

# 不同耕作方式对土壤渗透性影响的机理研究

王鸿斌<sup>\*</sup> 赵兰坡<sup>\*</sup>, 刘会青, 王宇

(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, 吉林长春130118)

**摘要** [目的] 探讨影响松辽平原玉米连作带黑土水分渗透的原因与机理。[方法] 2002年秋季对松辽平原重要玉米产区的生产状况进行详细调查, 对采集的46个耕层土壤样品的理化特性进行分析。[结果] 调查表明, 在现行的以小四轮拖拉机为主要动力的耕作方式下, 土壤剖面中耕层与犁底层的界面为“波浪型”, 而年年进行秋翻的玉米田, 其耕层与犁底层的界面为“平面型”。模拟构型试验显示, “平面型”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; “波浪型”剖面耕层土壤的耗水量比“平面型”剖面的大, 特别是后期, 易发生水分亏缺现象。[结论] 现行不合理的耕作方式是导致松辽平原玉米带黑土肥力退化主要原因。

**关键词** 耕作方式; 黑土; 渗透性

中图分类号 S157.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)07-02825-03

## Study on the Mechanism of the Influences of Different Cultivation Modes on Soil Permeability

WANG Hongbin et al (College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University, Fostering Base Established by Province and Ministry of State Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Management of Jilin Province, Changchun, Jilin 130118)

**Abstract** [Objective] The purpose was to discuss the cause and mechanism of influencing water permeability of black soil in the continuously cropping corn strips in Songliao plain. [Method] The production status of the important producing areas of corn in Songliao plain were investigated in detail in the autumn in 2002 and the physical and chemical characters of 46 soil samples collected from the arable layer were analyzed. [Result] The investigation showed that under the current cultivation mode with small four-wheel tractor as the main drive, the interface between arable layer and plowpan in soil profile was “wave type”, but that was “flat type” in the corn field plowed annually in the autumn. The configuration simulation experiment revealed that the profile constitution of “flat type” improved the permeability of soil, increased the permeating velocity of soil water and reduced rainwater runoff. The water consumption of arable soil in “wave type” profile was bigger than that in “flat type”, especially in the anaphase, and the phenomenon of water deficit was easy to happen. [Conclusion] The current unreasonable cultivation mode was the main reason causing the fertility of black soil in corn strips in Songliao plain to degrade.

**Key words** Cultivation mode; Black soil; Permeability

黑土是松辽平原玉米带的主要土壤类型, 其特点是有机质含量高, 保肥、供肥能力强, 土壤呈中性反应, 团粒结构发达, 有效肥力和潜在肥力均较高<sup>[1]</sup>。近年来, 随着黑土开垦年限和玉米连作年限的增长, 土壤肥力退化问题日益突出。随着病虫害的频繁发生, 农药用量不断加大, 玉米生产成本居高不下, 农民种粮收益相对减少, 严重制约了农村经济的发展和国家的粮食安全。

为揭示玉米带黑土肥力退化的机理及原因, 笔者按1982年第2次土壤普查时的调查路线, 对梨树、公主岭、长春、德惠、九台、扶余、榆树等松辽平原重要玉米产区的生产状况进行了详细调查, 研究不同耕作条件下形成的2种剖面构型(图1): 第1种是波浪型, 分布很广, 全带土壤几乎均为此构型。它是在玉米栽培的全过程中, 以低功率(一般小于13 239 W)小四轮拖拉机为主要动力, 进行灭茬、整地、播种、施肥、耩地等田间作业条件下形成的。第2种暂称之为平面型, 仅公主岭市范家屯镇和榆树市弓棚镇为此构型, 面积很小, 它是在玉米栽培的全过程中, 常年以大功率拖拉机为主要动力进行的包括秋翻在内各种田间作业条件下形成的。与此同时, 笔者采集了46个耕层土壤样品, 对土壤的理化特性进行了分析, 探讨了影响松辽平原玉米带黑土水分渗透的机理及原因, 为松辽平原玉米带新型保护性耕作制的建立提供科学依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试土壤为松辽平原玉米带黑土, 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、玉米产量等进行详细调查基础上, 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。

