

森林更新的研究进展

赵迎霞^{1,2,3,4,5} 赵国庆^{1,2,3,4,5} 任毅华^{1,2,3,4,5,*}

- 1.西藏农牧学院高原生态研究所 林芝 860000
- 2.西藏高寒植被生态安全重点实验室 林芝 860000
- 3.林芝生态监测站 林芝 860000
- 4.西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站 林芝 860000
- 5.青藏高原森林生态教育部重点实验室 林芝 860000

摘要: 森林更新保障了林业的再生产,是森林持续利用的基础,对森林群落的稳定性有重要影响。笔者通过查阅文献,对森林更新的研究现状、方式等进行综述,并从种源、生境、干扰三个方面对森林更新障碍机制进行分析,以期为今后森林更新的管理经营提供一些参考依据。

关键词: 天然更新; 人工更新; 人工促进天然更新; 更新障碍

Advances in Forest Regeneration

Yingxia Zhao^{1,2,3,4,5}, Guoqing Zhao^{1,2,3,4,5}, Yihua Ren^{1,2,3,4,5,*}

- 1.Institute of Tibet Plateau Ecology, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingchi, 860000
- 2.Key Laboratory of Alpine Vegetation Ecological Security in Tibet, Nyingchi, 860000
- 3.Nyingchi Ecological Monitoring Station, Nyingchi,860000
- 4.Linzhi National Forest Ecosystem Observation & Research Station of Tibet, Nyingchi, 860000
- 5.Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau(Tibet Agriculture & Animal Husbandry University),Ministry of Education, Nyingchi, 860000

Abstract: Forest regeneration ensures the reproduction of forestry and is the basis for sustainable use of forests, which has an important impact on the stability of forest communities. This article provides a review of the research status and methods of forest regeneration by consulting literature, and analyzes the obstacles to forest regeneration from three aspects: seed source, habitat, and disturbance, in order to provide some reference for the management and operation of forest regeneration in the future.

Keywords: Natural regeneration, artificial regeneration, artificial promotion of natural regeneration, regeneration barrier

引言

森林生态系统作为最大的陆地生态系统,对生态环境改善以及人类社会的发展都具有不可替代的重要作用^[1]。森林更新这一生态学过程对于森林生态系统演替和分布格局的影响非常大^[2],这是森林资源再生产的必然过程,是森林生态系统自我恢复、繁衍的基础和手段^[3]。按照更新方式的不同可以将森林更新分为3大类:天然更新、人工更新和人工促进天然更新。森林更新过程受到了众多因素的影响,尤其在天然更新过程中,环境中存在许多障碍,这些障碍机制的任一环节都可能导致森林更新的失败^[4]。森林更新在丰富森林植被组成,恢复森林稳定性和推动森林生态系统向更加高级的群落结构发展上具有及其重要的作用。所以弄清楚不同更新方式在更新过程中的障碍机制对森林更新有很大的帮助。目前我国的森林结构仍旧不太理想,部分原始森林存在衰退

的现象。森林更新能够改善我国目前森林所面临的威胁。因此,本文在了解我国森林更新研究历史的基础上,从更新方式入手,探讨了种源、生境、干扰这三种障碍机制对森林更新的影响,并对今后森林更新的研究做了展望。

一、森林更新的研究简史

戴凡将新中国成立以来中国林业划分为三个发展时期:恢复与曲折发展时期(1949-1977年),快速发展时期(1978-1998年),可持续发展时期(1990-2010年)^[5]。

恢复与曲折发展时期:新中国成立前,经历过战乱后我国森林面积大大减少,但这一时期对森林的管理上仍旧以木材生产为中心。学习了苏联的森林经营模式后,人工更新在我国应用最为广泛^[5]。这一阶段的人工造林、再造林面积和飞播造林面积都增加了很多,弥补了战乱时期森林的损失。

快速发展时期:早在20世纪80-90年代末,生态建设在

我国受到重视,这一阶段木材生产应用的同时尤为重视生态环境的改善。与此同时,我国实施了大量的水土保持和造林工程,许多与生态建设相关的法律法规也相继颁布。相比其他两种更新方式,这一时期应用最多的是人工促进天然更新^[2],取得的成效显著。

可持续发展时期:近年来,我国林业发展进入以大面积的植树造林和国土绿化为代表的重视森林培育的阶段,这一时期的森林经营实践中近自然经营和人工促进天然更新的理念已经得到推广贯彻^[2-5]。与森林经营和管理相关的法律更加健全。与此同时创造了两个世界奇迹,第一个世界奇迹是中国的森林面积在世界上增长最多;第二个世界奇迹是中国的林业产业在世界上发展最快。

