

不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究

梁金凤¹, 齐庆振¹, 贾小红^{1*}, 官少俊², 黄元仿³

1. 北京市土肥工作站, 北京 100029; 2. 北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京 100079; 3. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193

摘要: 通过种植前对土壤进行不同耕作处理试验, 探讨不同耕作方式和耕作深度(30 cm, 35 cm, 45 cm)对土壤理化性状及玉米 (*Zea mays* L) 根系生长的影响。结果表明, 三种耕作方式对土壤容重、土壤含水量、土壤微生物总量、玉米根系生长的影响表现为: 深松耕作 > 传统耕作 > 免耕。其中, 深松耕作对表层土壤 (0~25 cm) 容重降低作用大于深层土壤 (25~45 cm); 对增加土壤含水量、增加土壤微生物总量、促进玉米根系生长方面的作用, 深层土壤大于表层土壤; 从不同耕作深度进行比较, 深松 45 cm > 深松 35 cm > 深松 30 cm > 传统耕作, 即耕作越深, 对土壤物理性状和作物根系生长影响越大。不同耕作处理间玉米产量无显著性差异。综合研究区的土壤性质、作物生长、自然环境等因素, 雨养农区可采用免耕—深松的循环耕作模式, 改良土壤性质, 提高经济效益。

关键词: 深松; 免耕; 土壤容重; 根长密度; 土壤微生物

中图分类号: S34

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 04-0945-06

土壤是作物生长的基础, 对土壤进行耕作可改善耕层的土壤结构, 调节土壤中的固体、液体、气体的三相比, 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和条件^[1]。深松耕作是利用专用深松旋耕机将土壤耕松而不翻转表土层, 打破犁底层, 但不会造成耕层混乱, 松土范围大, 效果好, 在松土底层形成鼠道, 可容贮地下水, 创造疏松深厚的耕作层, 降低土壤容重, 提高保水能力, 以利于作物的根系生长, 为作物的高产提供基础^[2]。

北京市位于华北平原的北端, 北以燕山山地与内蒙古高原接壤, 西以太行山与山西高原毗连, 东北与松辽大平原相通, 东南距渤海约 150 km, 往南与黄淮海平原连片。北京市属严重缺水地区, 农业生产中大田作物主要种植玉米, 旱作条件下作物的灌溉基本靠降雨。在 5、6 月份进行耕作播种时, 由于受地形、气候影响, 该地区进入风沙天气, 由于地表几近裸露, 特别容易造成沙尘暴等恶劣天气。所以对该地区不同耕作模式下耕层土壤理化性质及玉米 (*Zea mays* L) 产量等进行研究, 旨在寻求能够维持作物产量, 减少水土流失, 维持土壤的持续生产力的耕作模式。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验作物: 夏玉米, 品种: 唐抗 5 号, 种植密度: 约 3.75 万株·hm⁻²。试验地点: 北京市延庆县延

庆镇老白庙村。试验机具: 国产深松耕作联合作业机具, 型号 1sz-250 型; 进口深松耕作机具, 型号 PINOCCHIO (作业幅宽 2 m)。

试验地块基本情况: 面积约 8.67 hm², 土壤质地属壤土, 土壤肥力偏低。0~30 cm 土壤养分状况为: 有机质含量 10.70 g·kg⁻¹, 全氮 0.79 g·kg⁻¹, 有效磷 3.35 mg·kg⁻¹, 速效钾 89.33 mg·kg⁻¹, pH 为 7.8。测定方法均采用经典测量法^[3]。

1.2 处理设置

试验设深松耕作、传统耕作和免耕 3 种方式。其中, 深松耕作分别采用进口深松机、国产深松机及传统旋耕机具, 并设计不同耕作深度。试验共设 5 个处理, 3 次重复, 随机排列。5 个处理为: 进口深松机深松 35 cm (T1)、进口深松机深松 45 cm (T2)、国产深松机深松 30 cm (T3)、传统旋耕耕深 15 cm (T4) 和免耕 (T5)。

1.3 采样方法

采用土钻法挖掘根系样本, 选完全株, 以植株为中心向下打钻记为 A, 然后在 A 两侧与 A 相切, 且同圆心与 A 在一直线上的地方打钻 B、C 来取样。用土钻垂直向下钻 75 cm, 每 15 cm 作为一个样本, 每样本用冲根器冲洗干净。