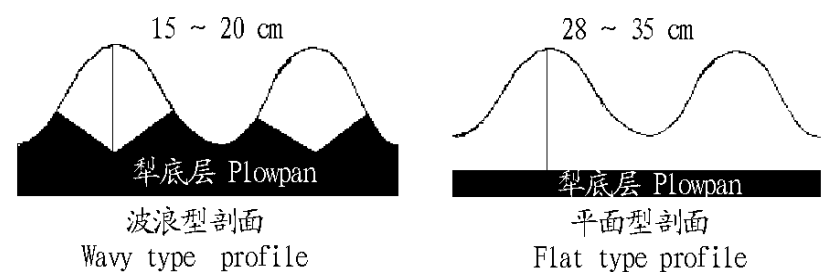


图1 松辽平原玉米带土壤剖面的构造特征

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

**1.2 试验设计** 模拟波浪型和平面型剖面构型(见图1)。波浪型垄角硬度 $25 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$ , 耕层厚度 $20 \text{ cm}$ ; 平面型深翻 $30 \text{ cm}$ 左右。按农民常规的垄宽度 $60 \text{ cm}$ 、垄长 $3 \text{ m}$ 、每个剖面3垄和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。

**1.3 分析方法** 土壤渗透系数<sup>[2]</sup>测定方法: 取20目土样 $80 \text{ g}$ 装于玻璃管中, 下方装约 $2 \text{ cm}$ 的粗砂及滤纸, 加水至一定位置(保持水头高度不变), 每隔 $5 \text{ min}$ 记录注水量, 待吸收水量平衡时称重并计算吸水量。土壤耗水量测定方法采用称量法; 土壤比重的测定采用比重瓶法; 土壤容重采用环刀法; 土壤硬度采用日本制山中式硬度计测定。土壤孔隙度通过公式计算获得:

$$\text{总孔度} = (1 - \text{容重} / \text{比重}) \times 100\% \quad (1)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同耕作条件下土壤水分特征

**2.1.1 水分渗透特征。**土壤渗透性能是衡量土壤通透性的

基金项目 国家沃土工程项目(2006BAD25B05); “863”计划项目(2006AA10A309); 国家粮食丰产科技工程“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, 吉林辽源人, 在读博士, 副教授, 从事土壤耕作、植物营养和土壤肥力研究。\* 通讯作者。

收稿日期 2007-11-20

一项重要指标是制约坡面径流、土壤侵蚀的重要因子,也是调节土壤水分、预防干旱的土壤物理指标。影响土壤入渗性能最主要的因素是土壤总孔隙度和非毛管孔隙,这与土壤容重和土壤含水量也有很大关系<sup>[3-4]</sup>。图2表明两种剖面耕层土壤水分渗透速率具有相似的规律,土壤的渗透速率较大,说明两种剖面耕层土壤的渗透性能基本没有差异。

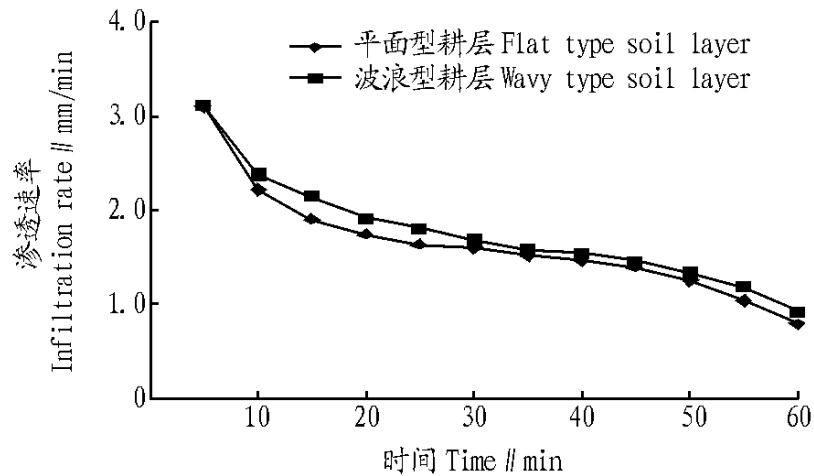


图2 耕层土壤渗透速率

Fig 2 The infiltration rate of different soil layers

虽然两种剖面犁底层硬度都很大(一般 $>15 \text{ kg/cm}^2$ ),但是,对于平面型剖面来说,犁底层一般在30 cm深度以下,而波浪型剖面犁底层一般在15 cm深度左右,因此,研究不同硬度土壤对水分渗透速率的影响,对于明确现行的耕作方式下形成的波浪型剖面接纳大气降水,以及产生地表径流等具有重要的意义。图3为不同紧实度土壤的水分渗透性能的分析结果,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,渗透速率随时间变化要小一些,特别是硬度较大( $>20 \text{ kg/cm}^2$ )时,渗透速率变化缓慢。这是由波浪型剖面自身特点决定的,由于硬度大,根系难以穿插其中,使土壤质地粘重,孔隙少,结构性差。由于波浪型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。因此波浪型剖面的渗透性实际上是受犁底层控制,在降雨集中、降水量较大的季节,往往容易形成地表径流,造成水土流失。与之相反,由于平面型剖面孔隙协调,透水性强,不但可防止水土流失,同时可增加土壤的蓄水能力,提高降水的利用效率。

