

松辽平原玉米带黑土肥力退化机理研究*

赵兰坡 王鸿斌 刘会青 王艳玲 刘淑霞 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, 长春 130118)

摘要 通过田间调查和土壤肥力指标分析, 探讨了松辽平原玉米带黑土肥力退化的原因和机理。结果发现, 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”。而且两者耕层土壤的养分含量和理化性质等指标也有明显差异。研究还发现, 现行的以无机氮磷肥为主的施肥制度和玉米连作种植制度对土壤养分平衡有很大影响。因此认为, 现行的不合理的耕作、施肥及玉米连作制度是导致松辽平原玉米带黑土肥力退化主要原因。

关键词 松辽平原玉米带; 黑土; 肥力退化

中图分类号 S158.1 **文献标识码** A

黑土是松辽平原玉米带的主要土壤, 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^[1]。目前, 松辽平原的黑土已全部开垦为农田, 玉米的连作现象十分普遍, 有的已长达 30 a 以上。近些年来, 随着黑土开垦年限和玉米连作年限的增长, 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、易涝, 易脱水、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的局面。另一方面, 化肥投入量逐年增多, 利用率普遍较低; 并且, 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。同时, 农业化学品的不合理施用, 也给绿色农产品生产及生态环境带来了一定程度的负面影响。

为揭示玉米带黑土肥力退化的机理及原因, 我们按 1982 年第二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玉米连作年限、耕作施肥制度、玉米产量、土壤剖面构型等进行了详细调查; 采集了 46 个耕层土样, 分析其土壤理化特性和速效性

养分, 并与 1982 年土壤普查的资料进行比较, 从中探讨了黑土肥力退化的机理及原因, 为松辽平原玉米带新型保护性耕作制和施肥制的建立提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为松辽平原玉米带黑土, 2002 年秋季 (10 月 5 日 ~ 10 月 15 日) 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基础上, 挖掘土壤剖面, 观测剖面构型, 采集耕层土样。

1.2 分析项目与方法

土样风干。土壤 pH 值采用电位法测定; 土壤有机质采用电热板加热-重铬酸钾容量法测定; 土壤碱解氮采用碱解扩散法测定; 土壤有效磷采用 $0.5 \text{ mol L}^{-1} \text{ NaHCO}_3$ 浸提-钼锑抗比色法测定; 速效钾采用 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$ 浸提-火焰光度法测定; 土壤含水量采用烘干法测定; 土壤硬度采用日本制山中式硬度计于现场测定。阳离子交换量 (CEC) 的测定采用 EDTA-铵盐快速法。

* 国家自然科学基金项目 (30370846)、吉林省科技厅重点项目 (20040204-1-1) 和国家粮食丰产工程项目 (2004BA520A09) 资助

作者简介: 赵兰坡 (1955 ~), 吉林怀德人, 教授, 留日博士, 博士生导师, 主要从事土壤肥力与生态、土壤化学与改良研究。E-mail: zhaolanpo12@163.com

收稿日期: 2004-11-29; 收到修改稿日期: 2005-03-10

2 结果与分析

2.1 松辽平原玉米带土壤的剖面特征

图 1 是 2002 年秋季调查松辽平原玉米带黑土肥力时发现的两种剖面构型:第一种是“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 13.2 kw)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。第二种暂称之为“平面型”,仅发现在公主岭市范家屯镇和榆树市弓棚镇,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包括秋翻在内所有各种田间作业条件下形成的。

如图 1 和表 1 所示,“波浪型”剖面的主要特征是:(1)耕层与犁底层界面波浪起伏,界限明显,耕层厚度较薄,最深处一般仅为 15~20 cm。(2)按图 1 的耕层界线,经田间现场挖土测量,耕层土壤量平均为 1 245 t hm⁻²,约为下述“平面型”剖面的一半。(3)耕层土壤疏松,多为粒状或团粒结构,硬度一般小于 5 kg cm⁻²,玉米根系绝大部分分布在耕层内,但垄角和犁底层紧实、坚硬,硬度一般在 20~40 kg cm⁻²,根系很少。(4)耕层土壤颜色多为黑棕色,犁底层多为暗棕色,有机质从上向下逐渐减少。(5)耕层土壤保墒能力较差,土壤含水量普遍较低,松散干燥。(6)玉米产量变幅较大,低者约 5 500 kg hm⁻²,高者可达 9 500 kg hm⁻²,多维持在 8 000 kg hm⁻²左右,达到 10 000 kg hm⁻²地块相对较少。