1.4 数据测定及处理方法

土壤容重的测定采用环刀法, 含水量采用烘干法^[3], 根重密度用烘干法, 根长密度采用 DT-SCAN 软件及扫描仪扫描计算, 土壤微生物群落数量分析采用

基金项目: 北京市财政项目 (20090609); 北京自然科学基金项目 (6072017); 国家科技支撑计划 (2008BADA4B03-11); 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2008AA10Z216); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-06-0107)

作者简介: 梁金凤 (1967 年生) 女, 农艺师, 主要从事土壤肥料研究及土肥技术推广工作。E-mail: tufeizhan324@163.com

***通讯作者:** 贾小红, E-mail: jiaxiaohong@china.com

收稿日期: 2010-03-06

平板稀释法^[4]。数据采用 EXCEL 2003 图表处理软件和 SPSS 11.0 统计分析软件进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 不同耕作处理对土壤容重的影响

容重是土壤的重要物理性质,是衡量土壤紧实程度的一个指标^[1]。在土壤质地相似条件下,土壤容重可反映土壤的松紧程度,容重小,表明土壤疏松多孔,结构性良好;反之则表明土壤紧实板硬,缺乏团粒结构。对于作物生长发育来说,土壤过紧妨碍根系伸展,过松漏风跑墒。本试验分耕作前(2008-4-24)、耕作后 2 周苗期(2008-5-9)、拔节期(2008-6-11)、抽雄期(2008-8-4)、收获前期(2008-9-17)共五次,分别测定不同深度 0~15、15~25、25~35、35~45 cm 土壤容重,结果见表 1。

由表 1 可知,在玉米各生育时期,不同耕作处理对土壤容重的影响不同。结果为: 0~25 cm 土层,深松耕作 T1、T2、T3 在玉米整个生育期与 T5 相比,土壤容重均显著降低,而 T2 相比其他处理均显著降低土壤容重;不同耕作机具耕深相同深度的处理,即 T1 与 T3 之间差异性不显著。25~50 cm 土层,整个生育期(除抽雄期外)深松耕作土壤容重变化,T1、T2、T3 较 T4、T5 显著性降低;T2 整个生育期(除苗期外)土壤容重比其他处理均显著降低,同样 T1、T3 间差异性不显著。耕作前不同层次土壤容重基础值 0~15、15~25、15~25、25~35 cm 分别为 1.47 g·cm⁻³、1.47 g·cm⁻³、1.55 g·cm⁻³、1.58 g·cm⁻³。苗期时,三种深松耕作处理 0~15 cm 土壤容重比较,T2 与 T1、T3 存在差异,是由于距深松耕作时间短,耕作深度深所致。苗期的土壤容重(耕

作后 2 周)与耕作前基础值相比,0~15、15~25、25~35、35~45 cm 土层,T1 土壤容重比耕作前分别降低 13.6%、10.9%、15.5%、11.4%,T2 则分别降低了 23.8%、14.3%、12.3%、12.0%,T3 分别降低了 12.2%、4.8%、9.0%、7.6%,即:深松耕作对表层(0~25 cm)土壤容重降低作用大于深层(25~50 cm)土壤。由于土壤自然沉降及降雨等原因^[2],玉米生长中后期,各层土壤容重有所增加。

由此可见:对土壤进行耕作处理,可以降低土壤容重,特别是深松耕作,打破了犁底层,降低了深层土壤容重,土壤疏松多孔,有利于蓄水、保墒,为作物根系创造疏松深厚的土壤环境。

2.2 不同耕作处理对土壤含水量的影响

耕作活动可改变土壤的水力学特性,影响土壤的持水和导水能力^[5,6]。在干旱缺乏灌溉设施的地区,进行合理耕作制度,可改善土壤理化性状,增加土壤保水性能,如深松耕作可显著提高土壤含水量^[7]。本试验分别在耕作前(2008-4-24)、耕作后 2 周苗期(2008-5-9)、拔节期(2008-6-11)、抽雄期(2008-8-4)、收获期(2008-9-17)五次采集土壤样品,测定不同深度 0~15、15~25、25~35、35~45 cm 土壤含水量,结果见表 2。