我国森林更新从单纯重视木材应用阶段、运用技术措施恢复阶段到近自然育林管理阶段,直至今日,森林在更新的管理上逐渐向合理化、科学化方向发展。

二、森林更新方式的研究现状

2.1 天然更新现状

天然更新是指某一植物物种或群落利用自然恢复能力再次成林的过程^[6]。天然更新是使森林物种丰富起来的必要环节。相比人工更新和人工促进天然更新这两种方式,天然更新成本更低,更益于对生物多样性的保护,也更有利于实现森林的可持续发展^[7]。自然条件下,天然更新是最有价值的森林更新方式,完成森林天然更新必须具备萌发力强的种子和适合种子萌发生长的生活环境^[8,9]。森林天然更新通常可以通过这两种方式来实现,一种是实生更新,另一种是萌生更新^[10]。实生更新即依靠种子更新,属于有性繁殖,其中,实生苗和种子扩散在更新中的作用是研究较广的两个方面,尤其是在生物多样性的研究中^[11]。萌生更新即萌芽更新或萌蘖更新,是植物应对干扰的一种无性繁殖更新方式^[12]。与实生更新相比,萌生更新不需要种子就可以完成更新,这对次生林的经营和管理更有利^[13]。无论是实生更新,还是萌生更新,都是为了维持森林的持续发展而存在,它们彼此间存在权衡关系^[14]。针对不同的生境,选择合适的方式进行天然更新,环境适宜时,应优先考虑实生更新^[15]。

除了对天然更新的两种方式研究外,天然更新在影响更新的因子、更新的障碍机制、更新后土壤成分机制的变化等方面的研究也取得了很大的进展。陈永富从生态因子异常、物理阻隔、干扰作用以及群落结构特征这四个方面障碍机制着手,探讨了天然更新的障碍机制^[4]。此外,自然灾害干扰后

的更新也是众多学者的研究重点,尤其是对火灾和干旱的研究^[2]。近年来,随着国家对生态建设的重视,“碳中和”的提出,天然更新后土壤中的碳氮变化也被许多人重视起来。

2.2 人工更新现状

通过人为措施恢复森林的过程称为人工更新,这些措施包括人工植苗直播、扦插或移植地下茎等,在一些地形复杂的地方常采用飞播造林。与美国、俄罗斯、德国等森林资源丰富的国家相比较,我国的人工林面积增长速度显著高于其他国家,截至 2022 年,我国人工林面积达到 $0.69 \times 10^8 \text{ hm}^2$,蓄积 $24.83 \times 10^8 \text{ m}^3$,居世界首位。

目前人工更新是我国森林更新的主要方式,尤其是迹地更新以人工更新为主。迹地人工更新是改善森林生态环境、增加植被覆盖率和补充后备森林资源的重要举措^[6]。迹地人工更新主要集中在火烧、采伐和病虫害这三种迹地上进行^[17]。人工更新实质上就是人为地对森林的更新进程加以干扰,使得森林的更新进程加快,达到森林经营的目的。林火作为森林生态系统中常见的较为活跃的干扰因素,不仅在短时间内可以改变土壤的理化性质,还会直接或间接地影响森林生态系统的物质养分循环和分配^[18]。人工更新在封山育林中应用也比较广,通过人为采取适当的干预措施,能够促进森林由初级到高级发展演替^[19]。目前对比人工更新和天然更新两种方式下土壤有机碳的差异是研究的热点。人工更新虽然成本高,但林木的质量有保障,生成的人造林对生态环境的改善有很大的帮助。

2.3 人工促进天然更新现状

人工促进天然更新是指在天然更新的基础上,适当采取一些人工技术方法来弥补更新中不足之处^[20]。这些措施主要包括人工松土和补播补植,这样既可以除去过厚的地被覆盖物,改善种子萌发和幼苗幼树生长发育的条件,又可以弥补种苗天然分布的不匀。与传统人工更新的植苗造林相比,人工促进天然更新在方法手段上更为灵活,在向高产林地的转化上效果也更好些,并且保证了森林的多种功能价值^[21]。目前的研究主要是针对小范围内某一树种的更新技术的探讨。

森林人工促进天然更新通常可以采取以下两种措施:一种是结合采伐作业进行措施,另一种是单独实施在空地和林冠下的措施^[20]。第一种措施的关键是保留优良的母树。人工促进更新的种子来源于母树,优良的母树对更新起到非常关键的作用,李贵祥等人的研究发现距离母树 5~20 m 的距离是长蕊木兰的最佳的更新范围^[22]。第二种措施的关键是整地,

