

# 土壤有机碳物理组分研究进展

顾鑫, 杨丽, 任翠梅, 高国金, 刘冰, 孙连成, 胡禧熙

(黑龙江省农业科学院 大庆分院, 黑龙江 大庆 163316)

**摘要:**土壤有机碳对全球气候的变化与农业的可持续发展具有重要的生态作用,土壤有机碳不同形式的组分具有各自的服务功能。有机碳物理组分在一定程度上完整保留了土壤有机碳的原始形态,能更好地反映土壤碳的真正面貌。系统阐述了土壤有机碳物理组分的分类、保护机制及碳同位素在其周变化上的应用,并为今后土壤有机碳物理组分方面指出可能的研究趋势。

**关键词:**土壤有机碳;物理组分;碳同位素

**中图分类号:**S153.62 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)06-0120-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.06.0120

气候的变化与农业的可持续发展问题倍受人们重视,使得生态系统中碳(C)循环的研究成为学术界讨论的热点话题之一。地球陆地生态系统中,土壤有机碳(soil organic carbon, SOC)是极其重要的核心物质,它在维持土壤结构、改善土壤透性和土壤养分以及调控“温室效应”等方面发挥相当大的作用,决定着农业生态系统的持久发展<sup>[1]</sup>。

不同组分的土壤有机碳具有各自的稳定性和生态功能,长期以来,由于土壤有机碳组成成分不同、化学结构复杂以及其存在方式的多样等特点,使得学者们对它的研究始终与其分组技术相联系。早期,多是采用化学分离技术对土壤有机碳进行提取分离,通过使用某种化学试剂提取分离出土壤中各种有机成分(如富里酸和胡敏酸),此方法依据的是有机物溶于酸液、碱液的能力不同,这种化学技术的确帮助人们弄清楚了土壤有机碳的某些化学性质及某些功能团的化学结构,但是它的局限性在于有机碳原始的结构遭到了一定的破坏,造成分离所得的有机物质不能完全体现土壤有机碳的真正面貌,因此很难揭示农业耕作模式对土壤有机碳的影响机制<sup>[2]</sup>。后来,研究发现物理分离技术能够较好地保留土壤有机碳原有形态,自此该方法得到了广泛的应用,获得土壤有机碳的物理组分。本文在前人相关研究的基础之上,系统阐述土壤有机碳物理组分的研究进展,提出未来可能的研究趋势,以供其它相关研究参考。

## 1 土壤有机碳物理组分的分类形式

土壤有机碳物理组分的分类一般是根据土壤

有机物质颗粒的大小或相对密度的大小两种形式进行划分。

### 1.1 颗粒态组分分类形式

由于土壤有机碳与土壤颗粒紧密地结合在一起,因此为了研究颗粒结合有机碳物理组分,20世纪60年代,学者根据土壤颗粒粒径的大小不同,把土壤有机物质筛分出不同大小的颗粒有机物<sup>[3-4]</sup>。将颗粒大小位于53~2 000  $\mu\text{m}$ 的土壤中的碳定义为颗粒有机碳(Particulate organic carbon, POC),而与土壤粉粒、黏粒矿物(<53  $\mu\text{m}$ )粘结在一起的碳定义为矿物结合有机碳(Mineral associated organic carbon, mSOC)。颗粒有机碳(POC)这一有机组分碳主要来源于动、植物残留物的半分解产物,根据它在土体内的不同位置,Colchin等<sup>[5]</sup>把颗粒有机碳简单分成两大类,一类是游离的颗粒有机碳(free POC, frPOC),另一类是团聚体结构内部的颗粒有机碳(intro POC, iPOC)。而后一些研究者再次根据颗粒大小,进一步将团聚体内部的颗粒有机碳分为粗颗粒有机碳(coarse POC, cPOC, 大小为2 000~250  $\mu\text{m}$ )和细颗粒有机碳(fine POC, fPOC, 大小为250~53  $\mu\text{m}$ )<sup>[6]</sup>。

颗粒有机碳被认为是处于活性和惰性有机碳库中间的过渡有机碳,一般情况下它的周转周期约为6~18 a<sup>[7]</sup>。Golchin等<sup>[8]</sup>指出颗粒有机碳是团聚体形成的过渡成分,能够为土壤微生物、植被的生长供给必要的营养元素。Balesdent研究<sup>[9]</sup>发现,与大多数的有机-无机复合物相比,颗粒有机碳的平均存留时间较短,说明了颗粒有机碳较容易发生转变。颗粒有机碳的盈亏不仅由输入到土壤中的植物残留物的质量和数量所决定,而且还受到气候条件、土壤类型和耕作管理模式等方面的影响。Bayer等<sup>[10]</sup>用颗粒有机碳的变化来反