由于试验地块不具备人工灌溉条件,自然降水为玉米水分需求的主要来源。5 月中旬起,延庆县进入多雨天气,土壤的含水量呈增加趋势;玉米拔节期表层(0~25 cm)土壤含水量,T1、T2、T3 平均土壤含水量是 13.1%、14.6%、11.2%,比 T4 分别提高 27.9%、43.2%、9.9%,比 T5 分别提高 25.1%、40.0%、7.5%,深松耕作(T1、T2、T3)与 T4、

表 1 不同耕作处理对土壤容重的影响
Table 1 Effect of different tillage treatments on soil bulk density

处理	苗期		拔节期		抽雄期		收获前	
	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm
T1 进口深松机(深松 35 cm)	1.31b	1.37b	1.33b	1.46b	1.43b	1.51b	1.27c	1.40b
T2 进口深松机(深松 45 cm)	1.19c	1.35b	1.28c	1.35c	1.33c	1.43c	1.26c	1.31c
T3 国产深松机(深松 30 cm)	1.35b	1.43b	1.32b	1.44b	1.44b	1.54a	1.34b	1.43b
T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	1.42b	1.51a	1.47a	1.51a	1.48a	1.55a	1.39b	1.56a
T5 免耕	1.45a	1.55a	1.44a	1.47a	1.46a	1.53a	1.48a	1.56a

注:表中数据为平均值(g·cm⁻³),不同字母表示 5%显著水平

表 2 不同耕作处理对土壤含水量的影响
Table 2 Effect of different tillage treatments on soil moisture

处理	苗期		拔节期		抽雄期		收获前	
	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm	0~25 cm	25~45 cm
T1 进口深松机(深松 35 cm)	10.40a	10.83b	13.13b	12.31b	14.03a	13.34a	16.44a	15.27ab
T2 进口深松机(深松 45 cm)	10.94a	11.65a	14.62a	15.12a	13.52b	13.54a	16.42a	15.38a
T3 国产深松机(深松 30 cm)	10.89a	10.85b	11.22b	11.79b	13.72b	13.53a	16.29a	15.25ab
T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	10.57b	10.56c	10.22c	10.49c	13.80b	13.6a	16.42a	15.01b
T5 免耕	10.73b	10.52c	10.44c	10.24c	13.59b	13.27a	15.28b	14.74b

注:表中数据为平均值(%),不同字母表示 5%显著水平

T5 间有显著性差异, T1 与 T3 之间和 T4 与 T5 之间无差异性。深层 (25~45 cm) 土壤含水量, T2 各生育期 (除抽雄期) 与 T4、T5 有显著性差异, 其含水量分别比 T4、T5 提高 45.1%, 46.2%, T1、T3 在苗期和拔节期含水量与 T4、T5 有显著性差异, 但玉米生长中后期基本无差异性; T1 与 T3 之间, T4 与 T5 之间, 差异性不显著。三种深松耕作处理对增加土壤含水量的影响程度: T2 > T1 > T3, 对不同深度土壤含水量影响, 表现为: 深层 (25~45 cm) > 表层 (0~25 cm), 结果表明: 深松耕可打破犁底层, 使深层次土壤变得疏松, 降低了土壤容重, 增大了土壤孔隙度, 提高了降水入渗量^[8], 同时由于深松后土壤得到疏松, 增大了土壤粗糙度, 增强了接纳灌溉和降水的能力, 减轻了地面径流水分损耗, 扩

大了土壤水库容, 进而提高了水分利用率^[9]。

2.3 不同耕作处理对根系生长的影响

“根重”是作物抗倒性、抗旱性的主要指标之一。单位体积中的根重, 即为根重密度。“根长”是衡量根系生长和吸收能力的重要指标。单位体积中的根长, 即为根长密度。根长密度是评估根系吸收水分和养分能力的重要依据。单株根长是衡量根系生长能力强弱的重要指标^[10]。本试验分别选择在玉米拔节期、抽雄期、收获期, 测定不同深度0~15、15~25、25~35、35~45、45~60、60~75 cm玉米根长密度和根重密度, 结果见表3、表4。

玉米根系多数密集于耕作层, 且不同生育时期在土壤中的分布亦有所不同。表3可见: 拔节期玉米根系主要集中在0~45 cm土层, 而传统旋耕 (T4)

