

陈苏维. 秦巴山区多鳞白甲鱼的年龄和生长研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(8): 179–184.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.08.033

秦巴山区多鳞白甲鱼的年龄和生长研究

陈苏维

(安康学院现代农业与生物科技学院, 陕西安康 725000)

摘要:研究秦巴山区多鳞白甲鱼(*Onychostoma macrolepis*)的年龄和生长可预测该区域多鳞白甲鱼资源的生长趋势,以制定合理的捕捞周期,为产业化开发奠定基础。利用鳞片对渔获物进行年龄鉴定,并对其体长与鳞径、体长与体质量相关性、生长曲线及生长方程等进行研究。结果表明,秦巴山区多鳞白甲鱼渔获物的年龄组成为1~4龄,其中以1~2龄为主,占总渔获物的80.69%。其体长(L)与鳞径(r)呈幂函数正相关,相关方程: $L = 65.454r^{0.9078}$ ($r^2 = 0.9061$),体长与体质量的相关方程为 $m = 0.1055L^{2.6508}$ ($r^2 = 0.9722$),属于均匀生长型。其体长和体质量生长方程分别为 $L_t = 26.95[1 - e^{-0.457(t-0.407)}]$ 和 $m_t = 217.86[1 - e^{-0.457(t-0.407)}]$ 。秦巴山区多鳞白甲鱼的生长拐点年龄为2.44龄,建议其起捕体长为16.30 cm,体质量为131.81 g。

关键词:多鳞白甲鱼;年龄;生长特性;秦巴山区

中图分类号: S917.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)08-0179-05

秦巴山区系我国汉江上游秦岭及巴山之间的区域及附近毗邻地区,地跨甘肃、四川、陕西、湖北、重庆和河南,共6个省市,该区域水体资源丰富,长江最大的支流汉江及其他水系不但成为南水北调中线工程的水源涵养地,而且山区优质清澈的溪流和山泉也为许多冷流水鱼类的栖息、生存和繁衍创造了条件。多鳞白甲鱼(*Onychostoma macrolepis*),隶属于鲤形目(Cypriniformes)鲤科(Cyprinidae)白甲鱼属(*Onychostoma*),山东泰山地区称之为“赤鳞鱼”^[1],湖北神龙架地区将其称为“多鳞铲颌鱼”^[2]。因其鳞片底缘的图形类似于古代人们使用的铜钱,在秦巴山区被人们俗称为钱鱼,有的县区也因为多鳞白甲鱼一般于4月上中旬像泉水一样从洞穴涌出而将其称为泉鱼。多鳞白甲鱼优势种群主要分布于秦巴山区汉江上游陕西省安康市岚皋县、紫阳县和镇坪县等地,其味道鲜美,有滋补明目和催乳功效,在当地市场销售价格很高,深受消费者喜爱^[3]。

为保护野生多鳞白甲鱼资源,陕西省人民政府于2004年将多鳞白甲鱼列入《陕西省重点水生野

生动物保护名录》。2013年,农业部将秦巴山区紫阳县任河流域确立为多鳞白甲鱼国家级种质资源保护区^[4]。随着2014年南水北调中线工程通水,加强对水源涵养地的保护,汉水上游区域以瀛湖库区为代表的网箱养殖逐步被裁撤和取缔,因此该区域渔业养殖逐步向当地冷流水野生土著鱼类转型。当地的一些学者尝试利用野生多鳞白甲鱼亲本进行人工繁殖、鱼种培育及饲料需求试验^[5-7],以期产业化开发多鳞白甲鱼提供基础数据。本研究对秦巴山区多鳞白甲鱼的年龄和生长等特性进行分析,旨在为其野生资源的恢复、保护和利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用多鳞白甲鱼于2018年5月和10月利用地笼(长4.5 m,宽28.0~34.0 cm,网目1.0 cm)从陕西省安康市岚皋县孟石岭镇岚河流域、安康市紫阳县任河流域和安康市镇坪县曾家镇洪石河流域共采集样本174尾。样本采集地、数量和体长、体质量等信息见表1。

