文章编号: 1005-0906(2008)03-0092-04

吉林玉米带黑土水分渗透机理研究

王鸿斌[1],郭金瑞[2],王 宇[1],赵兰坡[1]
(1.吉林农业大学资源与环境学院,吉林省生态恢复与生态系统管理省部共建国家重点实验室培育基地,长春 130118;
2.吉林省农业科学院农业环境与资源研究中心,长春 130033)

摘 要: 通过田间调查和模拟构型试验,探讨了影响吉林省玉米连作黑土水分渗透的原因和机理。结果表明,现行的以小四轮拖拉机为主要动力的耕作制度下,土壤剖面中耕层与犁底层的界面为"波浪形",每年进行秋翻的玉米田,其耕层与梨底层的界面为"平面形"。通过模拟构型,研究了不同剖面构型的水分特征及对土壤肥力的影响。"平面形"剖面构造改善了土壤的通透性,增加了土壤水分渗透的速率,减少了雨水径流。"波浪形"剖面耕层土壤的耗水量比"平面形"剖面的大,特别是后期,易发生水分亏缺现象。因此,现行的不合理的耕作是导致吉林玉米带黑土肥力退化的主要原因。

关键词: 吉林玉米带;黑土;水分渗透

中图分类号: S157.1 **文献标识码:** A

Study on Mechanism of Water Permeability of Black Soil in Jilin Corn Belt

WANG Hong-bin[1], GUO Jin-rui[2], WANG Yu[1], ZHAO Lan-po[1]
(1. *College of Resource and Environmental Sciences, Jilin Agricultural University; Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province, Chanchun,* 130118;
2. *The Research Center of Agricultural Environment and Resource, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun,* 130033, China)

Abstract: By field investigation and imitate experiment, causes and mechanism of permeability of black soil in Songliao plain were studied. The results showed that the surface of the cultivated profiles and plough sole under the cropping system and soil management motivated mainly by small four-wheeled tractor was wavy type while the surface of the plowing layer and plough sole of the corn field under the cropping system of annual autumn plowing was flat type. This paper systemically studied moisture characteristics and influences under different profile morphological characteristics. And revealed that "flat type" section has better soil structure and appropriate pore ratio, which improved the soil permeability, reduced soil erosion. The corn water-consumption of "wavy type" section cultivated horizon was bigger than that of "flat type" section. Soil water could appear shortage in "wavy type" section, especially in the post period. It thus follows that the present systems of improper cultivation is the main causes of fertility degradation of black soil in corn belt of Songliao plain.

Key words: Corn belt of Jilin; Black soil; Water permeability

吉林玉米带是我国重要的商品粮生产基地。由于黑土区地势平坦,土壤肥沃,便于开垦,因此垦殖指数较高、种植年限较长[1]。近些年,肥力退化问题日益突出。在生产上表现出土壤的抗逆性和缓冲性减弱,易旱、涝、脱水、脱肥,玉米的缺素症、生理病害、微生物病害及养分失衡现象频繁发生,产量已连续多年出现徘徊不前甚至下降。本文对土壤的理化特性进行了分析,探讨了影响吉林玉米带黑土水分渗透的机理及原因,为吉林玉米带新型保护性耕作制的建立提供科学依据。

收稿日期: 2007-08-10
基金项目: 国家沃土工程(2006BAD25B05)项目、"东北平原中部(吉林)春玉米丰产高效技术集成研究与示范"项目
作者简介: 王鸿斌(1970-),男,在读博士,副教授,主要从事土壤耕作与植物营养以及土壤肥力调控研究。
E-mail:asionwang@163.com
赵兰坡为本文通讯作者。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为吉林省平原玉米带黑土，2002 年秋季采自吉林省的梨树、公主岭、长春、德惠、九台、扶余、榆树等市(县)的玉米田。在对采样地的玉米连作年限、耕作施肥制度、玉米产量等进行了详细调查的基础上，挖掘土壤剖面，观测剖面构造特征，采集耕层土壤样品，经风干处理后供实验室分析用。

