

草地枯落物分解研究进展及展望

李学斌¹, 马林¹, 陈林², 许冬梅¹, 谢应忠¹

1. 宁夏大学西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏农林科学院荒漠化研究所, 宁夏 银川 750004

摘要: 草地枯落物是草地生态系统中生物组分枯死后所有有机物质的总称, 是草地生态系统重要的组成部分, 是除冠层外, 大气与矿质土壤层、植物根系层进行物质与能量交换的另一介质, 在生态学中起着不可替代的作用。随着西部大开发战略和退耕还林还草工程的实施, 大型家畜等草食性动物退出草地生态系统后, 枯落物成为草地生态系统物质和能量循环的重要调节枢纽。近年来, 随着全球应对气候变化、节能减排和低碳经济所面临的压力, 作为全球碳循环的重要组成部分, 草地枯落物的研究被越来越多的学者所重视。文章在综述国内外大量文献的基础上, 对草地枯落物的概念进行了比较分析, 对其进行了准确定义; 归纳出了尼龙网袋法、室内分解培养法、现量估算法和同位素法等多种草地枯落物分解方法, 并就枯落物分解过程中经常采用的分解率概算模型、时间衰减模型、影响因子关系模型等进行了比较分析, 总结出枯落物的分解是由淋溶、自然粉碎和代谢等 3 个主要作用, 碎屑食物链、腐食食物链等 2 种不同的食物链共同组成的复杂过程。开展长期定位监测、形成统一的研究方法, 探索枯落物分解过程中碳循环微观机理, 以及影响因子之间的交互作用是未来草地枯落物研究工作的重点。

关键词: 草地生态系统; 枯落物; 分解

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-5906 (2010) 09-2260-05

陆地生态系统枯落物分解是全球碳收支的一个重要组成部分, 主要受气候、枯落物质量和土壤生物群落的综合控制。草地枯落物分解是草地生态系统中有机质残体分解转化的基本过程, 系统养分循环的关键环节, 土壤有机质的主要物质源库和维持土壤肥力的基础, 对调节土壤养分可利用性和维持草地生产力具有非常重要的作用^[1-3]。草地枯落物通过分解向土壤释放营养元素, 是维持草地植被生长所需营养物质的重要来源, 也是植物体将营养物质归还的主要途径, 同时从土壤流出 CO₂, 在全球陆地碳循环中起非常重要的作用^[4]。

1 草地枯落物的概念

人们对“枯落物”的研究起始于森林生态系统, 被称之为“凋落物”, 包括林内乔木和灌木的落叶、枯枝、繁殖器官、代谢产物及枯死植物的根等^[5]。上世纪 80 年代, 草地“枯落物”的研究被越来越多的学者所关注。草地生态系统与森林生态系统不同, 主要以一年生及多年生草本植物为主, 间或伴生部分灌木、稀疏乔木。草地植被枯死后, 并不立即落到地面, 凋落物层只包含一部分比例的当年死亡组织的脱落成分, 大部分以立枯体形式存在, 这些立枯体要经过一段时间后才能倒伏到地面。因此, 草地“凋落物”更被广泛地称之为“枯落物”, 是指单位

面积内枯死体的总量, 既包括地上立枯体, 也包括地面凋落物^[6]。

2 草地枯落物分解的实验方法

草地枯落物的分解方法多沿用森林生态系统凋落物的研究方法, 主要采用尼龙网袋法, 其基本原理是在不可降解和柔软材料的网袋中 (袋的大小为 15~600 cm², 孔径为 2~10 mm) 装入一定的枯枝落叶 (如枯落物中的叶、茎等), 然后将枯落物分解袋掷于土壤表面或埋置在深度 5~10 cm 土壤里。该方法由于最大程度地模拟了自然分解状态, 且操作简单, 结果真实可信, 被大多数学者所采用^[7]。但是, 由于网袋的隔离作用及其形成的小环境限制了土壤动物、微生物的活动, 从而使枯落物的分解活动减缓, 并且耗时较长, 因此具有一定的局限性。还有许多学者运用室内分解培养法, 既在实验室内模拟自然分解状态进行研究。但由于实验是在非自然状态下进行, 其结果不能真实反映枯落物的实际状况, 因此常常被作为室外原位实验的辅助对比实验^[8-9]。此外, 还有一些学者运用现量估算法^[10], 既运用收集到地上未分解的枯落物除以收集到的年枯落物量的估算值。由于未分解的枯落物不是当年的瞬时值, 而是多年累积的结果, 因此误差较大。近年来, 一些学者将同位素法应用于草地枯落物分