收稿日期:2017-04-13

第一作者简介:顾鑫(1988-),男,黑龙江省讷河市人,硕士,研究实习员,从事土壤改良与土壤生态研究。E-mail: guxin88@yeah.net。

映土壤质量的变化,其原因在于它对外界条件变化的反应是非常灵敏的。可见,土壤颗粒有机碳对于大气  $\text{CO}_2$  含量和土壤质量的变化发挥着显著的调控作用。而矿物结合有机碳被强烈吸附在土壤细小矿物质成分上,不易被微生物侵蚀分解,对外界环境变化的影响更不敏感,周转速率较慢,但是由于其自身个体相对较弱而易受土壤水分的迁移发生流动。

## 1.2 轻重态组分分类形式

土壤浸没于某种密度溶液中,不同比重的颗粒有机物质会自然分开。这种在密度溶液中,密度相对较低的有机物质常被认为是轻组有机物(Light Fraction, LF),而密度相对较高的有机物质常被认为是重组有机物(Heavy Fraction, HF)。迄今为止,国内外对土壤中轻组有机碳(Light fraction organic carbon, LFOC)已进行了大量的深入研究,但还没有找到一种十分理想的溶剂作为密度分离液。早期,人们普遍使用有机溶剂作为密度分离液,例如三溴甲烷( $\text{CH}_2\text{Br}_3$ )、四溴甲烷( $\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$ )和四氯化碳( $\text{CCl}_4$ ),但是在实际操作中这些有机溶剂可能会人为造成土壤有机碳测定值偏高,而且这些有机溶剂也对人体一定毒害<sup>[11]</sup>。后来,人们逐渐发现可以使用水溶性的无机盐作为密度分离液,例如水溶性的溴化锌( $\text{ZnBr}_2$ )、碘化钠( $\text{NaI}$ )、聚钨酸钠( $\text{Na}_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ )。其中,最常用的是  $\text{NaI}$  和  $\text{Na}_6\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{40}$ ,然而无机盐不仅成本高,而且对环境也有一定污染,往往不适用于大量样品的研究,更有相关研究认为,有机物质被无机盐溶液浸入后,它的矿化作用会受到抑制<sup>[12]</sup>。还有学者发现了硅胶悬浮液作为密度分离液具有许多好处,如化学性状相对稳定,价格便宜,安全无害,可以对多量样品进行研究,而且对获得有机物的活性也没有干扰<sup>[13]</sup>,但是 Magid 等<sup>[14]</sup>却认为硅胶悬浮液对分离物质以后的生物降解会产生一定的干扰。

通常认为,轻组有机碳往往留存在土壤团聚体之间孔隙中,主要是来自土壤中未分解和正在分解的动植物残留物、糖类和半木质素等物质,它具有相对较高的碳氮比(C/N),稳定性不高,转变速度相对较快<sup>[15]</sup>。重组有机碳是指与土壤融合在一起的有机碳,C/N 不高,与轻组有机碳相比,稳定性较高,转变速度相对较慢。轻组有机碳是土壤微生物所需能量的来源之一,它与土壤呼吸速率、微生物生物量碳的联系十分密切。由于土壤对轻组有机碳保护不足,因此它常常受土壤微生物和土壤酶的干扰,所以把轻组有机碳作为土

