

大兴安岭旱作丘陵区耕地肥力演变研究

郝桂娟, 任天志*, 张贵龙, 李文彪, 周尧治
(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要 :以全国第二次土壤普查资料为主要数据源, 结合实地取样测定, 比较分析了大兴安岭东南麓旱作丘陵区 1981 ~2007 年期间土壤肥力演变状况。结果表明, 二十多年间耕地土壤养分含量发生明显变化。主要表现为: 土壤有机质、全氮、碱解氮和速效钾含量明显下降, 速效磷含量增加, 但不同土壤类型的变化幅度不同; 草甸土的有机质和全氮含量下降幅度大于暗棕壤和黑土, 碱解氮含量在黑土中的下降幅度较大, 暗棕壤次之, 草甸土较低; 暗棕壤中有效磷增加的幅度大于黑土和草甸土; 速效钾在暗棕壤中下降的幅度最大, 在黑土中下降的幅度最小。该区土壤中富含交换性钙、交换性镁、有效硫、有效硅等中量元素和锌、铜、铁、锰等微量元素, 现有耕地约有 87.2% 的土壤缺硼, 78.2% 的土壤缺钼。
关键词 :大兴安岭; 旱作丘陵区; 耕地; 肥力演变
中图分类号 : S158.1 **文献标识码 :** A **文章编号 :** 1008-505X(2009)03-0559-08

Study on soil fertility evolvement of farmland in Daxing 'an rainfed farming hilly regions

HAO Gui-juan, REN Tian-zhi*, ZHANG Gui-long, LI Wen-biao, ZHOU Yao-zhi
(Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, CAAS, Beijing 100081, China)

Abstract : Soil fertility plays an important rule in the soil resource utilization. The better understanding of both the soil fertility evolvement laws and its contributing factors is critical for agricultural conservation and management. The main aim of this study is to estimate the recent soil change in Daxing 'an rainfed farming hilly regions. Data used in this study are mainly from the second national soil census conducted in 1980–1982 and the soil surveys on the concerned spot taken place in 2002–2007. Through the comparisons of soil fertility indices in years between 1982 and 2007, it is showed that total nitrogen, alkali-hydrolyzable nitrogen and readily available potassium of soil are decreased since 1982, while soil available phosphorus is increased. We find that the changing spectrums of these indices are different. The decreased organic matter content and total nitrogen content of meadow soils are larger than those in dark brown soils and black soils. The decreased alkali-hydrolyzable nitrogen content of black soils is larger than that of dark brown soils, while for meadow soils it is less than that of dark brown soils. Available phosphorus content is decreased through the years in dark brown soils, which is larger than that of black soils and meadow soils. Readily available potassium is declined in dark brown soils, which is the most among all three types of soils. According to our findings, abundant medium elements such as exchangeable calcium, exchangeable magnesium, available sulfur and available silica, and microelements, such as zinc, copper, iron and manganese remain consistently in soils of the study regions. Additionally, we find that 87.2% of the soils in the arable lands of study areas are short of boron, and 78.2% of those are in molybdenum deficiency.
Key words : Daxing 'an; hill region for rainfed farming; farmland; fertility evolvement

土壤肥力作为土地资源利用的核心, 一直受到肥力评价指标体系和方法上开展了一些研究。何同学者们的密切关注^[1-10]。近年来, 研究人员在土壤康^[10]根据肥力因素对肥力贡献的大小和本身的大

收稿日期: 2008-09-19 接受日期: 2008-11-21
基金项目: 国家科技支撑计划课题“半干旱风沙草原区退化草地治理技术研究”(2006BAC01A12); 国家科技支撑计划课题“生态系统功能及其变化的空地一体化监测评估技术研发”(2006BAC08B0404)资助。
作者简介: 郝桂娟(1965—), 女, 内蒙古人, 博士研究生, 主要从农业资源与利用研究。
* 通讯作者 Tel: 010-82109621, E-mail: rentz@mail.caas.net.cn

小予以一定的分数,用所有肥力因素得分之和表示相应地块肥力的高低。张妙龄^[11]用回归分析法来确定土地质量因子的评级指数。另外,应用模糊数学结合计算机分析软件进行土壤肥力的定量化评价已经应用于实践中^[12-16],这些研究对于科学评价土壤肥力起到了关键性作用,但是难以系统反映土壤肥力的演变过程。新中国成立以来,国家进行了两次全国性的土壤普查,基本摸清了我国的土壤肥力状况。迄今距离二次土壤普查已有 20 多年,这期间我国土壤肥力以什么样的趋势进行时空演变?仍然是广大土壤工作者、政策决策人员乃至普通公众极其关心的问题。从现有的资料来看,一些地区开展了新的实地调查,结合二次土壤普查的结果,对土壤养分的演变进行了比较研究^[17-23],从不同层次上揭示了当地土壤肥力时空变化的基本规律。大兴安岭东南麓旱作丘陵区系山地向平原过渡的典型地带,土地资源丰富,生态类型复杂,是呼伦贝尔市重要的农产品生产基地,也是全国重要的商品粮基地。截至目前,有关该区近 20 年多年的土壤肥力水平和养分结构变化状况的研究报道较为鲜见。本文以 2002~2007 年该区实地土壤肥力调查资料为基础,结合第二次普查的数据,对土壤肥力的变化进行了比较分析,研究土壤肥力演变规律,以期预测该区土壤肥力变化趋势提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区域为大兴安岭东南麓向松嫩平原过渡的低山丘陵区(图 1)。位于东经 120°28′~125°16′,北纬 47°05′~49°55′之间,耕地面积 84.87 万公顷。以大兴安岭为轴线呈东北—西南向条状延伸,海拔高度多在 200 m~400 m,主要为嫩江水系所形成的冲积平原,平原呈缓坡状起伏,其中存在着石质丘陵和分割的丘陵状阶地,以及其间的低平甸子地。

