



张雷,邱路凡,皇甫辉远,等.长期耕作活动对大庆和绥化地区黑土理化性质的影响[J].黑龙江农业科学,2023(4):18-23.

长期耕作活动对大庆和绥化地区黑土理化性质的影响

张雷¹,邱路凡¹,皇甫辉远¹,张文珍²,顾月¹,张曼¹

(1.东北石油大学 地球科学学院,黑龙江 大庆 163318; 2.辽宁奥克化学股份有限公司,辽宁 辽阳 111000)

摘要:我国东北黑土区面积广阔,是我国粮食的重要生产区。而黑土区包含黑土、黑钙土、草甸土等多种土壤,为深化研究黑土区的土壤性质,实现因地制宜保护黑土区的策略,采集了大庆市和绥化市不同地区耕地和非耕地的黑土、草甸土,通过实验分析了个 22 点位土样的 6 个理化性质指标。结果表明,在 11 个取样地区中,耕地 pH 普遍低于非耕地,其中肇源地区耕地 pH 为 7.81,与非耕地相比下降了 1.35;干物质含量中,除红岗地区外,耕地干物质含量均较非耕地有一定程度的上升,望奎地区干物质含量上升最多,为 1.87 个百分点;有机碳含量中,所有地区耕地均高于非耕地,大同耕地有机碳含量最高,为 $67.67 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,本文非耕地增加了 $25.26 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$;全氮含量中,耕地含量均小于非耕地,绥棱非耕地含量最高,为 $3\ 699.11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,耕地相比非耕地降低了 $1\ 520.28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;全磷、全钾中,耕地含量均不同程度高于非耕地。综上可知,长期的化肥施用导致该地区土壤中已经有明显的磷、钾元素富集,且有较明显的土壤酸化和一定程度的土壤板结。当地政府应当及时调整政策,鼓励农民施用有机肥,缓解土壤质量的恶化。

关键词:黑土区;耕地;土壤理化性质;土壤肥力

黑土这个词最初来源于东北农民平时的称呼,指的是土壤肥沃而黑土层的厚度大于一犁深的暗黑色土壤^[1],有学者又将富含有机质的暗色表层土壤统称为黑土。现在所说的黑土,对应于美国土壤系统划分中的软土^[2]。东北黑土区是世界四大黑土区之一,是我国重要的粮食生产基地,其大规模开发历史较短。近年伴随着我国人口急剧增加、科学技术迅猛发展、农民在耕作时有机肥使用量逐年减少^[3-5],各种含氮、磷、钾的化肥使用量逐年增多,使得黑土利用程度超过了它的形成速度^[6-8]。过量的氮、磷、钾元素富集在黑土中,有机质相对含量持续下降,从而使黑土退化严重,种植的农作物的质量和产量都有所下降^[9-10]。长期性频繁地机械耕作不利于土壤胶体的产生,降低土壤保水性,加上降水及一些黑土处在丘陵地形和漫岗地区等,造成黑土区土壤侵蚀较为严重,耕作腐蚀已经成为该地土壤腐蚀的重要方式,这些问题都是牵制农牧业可持续的关键因素之一。据调查,在全球范围内每一年大约是 $600 \text{ 万 } \text{hm}^2$ 新

土地因土壤衰退而失去生产主力,土地退化会危害全世界土地资源总数的 30%^[11]。

大庆市地处中国东北松嫩平原中部,黑龙江省西部,是一座以石油、石化和高科技产业著称的新兴城市。根据 2010 年大庆市土地利用变更调查统计数据,全市土地总面积为 $2\ 121\ 872.67 \text{ hm}^2$,其中耕地面积为 $630\ 334.35 \text{ hm}^2$,占总土地面积和农用地面积的 29.71%,而由于常年过度耕种以及化学农药的使用,大庆地区黑土土壤退化严重,耕种面积持续减少。