壤中较易变有机物质的良好指标。土壤中轻组组分的数量并不多,但是轻组中有机碳的含量却高于土壤碳含量的平均水平。Greenland 和 Ford 研究<sup>[16]</sup>指出轻组组分占土壤质量不足 8.5%,但是其中的有机碳含量占土壤有机碳总量的比例可达到 49%。土壤中轻组有机碳组分含量的多少极大地受到土地利用方式、植被类型、施肥措施、气候、温度条件以及微生物活性等特征因素的影响。农田土壤经过一段时间的耕作以后,微团聚体中轻组有机碳的损失约是重组有机碳损失的 6 倍,也发现与其他土壤有机组分相比,轻组的分解更快。沼泽地经过开垦种植以后,轻组有机碳的含量显著降低<sup>[17]</sup>,而在当林地向耕地(种植玉米)转变的过程中,植物的分解剩余物首先移至土壤轻组有机碳组分中<sup>[18]</sup>。Malhi 等<sup>[19]</sup>研究发现耕地及其邻近草地中的有机碳含量,发现经过耕作的表层土壤中轻组有机碳含量要比草地的低 83%,在草地再一次变成种植一年生作物耕地的过程中,轻组有机碳的变化要显著高于土壤总有机碳的变化。肥料的应用也是能够促进土壤中轻组有机碳的累积,尹云峰等<sup>[20]</sup>研究发现应用化肥处理土壤中轻组有机碳会随施肥年限呈线性模式增加,而应用有机肥处理土壤中轻组有机碳会随施肥年限呈对数模式增加。气候条件也会严重影响土壤轻组有机碳的含量,研究指出在干冷气候条件下土壤中轻组有机碳较为丰富<sup>[21]</sup>。

## 2 土壤有机碳物理组分的分离手段

对于土壤有机碳物理组分的分离手段,学者 Cambardella 和 Elliot 较早采用了一个针对颗粒有机碳组分分离的简单方法,称取出通过  $2\,000\,\mu\text{m}$  筛子的土壤 10 g,浸入  $30\,\text{mL}\,5\,\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  六偏磷酸钠溶液中振荡分离,振荡时间为 15 h,振荡频率为  $180\,\text{次}\cdot\text{min}^{-1}$ ,振荡完毕将土壤样品在蒸馏水中过  $53\,\mu\text{m}$  筛子,留在筛子上的颗粒有机碳即获得 POC,这种颗粒大小分组的方法简便易行,但是它没有将游离态颗粒有机碳与土壤团聚体内颗粒有机碳区分开<sup>[22]</sup>。随后,许多研究者发现密度分离与颗粒大小分组联合使用能够达到这一效果,将土壤团聚体浸没于某种密度分离液(密度一般为  $1.8\,\text{g}\cdot\text{mL}^{-3}$  左右)中,数分钟后自然分离,悬浮于密度分离液上的为轻组(LF),视为游离态颗粒有机碳(frPOC),沉没于密度分离液底的为重组(HF),进而利用 Cambardella 的方法将重组(HF)中粗颗粒有机碳(cPOC)、细颗粒有机碳(fPOC)和矿物结合有机碳(mSOC)逐一分

离出来<sup>[18]</sup>。

### 3 土壤有机碳物理组分的保护机制

土壤团聚体的形成自然地把微生物、底物二者物理性的隔离开来,通过这种隔离作用阻碍了微生物与底物之间的相互接触,抑制了微生物的活动,进而对土壤有机碳起到保护作用。在团聚体形成的过程中,土壤中不稳定的颗粒有机碳随着团聚体的形成而被保护起来,随着团聚体的破碎而被暴露出去。相关研究表明,颗粒有机碳能否受到保护主要取决于土壤的结构特性,而这种物理保护能力又强烈地受到土壤中不稳定有机碳周转的干扰<sup>[23]</sup>。

颗粒有机碳有利于土壤团聚体稳定性的提高,土壤团聚体多数是以颗粒有机碳为核心,形成于其周围,致使更多碳聚积在团聚体中。普遍认为,有机碳受到大团聚体结构的物理保护作用较弱,微团聚体的形成才是有机碳物理保护的主要机制,这些微团聚体包括位于大团聚体外部和内部的微团聚体。当土壤大团聚体遭到破坏时,碳的矿化作用稍微有所增加,但与未被破坏的大团聚体相比,碳的矿化作用差异并不十分显著,增加的矿化作用还不足大团聚体碳含量的 2.5%,然而土壤微团聚体遭到破坏以后碳的矿化作用却显著提高<sup>[24]</sup>。另外,研究表明受物理保护的有机碳与未受保护的有机碳的化学组成成分差异显著。Golchin 等<sup>[8]</sup>报道闭蓄于团聚体内部的颗粒有机碳比游离态颗粒有机碳含有更高的碳含量,其中,烃基碳含量最为丰富,这表明游离态颗粒有机碳在转移到团聚体内部的过程中,不稳定的碳水化合物选择性地分解,稳定的烃基碳得以被保护起来。

