

密度和种间竞争对高原林蛙蝌蚪生长发育的影响

陈伟¹, 文琳¹, 彭丽清¹, 华珂君¹, 甘立涛¹, 任旭莉¹, 蔡荣强¹, 侯思宇¹, 周治成¹, 石磊², 索朗夺尔基²

(1. 绵阳师范学院生态安全与保护四川省重点实验室, 四川绵阳 621000; 2. 四川省若尔盖湿地国家级自然保护区管理局, 四川阿坝 624500)

摘要 [目的]研究密度和种间竞争对高原林蛙蝌蚪生长发育的影响。[方法]试验组和对照组均设置了高、中、低3个密度水平, 试验组将高原林蛙蝌蚪和岷山蟾蜍卵共同饲养, 而对照组则单独饲养林蛙蝌蚪, 第11天测定了试验组和对照组林蛙蝌蚪的发育阶段、体重、体长、头宽、背宽、尾长。[结果]种间竞争对高原林蛙蝌蚪的发育阶段和背宽都有显著影响。密度对高原林蛙蝌蚪的体重、体长、头宽和尾长都有显著影响。[结论]密度是影响高原林蛙蝌蚪生长发育的重要因素, 同时种间竞争也会影响其生长发育。

关键词 高原林蛙蝌蚪; 岷山蟾蜍; 竞争; 密度; 生长发育

中图分类号 S966.3⁺5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)20-0070-02

Effects of Density and Interspecific Competition on the Growth and Development of *Rana kukunoris* Tadpoles

CHEN Wei, WEN Lin, PENG Li-qing et al (Ecological Security and Protection Key Laboratory of Sichuan Province, Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 621000)

Abstract [Objective] To study the effects of density and interspecific competition on the growth and development of *Rana kukunoris* tadpoles. [Method] Three density levels (high, medium, low) were designed in experimental groups and control groups. *R. kukunoris* tadpoles and *Bufo minshanicus* eggs were fed together in experimental groups, while *R. kukunoris* tadpoles were alone fed in control groups. On the 11th day, the developmental stage, body weight, body length, head width, dorsal width and tail length of *R. kukunoris* tadpoles were measured. [Result] The interspecific competition had significant effects on the development stages and dorsal width of *R. kukunoris* tadpoles. Density had significant effects on the body weight, body length, head width and tail length of *R. kukunoris* tadpoles. [Conclusion] Density was an important factor that influenced the growth and development of *R. kukunoris* tadpoles, and interspecific competition had influences on their growth and development.

Key words *Rana kukunoris* tadpoles; *Bufo minshanicus*; Competition; Density; Growth and development

蝌蚪是研究两栖动物生长发育可塑性的优秀材料, 主要是因为其取样方便, 易于观察, 适宜开展控制试验。目前对蛙类生长可塑性的研究大多以蝌蚪为材料, 研究光照强度、密度、温度、食物、激素、化学物质等因素对其生长发育的影响^[1-8]。然而, 目前关于种间竞争对两栖动物蝌蚪生长发育的影响研究相对较少^[9]。研究生活在同一生境中, 共存两栖物种之间的竞争, 对于洞悉两栖动物的种间竞争机制和物种保护管理均具有十分重要的意义。笔者研究了同域分布的岷山蟾蜍(*Bufo minshanicus*)的卵对高原林蛙(*Rana kukunoris*)蝌蚪生长发育和行为的影响, 同时也调查了高原林蛙蝌蚪密度对其蝌蚪生长发育的影响。

1 材料与方法

1.1 材料 高原林蛙蝌蚪和岷山蟾蜍的卵主要采自若尔盖湿地自然保护区。该保护区(33°25'~34°00'N, 102°09'~102°59'E, 3 422~3 704 m)位于青藏高原西北隅, 其地貌主要为高原湿地或草原, 年平均气温、年降水量和年蒸发量分别为0.7℃、656.8 mm和1 232 mm^[10]。在该保护区内仅有高原林蛙、岷山蟾蜍和倭蛙3种两栖动物^[11-12]。高原林蛙和岷山蟾蜍于4月中上旬开始繁殖, 高原林蛙较岷山蟾蜍繁殖早, 当高原林蛙的卵已孵化出蝌蚪时, 蟾蜍开始产卵, 常出现高原林蛙蝌蚪与蟾蜍卵带共存同一繁殖场水域的现象。