基金项目: 国家重大基础研究前期研究专项 (2010CB434800); 国家自然科学基金项目 (30960268); 宁夏自然科学基金项目 (NZ1017)

作者简介: 李学斌 (1972 年生), 男, 副研究员, 博士研究生, 研究方向为草地资源、生态与环境。E-mail: lixuebin@nxu.edu.cn

*通信作者: 谢应忠 (1963 年生), 男, 教授, 博士, 主要从事草地资源、生态与环境方面的研究。

收稿日期: 2010-08-27

解当中, 在实验室条件下用 ^{15}N 和 ^{14}C 法进行跟踪。应用这种方法可将凋落物完全暴露在土壤生物下而不会有容器法造成的任何约束^[11]。

3 草地枯落物的分解过程与模拟

3.1 枯落物的分解过程

枯落物分解是指枯落物在自然条件下由复杂的有机物质转化为简单的化学物质, 并最终产生 CO_2 和 H_2O , 以及其它元素淋失和能量释放的过程^[11]。草原枯落物分解既有物理过程, 又有生物化学过程, 一般是由淋溶作用(枯落物中可溶性物质通过降水而被淋溶的过程)、自然粉碎作用(主要由腐食动物的啃食完成, 但非生物因素如土壤干湿交替、冻融作用亦可使枯叶破碎)、代谢作用(由腐生微生物的活动把复杂的有机化合物转化成简单无机化合物的过程)等共同完成^[12]。这个复杂的过程包含两种不同的食物链: 碎屑食物链和腐食食物链, 它不是少数几种生物所能完成, 而是在许多细菌、真菌、无脊椎动物甚至植物参与下完成的。当植物地上部分还存活时, 淋溶作用伴随微生物分解作用已经开始。通过淋溶, 矿质离子和小的水溶性有机化合物溶解在水中并穿过土壤运动, 被淋溶成分主要包括糖、氨基酸和其他活性物质, 或能被微生物完全吸收的部分。伴随着淋溶过程, 土壤动物将枯落物破碎化, 把大块的有机物碎解成小块, 这些小块有机物既为土壤动物提供食物来源, 又为微生物生长繁殖提供能量和养分。枯落物的物质化学改变主要是细菌和真菌分解活动的结果, 陆地上对死亡植物材料进行最初分解的生物主要是真菌, 他们和细菌占总分解者生物量和呼吸作用的 80% 和 90%, 真菌通过分泌酶使之穿过死亡叶片的角质层或木质化的根的外部, 进入死亡植物器官内部, 最终在死亡植物细胞内部和细胞之间繁殖、生长, 将死亡植物降解, 同时为微生物生长提供生存空间和营养元素。细菌由于个体较小, 可以存活于真菌活动所产生的空隙中, 当他们得到丰富营养物质时, 会快速生长和繁殖, 进一步加快死亡植物材料的分解^[13]。

3.2 枯落物分解模型

枯落物分解是个长期过程, 该过程不可能通过短期实验手段揭示出来, 而模型是较为理想的方法之一。枯落物模型的建立面临的一个挑战是枯落物分解格局和分解速率受大量因素影响。这些因素包括微生物、气候、养分和木质素浓度等, 它们交互作用, 多变, 甚至难以测定。由于分解过程的复杂性, 单个模型不可能很好地描述分解过程。概括起来, 草地枯落物分解模型包括分解率概算模型、时间衰减模型和影响因子关系模型 3 大类。