该区属于温带大陆性季风气候。年平均气温 0~2℃,无霜期 100~120 d,冬季寒冷漫长,夏季温凉短促,年降水量在 440~510 mm 之间,主要集中在夏季,春季干燥风大,秋季气温骤降,霜冻早。主要土壤类型为黑土、黑钙土、暗棕壤、白浆土、草甸土、沼泽土等。主要耕作土壤类型有黑土、暗棕壤和草甸土等,其中黑土主要分布于大兴安岭东麓的丘陵、漫岗区,包括嫩江右岸地区的莫力达瓦旗东部、阿荣旗和扎兰屯市的东南部,总面积为 53.23 万 hm²;暗棕壤在该区面积最大,约为 261.21 万 hm²,主要分布于大兴安岭东麓丘陵山区。草甸土总面积为 118.4 万 hm²,主要分布于大小河流两侧和山间河谷地。

研究区主要作物有大豆、玉米、马铃薯、小麦、油菜、向日葵、白瓜籽、谷子等。其中大豆、玉米、马铃

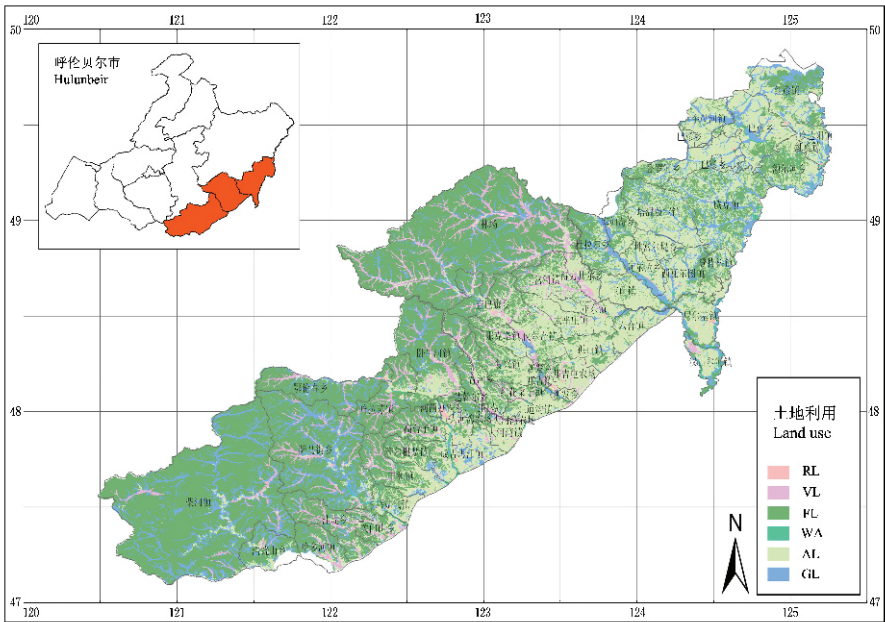


图 1 土地利用图
Fig.1 Land use map

[注 (Note): RL—居民用地 Residential land; VL—未利用土地 Virgin land; FL—林地 Forest land; WA—水域 Water area; AL—耕地 Arable land; GL—草地 Grass land.]

薯总面积占耕地面积的 80% 以上,形成以大豆为主的
优势作物生产基地。近年来农户年均氮肥(N)施
用量为 44.3 kg/hm²,主要以尿素为主。磷肥(P₂O₅)
年均施肥量为 30 g/hm²,主要以含磷量较高的复合
肥磷酸二铵为主。钾肥(K₂O)年均施肥量为 10
kg/hm²,主要以氯化钾、硫酸钾为主。

1.2 样品采集与分析

2002~2007 年对该区耕地土壤肥力进行调查 ,
结合第二次土壤普查采样点资料 ,尽量在原土壤剖
面点位上采样 ,共采集土样 1661 个 ,并进行了 GPS
定位(图 2)。采样时 ,根据地块的形状和大小 ,用对
角线、蛇形和棋盘式几种采样方法 ,每个地块取 20
个点的 0—20 cm 耕层土样 ,混匀后用四分法取 1

kg 装袋 ,风干后过 2 mm 筛 ,保存 ,供分析。
土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸溶液—油浴法 ;
土壤全氮用半微量开氏定氮法 ;土壤碱解氮用碱解
扩散法 ;土壤有效磷用碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色
法 ;速效钾用 NH₄Ac 浸提—火焰光度计法测定 ;土
壤 pH 用(水:土为 2.5:1)电位法测定 ;土壤有效铜、
有效铁、有效锰、有效锌用 DTPA 浸提—原子吸收
法 ;土壤有效硼用沸水浸提后 ,用姜黄素比色法测
定 ;土壤有效钼采用草酸-草酸铵浸提—极谱法 ;土
壤有效硫用磷酸盐浸提—硫酸钡比浊法测定 ;土壤
有效硅用柠檬酸提取后用钼蓝比色法测定 ;土壤交
换性钙、镁采用乙酸铵浸提—EDTA 络合滴定法测
定^[22]。