1.2 试验方法

1.2.1 鳞片的处理和观测 从每尾多鳞白甲鱼背鳍以下、侧线以上部位取5~10枚鳞片作为年轮研究材料。先将鳞片用清水浸泡去除黏液,再用微毛牙刷(0.1 mm)刷掉鳞片表面的残留物,清水洗涤后

收稿日期:2019-04-02

基金项目:陕西省科技厅农业科技创新与攻关项目(编号:2015NY159);安康学院高层次人才启动项目(编号:2016AYQDZR07);陕西省教育厅大学生创新训练项目(编号:2016SXJY016)。

作者简介:陈苏维(1975—),女,陕西礼泉人,博士,副教授,主要从事淡水渔业与水生生物学方向研究。E-mail:chsw04@163.com。

表 1 秦巴山区多鳞白甲鱼样本采集地和规格

采集地	数量 (尾)	体长范围 (cm)	平均体长 (cm)	体质量范围 (g)	平均体质量 (g)
岚皋	62	7.32 ~ 21.03	15.92 ± 3.34	40.12 ~ 150.28	83.45 ± 38.61
镇坪	58	2.85 ~ 23.67	16.58 ± 5.02	37.03 ~ 166.33	91.32 ± 45.43
紫阳	54	7.62 ~ 26.33	17.16 ± 6.71	45.03 ~ 192.36	101.69 ± 40.17

用透明胶带固定在 2 个载玻片间,利用解剖显微镜 (Olympus SZ261) 观察年轮特征,在 10 × 4 倍双筒显微镜 (Olympus CH2) 下用测微尺测量鳞径和轮径,并对其副轮、幼轮和生殖轮进行鉴定。

1.2.2 数据处理及分析 根据 Rosa Lee 方程式得出体长与鳞径长的关系,利用 Keys 公式 $m = aL^b$ 拟合体长和体质量间的相关性,并通过 von Bertalanffy 方程式表示体长和体质量的生长方程。采用 Excel 2010 和 SPSS 18.0 对数据进行处理和分析,并绘制生长曲线、生长速度和生长加速度曲线。

2 结果与分析

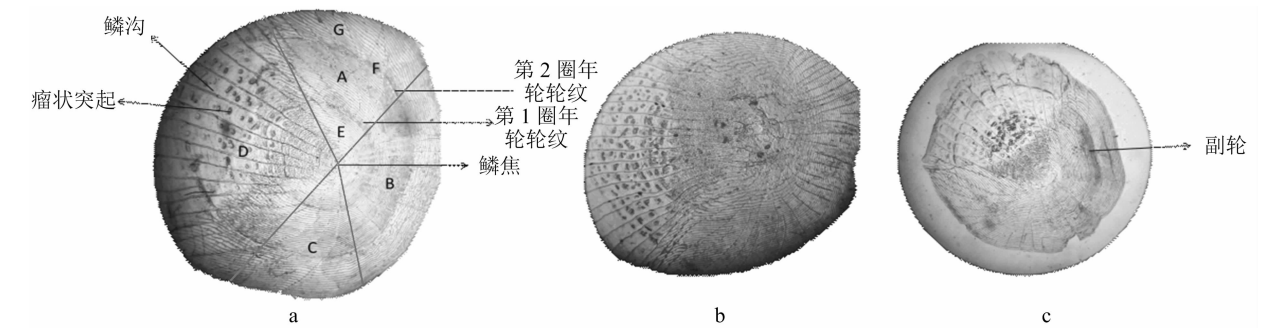
2.1 秦巴山区多鳞白甲鱼的年龄鉴定和渔获物年龄组成

2.1.1 秦巴山区多鳞白甲鱼的鳞片和年轮特征 秦巴山区多鳞白甲鱼的鳞片为圆鳞,鳞片骨质层所形成的环片基本上围绕鳞焦呈同心圆排列,年轮标志在前区和侧区较为明显。可看到 1 个生长年带中生长快的疏带和生长慢的密带先后出现,形成疏密相接的轮纹,因此属于疏密切割型。但在侧后区,