因此,为了探究耕作对于黑土化学性质的具体影响,对大庆及其周边地区的耕地和非耕地土壤进行取样和化学成分的测试分析。通过实地检测各个地区耕地、非耕地土壤的 pH、有机碳含量、全氮、总磷、全钾含量并进行对比,分析耕作与施肥对土壤性质的具体影响,以期为黑土退化现状提供实际证据,依此制定黑土保护措施,及改变农耕管理的有效策略。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 土样 本次研究的土壤主要来自大庆耕地与大庆市龙凤湿地非耕地、大庆周边沿安肇新河在肇州、大同、红岗、肇源、安达分别采集了耕地

收稿日期:2022-11-10

基金项目:国家自然科学基金(41877489)。

第一作者:张雷(1982—),男,博士,教授,从事土壤地下水污染与修复技术研究。E-mail:zhlei162@126.com。

与非耕地的0~30 cm表层土样,同时也采集了绥化地区的青岗、绥棱、望奎、明水、海伦耕地与非耕地0~30 cm表层土样。本次研究样品采集的所有点位参见图1和图2。

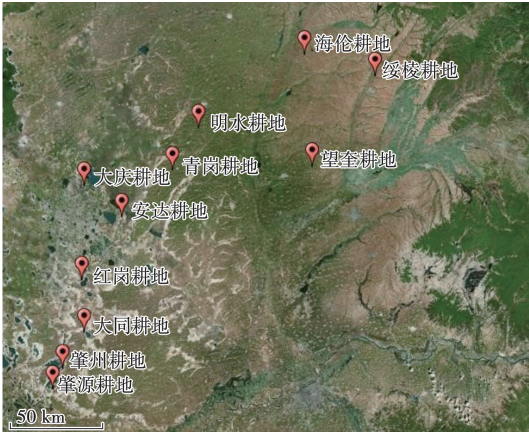


图1 黑土耕地采样点位

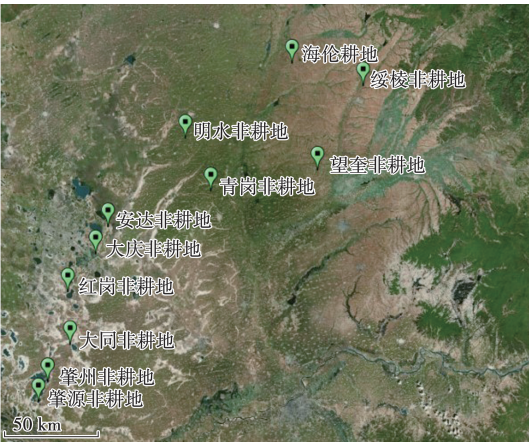


图2 黑土非耕地采样点位

1.1.2 主要仪器和试剂 PerkinElmer Aanalyst 200 原子吸收分光光度计;752N 紫外可见分光光度计,上海精密仪器仪表有限公司;PGS-3E 型 pH 计,上海仪电科学仪器有限公司;DGG-9053A 型电热恒温鼓风干燥箱,上海森信实验仪器有限公司;SX₂-5-12 箱式电阻炉,天津市中环实验炉有限公司。

化学试剂使用了氢氟酸、硼酸、高氯酸、盐酸、硝酸、硫酸、硫酸汞、抗坏血酸、重铬酸钾等,纯度均为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 土样处理 将采集到的富含有机质的黑色泥土地土壤样品放在通风橱里自然风干后,研磨,分别用100目、60目、18目的土壤筛过筛,密封保存备用。

1.2.2 测定项目及方法 主要对采集到的土壤样品进行土壤理化性质分析,主要是测定土壤样品的pH、土壤中水溶性盐含量、用称重法计算土壤中干物质和水分含量、用氢氟酸消解法测定土壤中全钾含量、用碱熔-钼锑抗分光光度法测定土壤样品中总磷含量、用凯氏定氮法测定了土壤的全氮含量、用重铬酸钾氧化法-分光光度法测定土壤有机碳含量,具体检测方法参见表1。

表1 土壤分析方法

序号	检测项目	单位	检测方法
1	有机碳含量	g·kg ⁻¹	HJ 615—2011
2	干物质含量	%	HJ 613—2011
3	全氮	mg·kg ⁻¹	HJ 717—2014
4	全钾	g·kg ⁻¹	GB 9836—88
5	总磷	mg·kg ⁻¹	HJ 632—2011
6	pH		NY/T 1377—2007