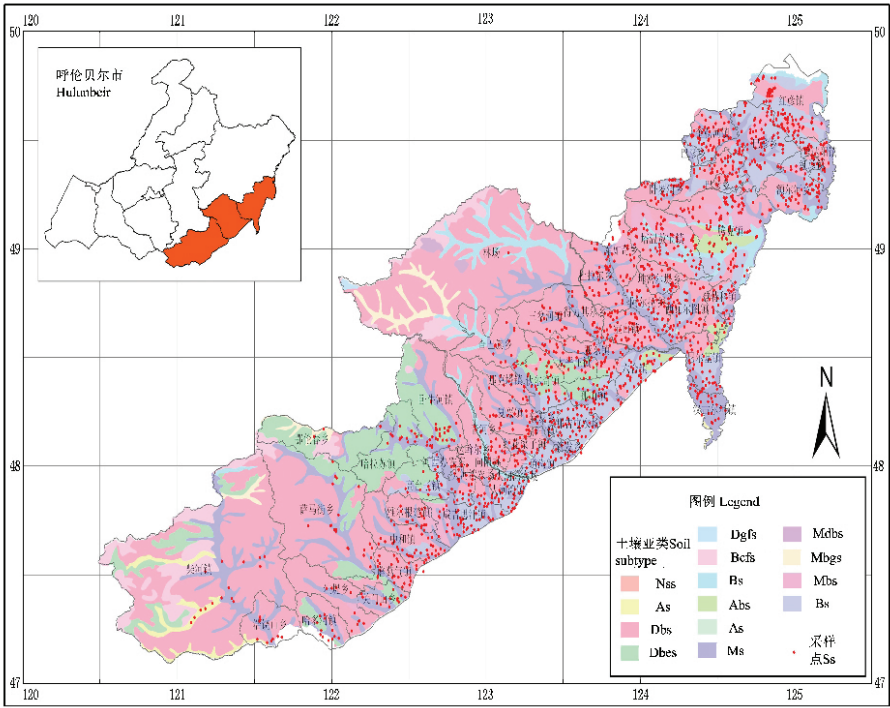


图 2 土壤类型和土样采集点

Fig.2 Map of soils type and sampling

[注(Note): Nss—中性粗骨土 Neutral skeleton soils ;As—冲积土 Alluvial Soil ;Dbs—暗棕壤 Dark brown soil ;Dbes—暗棕壤性土 Dark brown earthening
soil ;Dgfs—暗灰色森林土 Dark gray forest soil ;Bcfs—棕色针叶林土 Brown coniferous forest soil ;Bs—沼泽土 Bog soil ;Abs—白浆化黑土 Albic black
soil ;As—碱化盐土 Alkalized solonchak ;Ms—草甸土 Meadow soil ;Mdbs—草甸暗棕壤 Meadow dark brown soil ;Mbgs—草甸沼泽土 Meadow boggy soil ;
Bbs—草甸黑土 Meadow black soil ;Bs—黑土 Black soil ;Ss—Sample site.]

1.3 评价指标

根据第二次土壤普查资料和实地调查资料 ,结
合以前的研究成果 ,通过主成分分析 ,确定了土壤有
机质、全氮、碱解氮、有效磷、速效钾、中量元素(交
换性钙、交换性镁、有效硫、有效硅)和微量元素(硼、
钼、锌、铜、铁、锰)作为土壤肥力演变的评价指标。

1.4 数据处理

采用 Arcview GIS 3.2 进行图像资料处理与空间
分析 ,属性数据资料应用 EXCEL 软件进行处理与统
计分析。

2 结果与分析

2.1 不同类型土壤有机质的变化

土壤有机质含量直接影响土壤肥力水平,是衡量土壤肥力的重要指标^[24]。由表 1 可以看出,经过 20 多年种植,该区土壤有机质明显下降。从 80 年代初期的平均 60.7 g/kg 下降到 2007 年的 46.2 g/kg 不同类型土壤平均下降 14.5 g/kg,下降幅度达

23.9%。其中,以草甸土有机质下降幅度较大,一般为 30.2%;暗棕壤次之,下降幅度为 22.0%,黑土相对较低,为 19.2%。而全国第二次土壤普查时期时该区土地开垦接近 20 年,据资料显示,当时的土壤有机质含量比原始生态状况已经下降了 20%~30%^[25]。因此,到目前为止,有机质下降的幅度应大于以上数值。

表 1 不同时期土壤有机质含量的变化

土壤类型 Soil type	1981yr		2007yr		增减值(g/kg) Increase	变幅(%) Change
	样本数量	统计值(g/kg)	样本数量	统计值(g/kg)		
	Sample	Statistic value	Sample	Statistic value		
黑土 Black soil	635	57.6 ± 12.2	641	46.6 ± 11.2	- 11.1	- 19.2
暗棕壤 Dark brown soil	519	64.0 ± 15.2	502	49.9 ± 12.4	- 14.1	- 22.0
草甸土 Meadow soil	524	60.6 ± 19.3	518	42.3 ± 16.2	- 18.3	- 30.2
平均 Average		60.7		46.3	- 14.5	- 23.9

2.2 土壤全氮和碱解氮的变化

与 20 年前相比土壤全氮含量也明显下降(表 2),其中草甸土下降幅度最大,2007 年比 1981 年下降 1.0 g/kg,下降幅度为 31.9%;暗棕壤和黑土分别下降 25.7%和 20.9%,说明各类土壤的肥力退化较为严重。不同地区全氮的递减程度也有较大差别,扎兰屯市的全氮降低幅度较大,平均下降了近 1.0 g/kg,下降幅度为 30.8%,与莫里达瓦旗基本相