在长期传统机械耕作的模式下,土壤的结构遭到破坏,原来由土壤团聚体保护的有机碳再次被暴露出来。Six 等<sup>[25]</sup>发现传统耕作下被大团聚体包裹的颗粒有机碳的含量比免耕条件下高 1 倍,然而微团聚体内部颗粒有机碳的含量是免耕下的 1/3。与免耕相比,传统耕作条件下微团聚体的比例更低,大团聚体内的微团聚体所含颗粒有机碳的比例也更低,这与传统耕作条件下大团聚体较快的周转速度有着密不可分的联系。大团聚体的转变造成了大团聚体内的微团聚体数量的降低,进而引起了有机碳含量逐渐下降。

### 4 碳同位素在土壤碳组分周转上的应用

土壤有机碳组分动态周转的研究,起初采用

传统的差减法,即将植物残体装入容器(如砂率管、尼龙袋)中,置于田间土壤培养,设置对照与试验处理两组,前提假定有机物料在腐解过程中土壤原有有机碳的分解速率保持一致,计算出有机物料的分解速度是可行的,但是后来应用碳同位素标记材料进行的大量试验都证实了有机碳在分解过程中发生了“碳激发效应”<sup>[26]</sup>,因而表明了这一假定是不正确的。传统差减法的局限在于它仅能对土壤有机碳表观的变化进行研究,而且分析误差较大。而碳同位素既能用于追踪土壤有机碳总体的变化,也可以追踪不同大小、不同密度颗粒组分中有机碳的变化,还可以研究不同农业措施以及不同环境条件对有机碳动态的干扰情况<sup>[27]</sup>。

碳的放射性同位素(<sup>14</sup>C)标记示踪法弥补了非标记法(即差减法)的缺点,但是试验所需时间较长、而且仅能对土壤中存留时间不长的有机碳进行标记,与此同时,<sup>14</sup>C 的辐射也会危害人体健康,从而使其在应用上受到了一定的限制。利用成本不高的稳定同位素(<sup>13</sup>C)天然丰度来研究土壤有机碳的动态,其主要优势是能够对试验地采集的样品直接进行研究,但它的灵敏度与结果的平行性等远远落后于<sup>13</sup>C 加富标记技术,<sup>13</sup>C 天然丰度法的缺点在于碳库间的  $\delta^{13}\text{C}$  值的差异不够大,难以明显追踪出有机碳的迁移周转<sup>[28]</sup>。20 世纪 80 年代后,<sup>13</sup>C 加富标记技术开始广泛应用,朴河春等<sup>[18]</sup>发现林地土壤轻组有机碳的  $\delta^{13}\text{C}$  值显著低于重组,当林地变为耕地(玉米地)后土壤轻组有机碳  $\delta^{13}\text{C}$  值显著高于重组。安婷婷等<sup>[29]</sup>利用<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>脉冲标记法示踪探索了<sup>13</sup>C 在植物-土壤生态系统中碳的转移分配。李双异等<sup>[30]</sup>利用<sup>13</sup>C 标记法对秸秆腐解过程中碳在土壤团聚体及其有机碳物理组分中的分配与周转进行了研究。

### 5 展望

土壤有机碳物理意义上的分隔对土壤结构和形态的破坏程度小,更能够真实地反映土壤有机碳的真正面貌,揭示出土壤有机碳的稳定保护机制,然而客观上来说,这种物理技术上的分组仍然存有一定的局限性:未形成一个统一标准致使学者们对土壤有机碳物理组分认识不清而产生一定的分歧,使用相对密度分离液的密度见仁见智而不完全相同,其值往往在 1.6~2.0 g·m<sup>-3</sup>,区分轻重重组分界线不严格,给数据的比较造成障碍;原始土壤中部分可溶性的轻重有机碳会溶解于分离液

中,造成实际测定值与真实值间出现一定的偏差。为进一步搞清楚土壤中有机碳物理组分的性质、稳定机理及其在农田生态系统中的服务功能,今后应努力探索一套土壤有机碳物理组分的综合评价指标体系;利用无毒无害具有标志性指示作用 $^{13}\text{C}$ 加富标记技术去探究土壤有机物理组分中碳的来源及周转有望成为未来深入研究的一个趋势。