表 1 “波浪型”和“平面型”土壤剖面形态特征

Table 1 Morphological characteristics of the undulated and flat interfaces in the soil profiles

地点 Locality	剖面 Profiles	层次 Layer	深度 Depth (cm)	Munsell 颜色 Munsell color	结构 ¹⁾ Structure	质地 Texture	根系 Roots	结持性 ²⁾ Soil consistence	硬度 Hardness (kg cm ⁻²)
公主岭市 范家屯镇 Gongzhuling	平面型 Flat	耕层 Plough layer	0~35	10 YR3/2	3 g	壤土 L	多 Many	酥松 vfr	5~10
		犁底层 Plowpan	35~50	10 YR3/3	2 ab	粘壤土 CL	少 Few	硬 fi	15~25
	波浪型 Undulated	耕层 Plough layer	0~18	7.5 YR3/2	3 g	壤土 L	多 Many	酥松 vfr	5~10
		犁底层 Plowpan	18~40	10 YR3/3	2 P	粘壤土 CL	无 No	很硬 vfi	20~40
榆树市 弓棚镇 Yushu	平面型 Flat	耕层 Plough layer	0~35	7.5 YR3/2	3 g	壤土 L	多 Many	酥松 vfr	5~10
		犁底层 Plowpan	35~50	7.5 YR3/3	2 ab	粘壤土 CL	少 Few	硬 fi	15~25
	波浪型 Undulated	耕层 Plough layer	0~17	7.5 YR3/3	3 g	壤土 L	多 Many	酥松 vfr	5~10
		犁底层 Plowpan	17~40	7.5 YR4/3	2 P	粘壤土 CL	无 No	很硬 vfi	20~40

1) 3—强结构 Strong; 2—中结构 Moderate, g—团粒 Granular, ab—块状 Angular blocky, P—片状 Platy; 2) vir—酥松 very friable, fi—硬 firm, vir—很硬 very firm

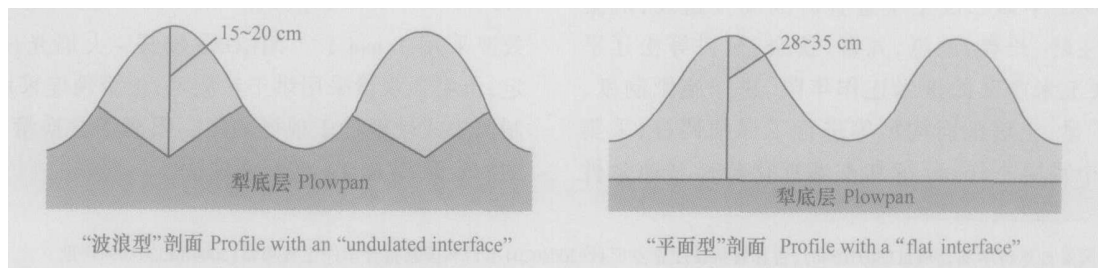


图 1 松辽平原玉米带土壤剖面的构造特征

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

如图 1 和表 1 所示,典型“平面型”剖面的主要特征是:(1)耕层与犁底层的交界面为平面,界限明显,耕层深厚,一般可达 28~35 cm。(2)按图 1 的耕层界线,经田间现场挖土测量,耕层的土壤量平均为 2 475 t hm⁻²,约为“波浪型”剖面的两倍。(3)耕层土壤疏松,硬度小于 5 kg cm⁻²,玉米根系主要分布在耕层内,土壤结构体多为团粒;犁底层较紧,硬度多在 15~25 kg cm⁻²之间,含少量粗根系。(4)耕层土壤颜色均为黑棕色,犁底层为暗棕色,有机质从上向下逐渐减少。(5)耕层土壤保墒能力较强,土壤含水量普遍较高,土体湿润。(6)玉米产量普遍较高,低者至少约为 8 000 kg hm⁻²,高者可达 11 000 kg hm⁻²。