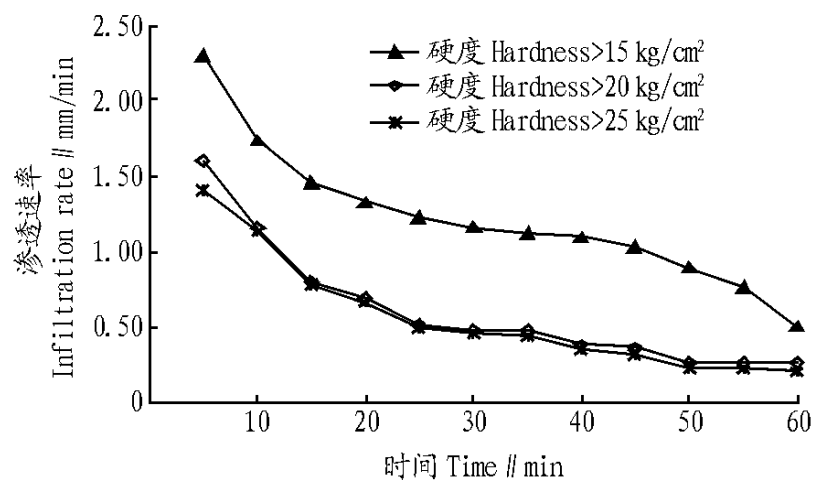


图3 不同硬度土壤渗透速率

Fig 3 The infiltration rate of soil under different hardness

**2.1.2 物理性质。**通过分析表明(见表1):平面型剖面耕作的容重明显低于波浪型剖面,低了9.4%;平面型剖面渗透系数明显高于波浪型剖面,高191.7%;平面型剖面总孔隙度明显高于波浪型剖面,高7.3%。平面型剖面耕作对改善土壤结构、增加通透性方面有一定的作用,并促进吸热性

能的增强和地温的提高,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 不同剖面构型土壤容重和渗透性

Table 1 Bulk density and infiltration rate for different soil profiles

剖面类型 Profile type	层次 Level cm	容重 Bulk density $\text{g/cm}^3$	渗透系数 Infiltration coefficient $\text{mm/min}$	总孔隙度 Total porosity %
波浪型 Wavy type	0~20 cm	1.10	1.07	55.18
	20~40 cm	1.35	0.85	53.81
	0~40 cm平均 Mean of 0~40 cm	1.23	0.96	54.50
平面型 Flat type	0~20 cm	1.09	3.52	59.54
	20~40 cm	1.07	3.16	59.80
	0~40 cm平均 Mean of 0~40 cm	1.08	3.34	59.67

**2.1.3 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<sup>[5-6]</sup>。由表2可知,玉米带黑土农田水分的盈亏主要受到降水量的影响,当降水量较大时,土壤水分即出现盈余,反之则出现亏缺。波浪型剖面构型的耕层土壤的耗水量比平面型剖面构型的大,特别是作物生育后期,水分出现亏缺现象。从全年分析来看,降雨量对于平面型剖面来说略有盈余,而对于波浪型剖面构型的耕层却出现亏缺,这可能是由于其耕层有效土层较薄,平面型剖面耕层疏松土壤容积是波浪型的2~3倍<sup>[7]</sup>,当降雨时,耕层容水量少,多余的水分渗透到波浪型剖面底层时由于渗透速率减慢,从土壤中排出,形成径流;而平面型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型剖面构型快,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,因此波浪型剖面构型的耕层土壤比平面型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。在这种现象的作用下,使玉米生长过度依靠年度降水,将会出现年际产量的高波动性。

**2.2 现行耕作制对土壤三相组成的影响**由于现行耕作制度对耕层构型有很大影响,因此也势必会导致耕层土壤固、液、气三相的物质组成发生变化。图4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区为平面型犁底层剖面耕层土壤的分布区域,B区为波浪型犁底层剖面耕层土壤的分布区域。通过三相组成分析可知,A区和B区两者固相的差异很小,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,平面型和波浪型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 结论与讨论

熊毅等曾指出: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<sup>[8]</sup>。松辽平原

表2 不同土壤剖面玉米耗水量与土壤调节关系

Table 2 Relationship between water consumption of corn and soil water adjustment

玉米生育期 Corn growth period	时间 Time d	阶段降水 Precipitation mm	玉米耗水量		土壤水分调节量	
			Water consumption of corn mm		Water adjustment of soil mm	
			平面型 Flat type	波浪型 Wavy type	平面型 Flat type	波浪型 Wavy type
播种—出苗 Sowing-Seedling emergence	11	18	24	24	6	6
出苗—拔节 Seedling emergence-Jointing	28	59	65	66	6	7
拔节—抽穗 Jointing-Heading	24	72	54	59	- 18	- 13
抽穗—乳熟 Heading-Milky	51	241	246	254	5	13
乳熟—成熟 Milky-Mature	21	48	42	46	- 6	- 2
全生育期 Whole growth period	135	438	431	449	- 7	11