#### 参考文献:

- [1] 李小涵,李富翠,刘金山,等.长期施氮引起的黄土高原旱地土壤不同形态碳变化[J]. 中国农业科学,2014,47(14): 2795-2803.
- [2] Ni J Z, Xu J M, Xie Z M. Soil light organic matter[J]. Techniques and Equipment for Environmental Pollution, 2000, 1(2):59-64.
- [3] Tiessen H, Stewart J W B. Particle-size fractions and their use in studies of soil organic matter II. Cultivation effects on organic matter composition in size fractions[J]. Soil Science Society of America Journal, 1983, 47: 509-514.
- [4] Jennifer L E, Fernandez I J, Lindsey E R, et al. Methods for evaluating carbon fractions in forest soils: A review[J]. Technical Bulletin, 2001, 178: 12-18.
- [5] Golchin A, Oades J M, Skjemstad J O, et al. Soil structure and carbon cycling[J]. Australian Journal of Soil Science, 1994, 32(5): 1043-1068.
- [6] Mtambanengwe F and Mapfumo P. Small holder farmer management impacts on particulate and labile carbon fractions of granitic sandy soils in Zimbabwe[J]. Nutrient Cycle Agro ecosystem, 2008, 81: 1-15.
- [7] Franzluebbers A J and Arshad M. Soil microbial and mineralizable C of water stable aggregates[J]. Soil Science Society of America Journal, 1997, 61: 1090-1097.
- [8] Golchin A, Oades J M, Skjemstad J Q, et al. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state  $^{13}\text{C}$  CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy[J]. Aust. J. Soil Res., 1994, 32: 285-309.
- [9] Balesdent J. The significance of organic separates to carbon dynamics and its modeling in some cultivated soils[J]. European Journal of Soil Science, 1996, 47: 48-49.
- [10] Bayer C L, Martin N, Mielniczuk J, et al. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-tillage cropping system[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65: 1473-1478.
- [11] Alvarez R, Alvarez C R, Daniel P E, et al. Nitrogen distribution in soil density fractions and its relation to nitrogen mineralisation under different tillage systems[J]. Australia Journal Soil Research, 1998, 36: 247-256.
- [12] 孟延,蔡苗,师倩云,等.施用硫酸铵对黄土高原地区不同类型土壤  $\text{CO}_2$  释放的影响[J]. 农业环境科学学报, 2015, 34(7): 1414-1421.
- [13] Meijboom F W, Hassink J, Van Noordwijk M. Density fraction of soil macro-organic matter using silica suspensions [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1995, 27: 1109-1111.
- [14] Magid J, Gorissen A, Giller K E. In search of the elusive active fraction of soil organic matter: three size density fraction methods for tracing the fate of homogeneously  $^{14}\text{C}$  labelled plant materials[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1996, 28: 89-99.
- [15] 郑红. 土地利用方式对土壤团聚体轻组有机碳的影响[J]. 安徽农业科学, 2014, 10(10): 2877-2880.
- [16] Greenland D J, Ford G W. Separation of partially humified organic materials by ultrasonic dispersion. International Society of Soil Science. Eighth International Congress of Soil Science[J]. Bucharest, Romania, Transaction, 1964, 3: 137-148.
- [17] 张金波,宋长春,杨文燕. 三江平原沼泽湿地开垦对表土有机碳组分的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(5): 155-157.
- [18] 朴河春,余登利,刘启明,等. 林地变为玉米地后土壤轻质部分有机碳的 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比值的变化[J]. 土壤与环境, 2000, 9(3): 218-222.
- [19] Malhi S S, Brandt S, Gill K S. Cultivation and grassland type effects on light fraction and total organic C and N in a Dark Brown Chernozemic soil[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2003, 83(2): 145-153.
- [20] 尹云锋,蔡祖聪,钦绳武. 长期施肥条件下潮土不同组分有机质的动态研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(5): 96-99.
- [21] 廖艳,杨忠芳,夏学齐,等. 青藏高原冻土土壤呼吸温度敏感性和不同活性有机碳组分研究[J]. 地学前缘, 2011, 18(6): 85-93.
- [22] Cambardella C A, Elliott E T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence[J]. Soil Science Society of America Journal, 1992, 56: 777-783.
- [23] 邵继承,潘根兴,杨恒山,等. 不同土地利用方式对河滩砂质湿地土壤有机碳在团聚体内分布和稳定性的影响[J]. 水土保持学报, 2013, 27(2): 228-233.
- [24] 刘晶,田耀武,张巧明. 豫西黄土丘陵区不同土地利用方式土壤团聚体有机碳含量及其矿化特征[J]. 水土保持学报, 2016, 30(3): 255-261.
- [25] Six J, Bossuyt H, Degryze S, et al. A history of research on the link between micro-aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics[J]. Soil Till. Res., 2004, 79(1): 7-31.
- [26] 田耀武,王宁,刘晶. 莎草诱导土壤有机碳的激发效应[J]. 核农学报, 2016, 30(12): 2418-2424.
- [27] 田秋香,张威,闫颖,等. 稳定性同位素技术在土壤重要有机组分循环转化研究中的应用[J]. 土壤, 2011, 43(6): 862-869.
- [28] 沈其荣,殷士学,杨超光,等.  $^{13}\text{C}$  标记技术在土壤和植物营养研究中的应用[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(1): 98-105.
- [29] 安婷婷,汪景宽,李双异,等. 用 $^{13}\text{C}$ 脉冲标记方法研究施肥与地膜覆盖对玉米光合碳分配的影响[J]. 土壤学报, 2013, 50(5): 948-955.
- [30] Li S Y, Gu X, Zhuang J, et al. Distribution and storage of crop residue carbon in aggregates and its contribution to organic carbon of soil with low fertility[J]. Soil and Tillage Research, 2016, 155: 199-206.