2.2 土壤养分含量和理化性质的变化特点

表 2 是对 46 个玉米带黑土耕层样品养分含量和部分理化性质的统计结果。与 1982 年吉林省第二次土壤普查的结果^[1]相比,有关肥力指标变化有如下特点:(1)土壤有机质含量变幅为 14.44~40.18 g kg⁻¹,平均为 25.78 g kg⁻¹,从南向北有逐渐减少的趋势,即有机质含量南部梨树黑土大多小于 20 g kg⁻¹,北部榆树黑土一般均大于 25 g kg⁻¹,与 1982

年土壤普查统计平均值(25.80 g kg⁻¹)相比,无显著变化。(2)土壤碱解氮含量变幅为 97.1~158.4 mg kg⁻¹,平均为 131.4 mg kg⁻¹;有效磷含量变幅为 2.5~57.6 mg g kg⁻¹,平均为 23.0 mg g kg⁻¹;速效钾含量变幅为 77.5~265.5 mg kg⁻¹,平均为 126.5 mg kg⁻¹。与 1982 年统计平均值相比,碱解氮和有效磷含量分别增加了约 20 和 5 mg kg⁻¹,增加比率分别接近 20% 和 40%,特别是有效磷增加的比率较大;速效钾减少了约 50 mg kg⁻¹,减少比率接近 30%,说明现行的施肥制度造成了土壤碱解氮和有效磷增加,速效钾素亏缺。(3)pH 值的变幅为 5.25~8.40,平均为 6.35,与 1982 年(pH 6.5)相比略有酸化趋势。阳离子交换量变幅为 18.0~34.7 cmol kg⁻¹,平均为 25.0 cmol kg⁻¹,与 1982 年相比,变化不显著,黑土仍属高保肥性、高缓冲性土壤。(4)从变异系数(CV%)看,变异最大的指标是有效磷,为 48.2%,其次是速效钾和有机质,分别为 24.6%和 21.77%,变异较小的是阳离子交换量、碱解氮及 pH 值,分别为 12.5%、10.5%及 9.99%。

表 2 松辽平原玉米带黑土养分状况

Table 2 Nutrition properties of black soil in the corn belt of the Songliao Plain (n=46)

项目 Item	pH (H ₂ O)	阳离子交换量 CEC (cmol kg ⁻¹)	有机质 O. M. (g kg ⁻¹)	碱解氮 Available N (mg kg ⁻¹)	有效磷 Available P (mg kg ⁻¹)	速效钾 Available K (mg kg ⁻¹)	含水量 Water content (g kg ⁻¹)
最低值 Min.	5.25	18.0	14.44	97.1	2.5	77.5	102.0
最高值 Max.	8.40	34.7	40.18	158.4	57.6	265.5	243.0
平均值 Mean	6.35	24.9	25.78	131.4	23.0	126.5	172.8
标准差 SD	0.63	3.1	5.61	13.7	11.1	31.1	39.1
变异系数 CV (%)	9.99	12.5	21.77	10.5	48.2	24.6	22.6

不同剖面构型间养分比较(表 3)表明:(1)土壤有机质均值是“波浪型”较“平面型”低 0.46 g kg⁻¹,变异系数前者略大于后者。(2)土壤碱解氮和有效磷均值均是“波浪型”高于“平面型”,特别是有效磷含量相差 3.5 g kg⁻¹;其变异系数“波浪型”高达 50.6%，“平面型”则为 33.86%。(3)速效钾均值是“波浪型”较“平面型”略低,两者相差 3.4 mg kg⁻¹,但变异系数是前者明显大于后者。(4)土壤含水量均值是“波浪型”明显低于“平面型”,两者相差近 5 个百分点。(5)土壤 pH 均值是“波浪型”较“平面型”剖面略低,两者相差 0.51,说明黑土酸化趋势主要体现在“波浪型”剖面土壤;两种剖面的阳离子交换

量平均值则有“波浪型”低于“平面型”剖面的趋势。

3 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^[2]。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,首要标准就是看其能否充分利用自然降水。自二十世纪八十年代初开始,随着农村的农业机械由集体保有向个体农户保有,

