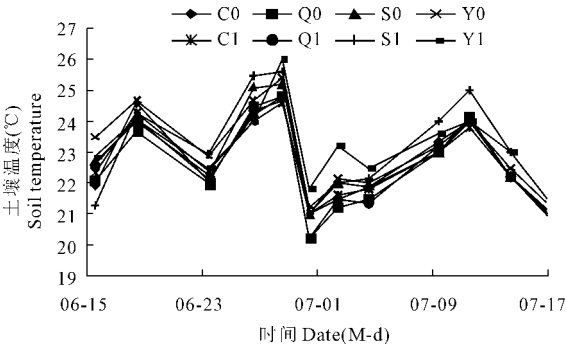


图 2 10 cm 不同耕作处理土壤温度变化

Fig.2 10 cm soil temperature under different cultivation

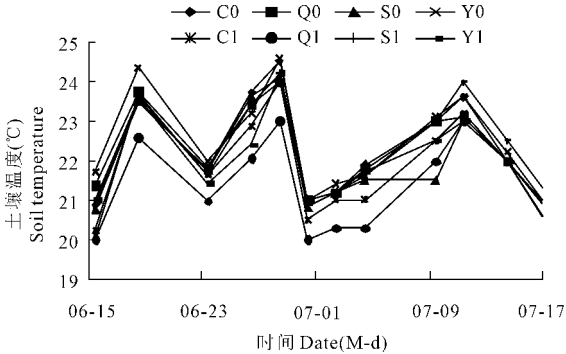


图 3 15 cm 不同耕作处理土壤温度变化

Fig.3 15 cm soil temperature under different cultivation

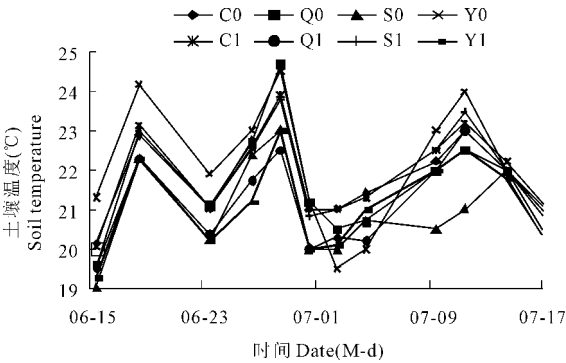


图 4 20 cm 不同耕作处理土壤温度变化

Fig.4 20 cm soil temperature under different cultivation

20 cm 层土壤温度的差距加大,深松和原垄卡仍保持温度较高的优势不变,除深松中耕后处理高于没有中耕,其他耕作措施中耕后土壤温度低于没有中耕处理幅度达 0.8~1.5℃,其原因可能是由于中耕后垄体与地表接触面积加大,夜间较低的气温长时间与垄体接触,而使土壤温度下降速度较快。八个处理单独来看,以深松耕后中耕土壤温度最高,5 cm 和 20 cm 层土壤温度月平均值分别为 24.59℃、21.99℃,而以春旋后中耕土壤温度最低,分别为 23.7℃、20.99℃。

14:00 时土壤温度变化和 8:00 时土壤温度变化

规律一致,仍以表层土壤温度高于深层,但差异较小;深层土壤温度低但差异较大。如表 1 所示,中耕处理明显高于没有中耕处理。以春旋处理为例,中耕后四层土壤温度分别上升 1.32℃、1.37℃、0.56℃、0.6℃,10 cm 层土壤中耕后平均温度都接近 30℃,过高的温度也不适宜作物的生长。方差分析表明,10 cm 和 15 cm 中耕处理后,土壤温度极显著

高于没有中耕的。不同耕作措施中,如表 2 所示,5 cm 层各处理差异较小,基本没有差别;在 10 cm 和 15 cm 层,原垄卡显著高于其他耕作措施,20 cm 层深松处理又显著高于其他耕作措施。综合来看,14:00 土壤温度以原垄卡中耕后土壤温度最高,其次为深松处理的中耕处理,秋旋不中耕和春旋不中耕的土壤温度最低。

表 1 不同耕作措施 14:00 土壤温度月平均值(℃)
Table 1 The mouth average of 14:00 soil temperature under different cultivation