1.2 高原林蛙蝌蚪和岷山蟾蜍卵的获取 2017年4月, 在高原林蛙和岷山蟾蜍繁殖期间, 在若尔盖自然保护区收集高原林蛙和岷山蟾蜍的雌雄个体, 并将其带回绵阳师范学院生

态安全与保护四川省实验室, 通过人工注射产卵激素, 促使高原林蛙雌体产卵^[13]。然后, 将高原林蛙的卵团放在人工充氧的塑料箱内孵化, 待胚胎发育至16期时^[14], 再对岷山蟾蜍进行人工产卵, 从而获得岷山蟾蜍的卵。

1.3 试验设计 共设置高原林蛙蝌蚪的3种密度水平(低密度5只蝌蚪、中密度10只蝌蚪、高密度15只蝌蚪)的试验组和对照组, 试验组设置10个重复, 对照组设置2个重复。在试验组和对照组中, 都使用处于Gosner 16期的高原林蛙蝌蚪^[14]。在试验组中分别加入5、10、15枚高原林蛙蝌蚪和5、10、15枚岷山蟾蜍的卵, 而对照组仅加入蝌蚪, 但未加入蟾蜍卵。每组蝌蚪都使用塑料盒(17 cm×12 cm×6 cm)作为饲养容器, 每隔2 d换水后并按比例投放鱼饲料喂养高原林蛙蝌蚪, 饲养室温度控制为恒温25℃, 每天光照时间为08:00—16:00。

1.4 形态特征的测量 将测量完游泳速度的蝌蚪, 放于培养皿中, 并将其放置在塑料尺子上进行照相。然后, 使用电子秤称量蝌蚪的重量。使用Image J软件测量所拍照片中蝌蚪体长、背部宽度、腹部宽度、尾长等形态参数。

1.5 蝌蚪发育时期观察 在解剖镜下观察蝌蚪的形态特征, 并参照Gosner蝌蚪发育阶段的划分, 确定蝌蚪的发育阶段^[13]。

1.6 数据统计与分析 使用一般线性分析模型, 分析了种间竞争和密度对高原林蛙蝌蚪的发育阶段、形态特征及游泳速度的影响。试验数据使用SPSS 19.0统计软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

高原林蛙蝌蚪各形态特征的测定结果见表1。由表2可知, 种间竞争对林蛙蝌蚪的发育阶段和背宽有显著影响($P < 0.05$), 但对蝌蚪的体重、体长、头宽和尾长均没有显著影响

基金项目 四川省杰出青年基金项目(2016JQ0038); 四川省教育厅重点项目(18ZA0255)。

作者简介 陈伟(1976—), 男, 四川安岳人, 副研究员, 博士, 从事两栖动物的适应与进化研究。

收稿日期 2018-03-29

($P>0.05$)。密度能够明显影响高原林蛙蝌蚪的体重、体长、背宽没有显著影响($P>0.05$)。头宽和尾长($P<0.01$),但密度对高原林蛙蝌蚪的发育阶段和

表 1 高原林蛙蝌蚪各形态特征的测定结果
Table 1 The measurement results of morphological characters of *R.kukunoris* tadpoles

密度 Density	组别 Group	发育阶段 Development stages 期	体重 Body weight g	体长 Body length cm	头宽 Head width cm	背宽 Dorsal width cm	尾长 Tail length cm
低 Low	实验组	30.725±0.881	0.167±0.049	0.979±0.071	0.576±0.131	0.520±0.046	1.645±0.300
	对照组	29.750±0.957	0.140±0.022	0.946±0.076	0.546±0.086	0.549±0.580	1.805±0.165
中 Medium	实验组	30.050±0.530	0.091±0.011	0.858±0.180	0.519±0.039	0.542±0.361	1.411±0.144
	对照组	28.750±0.957	0.083±0.017	0.835±0.054	0.469±0.019	0.455±0.034	1.316±0.204
高 High	实验组	30.575±0.494	0.085±0.016	0.850±0.077	0.511±0.054	0.539±0.065	1.411±0.170
	对照组	30.125±0.250	0.060±0.009	0.806±0.056	0.486±0.039	0.469±0.056	1.230±0.043