轮纹却表现为次年的环片群和当年的环片群交错切割。相对于前区,侧区的环片比较完整,因此本研究以侧区的环片作为年轮鉴定的主要区域。

由图 1 可知,后区环片断裂合并成瘤状,个别样本鳞焦中心看不到环片,全部是基片,此为再生鳞,还有部分样本出现了副轮。

由图 1 - b 可知,再生鳞是鱼在生长过程中由于机械损伤或其他原因造成鳞片脱落,在旧鳞片脱落部位长出新鳞片,因而新环片从新鳞片的边缘开始重新生长,不宜用于年龄鉴定。图 1 - c,样本体长为 11.51 cm,体质量为 37.12 g,从体长和体质量的规格判断为 1 年龄鱼,其副轮仅在该样本 10 枚鉴定年龄鳞片中的其中 1 枚上出现,且该年轮标志并不完整和连续,从而断定为副轮,不能作为年轮标志来判定鱼类年龄。这可能是由于样本在正常生长季节饵料不足或出现疾病等突发原因,造成鱼体正常生长受到干扰,破坏了原环片的规律性,从而在稀疏的环片群出现了个别紧密排列或断续的环片。本研究未观察到样本出现幼轮和生殖轮。



图中标示 A、B、C 和 D 区分别为多鳞白甲鱼鳞片的上侧区、前区、下侧区和后区。E 表示生长环片的疏区, F 表示密区。a 图所示样本为 3 年龄鱼,清晰可见 2 个年轮标志

图1 秦巴山区多鳞白甲鱼的鳞片及年轮标志

2.1.2 秦巴山区多鳞白甲鱼渔获物的年龄组成 由表 2 可知,所获 174 尾秦巴山区多鳞白甲鱼的年龄以 1 年龄和 2 年龄居多,分别占 29.89% 和 40.80%,3 年龄和 4 年龄多鳞白甲鱼分别占 17.24% 和 12.07%。

由图 2 可知,渔获物的体长范围为 2.85 ~ 26.33 cm,体质量范围为 37.03 ~ 192.36 g,其中 >10.0 ~ 15.0 cm 范围渔获物所占的比例最高,达 39.66%。

表 2 秦巴山区多鳞白甲鱼渔获物的年龄组成

年龄 (年)	雌(♀)		雄(♂)		合并(♀+♂)		♀:♂
	数量(尾)	比值(%)	数量(尾)	比值(%)	数量(尾)	比值(%)	
1	25	27.47	27	32.53	52	29.89	0.93
2	34	37.36	37	44.58	71	40.80	0.92
3	19	20.88	11	13.25	30	17.24	1.73
4	13	14.29	8	9.64	21	12.07	1.63