表3 不同耕作处理对根重密度的影响
Table 3 Effect of different tillage treatments on root weight density

取样时间	处理	根重密度/(g·cm ³)				
		0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm	60~75 cm
拔节期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	0.0475b	0.0186a	0.0039b	/	/
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	0.0955a	0.0066b	0.0077a	/	/
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	0.0392b	0.0029c	0.0009c	/	/
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	0.0463b	0.0018c	/	/	/
	T5 免耕	0.0494b	0.0011c	/	/	/
抽雄期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	1.173a	0.247b	0.0881a	0.0466c	0.0598b
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	1.1107a	0.1632ab	0.1123a	0.0913a	0.0857a
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	0.8584a	0.4028a	0.101a	0.0737b	0.0568b
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	1.063b	0.0767c	0.0965a	0.0247d	/
	T5 免耕	0.8999b	0.0787c	0.0559b	0.0372cd	0.0566b
收获期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	0.9974a	0.3311b	0.103ab	0.0725c	0.038b
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	1.3679a	0.4307a	0.1296a	0.0995a	0.0294b
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	0.9814a	0.3035b	0.107ab	0.0861b	0.0151c
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	1.1583a	0.2921b	0.0385c	0.0264e	0.0634a
	T5 免耕	0.9293a	0.1889c	0.0828b	0.0532d	0.0274b

注: 表中数据为平均值, 不同字母表示 5%显著水平

表 4 不同耕作处理对根长密度的影响
Table 4 Effect of different tillage treatments on root length density

取样时间	处理	根长密度/(cm·m ⁻³)				
		0~15 cm	15~30 cm	30~45 cm	45~60 cm	60~75 cm
拔节期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	84ab	86.97a	6.52	/	/
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	95.71a	10.34cd	9.91	/	/
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	85.03ab	10.79c	/	/	/
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	74.81b	25.86b	/	/	/
	T5 免耕	88.72ab	5.04d	/	/	/
抽雄期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	528.04a	410.39b	218.75b	106.85a	109.7a
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	429.94c	371.08c	267.46a	101.22a	92.94b
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	464.45b	443.55a	230.93b	103.17a	68.27c
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	377.54e	105.45e	146.83c	74.29b	73.96c
	T5 免耕	407.71d	215.5d	168.55c	83.05b	10.07d
收获期	T1 进口深松机 (深松 35 cm)	596.89a	332.26a	199.09a	135.95ab	107.56ab
	T2 进口深松机 (深松 45 cm)	574.55a	328.2a	190.59a	143.71a	111.64ab
	T3 国产深松机 (深松 30 cm)	509.04b	336.49a	192.3a	128.71ab	117.75a
	T4 传统旋耕(耕深 15 cm)	467.01c	249.55b	104.7b	102.47c	81.99c
	T5 免耕	463.93c	176.44c	115.48b	117.78bc	95.28bc

注: 表中数据为平均值, 不同字母表示 5%显著水平

及免耕 (T5) 30~45 cm 土层没有检测到根系, 说明未进行深松的土壤不利于玉米根系的向下生长。随着玉米生长, 根系生长加快, 至抽雄期根重密度达到最大, 至收获期根重密度又有所下降, 是由于玉米成熟期部分根系老化枯死所致。

玉米在拔节期、抽雄期、收获期, 土壤根重密度各处理间存在差异, 且呈现随土壤深度增加, 各处理间差异逐渐加大。总体表现为深松耕作的三个处理 (T1、T2、T3) 与 T4 (传统旋耕)、T5 (免耕) 差异显著。抽雄期, 0~45 cm 土层, 深松耕作 (T1、T2、T3) 根重密度平均值为 $1.418\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 14.8%、37.2%; 45~75 cm 土层, 深松耕作 (T1、T2、T3) 根重密度平均值为 $0.137\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 45.6%、46.8%; 收获期 0~45 cm 土层, 深松耕作 (T1、T2、T3) 根重密度平均值为 $1.583\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 6.4%、31.9%; 45~75 cm 土层, 深松耕作 (T1、T2、T3) 根重密度平均值为 $0.1135\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 26.4%、40.9%。

