

不同耕作措施对旱地玉米生长 环境及产量的影响

周 静,史向远,李永平,张晓晨

(山西省农业科学院现代农业研究中心,山西 太原 030031)

摘 要: 采用田间定位试验,研究了羊粪 4 m³ + 深耕 30 ~ 35 cm(MP3)、羊粪 4 m³ + 深耕 20 ~ 25 cm(MP2)、羊粪 4 m³ + 旋耕 10 ~ 15 cm(MP1)、深耕 30 ~ 35 cm(P3)、深耕 20 ~ 25 cm(P2)、旋耕 10 ~ 15 cm(P1) 6 种耕作措施下旱地玉米土壤温度、土壤水分、土壤呼吸速率及产量的变化。结果表明:采用不同耕作措施均能有效促进旱地玉米生长,与传统耕作方式(P1)相比,MP3、P3 处理的土壤体积含水量分别提高了 39.00%、32.44%;MP3 处理下土壤温度显著高于传统耕作 0.94℃;随着旱地玉米生育期的推进,土壤呼吸速率峰值出现在 6 月底,不同耕作方式下土壤呼吸速率较传统耕作提高了 0.68 ~ 1.26 倍;深耕处理、深耕 + 羊粪处理的旱地玉米产量均显著高于传统耕作,其增幅在 11.94% ~ 36.51%。通过 3 年试验比较,羊粪 4 m³ + 深耕 30 ~ 35 cm、羊粪 4 m³ + 深耕 20 ~ 25 cm、深耕 30 ~ 35 cm 效果较好。

关键词: 旱地玉米;耕作措施;生长环境;产量

中图分类号: S513 **文献标志码:** A

Effects of different tillage practices on growing environment and yield of dryland maize

ZHOU Jing, SHI Xiang-yuan, LI Yong-ping, ZHANG Xiao-chen

(Modern Agricultural Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan, Shanxi 030031, China)

Abstract: A fixed position field experiment approach was employed to investigate the effects of six different tillage practices, including deep tillage (30 ~ 35 cm) with applied sheep manure (4 m³ of volume) (MP3), deep tillage (20 ~ 25 cm) with applied sheep manure (4 m³ of volume) (MP2), rotary tillage (10 ~ 15 cm) with applied sheep manure (4 m³ of volume) (MP1), deep tillage (30 ~ 35 cm) (P3), deep tillage (20 ~ 25 cm) (P2), and rotary tillage (10 ~ 15 cm) (P1), on soil temperature, soil moisture, soil respiration rate and yield of dryland maize. The results showed that the growth of dryland maize was promoted effectively after application of different tillage practices. Comparing to conventional tillage, the soil moisture of MP3 and P3 were increased by 39% and 32.44%. Geothermal energy of MP3 became increased more significantly than that by conventional tillage. During maize growth period, peak of soil respiration rate appeared in late June, and soil respiration rate was 0.68 ~ 1.26 times higher than that by conventional approach. In terms of the yield, the difference was also significant and the increases varied from 11.94% to 36.51%. Based on the comprehensive experimental results from three successive years, MP3, MP2 and P3 were the appropriate tillage practices.

Keywords: dryland maize; tillage practices; growing environment; yield

山西省山多水少,中北部地处黄土高原,水资源贫乏,多风少雨,十年九旱,土壤水分的缺乏成为山西省农业生产发展的主要制约因素^[1]。全省地处黄土高原生态环境脆弱带,80%以上的耕地属于旱地,

玉米作为全省第一大粮食作物,旱地玉米在玉米总种植面积中占到 80% 以上,因此提高旱地玉米生产力对山西的农业发展具有重要的作用。土壤作为作物生长的基础,对土壤进行耕作可改善耕层的土壤

收稿日期:2014-12-12
基金项目:山西省科技攻关计划项目(20110311037);山西省农业科学院博士研究基金(YBSJJ1301037)
作者简介:周 静(1982—),女,甘肃酒泉人,硕士研究生,主要从事土壤与作物营养方面的研究。E-mail:zhoujingdeyi919@163.com。
通信作者:史向远(1975—),男,山西山阴人,副研究员,主要从事作物耕作与栽培方面的研究。

