

东北北部农田黑土障碍因子分析

孟 凯 张兴义 隋跃宇

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所 哈尔滨 150040)

摘 要 选取中厚层黑土、中层黑土、侵蚀黑土、薄层黑土 4 种典型黑土进行定点定位研究,根据测定结果进行横向和纵向比较,分析黑土障碍因子的形成以及对土壤生产力的影响。

关键词 黑土;障碍因子;分析

中图分类号 S15

东北黑土是世界三大片黑土之一,主要分布在我国黑龙江和吉林两省,根据土壤普查资料统计,黑土总土地面积为 595.6 万 hm^2 ,其中耕地面积为 443.8 万 hm^2 ,黑土垦种指数较高,耕地比重较大,一般垦殖指数在 80% 以上,是主要的耕作土壤。黑龙江省黑土总面积为 482.5 万 hm^2 ,占全省总土地面积的 10.87%,黑土耕地面积为 360.6 万 hm^2 ,占全省耕地总面积的 31.24%,是黑龙江省主要耕作土壤。农田黑土广泛分布在松嫩平原,是我国重要的商品粮基地。农田黑土一直被人们认定是高产土壤,根据生产潜力分析,主要作物(春小麦、玉米、大豆)平均产量应达到 $8250\text{kg}/\text{hm}^2$,而目前产量仅为 $4000\text{kg}/\text{hm}^2$ 左右^[1~4],这除了受气候、品种和栽培等因素的影响外,人为不合理利用造成的土壤障碍因子,也是影响提高作物质量和产量的主要因素。黑土耕垦后,肥力性状发生了很大变化,有部分土壤向不断培肥熟化的过程发展,但是,大多数则表现为自然肥力逐渐下降的趋势,并派生出降低土壤生产力水平的障碍因子^[1,2,5,6]。

提高土壤生产力水平一直是土壤科学研究的主线,也是世界土壤科学研究的重点,北美的土壤科学家在研究天然障碍因子方面,主要对土壤有机质的保持和提高、肥料的施用、水分的利用等做了大量工作;欧洲土壤科学家对肥料利用研究相对多些,在土壤耕作方面开展了大量的研究工作。我国的土壤科学研究,比较注重理论与应用研究的结合,对我国主要耕作土壤障碍因子都开展过相应的研究工作,例如在黄淮海平原就是从分析土壤障碍因子入手,解决了抑制土壤生产力提高的主要因素,尤其在施肥和水分利用方面研究成果比较明显;在黄土

高原区,针对水土流失问题,开展了以水土保持为主的土壤耕作、施肥和提高水分利用效率研究工作^[7~9]。在农田黑土方面的研究,60 年代以曾昭顺、沈善敏为代表研究了黑土养分有效性和水分有效性问题^[10~12];80 年代以吉林农科院孙宏德和黑龙江农科院李庆民为代表重点研究了黑土培肥的途径与措施^[3];90 年代以中国科学院海伦农业生态实验站为代表研究黑土养分、水分变化规律和特征及提高利用效率的措施^[4,13~20]。本项研究是在前人的研究基础上,针对农田黑土区在农业生产上反映出的主要问题进行研究,旨在分析农田黑土不同土种的物理、化学、生物影响因素,限制土壤生产力提高的主要障碍因子,为提出相应的调控措施提供理论依据。

1 研究方法 with 试验设计

本试验采用定点定位研究为主,附之大面积试验。设 4 个定位点,一是中国科学院海伦农业生态实验站为中心的中厚层黑土;二是黑龙江省海伦前进小流域的坡耕地侵蚀黑土;三是黑龙江省呼兰县平地薄层黑土;四是海伦平地中层黑土(黑土类型按黑土层厚度划分)。在 4 个点同时定点、定位取样,分别测定土壤容重、土壤田间持水量、土壤饱和持水量(环刀法);土壤比重(比重瓶法);土壤孔隙度(计算);土壤全 N(凯氏法);土壤速效 N(扩散法);土壤全 P 和速效 P(比色法);土壤全 K 和速效 K(火焰光度计法);土壤有机质(灼烧法);土壤 pH(pH 计法);土壤微生物数量(平板培养法);土壤微生物量(氯仿法);土壤酶活性(比色法);土壤团聚体(干筛法);土壤含水量(中子仪法或烘箱法)。以上测定分析方法均依照《土壤理化分析手