整地可以改良土壤理化性质,保存水分的同时也会增加土壤的肥力。因此,掌握有效的整地方法很重要,常用的整地方法有带状整地和块状整地。这些人工促进天然更新的方法措施和王国森总结的基本一致^[23]。

三、森林更新的障碍机制

森林更新是一个复杂的过程,会受到许多因素的影响。目前森林更新障碍因子的研究主要集中在天然更新过程中,而人工更新和人工促进更新过程中的障碍因子研究相对较少。这与人们追求的近自然更新理念有一定的关系。了解森林更新的障碍机制有利于开展森林更新工作,节约人力物力,创造更大的价值。

3.1 种源障碍

种子是有性更新的基础和保障。种子更新属于天然更新方式里的实生更新,在人工更新和人工促进天然更新中也有应用。种子萌发阶段是整个植物种群生活史中相对较为敏感的时期,是树木成林的关键时期^[24]。母树的生长状况关系到森林种子的质量,优质的种源更有利于森林更新。

虽然母树有一定的产种量,但最终能够发育成树木的种子是有限的。这其中的缘由是种子本身的一些特性决定的。种源决定了种子的品质,因此,种源成为了影响森林更新的一个障碍因子。研究发现湖北武陵山珙桐在更新时,由于具有生活力的种子数量有限,从而导致更新效果较差^[25]。种子的大小,含营养物质的多少以及休眠期的长短均影响森林更新的进展。冯辉的研究发现辽东栎的种子制约了其更新,原因是其种子相对较大,并且淀粉含量很高,很容易被动物捕食且存放时间短且易发生霉变^[26]。

3.2 生境障碍

生境是指物种或物种群体赖以生存的生态环境。森林生态系统中,不同的森林空间特征比如郁闭度、海拔、土壤、坡向等会影响森林的更新,在这些森林空间特征相同的情况下,环境因子光、温、水等便成为影响更新的主要因素。此外,地被覆盖物也是影响更新的一个关键因素,尤其是对于天然更新来讲,缺少了人工更新方式中人为干扰清理地被物这一环节,使得更新更加困难。

无论是采用哪种更新方式,森林空间特征对更新的影响都是不能忽视的。坡向不同,生境里的光照、水分、温度等也会有差异,研究发现章古台的坡向是影响沙地樟子松天然更新质量的关键环境因子^[27]。此外,陈芳等人对民勤的人工梭梭林研究发现,梭梭林的更新与所处的立地类型关系密切

^[28]。土壤的理化因子也会成为森林更新的障碍因子。杨彬等人在研究海南岛木麻黄林天然更新的影响因子时发现,土壤铵态氮含量与更新的幼苗密度呈显著正相关^[29]。

枯枝落叶层是指森林生态系统内由生物组分产生的并最终归还到林地表面的所有有机物质的总称,也被称为凋落物^[30]。森林凋落物对森林更新的影响主要表现在对土壤种子库的影响和对幼苗的影响两方面。李根柱等人认为较厚的凋落物会阻碍种子入土及幼苗生长,不利于森林更新^[31]。

相同的森林空间特征下,环境中的光、温、水等便成为影响更新的主要因素,也是目前研究比较多的生境障碍因子。森林更新中对障碍因子光的研究主要集中在对林窗的研究上。林窗对于幼苗的生长非常关键,同时也是树种维持种群的连续和稳定的关键条件^[32]。除了光照,温度和水分也是影响森林更新的重要因子。合适的温度才能利于植物生长,苏格兰的心叶槲就是由于温度过低而无法更新^[33]。水是生命的起源,水分对种子的萌发和幼苗的生长非常关键,水分也是植物吸收土壤有机物质的介质。因此,缺水是影响森林更新的一大障碍。

3.3 干扰障碍

干扰在植物群落组成塑造中发挥着重要的作用。各种生物和非生物的干扰也是影响森林更新的不容忽视的障碍。生物干扰分为人为和动物两种干扰,非生物的干扰主要是自然灾害的干扰。

人为干扰对森林天然更新不总是有益的。间伐后引起森林中光照、水分、温度、林地状况等的变化均有可能造成更新障碍^[34]。采伐活动是人类对森林干扰的主要活动,过量的林木采伐更新不仅会将大量携带植物叶片的植物体带出森林,减少了光合养分的来源,而且还会破坏森林植物的固土能力,尤其是当遇到连续特大降雨天气后,裸露在地表的土壤被冲刷后会携带走大量无机物,从而使土壤的营养物质丧失严重,林地的生产力也大不如前^[35]。人为干扰掌握好一个度,才能利于森林更新。