结构,调节土壤中的固体、液体、气体的三相比比例,协调好土壤中水、肥、气、热的关系,为作物生长发育创造良好的环境条件^[2]。已有研究证明^[3-7]深耕可以打破犁底层,创造疏松深厚的耕作层,提高土壤保水能力,以利于作物的根系生长,为作物的高产提供条件。过去的几十年来,受单纯追求产出利益的趋势,农民轻投入、重产出的生产经营方式,大部分地区多年来实施“烧秸秆—旋耕—播种”单一耕种方式,使得大面积的耕地存在耕层变浅,犁底层上升,土壤理化性状变差,保水保肥能力降低,土壤生产能力降低等一系列问题。我们对山西省十个县(市)的土壤耕层情况进行了调查,结果表明,农田土壤耕层明显存在“浅、实、少”的问题,即土壤耕层明显变浅,平均只有 15.1 cm,低于适合玉米生长的最低耕层深度(22 cm 以上),远低于美国玉米田土壤深耕和深松的标准(35 cm);土壤结构紧实,容重偏高,犁底层坚硬,严重板结,有效耕层土壤量显著减少,已经严重阻碍粮食作物产量潜力的正常发挥。目前,人们对旱地玉米耕作制度的研究多局限于深耕、深松、保护性耕作等方面,对具体耕层构建研究较少,因此,本研究立足耕层构建,以传统土壤耕作措施为基础,通过不同耕作措施的实施,旨在构建适合山西北部旱地玉米生长的合理耕层结构,达到改善土壤结构,增强土壤保水保肥能力,实现土壤的可持续性利用的目的。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验在忻州市忻府区解原乡新路村(38°24′51.63″N,112°39′42.69″E)进行。该区属温带大陆性季风气候,年平均气温为 8.5℃,年平均降水量为 428.7 mm,无霜期为 167 d,年日照时数为 2 807.5 h。试验田土壤类型为褐土性土,地势略带坡度(<8°),为春玉米连作区,无灌溉条件,土壤基本理化性状见表 1。

表 1 0~30 cm 土层土壤养分含量				
Table 1 Soil nutrient content in the 0~30 cm soil layer				
全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	有效磷 Available P /(mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available K /(mg·kg ⁻¹)	碱解氮 Alkali hydrolysable N /(mg·kg ⁻¹)	有机质 SOM /(g·kg ⁻¹)
0.49	52.1	1.29	89.0	0.437

1.2 试验材料

试验材料为玉米品种大丰 30,由山西省农科院大丰种业选育;试验所需羊粪来源于当地养殖场,其水分和养分含量见表 2;试验所需复合肥购买于当地农资市场,含量为 N:P₂O₅:K₂O=15:15:15。

表 2 羊粪水分和养分含量					
Table 2 Contents of water and nutrits in manure					
粪肥 Manure	含水量 Water content /%	全氮 Total N /(g·kg ⁻¹)	全 P Total P /(g·kg ⁻¹)	全 K Total K /(g·kg ⁻¹)	有机质 SOM /(g·kg ⁻¹)
羊粪	54.79	11.0	11.6	23.3	310

1.3 试验方法

试验采用大区设计,每处理占地 470 m²(47 m×10 m),共 6 个处理,具体试验设计如表 3 所示。每个处理之间设置主通道 2 条,宽 2 m;辅助通道 2 条,每条宽 1 m,四边设保护行 4~6 m。株行距 0.32 m×0.6 m,行长 10 m,种植密度 4 400 株·667m⁻²。

1.4 观测指标与数据处理

1.4.1 土壤采集 分别于播前、收后采用蛇形取样法取样,水分样测定深度 200 cm,0~100 cm 每 10 cm 取土一次,100~200 cm 每 20 cm 取土一次收集土样;养分样测定深度 30 cm,每 10 cm 取土一次,收集土样。