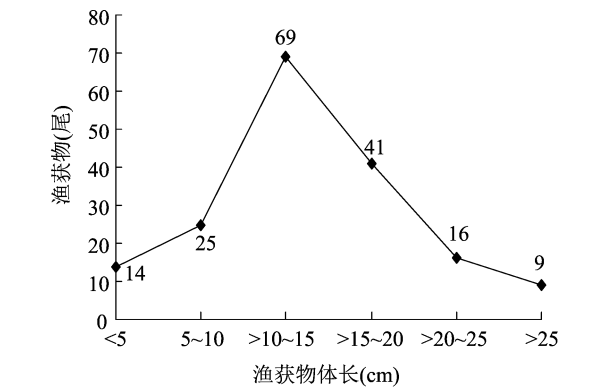


图2 秦巴山区多鳞白甲鱼不同体长渔获物尾数

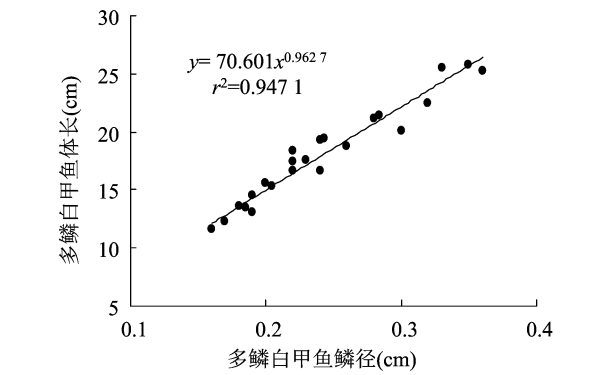


图3 秦巴山区多鳞白甲鱼 $L-r$ 的相关线图

2.2 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长特性

2.2.1 秦巴山区多鳞白甲鱼体长-鳞径关系及生长推算 实测得出秦巴山区多鳞白甲鱼渔获物的体长(L)和鳞径(r),计算各体长组平均体长和鳞径,据此得出秦巴山区多鳞白甲鱼 $L-r$ 的相关线图(图3)。

由图3可知,秦巴山区多鳞白甲鱼的体长和鳞径呈幂函数正相关,其相关公式为: $y = 70.601x^{0.9627}$ ($r^2 = 0.9471, n = 127$)。

利用秦巴山区多鳞白甲鱼体长和鳞径长间的关系式和相关线图,结合渔获物实测的鳞径数据,对多鳞白甲鱼不同年龄的体长进行推算,并与实测值进行对比(表3)。

表 3 秦巴山区多鳞白甲鱼的推算体长

年龄 (年)	标本数 (尾)	平均实测体长 (cm)	推算体长 (cm)				差值 (cm)
			L_1	L_2	L_3	L_4	
1	52	6.45	5.57	—	—	—	-0.12
2	71	14.08	6.83	15.10	—	—	-0.36
3	30	19.10	6.98	13.10	18.58	—	-0.04
4	21	22.50	5.95	12.95	19.53	21.61	-0.89
平均值			6.33	13.72	19.06	21.61	—

由表3可知,秦巴山区多鳞白甲鱼的推算体长比实测体长稍小,但二者差异不显著($P>0.05$)。

2.2.2 秦巴山区多鳞白甲鱼体长-体质量相关性 将秦巴山区多鳞白甲鱼的实测体长和体质量利用 Keys 公式通过计算机拟合,由图4可知,其体长和体质量呈幂函数正相关,相关公式为: $m = 0.1055L^{2.6508}$ ($r^2 = 0.9722, n = 174$)。

Brown 认为,鱼类体长-体质量关系式中的幂指数一般在 2.5~4.0 之间,当该数值等于 3 时,鱼的体长和体质量为等速生长^[8]。在秦巴山区多鳞白甲鱼体长-体质量的关系式中,幂指数为

2.6508,说明在秦巴山区多鳞白甲鱼的体长和体质量生长符合匀速生长的条件,可以利用 von Bertalanffy 生长方程进行拟合。

2.2.3 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长方程和生长曲线 鱼体瞬时增长量等于瞬时同化作用增加量和异化作用减少量之差^[9],以此为基础,将表3中多鳞白甲鱼各年龄组的推算体长按最小二乘法原理列回归方程,得出 $L_{\infty} = 26.96, k = 0.457, t_0 = 0.407$,因而推导出秦巴山区多鳞白甲鱼的瞬个体长生长方程为: $L_t = 26.95[1 - e^{-0.457(t-0.407)}]$,再利用实测体长和体质量得出 $m_{\infty} = 217.86$,推导出其体质量生