土壤深度 Depth	Q0	Q1	S0	S1	C0	C1	Y0	Y1
5 cm	32.02±0.46	33.34±0.71	32.10±0.02	33.19±1.57	32.57±0.13	33.30±1.11	33.9±0.19	33.62±0.60
10 cm	28.01±0.41	29.38±0.33	28.75±0.19	28.38±0.76	28.42±0.24	29.34±0.60	29.81±0.01	30.18±0.69
15 cm	25.40±0.32	25.96±0.27	25.40±0.17	26.39±0.6	25.83±0.33	25.51±0.50	25.90±0.03	26.35±0.30
20 cm	23.33±0.20	23.93±0.10	23.25±0.40	24.10±0.83	23.22±0.06	23.34±0.05	23.23±0.05	23.39±0.44

表 2 不同耕作措施 14:00 土壤温度月平均值方差分析(℃)
Table 2 The table of variance analysis of mouthly average soil temperature at 14:00 under different cultivation

裂区 Split plot	处理号 Treatment	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
主处理 Main treatment	秋旋(Q)	32.68 _a	28.70 _b	25.68 _a	23.63 _{ab}
	深松(S)	32.65 _a	28.96 _b	25.90 _a	23.68 _a
	春旋(C)	32.94 _a	28.88 _b	25.67 _a	23.28 _b
	原垄卡(Y)	33.78 _a	30.00 _a	26.13 _a	23.31 _{ab}
副处理 Sub-treatment	不中耕(0)	32.66 _a	28.75 _{bB}	25.63 _{bB}	23.26 _a
	中耕(1)	33.36 _a	29.51 _{aA}	26.05 _{aA}	23.69 _a

注:同一列大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平。
Note: Values followed by a different lowercases or capitals within the same column are significantly different at 0.05 and 0.01 probability level, respectively.

2.2 不同耕作措施土壤温度日变化

于 7 月 20 日大豆初花期,从早上 8:00 开始到下午 18:00,每 2 小时测定四层土壤温度,取四层土壤温度的平均值绘制图 5。如图所示,土壤温度的日变化表现为先上升再下降的趋势,早上 8:00 地温最低,中午地温最高的规律与气温变化曲线基本保持一致。8:00 各处理从大到小依次为原垄卡>深松>秋旋>春旋;除深松处理外,中耕处理都低于没有处理。随着气温的升高,处理间的差异明显加大。到中午 12:00,中耕后的各处理温度上升幅度大于没有中耕,处理间差异最大达 3.1℃。地温最高的为 C1 29.5℃,其他从大到小依次为 Q1 29.48℃、S1 29.45℃、Y1 27.75℃、Y0 27.55℃、Q0 26.9℃、C0 26.45℃、S0 25.9℃。随着太阳辐射的减弱,地温逐渐回落,各处理土壤温度下降幅度与上升保持一致。

18:00 时的地温与 12:00 比较,原垄卡处理下降 1.7℃,深松 2℃,秋旋 2.5℃,春旋 2.7℃。

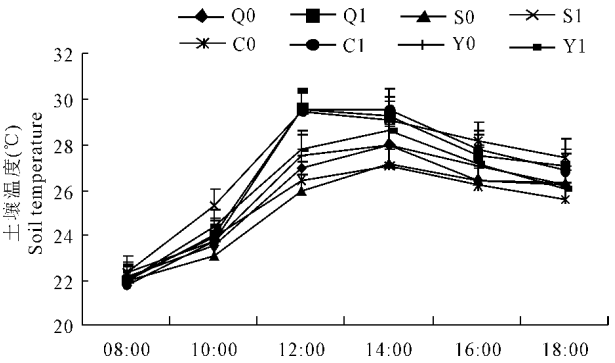


图 5 不同耕作措施土壤温度日变化
Fig. 5 The daily soil temperature under different cultivation

3 讨论

旋耕能很好地疏松土壤,土壤容重较小,空隙度较大^[13],而饱和重量含水量随容重的增加而减小,与容重成反比关系^[14],由于旋耕土壤水分含量较小,因此地温上升得快下降也快,不利于维持土壤温度稳定环境。特别是春旋地在经过冬春冻融交替再旋地起垄后,土壤水分散失,地温上升幅度高于秋旋地。在土壤温度月变化曲线中,8:00 时土壤温度旋耕低于深松和原垄卡,日变化曲线中,12:00 土壤温度又高于深松和原垄卡。特别是中耕后的旋耕,这种负面效应表现更为明显。原垄卡和深松地有较紧实的实部,含水量的增大导致土壤热容量的变大,因此土壤温度变化幅度变小。高温时能减缓太阳辐射的能量渗入,有效地保护作物不受高温伤害,起到降温作用^[15]。气温回落时,实部阻碍土壤热量向大气