1.4.2 指标测定

(1) 土壤温度和土壤呼吸速率

采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-8100A 土壤碳通量自动测量系统测定,为了尽量避免由于安置气室对土壤扰动而造成的短期内呼吸速率的波动,在每次测定时,提前 24 h 将 PVC 圈嵌入 1/2 株行距交叉处土壤中,PVC 圈为直径 10 cm,高 4 cm 的聚乙烯圆柱体,嵌入土壤 2 cm。土壤呼吸速率测定均选在 8:00—10:00 进行,该时间段测定值可以代表 24 h 平均值^[8]。在测定土壤呼吸的同时,在 PVC 圈附近选择 1 个点将土壤热电偶探针插入 10 cm 深度的土壤,测定土壤温度。

(2) 土壤水分

采用土钻取土烘干法测定。

土壤含水量(体积含水量%)=土壤含水量(重量含水量%)×土壤容重

(3) 玉米水分利用效率

水分利用效率(kg·hm⁻²·mm⁻¹)=籽粒产量(kg·hm⁻²)/作物全生育期耗水量(mm)。

(4) 产量性状及产量的测定

收获期每小区取中间 2 行,收获面积 4.8 m²,并从中随机选取 10 株测量株高、穗位高、秃尖长、茎粗。从中随机选取 20 个穗统计穗长、穗粗、百粒质量。并将 4.8 m²的所有玉米穗晒干后脱粒计产,根据取样测产和实收测产相结合测定旱地玉米产量。

1.4.3 数据分析 试验所用数据为试验第 3 年数

据,采用 Microsoft Excel 进行试验数据处理,采用 比较用 Duncan 新复极差法。
DPS7.05 统计软件进行试验数据的方差分析,多重

表 3 试验处理描述
Table 3 Description of experimental treatments

代码 Code	处理 Treatments	处理描述 Treatment Description
MP3	羊粪 4 m ³ + 深耕 30 ~ 35 cm Deep tillage 30 ~ 35 cm with applied sheep manure 4 m ³ of volume	春季撒施 4 m ³ ·667m ⁻² 羊粪,50 kg·667m ⁻² 的复合肥。用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁深耕土壤 35 cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 4 m ³ of volume sheep manure and 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough deep tillage soil 35cm. After the crackdown, the corn was sown.
MP2	羊粪 4 m ³ + 深耕 20 ~ 25 cm Deep tillage 25 ~ 20 cm with applied sheep manure 4 m ³ of volume	春季撒施 4 m ³ ·667m ⁻² 羊粪,50 kg·667m ⁻² 的复合肥。用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁深耕土壤 25 cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 4 m ³ of volume sheep manure and 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough deep tillage soil 25 cm. After the crackdown, the corn was sown.
MP1	羊粪 4 m ³ + 旋耕 10 ~ 15 cm Rotary tillage 10 ~ 15 cm with applied sheep manure 4 m ³ of volume	春季撒施 4 m ³ ·667m ⁻² 羊粪,50 kg·667m ⁻² 的复合肥。用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁浅翻土壤 15cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 4 m ³ of volume sheep manure and 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough rotary tillage 15 cm. After the crackdown, the corn was sown.
P3	深耕 30 ~ 35 cm Deep tillage 30 ~ 35 cm	春季撒施 50 kg·667m ⁻² 的复合肥。用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁深耕土壤 35 cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough deep tillage soil 35 cm. After the crackdown, the corn was sown.
P2	深耕 20 ~ 25 cm Deep tillage 20 ~ 25 cm	春季撒施 50 kg·667m ⁻² 的复合肥,用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁深耕土壤 25 cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough deep tillage soil 25 cm. After the crackdown, the corn wa sown.
P1	旋耕 10 ~ 15 cm Rotary tillage 10 ~ 15 cm	春季撒施 50 kg·667m ⁻² 的复合肥,用 80 马力拖拉机带河北馆陶 ILF - 240 液压翻转犁浅翻土壤 15 cm,镇压轮镇压后,播种玉米。 Broadcast 50 kg·667m ⁻² compound fertilizer on an acre of land in the spring. And used 80 horsepower tractor with Hebei Guantao ILF - 240 hydraulic reversible plough rotary tillage 15 cm. After the crackdown, the corn was sown.