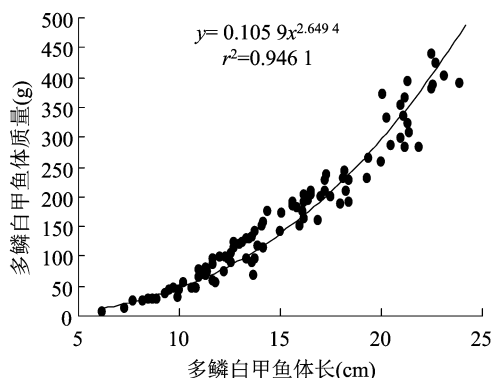


图4 秦巴山区多鳞白甲鱼体长-体质量的相关性

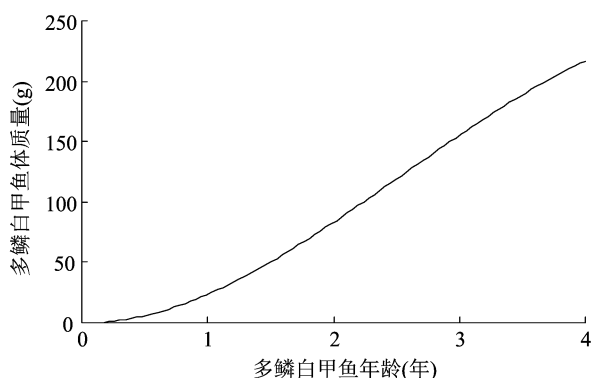
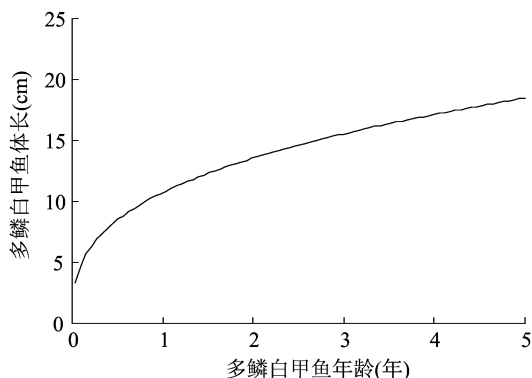


图5 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长曲线

2.2.4 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长速度和生长拐点 将秦巴山区多鳞白甲鱼的体长和体质量生长方程分别求一阶和二阶导数,即可获得其体长和体质量生长速度和生长加速度方程,分别为:

$$\text{体长生长速度方程: } dL/dt = 12.32e^{-0.457(t-0.407)};$$

$$\text{体质量生长速度方程: } dm/dt = 346.48 \times e^{-0.457(t-0.407)} \times [1 - e^{-0.457(t-0.407)}] 2.48;$$

$$\text{体长生长加速度方程: } d^2L/dt^2 = -5.63e^{-0.457(t-0.407)};$$

$$\text{体质量生长加速度方程: } d^2m/dt^2 = 158.34 \times e^{-0.457(t-0.407)} [1 - e^{-0.457(t-0.407)}] \times 1.48 \times [3.48 \times e^{-0.457(t-0.407)} - 1].$$

体长和体质量生长曲线是积分曲线,只能反映生长过程的总和,而不能反映秦巴山区多鳞白甲鱼生长过程的变化情况。因此,将多鳞白甲鱼体长和体质量的生长速度方程和生长加速度方程作图以探索其变化特征(图6)。

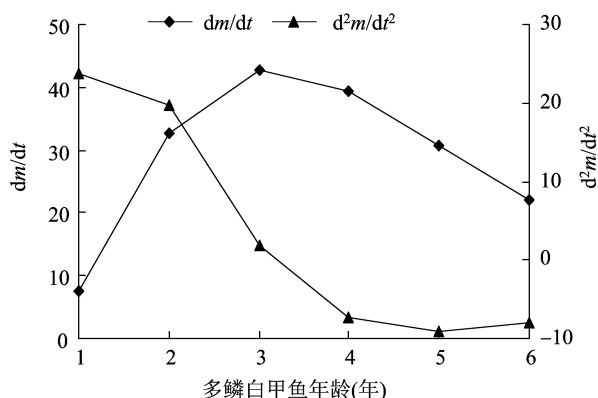
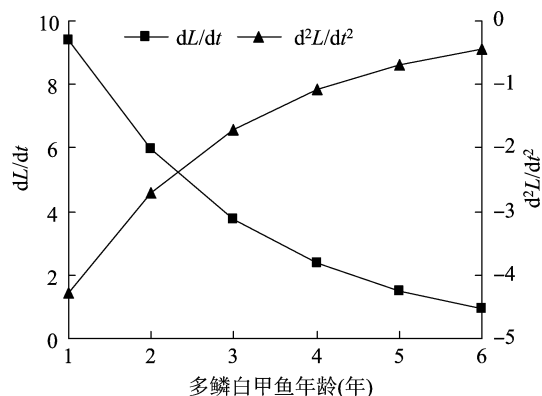