3.2.1 分解率概算模型

这是枯落物分解研究方法中现量估算法的理论基础, 是一种反映大时空尺度下枯落物分解状况的模型。该模型由 Olson 于 1963 年首次提出, 其公式为: $k=P/W$, 式中, k 为概算枯落物分解率; P 为年枯落物量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$); W 为枯落物积累量 ($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)^[14]。Whittaker、Swift 和 Aderson 等人^[15-17]曾经应用此模型对热带雨林、稀疏草原、温带草地、温带落叶林、北方森林和冻原等典型生态系统的分解过程进行了比较, 反映出全球分解过程的地带性规律。

3.2.2 时间衰减模型

枯落物分解是一个时变过程, 分解过程中枯落物残留量必然是时间的函数。于是 Olson 又提出了枯落物分解遵循指数衰减模型: $x/x_0=e^{-kt}$, 式中, x_0 为枯落物初始质量 (kg), x 为经时间 t 后的枯落物残留量 (kg), k 为枯落物腐解系数, t 为分解时间。除了 Olson 提出的指数衰减模型外, 也有学者提出利用其它时间函数模型模拟枯落物分解过程, 如: $(x_0-x)/x_0=at^b$, 式中, x_0 、 x 和 t 的含义同前, a 、 b 为系数。枯落物时间衰减模型是野外分解袋法、室内分解培养法和综合平衡法的理论基础, 是一种反映生态系统尺度下枯落物分解状况的模型^[14]。

3.2.3 影响因子关系模型

这类模型所采用的形式往往包括线性、非线性和指数模型等。根据影响枯落物分解的因子类型, 可将这类模型进一步划分为基质质量关系模型、非生物环境因子关系模型和生物因子关系模型, 其中, 基质质量关系模型和生物因子关系模型为生态系统尺度模型, 非生物环境因子关系模型为大时空尺度模型^[18]。

此外, 还有很多学者对不同类型草地枯落物分解动态做了探讨, 但是对草地枯落物研究还存在实验时间短, 积累数据不足等问题, 因而不能对枯落物分解的长期动态做出准确预测。

3.3 枯落物分解影响因子

枯落物的分解是个复杂的生物、物理和化学过程。大量试验证明, 环境因子、枯落物性质和分解者群落组成与结构等是影响草地凋落物分解的主要因素。一些学者认为, 在全球和区域尺度上, 气候条件是决定性因子; 在局部范围内, 凋落物质量是主导因素; 在凋落物质量因子中, C/N 和木质素含量被认为是最重要的因子^[19-21]。

3.3.1 气候对枯落物分解速率的影响

在枯落物分解调节等级模型中, 气候是最基本影响因素。气候对枯落物分解影响表现在很多方面, 如全球变暖、 CO_2 浓度升高、水分状况等。但综合看, 温度和湿度是影响凋落物分解的主要气候

因子^[22-23]。

温度是影响枯落物分解重要外部因子之一,大量研究表明,随着温度升高,枯落物分解速率会有加快趋势。Vitousek 等(1994)^[24]在太平洋热带岛屿研究表明:随海拔升高,气温降低,枯枝落叶的分解速率呈指数降低。Hornsby 等(1995)^[25]在不同温度下测定枯枝落叶的分解,发现分解速度随温度的升高而加快。Singh 等(1999)^[26]的研究结果进一步证明了温度对分解有明显作用。湿度是影响枯落物分解的另一重要气候因素。水分可以通过淋溶作用直接影响枯落物分解速率,也可通过其他方面影响。枯落物水分含量强烈影响着枯落物分解,而枯落物水分含量又与降水量和土壤水含量呈正相关。降水量变化可通过影响枯落物基质质量而影响其分解。一般来说,增加土壤可利用水,可提高土壤分解体活动而对枯落物分解产生积极作用,而且湿度变化会直接影响土壤生物活性,从而影响枯落物的分解速率^[27-28]。