当。阿荣旗下降幅度较低,平均为 15.7%。根据 1981 年以来的肥料试验和测土平衡施肥的土壤测试数据分析了土壤碱解氮的动态变化(表 2)。总体来看,碱解氮表现出明显的下降趋势,总下降幅度为 12.9%。其中黑土下降的幅度远大于草甸土,暗棕壤下降幅度接近黑土。由于土壤碱解氮的不稳定性,绝对数值的变化虽不能代表土壤的供氮水平,但也反映了土壤供氮能力的下降。

表 2 不同类型土壤全氮和/碱解氮的变化

土壤类型 Soil type	1981yr		2007yr		增减值 Increase		变幅 Chang(%)	
	全氮	碱解氮	全氮	碱解氮	全氮	碱解氮	全氮	碱解氮
	Total N (g/kg)	Alkal. N (mg/kg)	Total N (g/kg)	Alkal. N (mg/kg)	Total N (g/kg)	Alkal. N (mg/kg)	Total N	Alkal. N
黑土 Black soil	2.9 ± 0.6	233.3 ± 68.4	2.32 ± 0.6	197.7 ± 65.1	- 0.6	- 35.6	- 20.9	- 15.3
暗棕壤 Dark brown soil	3.3 ± 0.9	197 ± 65.2	2.4 ± 0.6	167.2 ± 66.4	- 0.8	- 29.8	- 25.7	- 15.1
草甸土 Meadow soil	3.1 ± 0.9	212 ± 67.1	2.11 ± 0.8	194.3 ± 63.2	- 1.0	- 17.7	- 31.9	- 8.5
平均 Average	3.1	214.1	2.3	186.4	- 0.8	- 27.7	- 26.3	- 12.9

2.3 不同类型土壤速效磷和速效钾的变化

据资料显示^[26-27],该区自然土壤的速效磷含量较低,平均值在 10 mg/kg 左右。第二次土壤普查期间的耕地土壤速效磷比自然土壤略高,但也只有 11~12 mg/kg 的水平。2002~2007 年调查结果显示,土壤的速效磷含量大幅度提高,调查区域平均值为 22.5 mg/kg,比 20 多年前该地区的平均水平提高了

10.3 mg/kg,增长幅度为 84.4%。不同土壤类型的速效磷含量是以草甸土偏低(表 3),暗棕壤较高,黑土、暗棕壤、草甸土平均含量值分别为 22.3 mg/kg、23.0 mg/kg 和 22.1 mg/kg。土壤速效磷是耕地土壤唯一增长的养分指标。速效磷含量的大幅度提高,与长期大量施用磷酸二铵化肥有直接关系,由于当地自然土壤磷素较缺^[25],施用含磷素较高的磷酸二

铵复合肥增产效果非常明显,很快被广大农民所认识,自 1978 年以来,磷酸二铵的年均施用量增加到 150~225 kg/hm²。长期大量施用磷肥产生了明显的残留积累,使土壤磷素含量升高。土壤的速效钾含量变化比较明显(表 3),根据 2002~2007 年土壤分析结果,耕地土壤的速效钾含量平均值为 179.3 mg/kg,属于丰富等级,而 1981 年本地区第二次土壤

普查结果为 234.7 mg/kg,20 多年下降了 55.4 mg/kg,下降幅度为 23.6%。土壤速效钾含量大幅度下降主要有两方面的原因:一是多年来重氮、磷肥而轻钾肥,重化肥而轻有机肥的施肥习惯使土壤中钾素得不到补给而产生亏缺;二是土壤流失导致钾素不断损失而降低。

表 3 不同类型土壤速效磷和速效钾含量的变化
Table 3 The changes of available phosphorus and potassium contents in the different type soils

土壤类型 Soil type	1981yr		2007yr		增减值 Increase		变幅 Change(%)	
	速效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)	速效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)	速效磷 Avail. P (mg/kg)	速效钾 Avail. K (mg/kg)	速效磷 Avail. P	速效钾 Avail. K
黑土 Black soil	10.6±5.3	245.4±60.4	22.3±10.9	195.7±51.9	11.7	-49.7	110.4	-20.3
暗棕壤 Dark brown soil	16.4±6.3	270.7±68.3	23.0±11.8	192.5±45.9	6.6	-78.2	40.2	-28.9
草甸土 Meadow soil	9.3±4.9	188.1±42.6	22.1±12.9	149.6±53.3	12.8	-38.5	137.6	-20.5
平均 Average	12.2	234.7	22.5	179.3	10.3	-55.4	84.4	-23.6

2.4 土壤中量元素含量

通过分析不同耕地土壤类型交换性钙、交换性镁、有效硫和有效硅四个中量元素含量,其结果表明(表 4),各种土壤中量元素含量都比较高,属中量元素丰富地区。平均含量交换性钙为 6557 mg/kg,交换性镁为 1623.6 mg/kg,有效硫为 18.1 mg/kg,有效硅为 210.3 mg/kg。由于以前没有中量元素的调查

数据,无法进行时间变化动态的分析。不同耕地土壤类型中量元素的含量差异较大,草甸土交换性钙含量较高,暗棕壤含量最低,而交换性镁则是暗棕壤含量最高,草甸土含量最低,黑土介于两者之间,有效硫和有效硅在黑土中含量最高,暗棕壤中有效硅含量最低。