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2010 进行原始数据的整理与分析,使用 SPSS 26.0 软件进行数据分析,显著性水平 0.05,用 Origin 18.0 软件作图。

2 结果与分析

2.1 土壤 pH

如图3所示,大庆及其周边地区土壤盐碱化严重,大部分土壤 pH 都在8以上。本研究发现非耕地的 pH 均值为 8.39,耕地的 pH 均值为 7.56。通过对比同一地区耕地与非耕地的 pH 可以看出,非耕地的 pH 普遍比耕地高,其中肇源地区耕地 pH 为 7.81,与非耕地相比下降了 1.35,是所有地区中下降最多的,仅青岗地区耕地 pH 轻微上升,结合当地环境分析可能与耕作方式与类型相关。

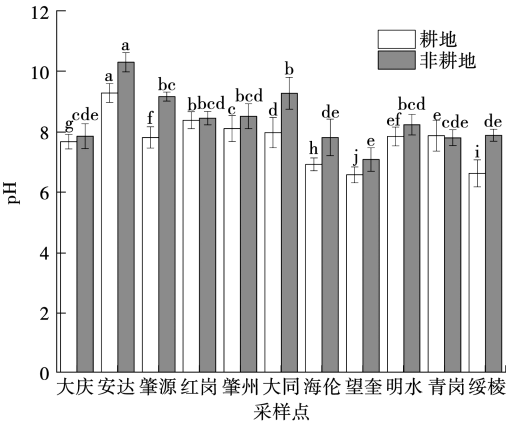


图3 黑土耕地与非耕地 pH 对比

2.2 土壤的干物质含量

如图4所示,采样地区总体上耕地的干物质含量大于非耕地,即耕地含水量小于非耕地,仅有红岗地区耕地干物质含量低于非耕地,肇州耕地干物质含量最高,为97.66%。相差最大的望奎耕地比非耕地含水量低了1.87个百分点,这很有可能是长期的耕种影响了黑土的物理结构,造成土壤板结等问题,从而导致土壤水分的流失,降低了土壤的保水能力。

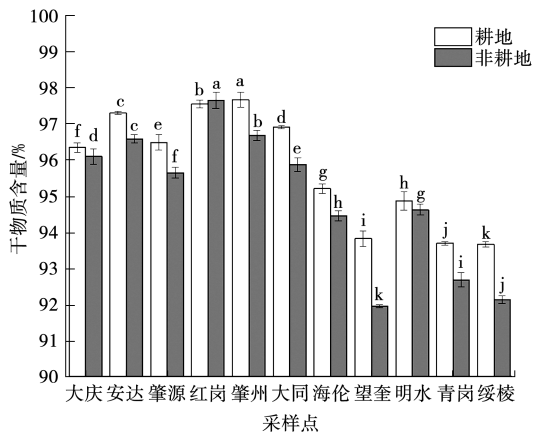


图4 黑土耕地与非耕地干物质含量对比

2.3 土壤有机碳含量

如图5所示,耕地的有机碳含量基本都高于非耕地,大同地区耕地有机碳含量最高,为67.67 g·kg⁻¹,肇源地区非耕地有机碳含量最低,为10.69 g·kg⁻¹,大同地区耕地与非耕地有机碳含量差异最大,相差25.26 g·kg⁻¹。本次采集的土壤深度为0~30 cm,证实了保护性耕作能使土壤表层的有机碳富集。大庆地区的有机碳含量都低于绥化地区,表明黑土肥力流失,土壤退化较为严重,迫切需要采取秸秆还田等固碳措施。