图6 秦巴山区多鳞白甲鱼体长、体质量生长速度和加速度曲线

由图6可知,随着时间(t)的增加, dL/dt 呈递减趋势,而 d^2L/dt^2 呈递增趋势,但却为负值,表明

秦巴山区多鳞白甲鱼随着体长生长速度的下降,其递减速度渐趋缓慢。体质量生长速度和生长加速

度的曲线显示, $t = 2.44$ 年龄时, 秦巴山区多鳞白甲鱼的体质量生长速度最大, 此时体长为 16.30 cm, 体质量为 131.81 g。当超过 2.44 年龄时, 体质量生长速度和生长加速度均下降。

3 讨论与分析

3.1 秦巴山区多鳞白甲鱼年龄鉴定材料的选择

鱼类年龄鉴定的材料包括鳞片、鳃盖骨和耳石等^[10-13]。对于同一种鱼类, 年龄鉴定材料选择的原则首先为年轮特征清晰易辨, 其次为容易摘取和处理^[14]。有研究表明, 采用鳞片鉴定鱼类的年龄往往容易低估高龄样本的年龄, 所以比较适宜于估计低龄样本的年龄^[15-16]。在本研究中, 秦巴山区多鳞白甲鱼的鳞片虽小, 但轮纹清晰, 且渔获物主要以 1 ~ 2 年龄的样本构成, 因此选择鳞片进行年龄估计是合理的。为提高年龄鉴定的准确度和精确度, 今后可以利用鳞片、鳃盖骨和耳石 3 种材料同时鉴定同一样本的年龄, 再进行鉴定结果差异性分析, 从而选取判断多鳞白甲鱼年龄的更合理材料。

3.2 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长特点

生长系数 K 值是评估鱼类种群对高死亡率潜在敏感性的一个重要参考指标^[17], 而且有研究认为 K 值介于 0.05 ~ 0.10 之间的鱼类其生长相对比较缓慢^[18]。本研究秦巴山区多鳞白甲鱼的 K 值为 0.457, 表明多鳞白甲鱼生长相对较快。与一些常见的鲤科鱼类^[10,13,19]相比, 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长拐点较小, 为 2.44 年龄, 故认为多鳞白甲鱼的生长寿命相对较短。但对比研究发现, 即使是同种属鱼类, 其栖息生态环境水域生理、生化条件等不同也可能导致鱼类摄食和生长产生变化, 从而表现出其生长特点的差异性^[20-21]。因此, 秦巴山区多鳞白甲鱼的生长特点有待长期从更多的栖息水域采集样本进行证实。

3.3 秦巴山区多鳞白甲鱼的合理捕捞和保护

为更大程度发挥鱼类的生长潜能, 渔业利用上确定鱼类首次起捕的年龄应该在其生长拐点之后。秦巴山区多鳞白甲鱼的生长拐点为 2.44 年龄, 体长约为 16 cm。考虑到秦巴山区多鳞白甲鱼的资源持续性发展和种群的延续, 本研究结果建议秦巴山区多鳞白甲鱼起捕的年龄为 2 年龄, 体质量达到 120 g 以上。

本研究对秦巴山区多鳞白甲鱼样本进行多次采集和捕捞, 仅获得样本 174 尾, 渔获物中 1 ~ 2 年

龄样本占 80% 左右, 其体长多数在 10 ~ 15 cm 之间, 3 年龄以上样本相对少见。这反映了秦巴山区多鳞白甲鱼的资源量较少, 可能是由于近几年该区域水电站和大坝的建设, 再加之人为大肆捕捞, 使得大量达性成熟规格的多鳞白甲鱼亲本被捕获, 性成熟群体规模减少进一步导致了种群整体数量锐减。为合理保护秦巴山区的多鳞白甲鱼资源, 并在该区域进行多鳞白甲鱼的产业化开发, 建议根据多鳞白甲鱼的生长特性在该区域制定合理的捕捞政策, 在繁殖期禁渔、禁猎, 并且开展多鳞白甲鱼生物学特性、种质和遗传特点、生化及免疫和人工繁殖等方面的研究。