2 结果与分析

2.1 不同耕作方式对表层土壤水分含量的影响

图 1 为不同耕作措施下旱地玉米土壤体积含水量随玉米生育期的变化趋势。由图 1 可知,随着旱地玉米生育期的推进,土壤体积含水量呈波浪型的变化趋势。不同耕作措施下,土壤体积含水量差异较大,与传统耕作方式(P1)相比,深耕处理、深耕 + 羊粪处理均能有效提高土壤体积含水量。不同耕作处理下,MP3 处理的表层土壤平均体积含水量为 23.41%、MP2 处理为 21.71%、MP1 处理为 19.81%、P3 处理为 22.31%、P2 处理为 19.05%、P1 处理为 16.84%。深耕 + 羊粪处理能有效提高土壤体积含水量 28.88% ~ 39.00%;深耕处理能有效提高土壤体积含水量 13.08% ~ 32.44%。从总体上看,与传统旋耕相比,深耕 35 cm 的保水效果较好,但在同种耕作条件下,深耕 35 cm + 羊粪 4 m³ 的保水效果最好。

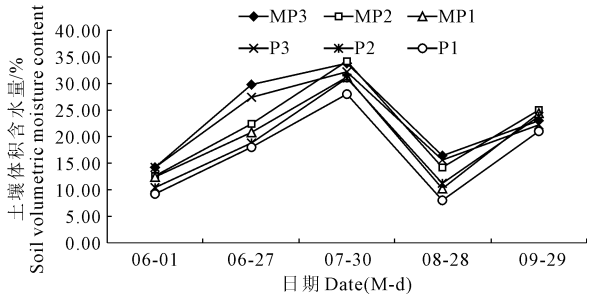


图 1 不同耕作措施对土壤水分含量的影响
Fig.1 The effects of different tillage measures on soil water content

2.2 不同耕作方式对土壤温度的影响

由表 4 可知,春玉米生育期内,土壤温度呈先升后降的变化趋势,峰值出现在 8 月末。不同耕作方式下,土壤温度变化幅度较大,其中:深耕 + 羊粪处理、深耕处理与传统耕作方式相比,差异显著。MP3 处理下土壤温度较高,春玉米生育期内平均土壤温

度为 20.77℃,与 P1 相比,能有效提高土壤温度 4.77%。从不同耕作方式对土壤温度的影响来看,

深耕 35 cm 处理和深耕 35 cm + 羊粪处理具有较好的保温效果。

表 4 不同耕作方式对土壤(0~10 cm)温度的影响/℃
Table 4 The effects of different tillage measures on soil temperature

处理 Treatments	6 月 1 日 June 1	6 月 27 日 June 27	7 月 30 日 July 30	8 月 28 日 August 28	9 月 29 日 September 29	平均值 Average
MP3	21.48a	21.73a	21.68a	23.42a	15.55b	20.77
MP2	20.97b	20.97b	21.39ab	23.20a	15.33c	20.37
MP1	20.30b	20.09c	21.25b	22.28b	15.63b	19.91
P3	20.84b	20.21c	21.18b	23.53a	16.46a	20.44
P2	21.41a	20.20c	21.11b	22.25b	14.84d	19.96
P1	19.87c	19.98c	21.42ab	22.59b	15.28c	19.83

注:同一列数值后的不同小写字母表示处理间在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。

Note: Values followed by different letters within the same column are significantly different at the 0.05 probability level. The same below.