表 1 农田黑土物理性状

Table 1 Black soil physical properties

黑土类型	容重 (g/cm ³)		总孔隙度 (%)		田间持水量 (%)		饱和持水量 (%)	
	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40cm	0~20cm	20~40cm
薄层黑土	1.22	1.36	51.40	47.50	28.16	25.55	49.81	35.01
中层黑土	1.17	1.21	53.20	53.65	32.38	33.63	49.67	45.51
侵蚀黑土	1.53	1.55	38.80	40.38	27.27	25.73	30.84	29.22
厚层黑土	1.15	1.32	53.80	49.84	35.07	31.62	40.45	36.83

册》。根据测定结果进行横向和纵向比较,分析障碍因子的形成以及对土壤生产力的影响。

2 试验结果

农田黑土障碍因子分析,分别对 4 个黑土类型取样测定土壤物理性质、化学性质、土壤微生物生物量和土壤酶活性等指标,测定结果如下:

表 2 黑土团聚体测定(单位:%)

Table 2 Aggregate analysis (%)

粒级 (mm)	深度 (cm)	中厚层黑土	中层黑土
>10	0~20	14.95	16.35
	20~40	27.50	12.73
10~7	0~20	13.44	16.30
	20~40	14.31	21.68
7~5	0~20	10.84	16.47
	20~40	11.04	18.90
5~3	0~20	21.46	24.99
	20~40	15.63	24.19
3~1	0~20	14.70	13.95
	20~40	13.77	14.89
1~0.25	0~20	22.99	11.51
	20~40	14.12	7.39
<0.25	0~20	4.88	0.45
	20~40	3.65	0.07

根据表 1、2 测定结果分析,土壤容重在耕层由厚层黑土、中层黑土、薄层黑土、侵蚀黑土依次递增,在耕层以下趋势也基本一致;土壤总孔隙度变化趋势与土壤容重一致,是依次递减;土壤有效持水能力由厚层黑土、中层黑土、薄层黑土、侵蚀黑土耕层是依次递减,耕层以下有些变化,但是差异不大;土壤最大蓄水能力耕层则按薄层黑土、中层黑土、厚层黑土、侵蚀黑土依次递减,耕层以下则按中层黑土、厚层黑土、薄层黑土、侵蚀黑土依次递减。土壤团聚体厚层黑土>1mm 的,耕层占 75.39%、耕层以下占 82.25%,中层黑土>1mm 的,耕层占 88.06%、耕层以下占 92.39%。

根据表 3 黑土化学性质分析,土壤有机质和全 N 的变化,在耕层依次厚层黑土、中层黑土、薄层黑土、侵蚀黑土呈下降趋势,而在耕层以下,则是侵蚀黑土、中层黑土、厚层黑土、薄层黑土的顺序依次下降;土壤速效 N 含量变化趋势与有机质的变化趋势一致;土壤全 P 含量,在耕层是按中层黑土、厚层黑土、薄层黑土、侵蚀黑土依次下降,而土壤速效 P 含量厚层黑土高于中层黑土,在耕层以下,土壤全 P 含量与耕层速效 P 含量变化趋势一致,速效 P 含量与耕层土壤全 P 含量变化趋势一致;土壤全 K 含量变化则按厚层黑土、薄层黑土、中层黑土、侵蚀黑土依次下降。

表 3 农田黑土化学性质分析

Table 3 Chemical properties of black soil

项目	深度 (cm)	厚层黑土	中层黑土	侵蚀黑土	薄层黑土
有机质 (g/kg)	0~20	50.64	44.21	35.50	38.20
	20~40	14.66	15.57	23.20	13.78
全 N (g/kg)	0~20	2.56	2.31	1.69	1.90
	20~40	1.07	1.10	1.12	1.03
全 P (g/kg)	0~20	0.61	0.73	0.41	0.56
	20~40	0.55	0.53	0.32	0.49
全 K (g/kg)	0~20	26.0	22.5	21.1	23.6
	20~40	27.1	21.6	20.2	22.7
速效 K (mg/kg)	0~20	229.8	234.3	169.5	203.6
	20~40	88.3	98.7	175.3	97.6
速效 P (mg/kg)	0~20	9.45	7.50	5.09	6.31
	20~40	6.25	12.50	1.42	5.26
pH	0~20	6.80	7.13	6.98	7.03
	20~40	7.10	7.21	7.20	7.12