参考文献:

- [1] 刘永进, 李西照. 泰山赤鳞鱼文化资源开发利用研究[J]. 河北渔业, 2013, 40(10): 63 - 65, 67.
- [2] 张金平, 冯德品, 杨军, 等. 神农架多鳞铲颌鱼繁殖生物学研究[J]. 水产科学, 2015, 34(8): 523 - 526.
- [3] 刘勇. 多鳞白甲鱼后备亲鱼和一龄鱼种蛋白质需求研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017.
- [4] 李志安. 美丽的多鳞铲颌鱼[EB/OL]. [2019 - 01 - 03]. <http://slj.ankang.gov.cn/Content-129138.html>.
- [5] 董武子, 王涛, 马力, 等. 秦巴山区多鳞白甲鱼人工繁殖试验[J]. 畜牧兽医杂志, 2016, 34(3): 27 - 30, 35.
- [6] 张君. 多鳞白甲鱼鱼种培育试验[J]. 科学养鱼, 2018, 33(6): 8 - 9.
- [7] 刘勇, 周继术, 吉红, 等. 饲料蛋白水平对多鳞白甲鱼亲鱼生长、体组成与性腺的影响[J]. 饲料工业, 2016, 36(16): 20 - 26.
- [8] 王艺舟, 宋文, 祝东梅, 等. 北江鲂年龄与生长特征的研究[J]. 淡水渔业, 2013, 43(4): 35 - 39.
- [9] 黎雨轩, 何文平, 刘家寿, 等. 长江口刀鲚耳石年轮确证和年龄与生长研究[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 787 - 793.
- [10] 李飞, 杨德国, 何勇风, 等. 贻曲裸腹叶须鱼的年龄与生长[J]. 淡水渔业, 2016, 46(6): 39 - 44, 63.
- [11] 杨鑫, 霍斌, 段友健, 等. 西藏雅鲁藏布江双须叶须鱼的年龄结构与生长特征[J]. 中国水产科学, 2015, 22(6): 1085 - 1094.
- [12] 沈建忠, 曹文宣, 崔奕波. 用鳞片和耳石鉴定鲫年龄的比较研究[J]. 水生生物学报, 2001, 25(5): 462 - 466.
- [13] Welch T J, van den Avyle M J, Betsill R K, et al. Precision and relative accuracy of striped bass age estimates from otolith, scales, and anal rays and spines[J]. N Am J Fish Manag, 1993, 13: 616 - 620.
- [14] 杨军山, 陈毅峰, 何德奎, 等. 错鄂裸鲤年轮与生长特征的探讨[J]. 水生生物学报, 2002, 26(4): 378 - 387.
- [15] Musick J A. Ecology and conservation of long-lived marine animals[J]. Am Fish Soc Symp, 1999, 23: 1 - 10.
- [16] Branwtetter S. Age and growth estimates for blacktip, *Carcharhinus limbatus*, and spinner, *C. brevipinna*, sharks from the Northwestern

刘震,赵忠祥,徐玉鹏,等. 不同年限苜蓿根际土壤细菌群落的多样性[J]. 江苏农业科学,2020,48(8):184-188.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.08.034

不同年限苜蓿根际土壤细菌群落的多样性

刘震¹, 徐玉鹏¹, 赵忠祥¹, 黄素芳¹, 刘效朋², 白艳梅², 阎旭东¹

(1. 沧州市农林科学院,河北沧州 061001; 2. 河北省黄骅市农业农村局,河北黄骅 061100)

摘要:为研究不同年限苜蓿根际土壤细菌群落多样性及群落结构变化,选取了 0、4 年苜蓿的根际土壤,采用高通量基因测序技术研究其细菌构成。结果表明,4 年苜蓿根际土壤中细菌分类单元(OTU)和多样性指数高于 0 年苜蓿,苜蓿连作会改变细菌群落数量及结构。通过主坐标分析(PCoA)及热图分析发现,不同年限苜蓿细菌群落差异性较大,连作后酸杆菌门、放线菌门、芽单胞菌门和绿弯菌门细菌群落丰度提高,变形菌门、拟杆菌门和厚壁菌门细菌群落相对丰度降低。