2.3 不同耕作方式对土壤呼吸速率的影响

由图 2 可知,随着春玉米生育期的推进,土壤呼吸速率变化趋势基本表现为不对称的单峰型曲线,峰值主要出现在 6 月底 7 月初。采用不同耕作方式,均能有效提高土壤呼吸速率,除苗期(6 月 1 日)测定的 P2 处理下土壤呼吸速率与 P1 差异不显著外,其他各处理在春玉米生长的不同阶段土壤呼吸速率均显著高于传统耕作方式(P1)($P < 0.05$)。不同耕作方式下,MP3、MP2、MP1、P3、P2、P1 的土壤呼吸速率变化范围依次为 2.45~9.98、1.91~10.39、1.88~8.20、1.50~6.19、1.22~4.54、0.84~3.77 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在 8 月之前,随着春玉米的生长,加之降雨量增加,气温适宜,玉米根系活力逐渐增强,同时,有机肥的深施为微生物活动提供了充足的氮源,土壤微生物呼吸逐渐增强,此后随着旱地玉米逐渐成熟,生长减缓,根系分泌物减少,同时,随着节气的变化,气温和降水量也逐渐减少,土壤呼吸速率逐渐降低。综合分析不同耕作方式对土壤呼吸的影响可知,深耕 25 cm + 羊粪处理能维持较高的土壤呼吸,同时在旱地玉米生长后期,降幅平缓,能维持较高的土壤呼吸速率。

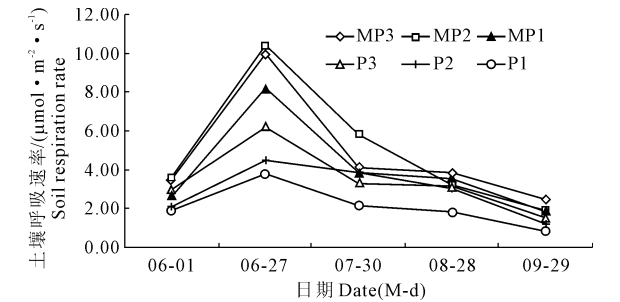


图 2 不同耕作措施对土壤呼吸速率的影响
Fig.2 The effects of different tillage measures on soil respiration rate

2.4 不同耕作方式对旱地玉米水分利用效率的影响

旱地玉米生育期内共降雨 64 次,降雨总量为 454.4 mm,在 6—8 月有效降水次数为 37 次,降水量为 359.10 mm,占生育期总降水量的 78.81%。 $> 10\text{ mm}$ 的降水 13 次,占降水总量的 69.45%,如表 5 所示。土壤(0~60 cm)蓄水层厚度为 $\text{MP3} > \text{P2} > \text{MP2} > \text{P3} > \text{MP1} > \text{P1}$,除 MP1 与 P1 差异不显著($P > 0.05$)外,其他各处理间差异显著。深耕 + 羊粪处理、深耕处理具有较好的保墒作用。由表 6 可知,无论采用何种耕作方式,均能有效提高旱地玉米水分利用效率,与传统耕作方式(P1)相比,其增幅在 13.76%~40.80%。不同耕作方式下,MP3 处理的旱地玉米水分利用效率较高,与 P3 相比,能显著提高旱地玉米水分利用效率 17.48%;与 P1 相比,能显著提高旱地玉米水分利用效率 40.80%。可见,耕作方式对土壤蓄水能力和旱地玉米水分利用效率影响较大,深耕 + 羊粪处理、深耕处理在一定程度上增加了土壤粗糙度,有利降水的入渗,减少了地表径流;同时羊粪的施用,有利于良好土壤结构的形成,增强了土壤的疏松性,有利于土壤蓄水保墒能力的提高。

表 5 6—9 月降水量分布
Table 5 Table for rainfall distribution during June - September

项目 Items	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September
降水次数 Number of precipitation	13	13	12	11
降水量 Precipitation/mm	168.2	135.3	54.6	63.8