散失,土壤温度的降低速度缓慢,维持土壤较稳定的温度环境,这与 W·R·Bidlake 研究的结果:免耕能有效地保持种子的温度和水分相一致^[16]。日变化曲线中,18:00 时四层土壤温度平均值与 12:00 时相比仅下降 1.7℃。而春旋下降 2.7℃。无论哪种耕作方式,中耕后都能有效地加大土壤与空气的交换面积,在气温高时,能显著地提高土壤温度,而气温低时,土壤温度下降也明显。水分和温度是明显的负相关^[17,18],较大的交换面积和过高的温度意味着更多的水分散失。而在黑龙江西部干旱地区,水分因素的限制绝对的大于温度对农业生产的限制^[10],因此高温时,旋耕和中耕措施造成高温干旱,不利于该地区含墒保水;D·R·Griffith 等的研究结果旋耕降低土壤温度,延缓了玉米的生长发育^[19],与本试验中低温时旋耕降低了土壤温度类似。

4 结 论

研究表明,在黑龙江西部干旱地区,原垄卡和深松能有效地调节土壤温度。在温度较低的时候能保持较高的土壤温度,增加温度 0.5~1℃,在温度较高时土壤温度低于其他耕作措施,维持恒温条件。中耕处理在温度较高时能显著地提高土壤温度 1~2℃,而温度低时也散失更多的热量使得土壤温度低于免中耕 1℃。过高或过低的温度都不适宜作物生长,特别是春旋耕作中耕后,12:00 时四层土壤温度平均后仍高达 29.5℃,散失水分的同时也易造成作物高温伤害。综合来看,黑龙江西部地区干旱地区考察土壤温度时,原垄卡和深松耕作能有效地调节地温,旋耕特别是春旋耕不适宜该地区的农业耕作;在东北冷凉且干旱的地区中耕对土壤温度的贡献还需根据实际情况进一步研究。

参 考 文 献:

- [1] Iremiren G O. Efecet of soil temperature on the growth and yield of corn [J]. International Agriculture, 1988, 40(2): 54—56.
- [2] Willis W O, Larson W E, Kirkham D. Corn growth as affected by soil temperature and mulch[J]. Agronomy Journal, 1957, 49: 323—328.
- [3] German A. Bollero and Donald G. Bullock. Soil Temperature and Planting Date Effects on Corn Yield, Leaf Area, and Plant Development [J]. American Society of Agronomy, 1996, 88: 385—390.
- [4] 朱祖祥. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1983: 65—68.
- [5] 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.
- [6] Gupta S C, Larson W E, Allmaras R R. Predicting Soil Temperature and Soil Heat Flux under Different Tillage—Surface Residue Conditions [J]. Soil Science Society of America, 1984, 48: 223—232.
- [7] 杨安中, 王 敏, 张从宇. 秸秆与地膜二元覆盖对小麦田间生态环境及产量影响[J]. 水土保持学报, 2005, 17(3): 182—185.
- [8] Radke J K, Dexter A R, Devine O J. Tillage Effects on Soil Temperature, Soil Water, and Wheat Growth in South Australia[J]. Soil Science Society of America, 1985, 49: 1542—1547.
- [9] Black A L. Soil Water and Soil Temperature Influences on Dryland Winter Wheat [J]. American Society of Agronomy, 1970, 62: 797—801.
- [10] 王 斌, 魏永霞, 张秀芳, 等. 黑龙江省西部地区旱田水分盈亏变化规律研究[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(6): 31—35.
- [11] 白雅梅. 黑龙江省农业气候[M]. 哈尔滨: 东北农业大学出版社, 2002: 45—50.
- [12] 常 征. 土壤温度的变化特点及其规律[J]. 油气储运, 1989, 8(3): 34—38.
- [13] 杨秀春, 徐 斌, 严 平. 农牧交错带不同农田耕作模式土壤水分特征对比研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(2): 126—130.
- [14] 吕殿青, 邵明安, 刘春平. 容重对土壤饱和和水分运动参数的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(3): 154—158.
- [15] Bidlake W R, Campbell G S, Papendick R I. Seed-Zone Temperature and Moisture Conditions under Conventional and No—Tillage in Alaska [J]. Soil Science Society of America, 1992, 56: 1904—1910.
- [16] 张 伟, 汪 春, 梁 远, 等. 残茬覆盖对寒地旱作区土壤温度的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 70—73.
- [17] Willis W O, Wierenga P J, Vredenburg R T. Fall Soil Water: Effect on Summer Soil Temperature [J]. Soil Science Society of America, 1997, 41: 615—617.
- [18] 李慧星, 夏自强, 马广慧. 含水量变化对土壤温度和水分交换的影响研究[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2007, 35(2): 172—176.
- [19] Griffith D R, Mannering J V, Galloway H M. Effect of Eight Tillage—Planting Systems on Soil Temperature, Percent Stand, Plant Growth, and Yield of Corn on Five Indiana[J]. Soils American Society of Agronomy, 1973, 65: 321—326.