表 4 土壤中量元素含量分析结果表(mg/kg)
Table 4 Contents of medium elements in soils

土壤类型 Soil type	交换性钙 Exchangeable Ca	交换性镁 Exchangeable Mg	有效硫 Available S	有效硅 Available Si
黑土 Black soil	6712	1636.8	20.8	240.1
暗棕壤 Dark brown soil	5940	1665.6	18.2	185.5
草甸土 Meadow soil	7020	1411.2	16.5	216.3
平均 Average	6557	1623.6	18.1	210.3

2.5 土壤微量元素状况

由表 5 可知,该区土壤中微量元素硼和钼较缺乏,而锌、铜、铁、锰的含量均很丰富。其中有效硼含量平均值为 0.293 mg/kg,在临界值(0.5 mg/kg)以下含量的面积为 7.40×10⁵ hm²,占总耕地面积的 87.2%,有效钼含量平均值为 0.123 mg/kg,在临界值(0.15 mg/kg)以下的面积为 6.64×10⁵ hm²,占总耕地面积的 78.2%。有效锌含量平均值为 1.08 mg/kg,在临界值(0.5 mg/kg)以下的面积为 2.84×10⁴ hm²,占总耕地面积的 3.7%。有效铜含量平均值为 1.48 mg/kg,在临界值(0.2 mg/kg)以下的面积

为 22 hm²,占总耕地面积的 0.025%。有效铁含量平均值为 115.8 mg/kg,全在临界值(4.5 mg/kg)以上。有效锰含量平均值为 23.3mg/kg,在临界值(5.0 mg/kg)以下的面积为 1.7×10³ hm²,占总耕地面积的 0.2%。该区的耕地有 87.2%的面积缺硼,78.2%的面积缺钼,3.7%的面积缺锌,0.025%的面积缺铜,不缺铁,0.2%的面积缺锰。

3 讨论

土壤有机质的变化一方面受地理和气候条件的影响^[27],另一方面受人类活动所影响^[28]。徐艳等^[29]

表 5 土壤微量元素分级面积统计表

Table 5 Statistics of microelement contents in soils

元素 Element	项目 Item	分类 Classification				
		很高 Very high	高 High	中等 Medium	低 Low	很低 Very low
有效硼 Available B	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 2.0	1.0 ~ 2.0	0.5 ~ 1.0	0.2 ~ 0.5	< 0.2
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	—	169.7	108.6	702.3	37.8
	比例 Proportion(%)	—	0.002	12.8	82.8	4.5
有效钼 Available Mo	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 3.0	0.2 ~ 0.3	0.15 ~ 0.2	0.1 ~ 0.2	< 0.1
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	46.3	59.8	78.9	173.1	490.5
	比例 Proportion(%)	5.5	7.05	9.3	20.4	57.8
有效锌 Available Zn	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 3.0	1.0 ~ 3.0	0.5 ~ 1.0	0.3 ~ 0.5	< 0.3
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	0.0008	455.3	361.9	28.01	0.4
	比例 Proportion(%)	0.001	53.7	42.7	3.3	0.4
有效铜 Available Cu	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 1.8	1.0 ~ 1.8	0.2 ~ 1.0	0.1 ~ 0.2	< 0.1
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	153.2	622.3	81.5	0.017	0.004
	比例 Proportion(%)	18.1	73.3	9.6	0.02	0.005
有效铁 Available Fe	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 20.0	10.0 ~ 20.0	4.5 ~ 10.0	2.5 ~ 4.5	< 2.5
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	848.3	0.03	0.004	—	—
	比例 Proportion(%)	99.9	0.04	0.005	—	—
有效锰 Available Mn	分级标准 Classif. criterion(mg/kg)	> 30.0	15.0 ~ 30.0	5.0 ~ 15.0	1.0 ~ 5.0	< 1.0
	面积 Area(× 10 ³ hm ²)	131.1	621.3	94.6	1.7	—
	比例 Proportion(%)	15.5	73.2	11.2	0.2	—

研究结果表明,由于肥料投入量低,生物产量低,有机质的合成与分解维持在低平衡状态,导致近 20 年来,我国黑土区土壤有机质呈现降低趋势。辛刚等^[30]在黑土上的研究发现,随开垦时间的延长,土壤有机碳呈明显下降趋势。王清奎等^[31]认为,农田有机质含量显著低于林地,原因在于农田肥料投入以无机肥为主,不利于有机质的累积。本研究区内,土壤有机质含量在开垦初期处于较高水平,经过多年的开垦以后明显下降。主要是因为该地区地广人稀,耕地面积大,土地管理粗放,有机肥施用量少,土壤有机质长期得不到有效补给,导致逐年下降;另外,旱作丘陵区水土流失严重也是导致耕地有机质含量下降的主要因素之一。黄健等^[32]2003 年在东北黑土区的调查结果显示,与 1980 年相比,耕地土壤全氮增加了 0.11 g/kg,土壤中氮盈余 15.07 kg/hm²,出现这一结果主要与近 20 年来的氮肥大量投入有关。栾兆擎等^[33]在挠力河流域的研究结果表明,湿地土壤全氮受开垦年限影响,开垦 1~2 年后土壤全氮含量下降 3.1%,开垦 5 年后下降 62.5%。从本文的调查结果来看,研究区土壤全氮在近 20 多年大幅度下降,不同土壤类型和不同地区下降的幅度不同。可能是因为该区新开垦耕地较多,土壤养分处于高速释放阶段,另外,山高坡陡,水土流失严重也是主要的因素之一。有研究认为,在单施无机肥处理中,高量施氮能显著提高土壤碱解氮含