收获期 0~45 cm 土层, 深松耕作 T1、T2、T3 根重密度分别为: $1.431\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、 $1.928\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、 $1.391\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; 45~75 cm 土层, 根重密度分别为 $0.1105\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、 $0.1289\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、 $0.1012\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 均表现为 T2 > T1 > T3, 即深松耕作对玉米根重密度影响表现为: 进口机具耕深 45 cm > 进口机具耕深 35 cm > 国产机具耕深 30 cm。

结果表明: 深松耕作可以促进玉米根系向下生长, 增加玉米根重密度。不同耕作方式对根重密度影响表现为: 深松耕作 > 传统旋耕 > 免耕; 对不同深度玉米根重密度影响表现为: 深层 (45~75 cm) > 表层 (0~45 cm) 土壤。

根长密度与根重密度在土壤中分布规律基本相似^[10]。抽雄期、收获期不同层次的土壤根长密度均表现为: 深松耕作的 T1、T2、T3 > T4、T5, 且达

到差异显著水平。抽雄期表层 (0~45 cm) 土壤平均根长密度为 $364.187\text{ cm}\cdot\text{m}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 52.4%、38.0%; 深层 (45~75 cm) 土壤平均根长密度为 $97.03\text{ cm}\cdot\text{m}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 130.0%、23.6%; 收获期表层 (0~45 cm) 土壤平均根长密度为 $362.16\text{ cm}\cdot\text{m}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 32.3%、26.9%; 深层 (45~75 cm) 土壤平均根长密度为 $124.22\text{ cm}\cdot\text{m}^{-3}$, 分别比 T4、T5 提高 34.7%、16.6%。

试验结果表明: 对土壤进行耕作处理亦可促进玉米根长密度的增加, 各处理对根长密度的影响同根重密度规律一致, 即: 深松耕作 > 传统旋耕 > 免耕; 三种深松耕作处理之间差异不明显。

2.4 深松耕作对土壤微生物多样性的影响

土壤微生物是土壤中最活跃的成分, 影响着作物根系生长及土壤理化性质。近几年有不少学者对不同耕作和施肥管理措施下土壤微生物的变化进行了研究, 已取得一些成果。如: 秋季“深施肥”能明显增加土壤微生物数量及作物根际效应; 长期免耕和常规耕翻地表土层相比, 土壤微生物量存在显著差异, 土壤微生物种类以细菌、放线菌、真菌为主, 占微生物总量的 95% 以上^[11]。所以本试验测定了细菌、真菌、放线菌的数量和种类, 见表 5。

由表 5 可知, 0~50 cm 土壤中微生物总量, 进口机具深松 45 cm 处理即 T2 为最高, 微生物种类各处理间差异不大。采用 shannon-wiener 微生物多样性指数指标, 分别计算了不同耕作条件下土壤微生物多样性指数。微生物多样性指数公式 $SW = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$, 式中 P_i 为某群落中第 i 个类型的个体数占总个体数的百分比^[11]。结果表明, 深层土壤 (25~45 cm) 微生物多样性指数为: T2 > T1 > T3 > T4 > T5。即深松耕作 > 传统旋耕 > 免耕, 三种深松耕作相比, T2 > T1 > T3, 即进口机具耕深 45 cm > 进口机具耕深 35 cm > 国产机具耕深 30 cm。

深松耕作降低土壤容重, 增加土壤孔隙度, 改善

表 5 不同耕作处理土壤微生物数量的影响
Table 5 Effect of different tillage treatments on soil microbes

处理	深度/cm	细菌		放线菌		真菌		微生物总量 数量($\times 10^3$)
		数量($\times 10^5$)	种类	数量($\times 10^4$)	种类	数量($\times 10^3$)	种类	
T1 进口深松机 (深松 35 cm)	0-25	75	6	168	9	25	6	9205
	25-50	76	6	165	9	27	6	9277
T2 进口深松机 (深松 45 cm)	0-25	85	6	181	9	28	6	10338
	25-50	80	6	179	9	23	5	9813
T3 国产深松机 (深松 30 cm)	0-25	79	6	161	9	24	6	9534
	25-50	73	6	143	9	26	5	8756
T4 传统旋耕 (耕深 15 cm)	0-25	72	6	147	8	24	5	8694
	25-50	63	6	119	9	19	5	7509
T5 免耕	0-25	82	6	172	9	33	7	9953
	25-50	82	5	151	8	27	6	8737