1.2 模拟试验设置

模拟“波浪形”和“平面形”剖面构型(图 1)。“波浪形”垄角硬度为 25～35 kg/cm²，耕层厚度≤20 cm；“平面形” 深翻 30 cm 左右。按常规垄宽 60 cm，垄长 3 m，每个剖面为两垄，4 垄平行设置，栽种玉米品种为吉新 203，重复 3 次。每个处理栽种玉米 45 株，施肥及田间管理一致。

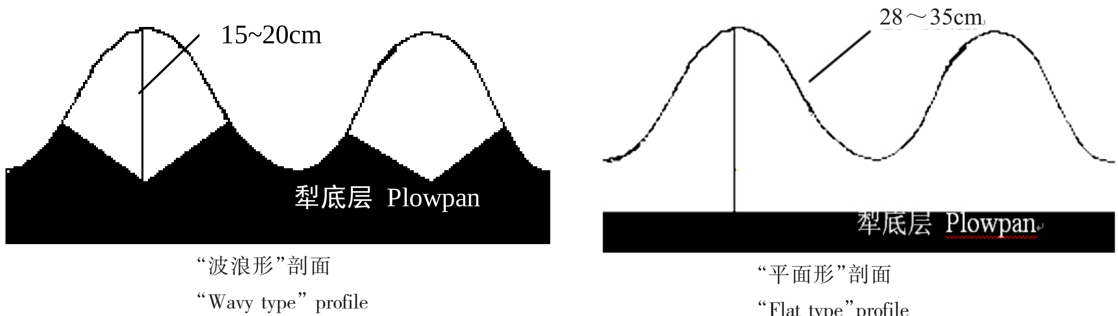

图 1 松辽平原玉米带土壤剖面的构造特征

Fig.1 Morphological characteristics of soil profiles in corn belt of Songliao plain

1.3 分析项目与方法

土壤渗透系数[2]：取原状土样装于玻璃管中，下方装约 2 cm 的粗砂及滤纸，之后加水至一定位置(保持水头高度不变)，每隔 5 min 记录注水量，并记录第一滴水时间，待吸收水量平衡时称取重量并计算吸水量。

土壤耗水量测定方法用称量法；土壤比重的测定用比重瓶法；土壤容重采用环刀法；土壤孔隙度通过计算获得：总孔隙度 = (1– 容重 / 比重)×100；土壤硬度采用日本制山中式硬度计测定。

2 结果与分析

2.1 玉米带土壤水分渗透状况

从图 2 可以看出，在渗吸阶段，渗透速率随时间的延长迅速下降，而当土壤完全为水所饱和后，渗透速率不再随时间发生变化，达到稳定阶段。在渗透曲线中，耕层土壤的渗透速率最大，随着硬度的增加，渗透性降低，当土壤硬度大于 20 kg/cm² 时，随着硬度的增加，渗透速率也基本稳定在一个数值线上。这是由“波浪形”犁底剖面自身特点决定的，由于硬度大，根系难以穿插其中，造成土壤质地粘重、孔隙少、结构性差。由于“波浪形”剖面犁底层在不同硬度下的渗透性不同，并且随着硬度的增加渗透性降低，造成“波浪形”剖面的渗透性受犁底层的控制，可能会出现当降雨量较大时，由于“平面形”剖面孔隙协调，透水性强，利于减少土壤侵蚀，渗入更多的雨水，同时提高了水分下行传导速率，“平面形” 剖面渗透速率较 “波浪形”的快，加之耕层疏松土壤容积是“波浪形”的 2～3 倍[3,4]，持水量较大，因而“波浪形”的犁底剖面更易导致水分渗透受阻，造成囊水、滞水、水分不易排除，容易产生水分径流。