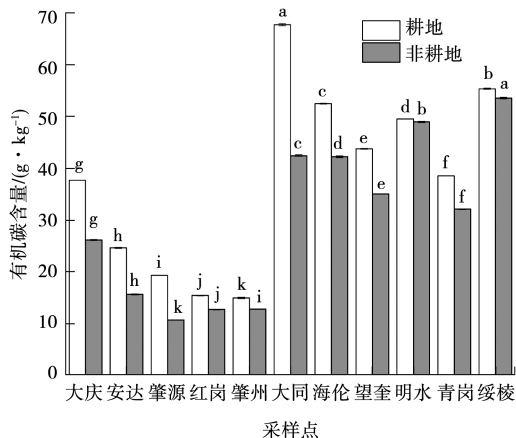


图5 黑土耕地与非耕地有机碳含量对比

2.4 土壤全氮、总磷及全钾含量

2.4.1 全氮 如图6所示,非耕地土壤的全氮含量明显高于耕地土壤,增幅在9.86%~52.16%之间,绥化地区非耕地全氮含量最高,为3699.11 mg·kg⁻¹,安达地区耕地全氮含量最低,为756.41 mg·kg⁻¹,耕地与非耕地全氮含量差异最大的是绥化地区,相差1520.28 mg·kg⁻¹,并且耕作对绥化地区黑钙土的全氮含量影响明显大于大庆地区。

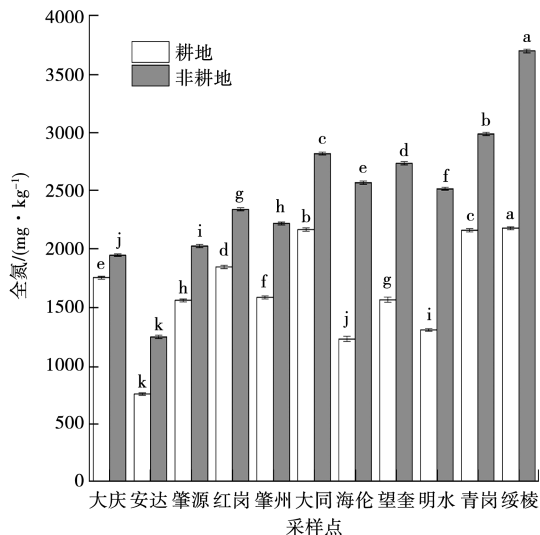


图6 黑土耕地与非耕地全氮含量对比

2.4.2 总磷 如图7所示,耕地土壤的总磷含量均高于非耕地,最高的为海伦,增加了76.53%,这显然是长期施用含磷化肥导致的,总磷含量最高的是绥化地区,为6634.32 mg·kg⁻¹,最低的是肇州地区,为984.34 mg·kg⁻¹。此外,大庆地区黑土全磷含量也明显低于绥化地区。

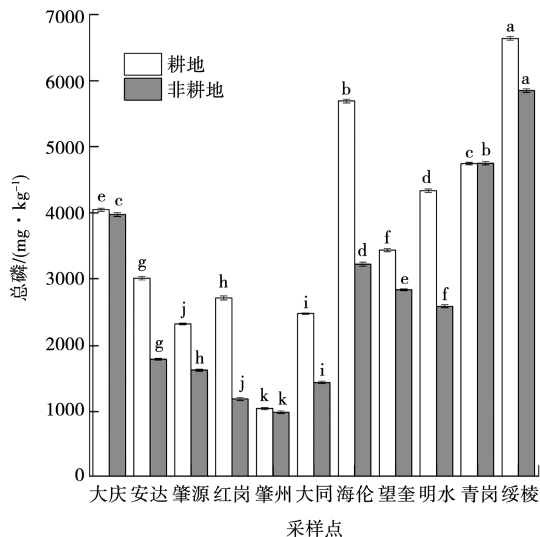


图7 黑土耕地与非耕地总磷含量对比

2.4.3 全钾 如图 8 所示,全钾含量最高的是肇源耕地,为 $4.91 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,含量最低的是明水非耕地,为 $2.39 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。耕地土壤的全钾含量均高于非耕地土壤,增幅最小的是海伦,增加了 0.1%,最多的为肇源,增加了 1.89%,这是长期耕作施用的化肥中含钾导致的,并且大庆地区的钾含量增量普遍高于绥化地区。