表 2 密度和种间竞争对高原林蛙蝌蚪各形态特征的影响
Table 2 Effects of density and interspecific competition on the growth and development of *R.kukunoris* tadpoles

形态特征 Morphological characters	项目 Item	<i>B</i>	<i>t</i> 值 <i>t</i> value	<i>P</i>	95% 置信区间 95% confidence interval	
					下限 Lower limit	上限 Upper limit
发育阶段 Development stages	密度	-0.006 3	-0.202 9	0.839 8	-0.067 7	0.055 2
	种间竞争	-0.908 3	-2.692 4	0.008 9	-1.581 4	-0.235 3
体重 Body weight	密度	-0.008 2	-8.689 7	0.000 0	-0.010 0	-0.006 3
	种间竞争	-0.020 2	-1.958 9	0.054 2	-0.040 7	0.000 4
体长 Body length	密度	-0.013 1	-3.952 2	0.000 2	-0.019 7	-0.006 5
	种间竞争	-0.033 3	-0.917 6	0.362 0	-0.105 6	0.039 1
头宽 Head width	密度	-0.006 4	-2.736 2	0.007 9	-0.011 0	-0.001 7
	种间竞争	-0.035 2	-1.375 7	0.173 4	-0.086 2	0.015 8
背宽 Dorsal width	密度	0.000 2	0.121 0	0.904 0	-0.002 9	0.003 3
	种间竞争	-0.042 9	-2.532 6	0.013 6	-0.076 7	-0.009 1
尾长 Tail length	密度	-0.029 0	-3.806 2	0.000 3	-0.044 3	-0.013 8
	种间竞争	-0.158 6	-1.896 5	0.062 1	-0.325 3	0.008 2

3 讨论与结论

该研究结果表明,岷山蟾蜍的卵(种间竞争)对高原林蛙蝌蚪的生长发育具有明显的影响,主要影响其蝌蚪的发育阶段,使之发育更快;同时,也发现密度也对其生长发育具有明显影响,蝌蚪密度越高,蝌蚪的生长越慢。

同域的物种常常会因为食物、空间等产生强烈的种间竞争。该试验发现,岷山蟾蜍的卵会促使高原林蛙蝌蚪的生长发育加快。这可能是由于岷山蟾蜍的卵释放出了驱使高原林蛙快速生长的化学物质,从而导致高原林蛙的蝌蚪发育加快。这可能是物种间减少种间食物竞争的一种调控机制,但其具体原因有待进一步研究。

密度是影响动物生长发育的重要制约因素。该研究结果发现,高原林蛙蝌蚪的生长发育也受密度的影响。高密度将抑制蝌蚪的生长。这与大树蛙(*Rhaco phusdennysi*)、泽陆蛙(*Fejer varyamultistriata*)和中国林蛙(*Rana chensinensis*)等蝌蚪的生产发育受其密度影响的报道^[15-17]相一致,即高密度会抑制蝌蚪的生长发育。这可能是由于蝌蚪的密度变化会直接导致其能获取的用于身体生长发育的食物资源的下降,进而导致其生长受到抑制。

该研究中由于试验周期较短,测量蝌蚪的形态指标较少,因此并未真正揭示蟾蜍卵是如何促进高原林蛙蝌蚪生长发育加快的机制。因此,在后期研究中,有必要对蟾蜍卵分

泌的化学物质进行分离和提取,并通过合成这些物质对高原林蛙蝌蚪生长进行验证试验,从而揭示其影响机制。另外在后期试验中,应该进一步研究岷山蟾蜍的卵对高原林蛙蝌蚪变态后形成的幼体的形态、生理和行为的影响,从而全面深入揭示 2 个物种胚胎阶段的种间竞争机制。

高原林蛙和岷山蟾蜍在若尔盖自然保护区是地域共存物种,他们之间存在明显的资源竞争。岷山蟾蜍的卵带会影响对高原林蛙蝌蚪的生长发育产生影响,主要影响高原林蛙蝌蚪的发育状态和背宽,说明他们胚胎发育期和蝌蚪期也都存在相互竞争。另外,密度也是影响蝌蚪生长发育的重要因素之一。该研究发现高原林蛙蝌蚪的密度对其蝌蚪的体重、体长、头宽和尾长都有显著影响,说明种内竞争也影响蝌蚪的生长发育,从而外在表现为一些形态性状的差异。

参考文献

[1] 陶志英,马保新,余智杰,等.环境因子对棘胸蛙蝌蚪生长发育的影响[J].湖南农业科学,2015(2):55-56,59.