# 黑龙江省耕地轮作休耕中的除草剂相关问题

黄春艳,郭玉莲,王 宇

(黑龙江省农业科学院 植物保护研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**论述了黑龙江省农药使用的现状和问题、除草剂使用的变化趋势及发展理念,提出了耕地轮作休耕中除草剂使用的技术措施。

**关键词:**耕地;轮作休耕;除草剂

**中图分类号:**S482.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)06-0124-03 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.06.0124

国家农业部等十部委(局)联合印发了“探索实行耕地轮作休耕制度试点方案”(农农发〔2016〕6号),这是党中央、国务院着眼于我国农业发展突出矛盾和国内外粮食市场供求变化作出的重大决策部署,在部分地区探索实行耕地轮作休耕制度试点,既有利于耕地休养生息和农业可持续发展,又有利于平衡粮食供求矛盾、稳定农民收入、减轻财政压力<sup>[1]</sup>。近年来,我国粮食连年增产,农业稳定发展,为经济社会发展全局做出了重要贡献。但是,我国农业发展方式仍较为粗放,在农产品供给的压力下,农业资源过度开发,耕地地力消耗过大,化肥农药等农业投入品过量使用,地下水

过度开采以及农业内外源污染相互叠加,农业资源环境已不堪重负,农业可持续发展面临重大挑战。通过耕地轮作休耕,减轻开发利用强度、减少化肥农药投入,有利于农业面源污染修复,缓解生态环境压力,促进农业可持续发展<sup>[2]</sup>。按照国家探索实行耕地轮作休耕制度的战略部署,由黑龙江省农业委员会牵头,会同十余部委厅局联合印发了“黑龙江省探索实行耕地轮作制度试点方案”,在东北部冷凉区推广“一主四辅”种植模式的轮作制度。让土地放慢脚步“喘口气”<sup>[3-4]</sup>。实施耕地轮作制度的最大障碍是长残留除草剂的残留药害问题,在主导推广轮作制度的地区多年种植玉米,玉米田长期大量使用的莠去津和烟嘧磺隆属长残留除草剂,对后茬轮作敏感作物存在残留药害问题。本文将对黑龙江省耕地轮作休耕中的除草剂相关问题进行阐述,旨在为耕地轮作中安全、合理地安排后茬作物,避免和减轻除草剂残留药害提供技术性指导。

收稿日期:2017-04-04

基金项目:黑龙江省现代农业产业技术协同创新体系资助项目

第一作者简介:黄春艳(1959-),女,黑龙江省勃利县人,学士,研究员,从事农田杂草防除及除草剂应用技术研究。E-mail:huangchunyan@126.com。

## Research Progress on Physical Constituents of Soil Organic Carbon

GU Xin,YANG Li,REN Cui-mei,GAO Guo-jin,LIU Bing,SUN Lian-cheng,HU Xi-xi

(Daqing Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Daqing, Heilongjiang 163316)

**Abstract:** Soil organic carbon (SOC) plays an important ecological role in the global climate change and sustainable development of agriculture. Different fractionations of SOC differ vastly in the their own service functions. Organic carbon natural forms were to some extent retained integrally in the SOC physical fraction, which can better reflect the true face of soil carbon. Classification and protection mechanism of SOC physical fraction and carbon isotope application in the turnover of SOC physical fraction were introduced systematically. Some possible research trends on SOC physical fraction were put forward in the future.

**Keywords:** soil organic carbon; physical fraction; carbon isotope