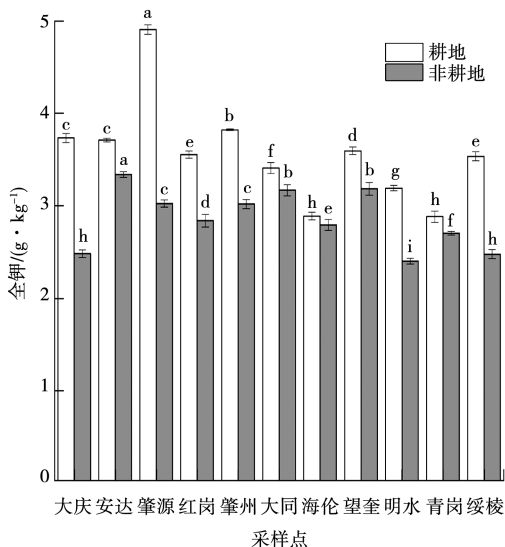


图 8 黑土耕地与非耕地全钾含量对比

3 讨论

土壤 pH 是土壤的一个重要化学指标,土壤 pH 会影响各种养分的周转循环以及土壤微生物多样性和群落结构的变化,被认为是可以间接衡量土壤肥力水平的重要参数之一^[12-13]。许多研究表明,采用不同耕作方式、不同施肥方法都有可能致土壤酸化或盐碱化,是土壤发生退化的标志之一^[14-17]。

目前已有学者研究了不同耕作方法对土壤 pH 的影响,本研究针对黑土是否被耕作,研究其对黑土 pH 的影响,大庆及其周边地区是土壤盐碱化较为严重的区域,大部分土壤 pH 都在 8 以上。本研究检测发现非耕地的 pH 均值为 8.39,耕地的 pH 均值为 7.56,基本符合地区实际情况。通过对比同一地区耕地与非耕地的 pH,可以看出非耕地的 pH 普遍比耕地高。这说明长期的耕种导致了黑土的酸化,改变了土壤的性质,影响内部微生物活性。因此需要使用更为合理的耕作方式和施肥方案,预防土壤进一步酸化。

土壤中有气、液、固三相,液相是土壤最敏感的一相。土壤中的水分极易受到气象、植被或人为活动的影响,从而对其内部的微生物结构和生长的农作物产生影响^[18-19]。许多研究分析了秸秆还田、膜覆盖或各种耕作方式对土壤含水量的影响,但耕作对黑土含水量影响的研究较少。总体上耕地的含水量小于非耕地,这很有可能是长期的耕种影响了黑土的物理结构,造成土壤板结等问题,从而导致土壤水分的流失,降低了土壤的保水能力。

土壤有机碳含量是反映人为活动对土壤质量影响的一个重要指标^[20]。Brown 等^[21]的研究表明耕作对土壤有机碳含量有一定的影响,但不耕作对土壤有机碳含量的增加并不明显。陈娟^[22]的研究得出保护性耕作能使土壤表层的有机碳富集。黑土最显著的特性就是极高的有机质含量。耕地的有机碳含量基本都高于非耕地,而本次采集的土壤深度为 0~30 cm,验证了保护性耕作能使土壤表层的有机碳富集的结论。这说明合理的耕种方式是能改善土壤的质量的,合理的土壤固碳对于土壤和大气的整体碳分布具有重要意义。大庆地区的有机碳含量都低于绥化地区,说明大庆地区黑土肥力流失,土壤退化较为严重,迫切需要采取秸秆还田等固碳措施。

氮、磷、钾是土壤中最重要 3 种营养元素,它们是作物生长的必要元素。土壤中的氮、磷、钾含量主要受到肥料种类和耕种方式的影响。非耕地中的氮、磷、钾活性一般高于耕地,土壤深松也能明显提高氮、磷、钾的利用率^[23-25]。长期的化肥施用导致该地区土壤中已经有明显的 P、K 元素富集,且有较明显的土壤酸化和一定程度的土壤板结。当地政府应当及时调整政策,鼓励农民施用有机肥,缓解土壤质量的恶化。

4 结论

本研究通过采集大庆市和绥化市不同地区耕地和非耕地的黑土、草甸土,分析了个 22 点位土样的 6 个理化性质指标,得出:(1)耕作活动使黑土发生了酸化,这会导致土壤微生物结构破坏,土壤内养分循环出错,土壤肥力流失,建议混合施用有机肥和无机肥,抑制土壤酸化;(2)耕作活动能在一定程度上使有机碳在表层土富集,但大庆地区的黑土有机碳含量明显偏低,亟需因地制宜的