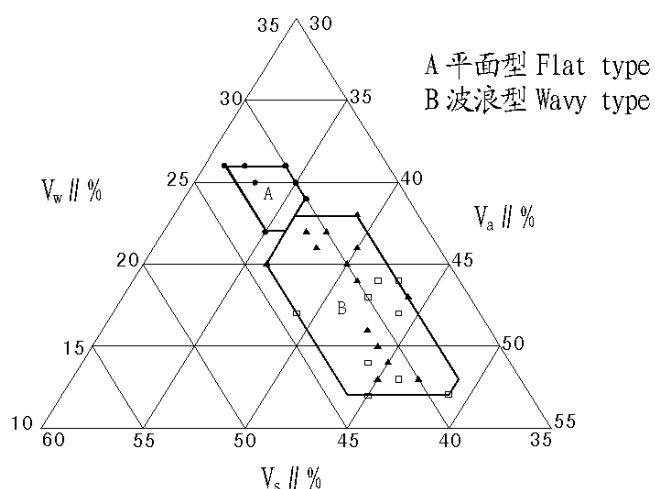


图4 不同剖面构型黑土耕层的三相组成

Fig. 4 Composition of three phases in black soil with different profile morphological characteristics

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,又反映出人们对土壤的管理水平。也正是因为平面型剖面构型的耕层深厚,有效土壤量多,土壤向作物供应的营养和水分的能力强,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,秋季后劲强,作物的产量相对较高。而波浪型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。土壤消耗水量较大导致出现春季土壤易干旱;夏季作物生长易脱水、脱肥等肥力退化现象。因此,平面型剖面构型与波浪型剖面构型比较,更有利于玉米的抗逆生长,对不良自然环境的抵抗能力将会大大提高。因此,研究认为松辽平原玉米带现行的以小四轮拖拉机为主要动力耕作制是不合理的,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新型耕作制。

## 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,1998:145-160.
- [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,1998:1-114.
- [3] 姚贤良, 程云生. 土壤物理学[M]. 北京: 农业出版社,1986:20-46.
- [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] 刘会青. 吉林玉米带黑土土壤理化环境特征研究[D]. 长春: 吉林农业大学,2003:11-25.
- [8] 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.
- [23] Van VIET G J A, MEYSING W D. Inheritance of resistance to *Pseudoperonospora cubensis* Rost and in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. *Euphytica*, 1974,23:251-255.
- [24] Van VIET G J A, MEYSING W D. Relation in the inheritance of resistance to *Pseudoperonospora cubensis* Rost and *Sphaerotheca Fuliginea* Pfl. in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. *Euphytica*, 1977,26:793-796.
- [25] FANOURAKIS NE, SIMONP W. Analysis of genetic linkage in the cucumber [J]. *J Hered*, 1987,78:238-242.
- [26] HERCEL W, WEHNER T C. Review of genes and linkage groups of cucumber [J]. *Hort science*, 1990,25(6):605-615.
- [27] HORESI T, STAUB J, THOMAS C. Linkage of random amplified polymorphic DNA marker to downy mildew resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. *Euphytica*, 2000,115:105-113.
- [28] CHEN J F, ZHANG S. The xishuangbanna gourd, a traditional cultivated plant of the Hani people, Xishuangbanna, Yunnan, China [J]. *Cucurbit Genet Coop Rpt*, 1994,17:18-20.
- [29] CHEN J F, MORIARTY G, JAHN M. Some disease resistance tests in *Cucumis hystrix* and its progenies from interspecific hybridization with cucumber, *Proceedings of Cucurbitaceae [C] // EUCARHIA. The 8th EUCARHIA Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding. Comoc: Palacky University, 2004:189-196.*
- [30] CHEN J F, STAUB J E, QIAN C. Reproduction and cytogenetic characterization of interspecific hybrids derived from *Cucumis hystrix* Clark. × *C. sativus* L. [J]. *Theor Appl Genet*, 2003,106:688-695.
- [31] 曹清河, 陈劲枫, 钱春桃. 黄瓜抗霜霉病异源易位系CT-201的筛选与鉴定[J]. 园艺学报, 2005,32(6):1098-1101.
- [32] 曹清河. 黄瓜抗霜霉病异源易位系选育、相关基础研究及育种应用[D]. 南京: 南京农业大学, 2006:83-99.

(上接第2815页)