农机具由大型向小型转变,松辽平原玉米带的土壤耕作制度也发生了很大变化。传统的用大马力拖拉机进行连年秋翻作业、以畜力为主要动力实施各种田间作业的耕作制度,逐步被以小四轮拖拉机为主要动力进行灭茬、整地、播种、施肥、耨地等作业的耕作制度所代替。由于小型拖拉机功率小,不能进行秋翻;灭茬时旋耕深度浅,作业幅度窄,仅限于垄台,整地、播种、施肥及耨地等田间作业均很少能触动垄帮底处,加之田间作业次数多(一般从播种到收获至少要作业 6~8 次),对土壤的压实作用较强。长此下去,就形成了如图 1 所示的“波浪型”剖面构型。

这与“平面型”相比,由于耕层的土壤量较少,垄脚和犁底层坚硬,通透性差,致使土体保水、保肥能力降低,抗逆性减弱。春季易旱,夏季大雨易顺垄沟形成地表径流,秋季易脱水、脱肥。特别在作物旺长期,根系难于下扎,常因耕层的水分不能满足玉米叶片蒸腾,从而影响产量和品质的提高。因此,我们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,在不改变现有农机保有体制的前提下,创建既有利于维持土壤有机质平衡,又可建立稳定的“平面型”剖面构型,适合区域经济发展水平的新型耕作制。

表 3 “波浪型”和“平面型”剖面耕层土壤养分状况

Table 3 Nutrition properties of the cultivated soils layers of profiles with undulated or flat interface

剖面 Profiles	项目 Item	pH	阳离子交换量 CEC (cmol kg^{-1})	有机质 O. M. (g kg^{-1})	碱解氮 Available N (mg kg^{-1})	有效磷 Available P (mg kg^{-1})	速效钾 Available K (mg kg^{-1})	含水量 Water content (g kg^{-1})
波浪型 Undulated ($n=40$)	最低值 Min.	5.25	18.0	14.44	103.3	2.5	77.5	102.0
	最高值 Max.	8.40	34.7	40.18	158.4	57.6	265.5	225.0
	平均值 Mean	6.28	24.7	25.71	131.8	23.5	122.6	165.5
	标准差 SD	0.63	3.2	5.90	13.8	11.9	24.7	35.6
	变异系数 CV(%)	10.00	13.0	22.95	10.5	50.6	20.2	21.5
平面型 Flat ($n=6$)	最低值 Min.	6.21	22.7	16.43	97.1	10.7	98.0	138.0
	最高值 Max.	7.35	29.0	30.86	145.2	30.6	139.5	243.0
	平均值 Mean	6.79	26.4	26.17	128.8	20.0	127.0	204.7
	标准差 SD	0.65	3.0	5.05	17.7	6.8	14.9	43.9
	变异系数 CV(%)	9.57	11.4	19.30	13.7	33.8	11.7	21.4

在农田生态系统中,有机质是土壤肥力的重要物质基础^[3~6]。它不仅是植物营养的源和汇,也是土壤微生物的能量和底物^[7,8]。有机质通过影响土壤团聚化过程和团聚体的稳定性,进而可影响到土壤的许多理化性质和过程^[9~11]。有机质下降已被许多研究者视为土壤肥力退化的主要原因^[11]。研究表明,黑土有机质下降是耕垦熟化的必然过程,其下降速度随时间增长而趋缓^[12],重要的是我们应该知道土壤有机质下降所处的阶段,从而采取相应措施加以调控^[11]。从本研究的结果来看,由于近十几年来普遍推广了玉米根茬还田措施,致使土壤有机质含量下降的进程受到了一定程度的抑制,与二十几年前第二次土壤普查的资料相比,有机质含量并未发生明显变化,说明土壤有机质含量正处在与现实土壤管理水平相适应的一个新的平衡点上,有机质下降不能成为当前松辽平原玉米带黑土肥力退化

的主因。此外,大量研究还表明,土壤有机质的组成也是与土壤肥力有关的重要因素,土壤中施用有机物料培肥后,其松结态腐殖质或活性有机质含量及 HA 与 FA 的比值等一般会有不同程度的提高^[6,13,14]。但由于缺乏可比性资料,现行耕作、施肥及玉米长期连作条件下的黑土,其腐殖质组成与二十几年相比到底有什么变化尚不清楚,能否成为黑土肥力退化的主要因素尚有待进一步研究。