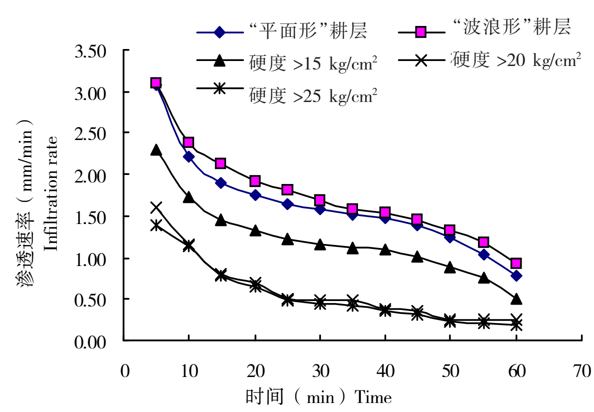

图 2 不同硬度土壤及耕层土壤渗透速率

Fig.2 The infiltration rate of different handness

2.2 玉米带土壤的物理性质比较

表 1 分析表明，“平面形” 剖面耕作的容重明显低于“波浪形”剖面；“平面形”剖面耕作的渗透系数明显高于“波浪形”剖面，高 191.7%。“平面形”剖面耕作的总孔隙度明显高于“波浪形”剖面，高 7.3%。说明“平面形”剖面耕作对改善土壤结构、增加通透性有一定作用。“平面形”剖面耕作的吸热性能增强，地温提高，协调了耕层水、肥、气、

热状况,能使降雨迅速渗透到耕层深处,防止雨水地表径流,有利于水土保持并形成土壤水库。

表1 不同剖面构型土壤的容重和渗透性

Table 1 Bulk density and the infiltration rate under different soil profile

剖面形状 Profile types	层次(cm) Levels	容重(g/cm³) Bulk density	渗透系数(mm/min) Permeability coefficient	总孔隙度(%) Total porosity
波浪形	0~20	1.10	1.07	55.18
	20~40	1.35	0.85	53.81
平 均		1.23	0.96	54.50
平面形	0~20	1.09	3.52	59.54
	20~40	1.07	3.16	59.80
平 均		1.08	3.34	59.67

2.3 玉米带黑土的耗水特征与土壤水分调节

农田黑土水分调节主要在作物生长前期,这个时期大气降水少,土壤水分调节占作物总耗水量的50%~70%,对缓解这一时期旱情起到重要作用[5,6]。

表2 不同土壤剖面玉米耗水量与土壤水分调节量

Table 2 Relation of corn water-consumption with soils water-adjustment

玉米生育期 Corn growth period	时间(d) Time	阶段降水(mm) Stage precipitation	玉米耗水量(mm) Corn water-consumption		土壤水分调节量(mm) Soils water-adjustment	
			平面形	波浪形	平面形	波浪形
播种~出苗	11	18	24	24	6	6
出苗~拔节	28	59	65	66	6	7
拔节~抽穗	24	72	54	59	-18	-13
抽穗~乳熟	51	241	246	254	5	13
乳熟~成熟	21	48	42	46	-6	-2
全生育期	135	438	431	449	-7	11

表2分析表明,玉米带黑土农田水分的盈亏主要受降水量的影响,当降水量较大时,土壤水分出现盈余,反之则出现亏缺。“波浪形”剖面构型的耕层土壤耗水量比“平面形”剖面构型的大,特别是作物生育后期,水分出现亏缺现象。从全年分析来看,降雨量对于“平面形”剖面来说略有盈余,而对于“波浪形”剖面构型的耕层却出现亏缺,这可能是因为其耕层非毛管孔隙较大,有效水孔隙度少,水分散失快,加之有效土层较薄,当降雨时,耕层容水量少,多余的水分渗透到“波浪形”剖面底层时由于渗透速率减慢,从土壤中排出,形成径流;雨过天晴后,虽然“波浪形”剖面犁地层持水能力较强,但耕层持水能力与“平面形”剖面构型耕层相近,20 cm以下剖面的毛管水分不能很好的供应,因此,“波浪形”剖面耕层耗水量较大。而“平面形”剖面耕层有效土壤量大,接纳降水量多,由于30 cm层内渗透速率较“波浪形”剖面构型快,不易发生径流,晴天后有效土层毛管水可持续供应土壤水分消耗,因此“波浪形”剖面构型的耕层土壤比“平面形”剖面构型更易发生干旱现象,这可能是黑土区土壤易出现干旱现象的主要原因。