量。单施有机肥土壤碱解氮含量比单施无机肥的高,且随施肥量的增加而升高^[34]。有机无机配合施用更能显著提高土壤碱解氮含量。刘世全等^[35]研究表明,土壤碱解氮与土壤有机质和土壤全氮均呈显著相关关系。本研究区内,近年来土壤碱解氮的降低主要是土壤的氮素总量减少和释放量降低所引起。

20 多年来,本研究区土壤速效磷含量增加,速效钾含量降低。有关学者^[32,36-38]对这一时期黑土区土壤养分变化特征进行了研究也得出了类似的结论。宋春等^[39]认为,土地利用方式对土壤磷素的变化有显著的影响,经过 20 多年定位施肥试验后,与裸地相比,草地土壤速效磷含量高出 22.9%,无肥耕地土壤速效磷含量高出 80.1%。有机无机相结合施用的耕地土壤速效磷比单施化肥耕地高 3 倍。孙建军等^[40]研究认为,农作物产量的提高、高耗钾作物的大面积种植和有机物料的投入不足是土壤速效钾从“有余”到“亏缺”的主要原因。通过对肥料投入状况的调查发现,多年来农户重视磷肥的施用,而忽视钾肥的增产效应是本研究区土壤速效磷和速效钾含量变化的重要原因。

余红兵等^[41]研究结果显示,土壤有效铁含量与 pH 呈极显著负相关,而代换性镁、代换态钙、有效铜、有效锌含量与 pH 值没有相关性。土壤有机质与土壤有效锌、有效铜、有效镁含量呈显著或极显著

正相关。张永娥等^[42]认为,成土母质是影响土壤微量元素含量的重要因素之一,发育在基性岩上的土壤一般含量较高,而由红土母质发育的土壤则含量较低。土壤有机质含量与土壤微量元素有明显正相关关系,其中速效锌、速效硼和速效铜与有机质的关系尤为显著。本研究认为,土壤中量元素(交换性钙、交换性镁、有效硫和有效硅)的含量与土壤类型有关,不同的土壤类型其含量差异明显。至于土壤中微量元素状况,在调查中仅涉及其含量和分布面积,有关其在土壤中的变化动因还需继续调查分析。

4 结论

大兴安岭东南麓旱作丘陵区耕地土壤的肥力由第二次土壤普查时期的高有机质条件下的氮足、磷缺、钾有余、中量、微量元素丰富的状态,经过 20 多年演变为有机质降低下的氮降、磷升、钾亏缺、硼、钼元素明显缺乏的状态。20 多年间耕地土壤有机质含量呈下降趋势,下降的幅度达 23.9%;全氮的变化趋势与有机质的变化基本类似,相对于 1981 年的调查结果,2007 年的分析结果显示,土壤全氮下降幅度最大的(草甸土)达 31.92%;土壤碱解氮有所降低,降低幅度平均为 12% 以上;土壤速效钾含量下降明显,下降幅度平均为 23.6%。土壤中交换性钙、交换性镁、有效硫、有效硅等中量元素含量较为丰富。微量元素中锌、铜、铁、锰等含量丰富,硼和钼呈现缺乏,缺乏面积分别占总耕地面积的 87.2% 和 78.2%。至于中量元素和微量元素的变化趋势还有待进一步研究。

参考文献:

[1] Smith J L, Doran J W. Measurement and use of pH and electrical conductivity for soil quality analysis[M]. Washington, DC: Soil Science Society of America, 1996. 775-826.

[2] Kennedy A C, Papendick R L. Microbial characteristics of soil quality[J]. J. Soil Water Conserv., 1995, 50: 243-248.

[3] 沈慧, 姜凤岐, 杜晓军, 等. 水土保持林土壤肥力及其评价指标[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 60-65.

Shen H, Jiang F Q, Du X J *et al.* Study on soil fertility of water and soil conservation forest and its evaluation indexes[J]. J. Soil Water Conserv., 2000, 14(2): 60-65.

[4] 隋跃宇, 焦晓光, 张兴义, 等. 农田黑土肥力综合评价研究[J]. 土壤肥料, 2005(5): 46-51.

Sui Y Y, Jiao X G, Zhang X Y *et al.* Assessment and analysis of farmland fertility in black soil region with statistical method[J]. Soils Fert., 2005, (5): 46-51.

[5] 苏璧耀. 土地资源学[M]. 南京: 江苏教育出版社, 1994.

Su B Y. Land resources science[M]. Nanjing: Jiangsu Education Press, 1994.

[6] 朱德举. 土地评价[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996.

Zhu D Z. Land evaluation[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1996.

[7] 何国松, 赵曦, 钟学兵. 咸宁市咸安区耕地资源变化态势与对策[J]. 资源开发与市场, 2004, 20(4): 240-246.

He G S, Zhao X, Zhong X. B. Change trend and countermeasures of the cultivated in Xian'an County of Xianning City[J]. Res. Develop. Mark., 2004, 20(4): 240-246.

[8] 何艳芬, 马超群, 朱金花, 等. 吉林东部山区耕地动态变化研究[J]. 地理科学, 2003, 23(2): 245-250.