固碳措施保持黑土的肥力;(3)长期耕作施用的肥料使大量的氮、磷、钾残留在土壤中,应进行合理的肥料施用与保护性耕作配合,提高氮、磷、钾的有效利用率。

参考文献:

- [1] 熊毅,李庆远. 中国土壤[M]. 北京:科学出版社,1990:1-10.
- [2] BRADY N C,WEIL R R. Thenature and properties of soils [M]. Harlow:Pearson Education Limited,2017:132.
- [3] 丁建莉,姜昕,马鸣超,等. 长期有机无机肥配施对东北黑土真菌群落结构的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(4):914-923.
- [4] SHI R Y,LIU Z D,LI Y,et al. Mechanisms for increasing soil resistance to acidificationby long-term manure application [J]. Soil & Tillage Research,2019,185:77-84.
- [5] CHEN S,WAGHMODE T R,SUN R,et al. Root-associated microbiomes of wheat under thecombined effect of plant development and nitrogen fertilization [J]. Microbiome, 2019,7(1):136.
- [6] XUE P P,CARRILLO Y,PINO V,et al. Soil properties drive microbialcommunity structure in a large scale transect in South Eastern Australia[J]. Scientific Reports,2018,8(1):11725.
- [7] ARMBRUSTER M,GOODALL T,HIRSCH P R,et al. Bacterial and archaeal taxa arereliable indicators of soil restoration across distributed calcareous grasslands [J]. European Journal of Soil Science,2021,72(6):2430-2444.
- [8] 刘杭. 黑土区典型作物轮作和连作对土壤微生物群落结构的影响[D]. 吉林:中国科学院大学东北地理与农业生态研究所,2019.
- [9] FU J,XIAO Y,WANG Y F,et al. Trichoderma affects the physiochemical characteristicsand bacterial community composition of saline-alkaline maize rhizosphere soils in thecold-region of Heilongjiang Province[J]. Plant Soil,2019,436(4):1-17.
- [10] 中国科学院林业土壤研究所编著. 中国东北土壤[M]. 北京:科学出版社,1980:124-125.
- [11] 张华英. 风沙土肥力及微生物多样性对保护性耕作的响应机制[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2019.
- [12] 吉林省土壤肥料总站. 吉林土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1998.
- [13] DANIEL C S,KENDALL K,BRYAN C,et al. Soil acidification

modifies soil depth-microbiome relationships in a no-till wheat cropping system[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2020,149:107939.

- [14] 姜海. 吉林玉米带土壤腐殖质组成及其与土壤酸度的关系 [D]. 吉林:吉林农业大学,2013.
- [15] 王根林. 不同耕作措施对白浆土 pH 值变化影响[J]. 黑龙江农业科学,2006(1):37-38,44.
- [16] REZGUI M,SEBEI A,BCHINI H,et al. Effect of three soil tillage practices on soil organic matter and nutrient in any semi-arid area in Tunisia [J]. Advances in Social Sciences Research Journal,2020,7(12):110-120.
- [17] LAL R. No-tillage effects on soil properties under different crops in western Nigeria[J]. Soil Science Society of America Journal,1976,40:762-768.
- [18] ROBOCK A,VINNIKOV K Y,SRINIVASAN G,et al. The global soil moisture data bank[J]. Bulletin of the American Meteorological Society,2000,81(6):1281-1299.
- [19] KAIZAD P,ALLISON N M,BEN B,et al. Soil carbon dynamicsduring drying vs. rewetting:importance of antecedent moisture conditions [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2021,156:108165.
- [20] 李东利,蒋鹏,万佳森,等. 生物质炭对灰钙土土壤有机碳及土壤团聚体分布的影响[J]. 河南农业大学学报:2021, 55(6):1128-1133.
- [21] BROWN J,STOBART R,HALLETT P D,et al. Variable impacts of reduced and zero tillage on soil carbon storage across 4-10 years of UK field experiments[J]. Journal of Soils and Sediments,2021,21(5):890-904.
- [22] 陈娟,马忠明,刘莉莉,等. 不同耕作方式对土壤有机碳、微生物量及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2016, 22(3):667-675.
- [23] 郑洪兵. 耕作方式对土壤环境及玉米生长发育的影响[D]. 沈阳:沈阳农业大学,2018.
- [24] DE S A,RECENA R,PEREA-T F,et al. Relationship of soil fertility with biochemical properties under agricultural practices aimed at controlling land degradation[J]. Land Degradation and Development,2019,30(9):1121-1129.
- [25] YANG X Z,ZHUANG L,CHENG C G. Effect of conservation tillage practiceson soil phosphorus nutrition in an apple orchard [J]. Horticultural Plant Journal, 2016, 2(6): 331-337.