3.3.2 枯落物化学组成对分解速率的影响

从全球尺度解释不同草地类型枯落物分解速率差异,枯落物质量只处于次要地位,但在同一气候带内因 AET 变化较小,枯落物质量对分解则起主要作用。Taylor 等(1989)^[29]研究发现,氮含量和 C/N 是最好预测枯落物分解速率的因子,而木质素/N 稍次之。但随着分解进行,木质素逐渐代替氮元素控制着分解速率。Gijssman 等(1997)^[30]探讨了磷与根系分解的关系,由于根系 C/P 高达 1780,而微生物的 C/P 介于 34 到 50 之间,因此需要固定大量磷才能使根系分解得以进行,认为磷可能是限制根系分解速率的一个重要因子。从以上研究可得出,一般情况下草原生态系统枯落物分解速率与氮、磷含量正相关,与 C/N、木质素和纤维素含量负相关。

3.3.3 环境因子对枯落物分解速率的影响

枯落物分解不仅与自身化学组成密切相关,受环境因子影响也很大。土壤生物会影响枯落物分解。一些研究发现,土壤中包含的动物区系越复杂,枯落物分解速率越显著。Smith (2003)^[31]研究表明,草原枯落物质量是否是枯落物分解速率的一个显著决定因子,取决于土壤生物群落和分解时间。同是羊草,枯落物分解速率却不同。内蒙古典型草原羊草枯落物年分解速率为 $0.153 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$, 95% 被分解约需 19 a, 而东北松嫩草原羊草枯落物分解指数为 1.55, 95% 枯落物分解需 6.8 a。这可能由于研究时间长短不同,从而导致计算的年分解速率不相同,而且可能与两地气候、土壤和微生物等生态因子不同有关^[32]。王其兵等^[33]应用海拔引起的自然温度梯度作为气候变化研究的替代系统,评价气候变

化对草甸草原、羊草草原和大针茅草原混合枯落物分解过程的可能影响。结果表明:较之当前气候,在气温升高 2.7°C , 降水基本保持不变的气候变化下,3 种枯落物分解速率分别提高了 15.38%、35.83% 和 6.68%;而在温度升高 2.2°C 或更高,降水降低 20% 或更高的气候变化情景下,各种枯落物分解速率将降低。火烧是草原生态系统中正常而重要的自然生态因子,内蒙古羊草草甸草原火烧后羊草枯落物和羊草群落枯落物的分解和积累速率均低于未烧地,但自火烧后 4 a 起,火烧效应消失^[34]。

3.3.4 植物多样性对枯落物分解的影响

一般认为,在大多数生态系统中其优势植物决定着该系统生产力、分解和养分循环等过程,然而最近许多研究表明:植物多样性、真菌菌根、食草动物、蚯蚓、微生物等也影响着生态系统的功能。微生物调节枯落物分解决定着元素的固定和矿质化,反过来又决定着净初级生产力的大小。由于自然陆地生态系统如草地生态系统、森林生态系统一般都是由多物种组成的复杂系统,其枯落物层则是各种不同种类枯落物形成的混合体,在这种混合枯落物的分解过程中,不同种类枯落物间很可能存在交互作用,相互促进或抑制。因此,针对单一物种枯落物分解特征的研究,很难说明其结果能在多大程度上反映混合枯落物作为一个整体进行分解的实际特征。Johannes 等(2001)^[35]对草地生态系统的研究发现,植物多样性对生物量质量(氮含量)有显著但是不算很大的负作用,认为在高生物多样性立地上观察到的生产力的提高和随后导致的土壤有效氮水平的降低,并没有导致枯落物分解速率和氮周转速率的加快。White 等(2004)^[36]对不同经营管理措施草原的研究表明,植物多样性越高,牧草日均生长速率越低,粗蛋白含量越低,干物质的体外消化性越差,而中性洗涤纤维含量越高,同一管理措施内这种相互关系并不明显。枯落物的分解与植被组织的质量性状紧密相关,尤其是与纤维含量而不是与植物多样性密切相关。