动物干扰是森林更新另一重要影响因素,主要通过取食影响种子的扩散和萌发过程^[15]。有研究人员认为栎类种子是自然生态系统食物链的重要组成部分^[36]。如果树木种子被动物过度取食,用于更新的种子就所剩无几,这已成为许多植物更新的限制因子^[37]。有些动物的集中取食行为会导致幼苗的生长过于密集,给后期成林造成了一定的困难^[38]。研究还发现种胚会被一些啮齿类动物在贮藏前切除掉,以此来让种

子丧失生活力^[39],但同时这些啮齿类动物分散贮藏种子的方式对种子的扩散也很有帮助^[40]。

非生物干扰对森林更新主要是指自然灾害对更新的影响。自然界中的自然灾害普遍存在,会引起森林的破坏,成为森林更新的障碍。尤其是火灾对森林更新的影响最为严重。高原等人发现连续性树冠火的发生对云南松林分造成的损伤是毁灭性的,需要一定的修复时间才能恢复^[41]。冰雪灾害会导致树冠加重,引起枝干断裂^[42],这就会给母树带来伤害,从而使种子雨减产。自然灾害对森林的伤害不可避免,但我们可以通过加强环境保护来减少自然灾害的发生。

四、展望

与人工更新相比,天然更新的成本更低,也更加符合人们追求的可持续发展理念。随着人们对近自然更新的追求,人工促进天然更新在未来会得到更加广泛的应用。更新障碍机制是影响森林更新的关键,目前对天然更新障碍机制的研究较多,而对人工更新的障碍机制研究很少有综述性的研究,另外在非生物干扰方面,尤其是自然灾害方面的研究也比较少,在今后的研究中可以加强这些方面的研究,为森林更新提供更加合理有效的方案。

参考文献:

- [1]朱霖,许彦红,陆欣玮,等.森林更新的研究[J].南方农业,2011,5(1):81-84.
- [2]程中倩,吴水荣,刘世荣.我国森林天然更新及人工促进天然更新的现状与展望[J].山西农业大学学报(自然科学版),2018,38(10):71-76.
- [3]金永焕,李敦求,姜好相,等.长白山区次生林恢复过程中天然更新的动态[J].南方林业大学学报(自然科学版),2005,29(5):65-68.
- [4]陈永富.森林天然更新障碍机制研究进展[J].世界林业研究,2012,25(2):41-44.
- [5]戴凡.新中国林业政策发展历程分析[D].北京:北京林业大学,2010.
- [6]马姜明,刘世荣,史作民,等.川西亚高山暗针叶林恢复过程中岷江冷杉天然更新状况及其影响因子[J].植物生态学报,2009,33(4):646-657.
- [7]Chazdon R L. Beyond deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands[J]. *Science*, 2008, 320: 1458-1460.
- [8]王琴香,沈海龙,和春庭,等.红松人工林和相邻次生林林下红松天然更新种群格局差异分析[J].森林工程,2018,34(2):16-20.
- [9]朱教君,刘足根,王贺新.辽东山区长白落叶松人工林天然更新障碍分析[J].应用生态学报,2008,19(4):695-703.
- [10]王瑞红.我国冷杉属植物天然更新影响因素研究进展[J].黑龙江农业科学,2018,(8):144-147.
- [11]冯辉,王海洋,张楠,等.森林木本植物萌蘖更新的研究进展[J].贵州农业科学,2011,39(9):177-180.
- [12]Del Tredici P. Sprouting in temperate trees: A Morphological and Ecological Review[J]. *Botanical Review*, 2001, 67: 121-140.
- [13]高贤明,王巍,杜晓军,等.北京山区辽东栎林的径级结构、种群起源及生态学意义[J].植物生态学报,2001,25(6):673-678.
- [14]Carthy R M, EkÖ P M, Rytter L. Reliability of stump sprouting as a regeneration method for poplars: clonal behavior in survival, sprout straightness and growth[J]. *Silva Fennica*, 2014, 48: 1-9.
- [15]李蓉,张婷,谢锦,等.种子更新和萌蘖更新的权衡及更新早期过程的影响因素研究进展[J].生态学杂志,2021,40(7):2234-2242.
- [16]王蓬,王海荣.迹地人工更新造林模式的生长效果调查[J].农技服务,2012,29(5):593-602.
- [17]柯志军,吴道圣.迹地人工更新的树种选择与造林技术[J].林业实用技术,2005(7):15-16.
- [18]赵志霞,李正才,周君刚,等.火烧对中国北亚热带天然马尾松林土壤有机碳的影响[J].生态学杂志,2016,35(1):135-140.
- [19]费世民,彭镇华,周金星,等.我国封山育林研究进展[J].世界林业研究,2004,17(5):29-33.
- [20]李巍.人工促进天然更新的方法介绍[J].林业勘察设计,2011,(3):16-17.
- [21]Shono K, Cadaweng E A, Durst P B. Application of Assisted Natural Regeneration to Restore Degraded Tropical Forestlands[J]. *Restoration Ecology*, 2007, 15(4): 620-626.
- [22]李贵祥,柴勇,和丽萍,等.高黎贡山南段长蕊木兰天然更新研究[J].浙江农林大学学报,2021,38(1):219-224.
- [23]王国森.人工促进天然更新的技术措施[J].安徽农学通报,2014,20(16):99-101.