土壤结构,有利于土壤的气体交换,促进好氧性微生物的活化和矿物质分解,增加土壤微生物总体含量,改善深层土壤的微生态环境,提高细菌、放线菌的数量,提高了微生物多样性,有利于培肥地力^[8]。

2.5 不同耕作处理对作物产量的影响

玉米收获时,按处理选择具有代表性测产样点,样点面积 40 m² 进行测产,各处理产量比较结果,见图 1。

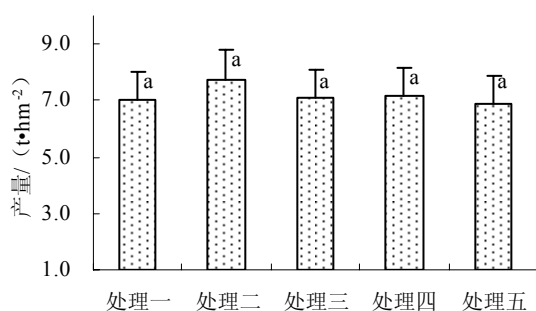


图 1 不同耕作处理对玉米产量的影响

Fig.1 Effect of different tillage treatments on corn yield

由于试验地块土壤肥力偏低,且玉米生长后期出现病害,对产量有一定影响。总体看,T2(进口机具深松 45 cm)产量最高,分别比 T4、T5 提高 8.0%, 13.0%;但各处理间差异性不明显,表明免耕和深松在单季生产过程不会对作物产量造成减产,但综合对土壤的影响及进一步了解耕作模式对产量的增产效果,建议进行长期定点试验,完善相关结论。

3 讨论与结论

深松耕作与免耕对照相比,能显著降低土壤容重,且随耕作深度的增加,对容重的降低作用呈增加趋势;并改善土壤结构,提高土壤含水量,有利于土壤通气、透水,提高了土壤蓄水保水能力,减少降雨径流,扩大了土壤水库容。深松耕作还可增加土壤微生物总体含量,提高深层土壤微生物数量,改善深层土壤微生态环境。

深松耕作可打破犁底层,促进了玉米根系向深处生长,有利于根系吸收水分、养分,为高产奠定了物质基础;并随着耕深增加,玉米根重密度及根长密度越大。不同耕作机具对土壤理化性状及土壤微生物的影响表现为进口机具优于国产深松机具,进口机具深松 45 cm 优于深松 35 cm。

试验结果深松耕作、免耕处理之间玉米产量无显著性差异。在单季种植模式下,不同耕作对产量影响不大。综合免耕具有减少土壤扰动,保护土壤团粒结构,维持土壤有机碳含量等优点^[12-14],农业机械深耕土地,打破犁底层,疏松土壤,放寒增温,增加土壤的通气性和蓄渗性能,减少地表径流和土壤冲

刷的作用^[15],结合北京地区特殊的气候条件、种植模式,推荐采用免耕—深松循环耕作等保护性耕作措施,并加强秸秆还田力度,充分运用测土配方平衡施肥技术等,开展旱区雨养农业的生产,其中的作用机理及具体耕作循环模式需进行长期的研究。

参考文献:

- [1] 孙利军, 张仁陟, 黄高宝. 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(6): 207-211.
ZHANG Lijun, ZHANG Rendou, HUANG Gaobao. Effects of the conservation tillage on the physicochemical characteristics of soil surface in the semi-arid areas of the Loess plateau[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2007, 25(6): 207-211.
- [2] 孟庆秋, 谢佳贵, 等. 土壤深松对玉米产量及其构成因素的影响[J]. 吉林农业科学, 2000, 25(2): 25-28.
MENG Qingqiu, XIE Jiagui, et al. Effect of deep tillage of soil to maize yield and its component factors[J]. Jilin Agricultural Sciences, 2000, 25(2): 25-28.
- [3] 鲍士丹. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
BAO Shidan. The Soil Agriculture and Chemistry Analyzes[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2000.
- [4] 程东祥, 张玉川. 长春市土壤重金属化学形态与土壤微生物群落结构的关系[J]. 生态环境学报, 2009, 18(4): 1279-1285.
CHENG Dongxiang, ZHANG Yuchuan, et al. Relationship between chemical forms of some heavy metals and the microbial community structure in soil in Changchun urban[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(4): 1279-1285.
- [5] CRESSWELL H P, PAINTER D 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.
- [6] MEEK B D, RECHER 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.
- [7] PYNDAK V I, LOBOIKO V F, PAVLENKO V N. Deep chiseling of soil under irrigation conditions[J]. Doklady Rossiiskoi Akademii Sel'skokhozyaistvennykh Nauk, 2009, 2: 54-55.
- [8] 马耀光, 张保军, 罗志成, 等. 旱地农业节水技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
MA Yaoguang, ZHANG Baojun, LUO Zhicheng, et al. Water-Saving Technologies In Dryland[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2003.
- [9] 高焕文, 李问盈. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
GAO Huanwen, LI Wenying. Conservation Tillage Technology and Equipment[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2004.
- [10] 刘晶淼, 安顺清. 玉米根系在土壤剖面中的分布研究[M]. 中国生态农业学报, 2009, 17(3): 517-521.
LIU Jingmiao, AN Shunqing. Temporal Variation and Spatial Distribution of the Root System of Corn in a Soil Profile[M]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2009, 17(3): 517-521.
- [11] 洪坚平, 谢英荷. 不同施肥条件下土壤微生物生物量的研究[J]. 山西农业大学学报, 1996, 16(1): 19-21.
HONG Jianping, XIE Yinghe. Study on soil microbial biomass on condition of different manure[J]. Journal of Shanxi Agricultural Uni-

- versity, 1996, 16(1): 19-21.
- [12] 黄耀, 孙文娟. 近20年来中国大陆农田表土有机碳含量的变化趋势[J]. 科学通报, 2006, 51(7): 750-763.
- HUANG Yao, SUN Wenjuan. The trends of China mainland surface soil organic carbon content in the past 20 years[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(7): 750-763.
- [13] 李升东, 王法宏, 司纪升, 等. 耕作方式对土壤微生物和土壤肥力的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1961-1964.
- WANG Shengdong, WANG Fahong, SI Jisheng, et al. Effect of different farming methods on soil microbial biomass and soil fertility[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(5): 1961-1964.
- [14] 赵其国, 钱海燕. 低碳经济与农业思考[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1609-1614.
- ZHAO Qiguo, Qian Haiyan. Low carbon economy and thinking of agricultural development[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2009, 18(5): 1609-1614.
- [15] 魏才, 邢大勇, 任宪平. 黑土区耕地资源面临的形势及发展对策[J]. 水土保持科技情报, 2003, (5): 32-33.
- WEI Cai, XING Dayong, REN Xianping. The situation and development strategy of land resources in black soil regions[J]. Scientific and Technical Information of Soil and Water Conservation, 2003, (5): 32-33.

Effects of Different Tillage Managements on Soil Properties and Corn Growth

LIANG Jinfeng¹, QI Qingzhen¹, JIA Xiaohong¹, GONG Shaojun², HUANG Yuanfang³

1. Beijing Soil and Fertilizer Station, Beijing 100029, China; 2. Beijing Agro-machinery Test Identification Extension Centre, Beijing 100079, China;

3. College of Resources and Environment, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract: The effects of different tillage managements on soil properties and corn productivities were evaluated in this paper. Tillage treatments included conventional tillage, deep ploughing to 30 cm, 35 cm and 45 cm, and no-tillage. The results indicated that deep ploughing has stronger effects on soil bulk density, water content, soil microbial population and corn root growth performance than conventional tillage and no-tillage. The deep ploughing treatment reduced the soil bulk density more in 0~25 cm layer than 25~45 cm layer. The deep ploughing treatment increased the soil moisture, the total soil microbes and root length density more in 25~45 cm layer than 0~25 cm layer. The deeper of tillage the greater effect on soil physical properties and corn root growth, with order of deep ploughing tillage (45 cm), deep ploughing tillage (35 cm), deep ploughing tillage (30 cm), and conventional tillage. The corn yield has not significant difference between different tillage treatments. In view of soil properties, corn growth and natural environment, the cycle pattern of no-tillage and deep ploughing tillage was a better management practice for dryland in Beijing, to improve soil properties and increase economic benefits.

Key words: deep ploughing tillage; no tillage; soil bulk density; root length density; soil microbes