[2] 王立志,李晓晨,张春博.大蟾蜍蝌蚪与中国林蛙蝌蚪生长发育的温度效应[J].四川动物,2005,24(3):355-358.

[3] 陈雯,俞宝根,郑荣泉,等.温度对棘胸蛙胚胎发育及蝌蚪表型特征的影响[J].贵州农业科学,2010,38(1):108-110.

[4] 张晋东,熊晔,傅之屏,等.同水塘分布两种无尾两栖类蝌蚪的竞争策略[J].动物学研究,2007,28(1):41-46.

[5] 阿舍小虎,张昌兵,阳小成.龙虱对高原林蛙蝌蚪生长和存活率的影响[J].广东农业科学,2013(8):125-127,132.

(下转第 76 页)

3.4 肉质性状 肉质受到多个评价指标的影响,主要包括 pH、嫩度、滴水损失等^[8]。pH 在一定范围内有助于改善肌肉嫩度,它直接影响肉的贮藏性、烹煮损失等。该试验结果表明,14 周龄 3 个杂交组合的胸肌、腿肌的 pH 差异均不显著 ($P>0.05$),表明不同品种对肌肉 pH 的影响较小,这与徐幸莲等^[9]的研究结果相一致。嫩度是评判肉质性状的感官指标,是对肌肉口感满意程度的重要指标。测定肌肉嫩度时,通常用剪切力来反映嫩度的大小,剪切力越小,表示肉质越嫩,反之则嫩度越差^[10-11]。该研究通过杂交组合,使固始鸡公鸡腿肌的嫩度有所改善,但母鸡的胸肌嫩度却有所下降。

滴水损失的大小也是影响肌肉品质的一个重要因素。当肌肉的系水力越低时,滴水损失越大,从而导致营养成分的流失,造成一定的经济损失,系水力低时肌肉会出现发白,甚至还会影响包装的美观^[12-13]。该研究中 3 个杂交组合公鸡胸肌的滴水损失均大于腿肌,且胸肌 pH 均低于腿肌。

肌内脂肪含量对肉品质的影响较大,肌内脂肪含量直接影响了食用口感,这与肉的多汁性与嫩度息息相关。该研究中 3 个杂交组合腿肌的肌内脂肪含量普遍高于胸肌,这可能是由于鸡在运动中主要靠腿部支撑身体的重量,以致于腿部需要更多的能量,腿肌中脂肪含量比胸肌高,腿肌因多汁性和较好的风味优于胸肌。通过杂交组合,S1G 组合公鸡胸肌和 YG 组合母鸡腿肌中的肌内脂肪含量均显著高于 GG 组合,从而改善其肉质。

4 结论

比较 3 个杂交组合的生产性能、屠宰性能和肉质性状,结果表明 S1G 组合具有与固始鸡纯系相近的体型外貌特征,符合黄羽肉鸡的要求,成活率高,料重比低,生产性能最好。

从屠宰性能来看,S1G 组合的产肉量最高,母鸡的出肉率最高,但腹脂率也显著高于其他组合;S1G 组合公鸡具有较高的肌内脂肪含量和较低的剪切力,其他指标各组间差异不显著。综合来看,以 S1 系为父本、固始鸡为母本杂交配套可以有效提高固始鸡的生产性能和出肉率,提高肌内脂肪含量,从而改善固始鸡的肉品质。