- [24]赵高卷, 徐兴良, 马焕成, 等. 红河干热河谷木棉种群的天然更新[J]. 生态学报, 2016, 36(5): 1342-1351.
- [25]程芸. 武陵山区珙桐群落生物多样性与天然更新研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33(2): 1-4.
- [26]冯辉. 重庆缙云山常绿阔叶林常见树种萌生特征研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012.
- [27]曹怡立, 刘淑玲, 张日升. 章古台沙地樟子松天然更新影响因子研究[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(23): 121-123.
- [28]陈芳, 纪永福, 张锦春, 等. 民勤梭梭人工林天然更新的生态条件[J]. 生态学杂志, 2010, 29(9): 1691-1695.
- [29]杨彬, 王玉, 郝清玉. 海南岛木麻黄林林下植物天然更新影响因素的研究[J]. 广西植物, 2020, 40(3): 422-432.
- [30]王贺新, 李根柱, 于冬梅, 等. 枯枝落叶层对森林天然更新的障碍[J]. 生态学杂志, 2008, 27(1): 83-88.
- [31]李根柱, 王贺新, 朱书全, 等. 东北次生林区枯落物对天然更新的障碍作用[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2008, 27(2): 295-298.
- [32]李贵才, 何永涛, 韩兴国. 哀牢山中山湿性常绿阔叶林林窗特征研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22(3): 13-17.
- [33]Pigott C D. Nature of seed sterility and natural regeneration of *Tilia cordata* near its northern limit in Finland[J]. *Ann Bot Fennici*, 1981, 18(4): 255-263.
- [34] Zeng D H, Jiang F Q, Fan Z P, et al. Stability of Mongolian pine plantations on sandy land[J]. *Applied Ecology*, 1996, 7(4): 337-343.
- [35]李大龙. 浅议森林采伐作业对于水土保持的重要影响及应对措施[J]. 科技创新导报, 2016, (7): 85.
- [36] Carlo T A, Yang S. Network models of frugivory and seed dispersal : Challenges and opportunities[J]. *Acta Oecologica*, 2011, 37(6): 619-624.
- [37] 孙书存, 陈灵芝. 动物搬运与地表覆盖物对辽东栎种子命运的影响[J]. 生态学报, 2011, 21(1): 80-85.
- [38] Sivy K J, Ostoja S M, Schupp E W, Durham S. Effects of rodent species, seed species, and predator cues on seed fate[J]. *Acta Oecologica*, 2011, 37: 321-328.
- [39] Zhang T, Yan Q L, Wang J, et al. Restoring temperate secondary forests by promoting sprout regeneration: Effects of gap size and within-gap position on the photosynthesis and growth of stump sprouts with contrasting shade tolerance[J]. *Forest Ecology and Management*, 2018, 429: 267-277.
- [40]常罡, 肖治术, 张知彬. 啮齿动物的贮食行为对森林更新的影响[J]. 中学生物教学, 2006, 4-5.
- [41]高源, 陆俊宇, 杨兴明. 红塔山自然保护区云南松火烧迹地天然更新调查研究[J]. 林业调查规划, 2020, 45(4): 105-108.
- [42]冯力, 陈斯, 夏尚文, 等. 雪灾干扰后林冠开阔度对黄心树幼苗更新的影响[J]. 生态学杂志, 2020, 39(3): 786-793.
- 基金项目: 西藏高寒植被生态安全重点实验室开放课题(STAQ-2021T-2)。
- 第一作者简介: 赵迎霞(1999—), 女, 山西大同人, 硕士研究生, 森林生态研究。
- 通讯作者: 任毅华(1980—), 男, 陕西西安人, 副教授, 森林生态学研究与教学, xz_ryh@163.com。