表 4 不同黑土类型土壤微生物 C 量变化(单位:μmol/g)

Table 4 Variation of microbial carbon content in different types of black soil

黑土类型	春季	夏季	秋季
侵蚀黑土	13.1	12.2	19.8
薄层黑土	21.6	32.1	35.0
中层黑土	34.4	41.8	91.5
厚层黑土	19.8	45.5	56.9

表 5 黑土酶活性测定结果(海伦站)(0~20cm 土层)

Table 5 Enzyme activity of black soil(Hailun Station)

季节	脲酶 (37、24h NH ₃ -N mg/g 土)	磷酸酶 (37、24h C ₆ H ₅ OH mg/g 土)	转化酶 (37、24h 0.1Na ₂ S ₂ O ₃ mg/g 土)	过氧化氢酶 (37、24h 0.1KMnO ₄ mg/g 土)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)
春季	1.01	0.307	5.06	2.33	191	54.2
夏季	1.08	0.283	3.70	2.40	190	31.6
秋季	1.28	0.96	5.10	2.74	140	56.6

黑土生物活性测定结果表明,随着生长季节的变化,生物活性呈增强的趋势,也就是春季—夏季—秋季土壤生物活性逐渐增强。在春季和秋季土壤微生物 C 量以中层黑土为最高,而夏季则是厚层黑土最高,总体上看,土壤微生物 C 量变化按侵蚀黑土、薄层黑土、厚层黑土、中层黑土依次增加。

3 结果讨论

根据对 4 种黑土类型的物理性质、化学性质和生物活性分析,农田黑土总的演替趋势是土壤容重增加,土壤总孔隙度下降,土壤三相比不合理,土壤持水能力降低,有效水含量减少;土壤有机质和 N、K 含量下降,土壤 P 的含量增加;土壤生物活性降低。按照黑土类型分析:厚层黑土最大蓄水能力较低,耕层以下土壤养分含量相对较低,土壤生物活性较弱,对作物生长发育的障碍主要表现在作物生长的中后期养分和水分供给能力减弱;中层黑土与其它 3 种土种比较,各项性状均在较高水平,但是,具体分析主要障碍因子表现在土壤物理性状向不良方向演替,土壤养分处于下降趋势;薄层黑土与厚层黑土、中层黑土比较各项性状指标都较低,但是,它开垦年限较长,温度相对较高,土壤有效养分含量相对较高,土壤持水能力较强,主要的障碍因子表现在土壤紧实,耕性不良,养分供给能力后劲不足,土壤生物活性较低;侵蚀黑土是 4 种黑土类型质量最差的,由于土壤侵蚀所致,耕层和耕层以下的各种性状指标基本相近,物理性质、化学性质和生物活性均表现出对作物生长的障碍,应该进行全面的调控。

根据通径分析,影响作物产量最主要的因素是土壤容重、孔隙度、持水能力、土壤微生物和土壤有机质;单纯的土壤化学性质通径分析,不同作物之间存在差异,对玉米产量影响较大的是土壤 N 和有机质,对春小麦产量影响较大的是土壤有机质和 K,对大豆产量影响较大的是土壤 N 和 K。

4 结 语

农田黑土在人类控制下,随着思想意识的变化演替,我们应该认识到,黑土开垦 200 多年历史,走过了中原地区 3000 多年生态系统演替过程,必须对黑土今后的发展方向引起高度重视,尤其是要引起国家和各级政府的高度重视。黑土的研究是一个长期过程,在不同研究阶段根据科技的进步不断提高研究水平。实际上对黑土演替已经引起了世界的关注,许多学者已经将黑土演替作为生态热点问题,正在从不同角度积极参与研究,在这样的态势情况下,我们应该尽快的对黑土进行深入研究,取得国际领先水平的研究成果。