以小型拖拉机为主要动力,采用一种施肥模式,长期连作一种作物,是松辽平原玉米带特有的一种粮食生产方式。调查表明,松辽平原黑土连作玉米 20 a 以上者极为普遍,有的地块已达 30 多年。养分主要靠化肥补充,有机肥大多已有 15~20 a 以上未施用。2002 年秋调查化肥用量一般为每 hm^2 磷酸二铵 200 kg,尿素 300 kg,钾肥(主要为氯化钾) 50~100 kg。有相当数量的农户未施过钾肥。这种施肥

制度对土壤肥力究竟会产生什么样的影响,目前尚不十分清楚。从本研究中发现的土壤速效性氮、磷养分的富集、速效性钾亏缺的变化趋势看,现有施肥制度至少对土壤养分平衡有重要影响。据报道,红壤长期施用磷肥会促进有效磷含量提高,而长期单施化肥会使土壤向酸化方向发展^[15]。

还应指出,黑土成土母质多为黄土状堆积物,质地较粘,通透性较差。处在漫岗坡上的黑土,在雨季极易发生地表径流,产生不同程度的面蚀和沟蚀,致使黑土层变薄,土壤有机质和各种养分含量也随之明显下降,从而形成肥力较低的“薄层黑土”和“破皮黄黑土”^[16,17]。因此,对于薄层黑土和破皮黄黑土来说,土壤侵蚀是导致肥力的退化重要原因。

陈恩凤等在总结多年的土壤培肥研究成果时认为:培肥土壤,既要研究其“体质”,也要研究其“体型”,这里所说的“体质”是指土壤肥力的物质基础及其作用功能,它反映了土壤肥力的实质;而“体型”则是指土壤剖面上耕层和犁底层的组合、构型,可影响整个土体的水、肥、气、热状况^[4,5]。目前,已有研究主要集中在“体质”上,即重点研究土壤有机无机复合体或微团聚体组成和性质与肥力的关系^[3~6,18],土壤酶在土壤肥力的形成和转化中的作用等^[4,5,14],而关于耕作土壤的“体型”或土壤剖面构型对土壤肥力影响的研究尚不多见。松辽平原玉米带“波浪型”和“平面型”剖面对肥力和产量作用的差异,说明耕作制度是影响土壤肥力的发挥的重要因素,即使是在有机质和土壤养分含量相近的条件下,耕制不同会导致土壤的剖面构型发生变化,进而会影响到土壤供应作物水分和养分的能力。对松辽平原玉米带的土壤而言,剖面构型对肥力影响程度可能不亚于有机质和养分含量,它可能是导致松辽平原玉米带黑土肥力退化的最重要因素。