4 草地枯落物分解研究展望

长期以来,人们对草地枯落物研究不断深入,研究方法的有所改进,但由于枯落物分解影响因素众多,需要从多角度、多层次进行深入研究。此外,草地生态系统与森林生态系统不同,存在很大的空间异质性,因此今后对枯落物开展研究过程中应重点进行以下几方面的研究:

(1) 在研究方法上既要考虑单因素影响,又要兼顾各因素之间的相互作用,增加不同学者、不同地区之间研究结果的可比性,形成统一的枯落物研究方法,并开展长期定位监测。

(2) 随着全球碳循环问题受到广泛关注, 枯落物的分解对草地生态系统碳源、碳汇具有重要科学意义。近年来, 由于退耕还林还草工程的实施, 在家畜等大型草食性动物退出草地生态系统之后, 草地生态系统的自肥机制、枯落物分解的养分循环、碳循环等微观机理还不甚清楚, 亟待研究。

(3) 枯落物自身的性质是如何影响其分解速率, 能否通过人工诱导等方法加快枯落物分解, 还需要深入开展研究。同时需要深入研究生物因子和非生物因子的交互作用, 以进一步解释枯落物的分解机理。

(4) 近年来, N 沉降成为草地生态系统研究的热点之一, 尽管有许多学者认为 N 沉降对枯落物分解有重要影响, 但至今还没有统一的、可普遍接受的结论, 许多问题有待深入研究。

参考文献:

- [1] 陈佐忠, 汪诗平. 中国典型草原生态系统[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 125-156.
CHEN Zuozhong, WANG Shiping. Typical Steppe Ecosystem in China[M]. Beijing: Science Press, 2000: 125-156.
- [2] 王妮, 郭继勋, 张保田. 东北松嫩草地羊草群落环境因素与凋落物分解季节动态[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 47-52.
WANG Wei, GUO Jixun, ZHANG Baotian. Seasonal dynamics of environmental factors and decomposition rate of litter in *Leymus chinensis* community in Songnen grassland in northeast China[J]. Acta Pratacultural Science, 2003, 12(1): 47-52.
- [3] 刘忠宽, 汪诗平, 韩建国. 内蒙古温带典型草原植物凋落物和根系的分解及养分动态的研究[J]. 草业学报, 2005, 14(1): 24-30.
LIU Zhongkuan, WANG Shiping, HAN Jianguo. Decomposition and nutrients dynamics of plant litter and roots in Inner Mongolia steppe[J]. Acta Pratacultural Science, 2005, 14(1): 24-30.
- [4] COUTEAUX M M, BOTTNER P, BERG B. Litter decomposition, climate and litter quality[J]. Tree, 1995, 10(2): 63-66.
- [5] 韩学勇, 赵凤霞, 李文友. 森林凋落物研究综述[J]. 生态学进展, 1989, 6(2): 82-89.
HAN Xueyong, ZHAO Fengxia, LI Wenyong. A review of researches on forest litterfall[J]. Forestry Science and Technology Information, 1989, 6(2): 82-89.
- [6] 郭继勋, 祝廷成. 羊草草原枯枝落叶分解的研究: 枯枝落叶分解与生态环境的关系[J]. 生态学报, 1992, 34(7): 529-534.
GUO Jixun, ZHU Tingcheng. Study on litter decomposition in *leymus chinensis* grassland-relation of litter decomposition to ecological environment[J]. Acta Ecologica Sinica, 1992, 34(7): 529-534.
- [7] 刘增文. 森林生态系统中枯落物分解速率研究方法[J]. 生态学报, 2002, 22(6): 954-956.
LIU Zengwen. Research method of litter decay rate in forest ecosystems[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(6): 954-956.
- [8] GIJSMAN A J, ALARCÓN H F, THOMAS R J. Root decomposition in tropical grasses and legumes as affected by soil texture and season[J]. Soil Biology and Biochemistry, 1997, 29(9/10): 1443-1450.
- [9] 聂道平. 森林生态系统营养元素的生物循环[J]. 林业科学研究, 1991, 4(4): 435-439.
NIE Daoping. Biological cycling of the nutrient elements in forest ecosystems[J]. Forest Research, 1991, 4(4): 435-439.
- [10] KOUKOURA Z, MAMOLOS A P, KALBURTIJI K L. Decomposition of dominant plant species litter in a semi-arid grassland[J]. Applied Soil Ecology, 2003, 23(1): 13-23.
- [11] MOUGIN E, SEENA D L, RAMBAL S, et al. A regional Sahelian grassland model to be coupled with multispectral satellite data. I: Model description and validation[J]. Remote Sensing of Environment, 1995, 52(3): 181-193.
- [12] CHAPIN F S, MATSON P A, MOONEY H A. Principles of terrestrial ecosystem ecology[M]. California: Pamela A. Matson, 2002: 129-150.
- [13] LORANGER G, PONGE J F, IMBERT D, et al. Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality[J]. Biology and Fertility of Soils, 2002, 35(4): 247-252.
- [14] OLSON J S. Energy storage and the balance of producers and decomposition in ecological systems[J]. Ecology, 1963, 44: 332-341.
- [15] WITTAKER R H. Communities and Ecosystems[M]. 2nd ed. NY: MacMillan, 1975.
- [16] SWIFT M T. Decomposition in Terrestrial Ecosystems[M]. California: Blackwell Scientific Publications, 1979.
- [17] Aderson T M. Ecology for Environmental Sciences: Biosphere, Ecosystem and Man[M]. London: Edward Arnold, 1981: 415-416.
- [18] BRADFORD M A, JONES T H, BARDGETT R D. Impacts of soil faunal community composition on model grassland ecosystems[J]. Science, 2002, 298(5593): 615-618.
- [19] GARTNER T B, CARDON Z G. Decomposition dynamics in mixed species leaf litter[J]. Oikos, 2004, 104(2): 230-246.
- [20] LAIHO R, LAINE J, TRETTIN C C, et al. Scot pine litter decomposition along drainage succession and soil nutrient gradients in peat land forest sand the effects of inter annual weather variation[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36: 1095-1109.
- [21] HOORENS B, AERTS R, STROETENGA M. Dose initial litter chemistry explain litter mixture effects on decomposition[J]. Oecologia, 2003, 137(4): 578-586.
- [22] CHEN H, HARMON M E, GRIFFITHS R P, et al. Effects of temperature and moisture on carton respired from decomposing woody roots[J]. Forest Ecology and Management, 2000, 138(1/3): 51-64.
- [23] 彭少麟, 刘强. 森林凋落物动态及其对全球变暖的响应[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1534-1544.
PENG Shaolin, LIU Qiang. The dynamics of forest litter and its responses to global warming[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(9): 1534-1544.
- [24] TAYLOR B R, PARKINSON D, PARSONS W F J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test[J]. Ecology, 1989, 70(1): 97-104.
- [25] THOMAS R J, ASAKAWA N M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biology and Biochemistry, 1993, 25(10): 1351-1361.
- [26] WHITE T A, BARKER D J, MOORE K J. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands. Agriculture, Ecosystem and Environment, 2004, 101(1): 73-84.
- [27] 郭胜利, 马玉红, 车升国, 等. 黄土区人工与天然植被对凋落物量和土壤有机碳变化的影响[J]. 林业科学, 2009, 45(10): 14-18.
GUO Shengli, MA Yuhong, CHE Shengguo. Effects of artificial and natural vegetations on litter production and soil organic carbon change in loess hilly areas[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(10): 14-18.
- [28] 蒋延玲, 周广胜. 兴安岭落叶松碳平衡及活动影响研究[J]. 植物生态学报, 2002, 26(3): 317-322.
JIANG Yanling, ZHOU Guangsheng. Carbon balance of *larix gmeling*