He Y F, Ma C Q, Zhu J H *et al.* The dynamic changes of cultivated land in eastern mountainous area in Jilin Province[J]. Sci. Geogr. Sin., 2003, 23(2): 245-250.

[9] 刘友兆, 马欣, 徐茂. 耕地质量预警[J]. 中国土地科学, 2003, 17(6): 9-12.

Liu Y Z, Ma X, Xu M. The warning of farmland quality[J]. Chin. Land Sci., 2003, 17(6): 9-12.

[10] 何同康. 土壤(土地)资源评价的主要方法及其特点比较[J]. 土壤学进展, 1983, 11(6): 1-12.

He T K. Soil(land) resource evaluation method and the comparison of main features[J]. Prog. Pedol. Sin., 1983, 11(6): 1-12.

[11] 张妙龄. 用回归分析方法确定土地质量因子的评价指数[J]. 江苏农业科学, 1984(2): 38-41.

Zhang M L. Using regression analysis to determine the quality of the land evaluation index[J]. Jiangsu Agric. Sci., 1984, (2): 38-41.

[12] 吕新, 寇金梅, 李宏伟. 模糊评判方法在土壤肥力综合评价中的应用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(3): 56-59.

Lü X, Kou J M, Li H W. Fuzzy integrative evaluation of soil fertility based on GIS[J]. Agric. Res. Arid Areas., 2004, 22(3): 56-59.

[13] 唐晓平. 四川紫色土肥力的 Fuzzy 综合评判[J]. 土壤通报, 1997, 28(3): 107-109.

Tang X. P. Fuzzy comprehensive evaluation of purple soil fertility in Sichuan Province[J]. Chin. J. Soil Sci., 1997, 28(3): 107-109.

[14] 孙波, 赵其国. 红壤退化中的土壤质量评价指标及其评价方法[J]. 地理科学进展, 1999(2): 118-128.

Sun B, Zhao Q G. Evaluation indexes and methods of soil quality concerning red soil degradation[J]. Prog. Geogr., 1999, (2): 118-128.

[15] 杨国栋, 王肖娟. 基于人工神经网络的土壤养分肥力等级评价方法[J]. 土壤通报, 2005, 36(1): 30-33.

Yang G D, Wang X J. Soil fertility evaluation based on BP artificial neural Network[J]. Chin. J. Soil Sci., 2005, 36(1): 30-33.

[16] 李新举, 胡振琪, 刘宁. 黄河三角洲土壤肥力质量的时空演变-以垦利县为例[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 778-783.

Li X Z, Hu Z Q, Liu N. Spatial-temporal evolution of soil fertility in Yellow River Delta-Case study in Kenli County[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(6): 778-783.

[17] 俞海, 黄季, Scott R. 中国东部地区耕地土壤肥力变化趋势研究[J]. 地理研究, 2003, 22(3): 380-388.

Yu H, Huang J, Scott R. Soil fertility changes of cultivated land in Eastern China[J]. Geogr. Res., 2003, 22(3): 380-388.

[18] 王宏庭, 金继运, 王斌. 土壤速效养分空间变异研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(4): 349-354.

Wang H T, Jin J Y, Wang B. Study on variability of soil available nutrients in Shanxi province[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(4): 349-354.

[19] 甘海华, 彭凌云. 江门市新会区耕地土壤养分空间变异特征[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8): 1437-1442.

Gan H H, Peng L Y. Spatial variability of nutrients in cultivated soils of Xinhui District, Jiangmen City[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2005,