参考文献

- 1 何万云等编. 黑龙江土壤. 北京: 农业出版社, 1992
- 2 丁瑞兴, 刘树桐. 黑土开垦后肥力演变的研究. 土壤学报, 1980, 17(1): 20~32
- 3 孙宏德, 李 军, 尚惠贤等. 玉米连作黑土培肥效果的长期定位试验研究. 玉米科学, 1993, 1(1): 53~56
- 4 孟凯等. 农田黑土生态系统特征. 生态农业研究, 1993, 1(3): 63~68
- 5 孟凯等. 松嫩平原黑土退化的机理及其生态复原. 土壤通报, 1998, 29(3): 100~102
- 6 王建国等. 黑土养分供应能力及变化. 土壤学报, 1997, 34(3): 295~300
- 7 王建国等. 松嫩平原农牧结合优化模式的综合研究. 应用生态学报, 1997, 8(4): 381~386
- 8 王建国等. 典型黑土农田化肥氮素的优化管理. 土壤, 2000, 32(5): 266~269
- 9 王建国等. 黑土农田化肥 N 素去向的研究. 生态学杂志, 1997, 16(5): 61~63
- 10 乔樵等. 东北北部黑土水分状况之研究. 黑土水分状况的基本特征及其与成土过程的关系. 土壤学报. 1963, 11(2): 186~195
- 11 乔樵等. 东北北部黑土水分状况之研究. 黑土农业水

- 121 ~ 130 pedogenesis and soil taxonomy II. the soil order. Elsevier Amsterdam, 1983, 165~214
- 4 林成谷. 土壤学(北方本), 北京: 农业出版社, 1991
- 5 曾纪海. 我国干旱地区盐土类型及盐分聚积的一些特点. 土壤通报, 1963(1): 35 ~ 42
- 7 关欣, 李巧云, 文倩等. 南疆西部降尘对土壤性质的影响. 土壤, 2000, (4): 178 ~ 182
- 6 Neffeton WD, Peterson FF, In: Wllding LP et al. eds.

SOIL-FORMING CONDITIONS AND GYPSUM ACCUMULATION IN ARIDOSOLS IN THE SOUTH OF XINJIANG

Guan Xin¹ Li Qiaoyun¹ Zhang Fengrong² Zhong Junping¹

(1 Xinjiang Agricultural University, Urumqi, 830052; 2 Beijing Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract Relationship between gypsum accumulation and soil-forming conditions in Aridosols in the South of Xinjiang was explored. The results show that the effect of precipitation upon modern gypsum accumulation is not evident. The content and shape of gypsum is not related to soil texture, but to parent material. The gypsum layer appears commonly in the upper part of alluvial fan and stable high terrace, and has been in the place for long as a result of geological vicissitude.

Key words The South of Xinjiang, Aridosols, Gypsum, Soil-forming conditions

(上接第 147 页)

- 分状况及水分循环. 土壤学报, 1979, 16 (4): 329~338
- 12 沈善敏等. 东北北部黑土水分状况之研究. 黑土水分保证及春旱预测预报. 土壤学报, 1980, 17 (3): 203~216
- 13 孟凯等. 东北北部黑土区玉米耗水特征分析. 玉米科学, 1996, 4 (3): 66~68
- 14 孟凯等. 东北北部黑土区大豆耗水特征的研究. 大豆科学, 1997, 16 (3): 274~276
- 15 孟凯. 黑龙江省松嫩平原水资源态势及策略. 农业系统科学与综合研究, 1997, 13 (3): 225~228
- 16 孟凯等. 松嫩平原黑土区农业水分供需状况分析. 农业系统科学与综合研究, 2000, 16 (3): 228~231
- 17 孟凯等. 农田黑土水分调节能力分析. 中国生态农业学报, 2001, 9 (1): 46~48
- 18 王占哲等. 松嫩平原黑土区农业可持续发展展望与对策. 农业系统科学与综合研究, 2001, 17 (3): 230~232
- 19 韩秉进. 松嫩平原黑土区玉米生产氮磷破坏肥效优化模型的研究. 土壤学报, 1998, 35 (3): 392~397
- 20 孟凯等. 东北黑土区作物水分利用效率的研究. 生态农业研究, 1999, 7 (2): 32~35

IMPEDIENT FACTORS IN BLACK SOIL IN THE NORTHERN- NORTHEAST CHINA

Meng Kai Zhang Xingyi Sui Yueyu

(Heilongjiang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150040)

Abstract Four typical black soils, black soil medium-thick in soil layer, black soil medium in layer, eroded black soil and black soil thin in layer were selected for stationary study. Based on the results, horizontal and vertical comparisons and analysis of formation of the impedient factors in the black soils and their effect on soil productivity were carried out.

Key word Black soil, Impedient factors, Analysis