关键词:苜蓿;细菌群落;细菌分类单元;多样性指数;根际土壤;主坐标分析;热图分析;序列拼接;解释度;高通量基因测序技术

中图分类号: S154.38⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2020)08-0184-05

苜蓿(*Lotus corniculatus* L.)为“牧草之王”,以产量高、品质好、营养丰富和适应性好而著称^[1],在河北地区被选为“首选牧草”而被大力推广^[2]。同时,由于苜蓿的根瘤菌及其残留在地下的须根系形成腐殖质可以增加土壤有机质,改善土壤团聚体结构^[3],进一步影响土壤有机碳的分解,增强土壤碳吸附作用。因此,种植苜蓿常被作为改良贫瘠干旱地区土壤的方法之一。

目前,苜蓿栽培的研究方向主要集中于栽培措施对苜蓿产量及品质的影响^[4-7],关于苜蓿连作后对土壤环境影响的研究较少。杨敏等研究发现,连

作魔芋可以增加土壤细菌数量,减少真菌及放线菌数量,同时影响土壤蛋白酶、过氧化氢酶和脲酶活性^[8]。张玥等通过对不同年限茶园进行比较发现,连作后土壤 pH 值显著降低,土壤中优势菌种发生变化,茶园根际土壤肥力提高^[9],说明土壤作为一个复杂的环境,其中存在的微生物及土壤酶等均参与了土壤中养分形成、发育及循环^[10]。细菌群落在植物-土壤生态系统循环中扮演着重要角色^[11]。但苜蓿连作后对土壤细菌群落构成的影响如何,尚须进一步研究。

本研究利用沧州市农林科学院苜蓿长期试验,探讨连作不同年限苜蓿根际细菌群落结构及多样性差异,探索连作苜蓿对土壤细菌群落的影响,明确苜蓿对土壤生态环境的影响,为苜蓿改良土壤、牧草产业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计及样品采集

试验土壤选择 0 年苜蓿土壤作为对照(Y0,未种植过苜蓿的土壤,重复序号为 M01、M02、M03)和

收稿日期:2019-03-19

基金项目:河北省现代农业产业技术体系草业创新团队栽培与信息化管理技术岗位项目(编号:HBCT2018160202);河北省重点研发计划-奶业振兴重大技术创新专项(编号:19226437D)。

作者简介:刘震(1985—),男,河北沧州人,硕士,助理研究员,主要从事作物栽培与施肥研究。Tel:(0317)2128657;E-mail:liuzhen84575151@163.com。

通信作者:阎旭东,硕士,研究员,主要从事作物栽培技术研究。Tel:(0317)2128657;E-mail:yxd7826@126.com。

Gulf of Mexico[J]. Copeia,1987,4:964-967.

[17]吕大伟,周彦锋,葛优,等. 淀山湖翘嘴鲌的年龄结构与生长特性[J]. 水生生物学报,2018,42(4):762-769.

[18]何美峰,李新辉,谭顺畅,等. 西江广东鲂的年龄鉴定及生长研究[J]. 淡水渔业,2007,37(3):54-58.

[19]熊美华,史方,郑海涛,等. 乌江思南泉水鱼的年龄与生长研究[J]. 水生态学杂志,2016,37(4):78-83.

[20]Jia Y T,Chen Y F. Age structure and growth characteristics of the endemic fish *Oxygymnocypros stewartii* (Cypriniformes: Cyprinidae: Schizothoracinae) in the Yarlung Tsangpo River, Tibet [J]. Zoological Studies,2011,50(1):69-75.

[21]Huo B,Xie C X,Ma B S,et al. Age and growth of *Oxygymnocypris stewartii* in the Yarlung Zangbo River, Tibet, China[J]. Zoological Studies,2012,51:185-194.