2.5 不同耕作方式对旱地玉米穗部性状和产量的影响

不同耕作方式对旱地玉米产量及产量构成因素影响不同。不同耕作方式对穗长影响较大,不同处理间,除 MP3、MP2 差异不显著外,各处理间差异显著($P < 0.5$),MP3、MP2 的穗长最长,其值为 18.90

cm, 显著高于其他处理。各处理中, 穗粗表现为 MP3 > P3 > MP1 > P2 > MP2 > P1, 无论采用何种耕作方式, 穗粗均显著大于旋耕(P1)。不同耕作方式对旱地玉米百粒重影响较大, 不同处理比较, P3、MP3 处理的旱地玉米百粒重较高, MP1、P1 处理次之, MP2、P2 处理最小。不同耕作方式对旱地玉米穗粒

数, 秃尖长影响不大, 各处理间差异不显著, 但就其变化趋势可知, 旋耕处理下穗粒数较低, 秃尖长最大。旱地玉米的产量随着耕作方式的不同而不同, 其大小依次为 MP3 > MP2 > P3 > P2 > MP1 > P1, 与 P1 相比, 旱地玉米产量增幅在 9.23% ~ 36.51%, 各处理间差异显著。

表 6 不同耕作措施对旱地玉米水分利用效率的影响

Table 6 The effects of different tillage measures on corn water use efficiency

处理 Treatments	水层厚度 The thickness of the layer /mm	降水量 Precipitation /mm	耗水量 Consumption water /mm	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	水分利用效率 Water use efficiency /(kg·hm ⁻² ·mm ⁻¹)
MP3	18.826a	454.4	435.574	10048.02a	23.07a
MP2	12.143c	454.4	442.257	8801.03b	19.90b
MP1	6.095e	454.4	448.305	8040.00e	17.93d
P3	8.956d	454.4	445.444	8764.28c	19.68b
P2	13.307b	454.4	441.093	8239.92d	18.68c
P1	6.059e	454.4	448.341	7360.75f	16.42e

表 7 不同耕作方式对旱地玉米穗部性状及产量的影响

Table 7 The effects of different tillage on dryland corn ear traits and yield

处理 Treatments	穗长 Ear length /cm	穗粗 Ear coarse /cm	秃尖长 Bald tip /cm	穗粒数 Kernels per spike	百粒重 Hundred-grain weight /g	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	对比 P1 增幅 Compared with P1 /%
MP3	18.90a	5.67a	0.87a	636.00a	40.58ab	10048.02a	36.51
MP2	18.90a	5.06c	0.86a	619.80a	35.87c	8801.03b	19.57
MP1	18.30c	5.20bc	0.93a	604.00a	37.95b	8040.00e	9.23
P3	18.80b	5.30ab	0.86a	621.00a	42.65a	8764.28c	19.07
P2	18.20c	5.00c	0.74a	643.40a	33.03c	8239.92d	11.94
P1	17.90d	4.70d	0.98a	565.00b	36.87bc	7360.75f	—

3 讨 论

3.1 不同耕作方式对旱地玉米生长环境的影响

土壤是农作物赖以生存的基础, 土壤耕层深度对农田生态系统的养分等物质循环影响较大, 会造成土壤有机质、养分含量以及土壤微生物区系的变化, 影响土壤的水、肥、气等状况, 进而影响作物的产量。

农业机械深耕土地, 可以有效地打破犁底层, 疏松土壤, 放寒增温, 增加土壤的通风和蓄渗性能, 同时改变土壤的水力学特性, 影响土壤的持水和导水能力^[9-10], 进而调节肥力, 影响作物、土壤条件及土壤内部水肥气热的关系。本研究结果与宫亮等^[11]的研究结果基本一致, 深耕比较明显的作用是消除了土壤隔阂, 根系的主要分布层土壤疏松, 增强了接纳降水的能力, 减轻了地面径流水分损耗, 从而提高了水分利用率。并且改善了根系的生长条件, 有利于根系下扎和吸收深层土壤水分, 提高了经济产量和水分生产率。