Effects of Long-Term Tillage Activities on Physical and Chemical Properties of Black Soil in Suihua and Daqing

ZHANG Lei¹, QIU Lufan¹, HUANGFU Huiyuan¹, ZHANG Wenzhen², GU Yue¹, ZHANG Man¹

(1. College of Geosciences, Northeast Petroleum University, Daqing 163318, China; 2. Liaoning Oxiranchem Inc., Liaoyang 111000, China)

Abstract: Our country northeast black soil area is broad, is an important production area of grain in our country. Black soil area contains black soil, chernozem soil, meadow soil and other soils. In order to further study the soil properties of black soil area and realize the strategy of protecting black soil area according to local conditions, black soil and meadow soil of cultivated and non-cultivated land in different areas of Daqing City and Suihua City were collected, and six physical and chemical property indexes of 22 site soil samples were analyzed through experiments. The results showed that the pH of cultivated land was generally lower than that of non-cultivated land in the 11 sampling areas, and the pH of cultivated land in Zhaoyuan area was 7.81, which was 1.35 lower than that of non-cultivated land. In the dry matter content, except Honggang area, the dry matter content of cultivated land decreased to a certain extent, and the dry matter content of Wangkui area decreased by 1.87% at most. The organic carbon content in all cultivated land was higher than that in non-cultivated land. The highest organic carbon content in Datong cultivated land was $67.67\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, which increased by $25.26\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ compared with non-cultivated land. The content of total nitrogen in cultivated land was lower than that in non-cultivated land, and the highest content in non-cultivated land was $3\,699.11\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ in Suiling, which was $1\,520.28\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ lower than that in cultivated land. The content of total P and total K in cultivated land was higher than that in non-cultivated land. In conclusion, long-term chemical fertilizer application had resulted in significant enrichment of P and K elements in the soil in this area, and obvious soil acidification and soil compaction to a certain extent. The local government should adjust its policies in time to encourage farmers to apply organic fertilizers to alleviate the deterioration of soil physical and chemical properties.

Keywords: black soil area; cultivated land; soil physical and chemical properties; soil fertility

(上接第 4 页)

Selection of Maize Varieties for Grain Mechanical Harvesing in the Third Accumulated Temperature Zones of Heilongjiang Province

LIU Huidi, LI Tingfeng, GUO Jianhua

(Crops Development Research Institute, Heilongjiang Academy of Land Reclamation Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: In order to promote the maize grain mechanical harvesting in the third accumulative temperate zone of Heilongjiang Province, an experiment about cultivar selection was carried out in 852 Farm of Heilongjiang in 2021. The growth and development process, agronomic traits, grain moisture content at harvesting was 28.0%, yield and harvest quality of different maize cultivars were analyzed. The results showed that the period of Tianhe 2 was 115 days, the lodging rate was 1.33%, grain moisture content at harvesting, yield was $10\,425.8\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, and the yield increased by 3.72% compared with the control. The impurity rate was 0.70%, the grain breakage rate was 4.58%, and yield loss rate was 0.67%, which were lower than the national standard of less than 2.5% (GB/T 21962—2020). The comprehensive analysis showed that Tianhe 2 had a low lodging rate, grain moisture content, grain impure rate, grain broken rate, and a high yield. It is the suitable maize variety for mechanical grain harvesting in the third accumulative temperate zone of Heilongjiang Province.

Keywords: maize; grain mechanical harvesting; variety selection