2.4 玉米带现行耕作制对土壤三相组成的影响

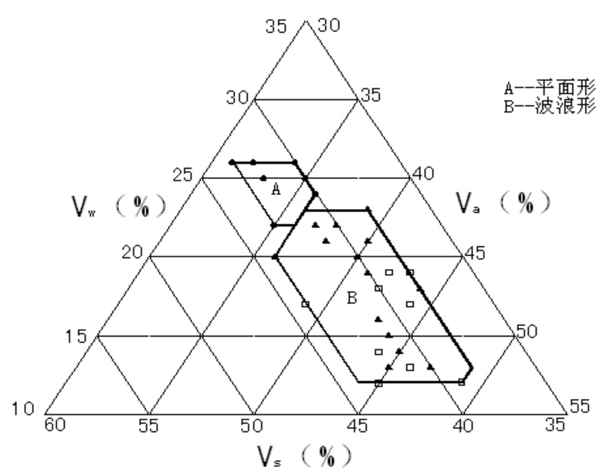

图3 不同剖面构型黑土耕层的三相组成

Fig.3 Composition of three phases in different profile morphological characteristics

由于现行耕作制度对耕层构型有很大影响，因此势必导致耕层土壤固、液、气三相物质的组成发生变化。图 3 是利用三角坐标法表示的吉林玉米带黑土耕层的三相组成分析资料。图中 A 区为“平面形” 犁底层剖面耕层土壤的分布区域，B 区为“波浪形”犁底层剖面耕层土壤的分布区域。从三相组成分析结果来看，A 区和 B 区两者固项的差异很小，但由于 A 区土壤的液相含量较 B 区液相含量平均高出 5 个百分点，而气相含量较 B 区平均低 6 个百分点。因此，在三角坐标图中，“平面形”和“波浪形”犁底层剖面耕层土壤的分布区域是不同的，这种分布具有特征性，说明现行耕作制度下耕层土壤的蓄水保墒能力较差。

3　讨　论

熊毅等指出，耕作制度是农业生产中一个重要措施，但任何一种耕作制度都是在特定的自然条件下，与一定生产条件、社会经济条件和科学技术水平相适应的[7]。松辽平原玉米带是典型的雨养农业区，限制玉米产量的主要因子是墒情不足。因此，衡量一种耕作制度是否合理，首要的衡量标准就是看其能否充分利用自然降水。

对于耕作土壤来说，耕层的厚度及性质既是衡量土壤质量优劣的重要标志，又可反映人们对土壤的管理水平。也正是因为“平面形”剖面构型的耕层深厚，有效土壤量多，土壤向作物供应的养分和水分的能力强，土壤接纳大气降水的能力强，春季墒情好，苗齐苗壮，夏季肥力平稳，土壤和作物的抗逆性强，秋季后劲足，作物的产量相对较高。而“波浪形”剖面构型的有效土壤量少，土壤向作物供应养分和水分的能力有限，加之犁底层坚硬，作物根系下扎受阻，并且根系在下扎的过程中需要消耗能量，影响作物生长发育，同时土壤接纳大气降水的能力弱，容易形成径流，造成水土流失。土壤消耗水量较大，易出现春季干旱，夏季在作物生长过程中易脱水、脱肥。因此，“平面形”剖面构型较“波浪形”剖面构型更有利于玉米的抗逆生长，提高对不良自然环境的抵抗能力。因此，松辽平原玉米带应以增强土壤保水性能为主要目标，创建适合区域经济发展水平的新型耕作制度。

参考文献：

[1] 吉林省土壤肥料总站.吉林土壤[M]．北京：中国农业出版社，1998.
[2] 刘孝义，依艳丽.土壤物理学基础及其研究法[M]．沈阳：东北大学出版社，1998.
[3] 刘会青.吉林玉米带黑土土壤理化环境特征研究[D]．吉林农业大学硕士学位论文，2003，11-25.
[4] 华　孟，王　坚.土壤物理学附实验指导[M]．北京：北京农业大学出版社，1998.
[5] 孟　凯，张兴义.农田黑土水分调节能力分析[J]．中国生态农业学报，2001，9(1)：46-48.
[6] 孔学夫，晋小军. 旱地农田土壤水分动态变化规律及其应用[J]．甘肃农业科技，2001(1)，18-20.
[7] 熊　毅，徐　琪，姚贤良，等.耕作制度对土壤肥力的影响[J]．土壤学报，1980，17(2)：101-119.

(责任编辑：张　英)