3.2 不同耕作方式对土壤呼吸速率的影响

研究表明随着旱地玉米生育期的推进土壤呼

吸速率呈现先升高后降低的变化趋势, 这与张丁辰、张俊丽等的研究结果基本一致^[12-14], 土壤呼吸速率的峰值出现在 7 月初, 这是因为旱地玉米生长季温度较高, 土壤水分蒸发量大, 土壤水分和温度成为影响土壤呼吸的主要限制因子, 6-7 月试验区降雨频繁, 土壤呼吸对它的限制因子产生响应, 表现为较强的土壤呼吸速率。在本研究中, 增施有机肥能有效提高土壤呼吸速率, 这是因为土壤呼吸的主要碳源是土壤有机质, 故施用有机肥通常会增加土壤呼吸量, 同时深耕改善了土壤通透性, 加强气体在土壤中的迁移和扩散, 促进有机质的分解, 并且使土壤深层丰富的有机质重新移至土表, 而将未分解的植物残茬及脱落物掩埋至土壤深处, 加速其腐解过程, 从而表现为土壤呼吸速率增加^[15]。

3.3 不同耕作方式对旱地玉米穗部性状及产量的影响

玉米穗部性状是构成产量的主要性状, 与籽粒产量之间有着密切的联系, 而玉米穗部性状往往受生态和栽培条件影响较大^[16-17], 本研究结果表明不同耕作方式对旱地玉米秃尖长、穗粒数影响不大,

对穗长、穗粗、百粒重有较大影响。施用羊粪的处理穗长显著高于其他处理,深耕处理的穗粗、百粒重显著高于旋耕。张权等^[18]的试验结果表明深耕处理平均比常规处理增产 15.56%,卫晓轶、张小洁^[19-20]等研究结果也表明深耕处理配合施用有机肥对作物增产效果显著,与本实验结果一致。这是因为深耕增加了耕层厚度,有利于作物根系活动容积的提高,扩大根系营养范围,对玉米百粒重、结实率的提高有利,同时,由于畜禽粪肥除含有丰富的氮磷钾外,还含有多种微量元素,且有机质在分解过程中会产生一些中间产物,而这些中间产物含有一定的活性基团,会与土壤中的一些微量元素络合或螯合,从而提高了微量元素的有效性,进而提高了作物产量。孙仕军等对东北地区不同耕作深度下玉米产量和穗部性状的研究表明,浅耕区的玉米穗长和穗粗没有深耕区长势好,秃尖情况浅耕区的不严重,比深耕区好。浅耕区平均每棒的穗重、籽粒重和百粒重比深耕区高 6.44、3.66 g 和 2.78 g。产量对比,浅耕区相对较高,每公顷产量高出深耕区 355.5 kg,其产量结果与本试验结果不一致,其原因有可能一方面是由于地域差异性所致的土壤、降水类型等因素不同所致,另一方面可能与试验时间长短有关。

4 结 论

本研究表明不同耕作措施对旱地玉米的生长均有不同程度的影响,随着生育期的推进,土壤体积含水量变化与当年降水量关系密切,不同耕作措施下,深耕 35 cm + 羊粪 4 m³ 的蓄水保墒效果最好。同时在旱地玉米生育期内,土壤温度呈先升后降的单峰变化趋势,深耕 35 cm + 羊粪处理能保持较高地温。土壤呼吸速率变化趋势基本表现为不对称的单峰型曲线,峰值主要出现在 7 月初,与传统耕作相比,采用不同耕作方式,均能有效提高土壤呼吸速率(苗期除外),深耕 25 cm + 羊粪处理土壤呼吸速率较高,在旱地玉米生长后期,降幅平缓。不同耕作方式对旱地玉米秃尖长、穗粒数影响不大,对穗长、穗粗、百粒重有较大影响,施用羊粪的处理穗长显著高于其他处理,深耕处理的穗粗、百粒重显著高于旋耕。旱地玉米的产量随着耕作方式的不同而不同,其由大到小依次为 MP3 > MP2 > P3 > P2 > MP1 > P1,与传统耕作相比,旱地玉米产量增幅在 9.23% ~ 36.51%,各处理间差异显著。综上所述,深耕 25 ~ 35 cm,配施羊粪能有效改善土壤的水温条件及作物根系生长环境,增强了土壤呼吸量,改善了土壤通透性,有利于土壤有机质的提高,为作物高产稳产创造了有利条件,但是本试验只完成了一个试验周期的工作,羊

粪施入田间,肥效具有迟缓性,下一步应该继续定位试验,对完成一个施肥周期后不同年份不同耕层土壤的状态进行研究。

参 考 文 献:

[1] 智建奇,贾志森,郑联寿,等.不同保护性耕作方式对旱地玉米的增产效应[J].玉米科学,2006,14(2):112-114.