(英文摘要下转第 172 页)

[17] Ehdaie B, Waines J G. Generic variation for contribution of pre-anthesis assimilates to grain yield in spring wheat [J]. *Journal of Genetics and Breeding*, 1996, 50: 47—56.

[18] 胡梦云, 张正斌, 徐 萍, 等. 亏缺灌溉下小麦水分利用效率与光合产物积累运转的相关研究[J]. *作物学报*, 2007, 33(11): 1884—1891.

Effects of drought on photosynthesis of flag leaf and dry matter remobilization of main stem in different varieties of winter wheat

WANG Zheng-hong^{1,2}, DENG Xi-ping¹, LIU Li-Sheng¹, ZHAO Zi-ping¹

(1. *State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on Loess Plateau, Northwest A & F University, Yangling, Shanxi 712100, China*; 2. *Agricultural College, Henan University of Science and Technology, Luoyang, Henan 471003, China*)

Abstract: Two kinds of winter wheat (*Triticum aestivum* L), Changwu 134 (drought-resistant) and Shan 253 (drought-sensitive), were applied to study the effects of drought on the net photosynthetic rate and chlorophyll content of flag leaves, and the dry matter remobilization that accumulated at the main stem, constituent internodes at pre-anthesis and its contribution to gain weight per ear. The result showed that the extent of reduction of grain weight per ear in Changwu 134 was significantly less than that of Shan 253 under drought conditions. Both photosynthetic active duration (PAD) and relative steady phase of chlorophyll content (RSP) of flag leaves in two winter wheat varieties were shortened by drought. In contrast with Shan 253, however, drought impact that imposed to changwu 134 was relatively small. Besides peduncle, the decreased degree of dry matter remobilization and contribution rate to grain yield of stem and its constituent internodes of Changwu 134 were significantly lower than those of Shan 253. Under drought condition, the dry matter remobilization rate of peduncle and penultimate of Shan 253 increased significantly the and third internode's and lower internode's decreased significantly, but the stem's had no obvious changes. The dry matter remobilization rate of stem and its other internodes of Changwu 134 were significantly lower than that of control besides peduncle, and the longer distance to the ear, the higher decreased degree. In conclusion, above results could suggest: (a) the dry matter remobilization ability of different internodes was related to their distance to ear under drought condition; (b) the dry matter remobilization that accumulated at pre-anthesis at the main stem was not enough to compensate for yield loss; (c) the extension of active photosynthesis duration was the main reason for wheat's drought resistance and high yield.

Keywords: wheat; drought resistance; dry matter; remobilization; stem; internodes

(上接第 96 页)

Effect of different cultivation measures on soil temperature in dry areas of west Heilongjiang

ZHANG Yu-xian¹, LUO Ao¹, QI Qian-qian¹, JIANG Yu-mei¹, CUI Hong-qiu¹, CAI Yan²

(1. *Heilongjiang August First Land Reclamation University, Daqing, Heilongjiang 163319, China*;

2. *Heilongjiang 857 Farmland, Mishan, Heilongjiang 158300, China*)

Abstract: Experiments were conducted to study soil temperature in dry areas of west Heilongjiang field under four cultivation treatments and inter-tillage. The result show that: No tillage and loosening method regulate soil temperature effectively. They increase soil temperature by 0.5~1°C in the morning when air temperature was low, but reduced the rate of temperature increment in the afternoon when temperature was higher. Inter-tillage increases soil temperature by 1~2°C when temperature is high, but also increases the rate of temperature decrement. Therefore no tillage and loosening method without inter-tillage could keep the stability of soil temperature and is beneficial for the crop growth in dry areas of west Heilongjiang, while rotary tillage and inter-tillage are unsuitable for farming in the area.

Keywords: different cultivation measures; soil temperature; inter-tillage