参考文献

- [1] 吉林省土壤肥料总站. 吉林土壤. 北京:中国农业出版社, 1998. 145~160. Soil Fertilizer Central Station of Jilin Province, Jilin Soil (In Chinese). Beijing: Chinese Agriculture Press, 1998. 145~160
- [2] 熊毅,徐琪,姚贤良,等. 耕作制度对土壤肥力的影响. 土壤学报,1980,17(2):101~119. Hseung Y, Xu Q, Yao XL, et al. Effect of cropping system on the fertility of paddy soils (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1980,17(2):101~119
- [3] 熊毅. 有机无机复合与土壤肥力. 土壤,1982,14(5):161~167. Hseung Y. Organo-mineral complex and soil fertility (In Chinese). Soils, 1982,14(5):161~167
- [4] 陈恩凤,武冠云,周礼恺. 关于土壤肥力研究的几点认识. 土壤通报,1989,20(4):187~189. Chen E F, Wu G Y, Zhou L K. Some remarks on soil fertility research (In Chinese). Journal of Soil Science, 1989,20(4):187~189
- [5] 陈恩凤,周礼恺,邱凤琼,等. 土壤肥力实质的研究:黑土. 土壤学报,1984,21(3):229~236. Chen E F, Zhou L K, Qiu F Q, et al. Study on the essence of soil fertility (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1984,21(3):229~236
- [6] 姜岩,赵兰坡,杨振明,等. 论非腐解有机物培肥土壤的机理与效应. 见:张先婉主编. 土壤肥力研究进展. 北京:中国科学技术出版社,1991. 126~131. Jiang Y, Zhao L P, Yang X M, et al. Mechanism and effect of undecomposing organic matter on soil fertility. In:Zhan X W. ed. Research Progress in Soil Fertility (In Chinese). Beijing:Chinese Science Technique Press, 1991. 126~131
- [7] Gregorich E G, Carter M R, Angers D A, et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. Canadian Journal of Soil Science, 1994, 74:367~385
- [8] Xing B S, Liu J D, Liu X B, et al. Extraction and characterization of humic acids and humin fractions from black soil of China. Pedosphere, 2005, 15(1):1~9
- [9] Schnitzer M. Soil organic matter-the next 75 years. Soil Science, 1991, 151:41~58
- [10] Swift M J, Woomer P. Organic matter and the sustainability of agricultural systems: Definition and measurement. In: Mulongoy, K. and Merckx, R. eds. Soil Organic Matter Dynamics and Sustainability of Tropical agricultural. UK: Wiley, 1993, 3~18
- [11] 张旭东,诸葛玉平,解宏图,等. 土壤有机质的功能及其可持续管理. 见:周健民,石元亮主编. 面向农业与环境的土壤科学. 北京:科学出版社,2004. 412~419. Zhang X D, Zhuge Y P, Xie H T, et al. Function and sustainable management of soil organic matter. In:Zhou J M, Shi YL. eds. Soil Science Facing Agriculture and Environment (In Chinese). Beijing: Science Press, 2004. 412~419
- [12] Johnston A E. Soil organic matter effects on soils and crops. Soil Use and Management, 1986, 2:97~105
- [13] 沈宏,曹志洪,徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响. 土壤学报,2000,37(2):166~173. Shen H, Cao Z H, Xu Z H. Effects of fertilization on different carbon fractions and pool management index in soils (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 2000,37(2):166~173
- [14] 赵兰坡. 施用作物秸秆对土壤的培肥作用. 土壤通报,1996, 27(2):76~78. The effect of applying crop waste on increasing soil fertility (In Chinese). Chinese Journal of Soil Science, 1996, 27(2):76~78
- [15] 王伯仁,徐明岗,黄家良,等. 红壤旱地长期施肥下土壤肥力及肥料效益变化研究. 植物营养与肥料学报,2002,8(增刊):21~28. Wang B R, Xu M G, Huang J L. Study on change of soil fertility and fertilizer efficiency under long-term fertilization in upland of red soil (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002,8 (Supp.):21~28
- [16] 方华军,杨学明,张晓平,等. 利用燃煤飞灰作为时间标记物评价坡耕地黑土侵蚀物质和有机碳的再分布. 土壤学报,

- 2005, 42(1):16~23. Fang H J, Yang X M, Zhang X P. Assessment of redistribution of erosion material and soil organic carbon using fly ash as a time marker at a sloping field in black soil (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 2005, 42(1):16~23
- [17] 吉林省土地管理局编. 吉林省土地资源. 北京:地质出版社, 1994, 183~191. Land management bureau of Jilin Province. Land Resources of Jilin Province (In Chinese). Beijing: Geology Press, 1994, 183~191
- [18] 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评价土壤肥力水平中的意义. *土壤学报*, 1994, 31(1):18~25. Chen E F, Zhou L K, Wu G Y. Performances of soil microaggregates in storing and supplying moisture and nutrients and role of their compositional proportion in judging fertility level (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1994, 31(1):18~25

MECHANISM OF FERTILITY DEGRADATION OF BLACK SOIL IN CORN BELT OF SONGLIAO PLAIN

Zhao Lanpo Wang Hongbin Liu Huiqing Wang Yanling Liu Shuxia Wang Yu

(*College of Resource and Environmental Science, Jilin Agricultural University; Key Laboratory for Ecological Restoration and Ecosystem Managment of Jilin Province, Changchun 130118, China*)

Abstract Through field investigation and soil fertility index analysis, causes and mechanism of fertility degradation of black soil in the Songliao Plain were explored. The results show that the interface between the cultivated layer and the plough sole in the soil profile was undulated under the current cropping system mainly using small-sized four-wheeled tractors and flat under the cropping system of deep plowing annually in the fall. Besides, the two systems were significantly different in soil nutrient content and soil physical and chemical properties. The study also discovered that both the present fertilization system based on inorganic N and inorganic P and the present system of continuous cropping of corn had great effect on balance of soil nutrients. It thus follows that the present improper systems of cultivation, fertilization and continuous corn cultivation are the main causes of fertility degradation of black soil in the corn belt of the Songliao Plain.

Key words Corn belt of the Songliao Plain; Black soil; Fertility degradation