[2] 李永平,王孟本,史向远,等.不同耕作方式对土壤理化性状及玉米产量的影响[J].山西农业科学,2012,40(7):723-727.

[3] 吕殿青,高 华,方日尧,等.渭北旱塬冬小麦产区提前深耕一次深施肥料的肥水效应与理论分析[J].植物营养与肥料学报,2009,15(2):269-275.

[4] 方日尧,赵惠清,同延安.渭北旱塬冬小麦深施沟播综合效应研究[J].农业工程学报,2000,16(1):49-52.

[5] 王应君,王淑珍,郑 义.肥料深施对小麦生育性状、养分吸收及产量的影响[J].中国农学通报,2006,22(9):276-280.

[6] 山 仑,陈国良.黄土高原旱地农业的理论与实践[M].北京:科学出版社,1993:220-222.

[7] 李根林,王应君.豫东潮土地区肥料深施对小麦产量的影响[J].河南农业科学,2006,(6):76-78.

[8] 王 旭,周广胜,蒋延玲,等.长白山阔叶红松林皆伐迹地土壤呼吸作用[J].植物生态学报,2007,31(3)355-362.

[9] Cresswell H P, Painterd J, Cameron K C. Tillage and water content effects on surface soil hydraulic properties and short wave albedo[J]. Soil Sci Soc Am J, 1993,57:816-824.

[10] Meek B D, Rechel E A, Carter L M, et al. Infiltration rate of a sandy loam soil: effects of traffic, tillage, and plant roots[J]. Soil Sci Soc Am J, 1992,56:908-913.

[11] 官 亮,孙文涛,包红静,等.不同耕作方式对土壤水分及玉米生长发育的影响[J].玉米科学,2011,19(3):118-120,125.

[12] 张丁辰,蔡典雄,代 快,等.旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应[J].生态学报,2013,33(6),1916-1925.

[13] 张俊丽,Sikander Khan Tanveer,温晓霞,等.不同耕作方式下旱作玉米田土壤呼吸及其影响因素[J].农业工程学报,2012,28(18):192-199.

[14] 孟凡乔,关桂红,张庆忠,等.华北高产农田长期不同耕作方式下土壤呼吸及其季节变化规律[J].环境科学学报,2006,26(6):992-999.

[15] 徐文彬,刘维屏,刘广深.应用 DNDC 模型分析施肥和翻耕方式变化对旱田土壤 N₂O 释放的潜在影响[J].应用生态学报,2001,12(6):917-922.

[16] 王有芳,李少勇,凌 汉.玉米果穗性状的配合力分析[J].玉米科学,2003,11(2):37-40,65.

[17] 吕美蓉.小麦、玉米一年两熟农田保护性耕作节水机理及效应的研究[D].泰安:山东农业大学,2008.

[18] 张 权,张 莉,焦念元,等.隔年深耕对夏玉米花后叶片衰老和子粒产量的影响[J].玉米科学,2003,21(53):62-65.

[19] 卫晓轶,魏 锋,洪德峰,等.不同耕作方式对夏玉米灌浆及产量性状的影响[J].河南农业科学,2013,42(8):21-23.

[20] 张小洁.耕层调控和有机物料还田对小麦生长发育及麦田土壤性状影响的研究[D].新乡:河南师范大学,2013.

[21] 孙仕军,闫 瀛,张旭东,等.不同耕作深度对玉米田间土壤水分和生长状况的影响[J].沈阳农业大学学报,2008,41(4):458-462.