- 16(8):1437-1442.
- [20] 熊汉锋,王运华. 梁子湖湿地土壤养分的空间异质性[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(5):584-589.
Xiong H F, Wang Y H. Spatial variability of soil nutrients in wetland of Liangzi Lake[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(5):584-589.
- [21] 高中贵,彭补拙,喻建华,等. 经济发达区土地利用变化对土壤性质的影响—以江苏省昆山市为例[J]. 自然资源学报, 2005, 20(1):44-51.
Gao Z G, Peng B Z, Yu J H *et al.* The impact of Land-use change on the nature of soil in economically developed regions, Case study from KunShan city in Jiangsu Province[J]. J. Nat. Res. 2005, 20(1):44-51.
- [22] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 2000.
Lu R K. Chemical analysis methods of agricultural soil[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.
- [23] 全国农业区划委员会. 中国农业资源与区划要览[M]. 北京:测绘出版社, 1987.
The of Committee National Agricultural Zoning. The records of agricultural resources and regional planning in China[M]. Beijing: Survey and Mapping Press, 1987.
- [24] 郑海春. 大兴安岭东南麓黑土退化研究[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 2005.
Zheng H C. Research on the degenerate of black land in the south east foot of DaxingAnling mountain [M]. Hohhot: Inner Mongolia People's Publishing House, 2005.
- [25] 内蒙古土肥站. 内蒙古土壤[M]. 北京:科学出版社, 1994.
Trial Site of Soil and Fertilizer of Inner Mongolia. The soil of Inner Mongolia[M]. Beijing: Science Press, 1994.
- [26] 郑海春. 阿荣旗耕地[M]. 北京:中国农业出版社, 2003.
Zheng H C. Arable land of Arong q[M], Beijing: China Agricultural Publishing House, 2003.
- [27] 张凤荣. 土壤地理学[M]. 北京:中国农业出版社, 2002. 8-9, 77, 142-147, 183-187.
Zhang F R. Soil geography [M]. Beijing: The Press of China Agriculture, 2002. 8-9, 77, 142-147, 183-187.
- [28] 王茹,张凤荣,王军艳,等. 潮土区不同质地土壤的养分动态变化研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(6):255-257.
Wang R, Zhang F R, Wang J Y *et al.* Temporal changing of plant nutrients in different texture soils in the north China plain[J]. Chin. J. Soil Sci., 2001, 32(6):255-257.
- [29] 徐艳,张凤荣,汪景宽,等. 我国潮土区与黑土区土壤有机质变化的对比研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(2):102-105.
Xu Y, Zhang F R, Wang J K *et al.* Temporal changes of soil organic matter in ustic cambisols and udic isohumusols of China in recent twenty years[J]. Chin. J. Soil Sci., 2004, 35(2):102-105.
- [30] 辛刚,颜丽,汪景宽,等. 不同开垦年限黑土有机质变化的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(5):332-335.
Xin G, Yan L, Wang J K *et al.* Changes of organic carbon in black soils with the different reclamation years [J]. Chin. J. Soil Sci., 2002, 33(5):332-335.
- [31] 王清奎,汪思龙,高洪,等. 土地利用方式对土壤有机质的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4):360-363.
Wang Q K, Wang S L, Gao H *et al.* Influence of land use on soil organic matter[J]. Chin. J. Ecol., 2005, 24(4):360-363.
- [32] 黄健,张惠琳,傅文玉,等. 东北黑土区土壤肥力变化特征的分析[J]. 土壤通报, 2005, 36(5):659-663.
Huang J, Zhang H L, Fu W Y *et al.* Analysis of the changing characteristics of the soil fertilities in the black soil area of northeast China [J]. Chin. J. Soil Sci., 2005, 36(5):659-663.
- [33] 栾兆攀,宋长春,邓伟. 三江平原挠力河流域湿地不同开垦年限肥力的变化[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(5):544-547, 556.
Luan Z Q, Song C C, Deng W. Study on soil fertility variation during wetland reclamation and utilization in the Naoli river watershed of the Sanjiang plain[J]. J. Jilin Agric. Univ., 2003, 25(5):544-547, 556.
- [34] 孙福来,张延霞,庞祥锋,等. 长期定位施肥对土壤有机质和碱解氮及冬小麦产量的影响[J]. 土壤通报, 2007, 38(5):1016-1018.
Sun F L, Zhang Y X, Pang X F *et al.* Effects of long-term fertilization on soil organic matter, available nitrogen and wheat yield[J]. Chin. J. Soil Sci., 2007, 38(5):1016-1018.
- [35] 刘世全,高丽丽,蒲玉琳,等. 西藏土壤有机质和氮素状况及其影响因素分析[J]. 水土保持学报, 2004, 18(16):54-67.
Liu S Q, Gao L L, Pu Y L *et al.* Analysis on status of soil organic matter and N nutrient and their influencing factors in Tibet[J]. J. Soil Water Conserv., 2004, 18(16):54-67.
- [36] 高强,刘淑霞,王瑞有,等. 黑土区土壤养分状况变化及施肥措施[J]. 吉林农业大学学报, 2001, 23(1):65-68.
Gao Q, Liu S X, Wang R Y *et al.* Nutrient status and fertilization recommendation for black soil [J]. J. Jilin Agric. Univ., 2001, 23(1):65-68.
- [37] 张兴义,隋跃宇,于莉,等. 薄层农田黑土速效氮磷钾含量的空间异质性[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4):85-88.
Zhang X Y, Sui Y Y, Yu L *et al.* Space heterogeneity of available nitrogen, phosphorus and potassium content in thin layer black soil [J]. J. Soil Water Conserv., 2004, 18(4):85-88.
- [38] 高洪军,朱平,彭畅,等. 黑土有机培肥对土地生产力及土壤肥力影响研究[J]. 吉林农业大学学报, 2007, 29(1):65-69.
Gao H J, Zhu P, Peng C *et al.* Effects of organic soil fertility improving material in black soil on soil productivity and fertility[J]. J. Jilin Agric. Univ., 2007, 29(1):65-69.
- [39] 宋春,韩晓增. 不同土地利用下黑土磷素肥力特征的研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(5):921-933.
Song C, Han X Z. Phosphorus fertility characteristics of black soil under different types of land use[J]. Chin. J. Soil Sci., 2007, 38(5):921-933.
- [40] 孙建军,吕锦萍,李俊杰,等. 博州耕地土壤养分现状及施肥对策[J]. 中国土壤与肥料, 2007(5):70-72.
Sun J J, Lü J P, Li J J *et al.* The present situation of the soil nutrient about tillage and the fertilization countermeasure in Bozhou[J]. Chin. J. Soil Fert. Sci., 2007, (5):70-72.
- [41] 余红兵,肖润林,王仁才,等. 桂西北环境移民示范区柑桔园土壤中微量微量元素含量研究[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(4):504-506.
Yu H B, Xiao Y L, Wang R C *et al.* Contents of soil second and trace element from citrus orchards in demonstration area of environmental immigrants of northwest Guangxi [J]. Res. Agric. Mod., 2007, 28(4):504-506.
- [42] 张永娥,王瑞良,靳绍菊. 土壤微量元素含量及其影响因素的研究[J]. 土壤肥料, 2005(5):35-37.
Zhang Y E, Wang R L, Jin S J. Research on the content of soil micro-nutrients and affecting factors [J]. Chin. J. Soil Sci., 2005, (5):35-37.