- forest and impacts of management practices[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2002, 26(3): 317-322.
- [29] TAYLOR B R, PARKINSON D, PARSONS W F J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test[J]. *Ecology*, 1989, 70: 97-104.
- [30] GIJSMAN A J, ALARCÓN H F, THOMAS R J. Root decomposition in tropical grasses and legumes as affected by soil texture and season[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1997, 29(9/10): 1443-1450.
- [31] SMITH V C, BRADFORD M A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time[J]. *Applied Soil Ecology*, 2003, 24(2): 197-203.
- [32] 廖仰南, 赵吉, 刘宝音. 草原羊草和大针茅不同物候期植株残体及凋落物分解酶活性的研究[J]. *内蒙古大学学报: 自然科学版*, 1992, 4: 161-169.
- LIAO Yangnan, ZHAO Ji, LIU Baoyin. A study of decomposition enzyme activities of plant residues and litter of different phenological periods of *Leymus chinensis* and *Stipa grandis*[J]. *Acta scientiarum naturalium universitatis neimongol*, 1992, 4: 161-169.
- [33] 王其兵, 李凌浩, 白永飞. 模拟气候变化对 3 种草原植物群落混合凋落物分解的影响[J]. *植物生态学报*, 2000, 24(6): 674-679.
- WANG Qibing, LI Linghao, BAI Yongfei. effects of simulated climate change on the decomposition of mixed litter in three steppe communities[J]. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2000, 24(6): 674-679.
- [34] 周道玮, 周以良. 羊草草甸草原火烧地凋落物的分解与积累速率变化[J]. *草业学报*, 1993, 2(4): 51-55.
- ZHOU Daowei, ZHOU Yiliang. Fire effects on decomposition and accumulation of litter in *Aneurolepidium Chinense* Steppe[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1993, 2(4): 51-55.
- [35] JOHANNES M H K, WEDIN D, TILMAN D. Biodiversity and decomposition in experimental grassland ecosystems[J]. *Oecologia*, 2001, 126(3): 429-433.
- [36] WHITE T A, BARKER D J, MOORE K J. Vegetation diversity, growth, quality and decomposition in managed grasslands[J]. *Agricultural Ecosystem and Environment*, 2004, 101(1): 73-84.

Research progress and the prospect of grassland litters decomposition

LI Xuebin¹, MA Lin¹, CHEN Lin², XU Dongmei¹, XIE Yingzhong¹

1. Northwest Land Degradation And Ecological Restoration; The Growing Base For State Key Laboratory; Ningxia University; Yinchuan 750021, China;

2. Institute of Desertification; Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences; Yinchuan 750021, China

Abstract: The grassland litters refers to floorboard of all organic matters in ecosystem of grassland after withering. Except for Plant Canopy, it is the important components of grassland ecosystem, and the medium to exchange of energy and matter between the atmosphere and Mineral soil, Plant root layer. This part is the unique researching target in the ecology. Along with the implement of develop-the-west strategy and grain for green project, after the heavy livestock such as Herbivore leaved the grassland, the litters of the grassland has gradually become the important pivot adjustment of the grassland-ecosystem. In recent years, Along with the global climate change, to developing Energy-saving-and-emission-reduction and Low-Carbon-Economy, as the important part of Global carbon cycle, more and more scholars pay attention to research of the grassland litters. Based on the review of the literature at home and abroad, the paper researched and accurately definite the conception of grassland litters by comparative analysis, and concluded the methods of Nylon net bags, Indoor decomposition cultivating, present litter accumulation and isotope analysis and so on, and comparative analyzing the often using model in the researching of the litters decomposition process includes the Decomposition rate estimate model, Time attenuation model, Influence factors relation model etc. finally, the paper gained the litters decomposition is a complicated process, consisted of three important process including leaching, spontaneous disintegration, metabolism, and detritus-food-chain, detrital-food-chain two different chain. The paper suggests that launching the Long-term monitoring and forming the Unified study method, especially exploring Carbon circulation mechanism in decomposition, and the interaction of factors. All these will be the researching key point in the future.

Key words: grassland ecosystem; litters; decomposition