参考文献

- [1] 陈宽维,高玉时,王志跃,等.家禽生产性能名词术语和度量统计方法[J].中国禽业导刊,2006(15):45-46.
- [2] ZEREHDARAN S, VEREIJKEN A L J, VAN ARENDONK J A M, et al. Estimation of genetic parameters for fat deposition and carcass traits in broilers[J]. Poultry science, 2004, 83(4): 521-525.
- [3] 杨宁.家禽生产学[M].北京:中国农业出版社, 2002.
- [4] 陈洁波,陶林,杜炳旺,等.麒麟鸡生长、屠宰性能和肉品质测定[J].家禽科学,2013(4):16-20.
- [5] 王欢欢,陈美玲,张雷,等.冷鲜条件下白鸡与黄鸡肉质变化规律及对比[J].中国畜牧杂志,2015,51(12):74-79.
- [6] 金香淑,刘基伟,刘革新,等.地方优质鸡杂交效果的研究[J].吉林农业科学,2005,30(6):45-46.
- [7] 陈明,王梦芝,宋莉,等.兴义矮脚鸡和矮脚黄鸡屠宰性能及肌肉品质比较[J].江苏农业科学,2009(2):184-186.
- [8] 张英华.肉的品质及其相关质量指标[J].食品研究与开发,2005,26(1):39-42.
- [9] 徐幸莲,周光宏,刘海斌.淘汰蛋鸡与普通肉鸡肌肉品质的比较研究[J].食品工业科技,2001,22(6):28-30.
- [10] 王凯,杨青春,谢卓明,等.珍禽贵妃鸡与三黄鸡肌肉品质比较研究[J].广东农业科学,2013(13):116-119.
- [11] 李威娜,黄晓娟,钟福生,等.山地放养五华三黄鸡的屠宰性能、肉质性能及血液生化指标测定[J].广东农业科学,2013(4):104-107.
- [12] OTTO M W. The dose and delivery of psychotherapy: A commentary on Hansen et al[J]. Clinical psychology science & practice, 2006, 9(3): 348-349.
- [13] OTTO G, ROEHE R, LOOFT H, et al. Comparison of different methods for determination of drip loss and their relationships to meat quality and carcass characteristics in pigs[J]. Meat science, 2004, 68(3): 401-409.

(上接第 71 页)

- [6] TOLEDO R C, JARED C. The calcified dermal layer in anurans [J]. Comparative biochemistry and physiology part A: Physiology, 1993, 104(3): 443-448.
- [7] TOLEDO R C, JARED C. Cutaneous granular glands and amphibian venoms [J]. Comparative biochemistry and physiology part A: Physiology, 1995, 111(1): 1-29.
- [8] 周伟,李明会,张兴宇,等.同一生境牛蛙与昭觉林蛙蝌蚪的食性比较[J].动物学研究,2005,26(1):89-95.
- [9] WELLS K D. The ecology and behavior of amphibians [M]. Chicago and London: The University of Chicago Press, 2007.
- [10] 邓茂林,田昆,段宗亮,等.高原湿地若尔盖国家级自然保护区景观变化[J].山地学报,2010,28(2):240-246.
- [11] 彭良国,姜蓉.若尔盖高原湿地生物多样性现状与保护策略[J].四川

林勘设计,2015(1):56-60.

- [12] 齐银, FELIX Z, 戴强, 等. 若尔盖高寒湿地高原林蛙繁殖后期运动、家域和微生境选择[J]. 动物学报, 2007, 53(6): 974-981.
- [13] CHEN W, PENG L Q, JIANG L C, et al. High altitude frogs (*Rana kukonoris*) adopt a diversified bethedging strategy in the face of environmental unpredictability[J]. Asian herpetological research, 2018, 9(1): 43-49.
- [14] GOSNER K L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification[J]. Herpetologica, 1960, 16: 183-190.
- [15] 谢文华,陶双伦,杨冬梅,等.密度对大树蛙蝌蚪生长发育和存活率的影响[J].生态学报,2014,34(22):6583-6588.
- [16] 施林强,毛飞,马小梅.密度对泽陆蛙蝌蚪生长发育和变态的影响[J].杭州师范大学学报(自然科学版),2011,10(5):429-434.
- [17] 王汉屏.密度对中国林蛙蝌蚪生长发育的影响[J].四川动物,2007,26(2):404-408.

科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如 1990 年不能写成 90 年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于 1 的小数点前的零不能省略,如 0.245 6 不能写成 .245 6。小数点前或后超过 4 位数(含 4 位数),从小数点向左右每 3 位空半格,不用“,”隔开。如 18 072.235 71。尾数多的数字(5 位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ (n 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。