



段家琪,武卓宇,张育平,等.黑水虻生物特性及其在畜禽生产中的研究现状[J].黑龙江农业科学,2022(4):100-104,116.

黑水虻生物特性及其在畜禽生产中的研究现状

段家琪,武卓宇,张育平,于荣荣

(太原师范学院,山西 晋中 030600)

摘要:为了探究黑水虻在畜禽生产中的营养价值,本文对黑水虻的发育特点、饲养条件、营养价值及其在畜禽生产中的研究现状进行了综述。分析得出黑水虻幼虫含有丰富的营养成分,可以作为一种典型的资源昆虫适量添加于动物饲料中,是一种良好的畜禽饲料添加剂和替代产品,可广泛应用于畜禽生产中。最后对黑水虻在畜禽机体的分子机制研究中进行了展望。

关键词:黑水虻;生物学特性;饲养条件;营养成分;畜禽

黑水虻(*Hermetia illucens*),又称亮斑扁角水虻,起源于美洲热带、亚热带和温带地区,广泛分布于热带和暖温带地区^[1-2]。在我国广泛分布于华北、华南以及东南沿海地区^[3]。

黑水虻是一种典型的腐生性水虻科昆虫,其虽属于虻,却不携带细菌,不叮咬人畜,对人类的生活并无威胁,具有繁殖速度快、食性范围广和易饲养等特点^[3-4]。黑水虻幼虫被称为“凤凰虫”,是一种与蝇蛆、黄粉虫等齐名的资源型昆虫,以畜禽粪便和生活垃圾为食,可用于生产高营养价值的动物饲料和植物肥料^[5]。目前,对黑水虻的研究主要集中于幼虫虫体的资源开发如生物饲料、生物柴油、抗菌肽的开发利用等。本文阐述了黑水虻的发育特性、饲养条件、营养成分及其在畜禽生产中的研究现状,为黑水虻资源开发和利用提供了重要依据。

1 发育特性

黑水虻隶属于双翅目,水虻科,完全变态昆虫,分为卵、幼虫、蛹和成虫4个阶段,不同发育龄期易受温度和湿度的影响,发育时间弹性较大,蛹期最为显著,历时7~180 d^[6-7]。卵,长约1.5 mm,历时4~14 d,外观光洁,呈半透明,以卵块形式聚集^[8]。幼虫,长1.8~20 mm,历时14 d,体型丰满,有毛,呈乳白色,根据蜕皮次数不同将其分为6个龄期,随着龄期的增加,幼虫体色逐渐加深^[9]。蛹,长15~20 mm,历时7 d,表皮较硬,呈深褐色^[10]。成虫,个体较大,长约15 mm,呈黑色,历时长短与性别相关,雄成虫历时6~7 d,交

配后即死亡,死后翅膀颜色变暗^[11-13]。雌成虫历时8~9 d,其产卵具有选择性,通常不产于食料上,会寻找新鲜的有机质作为产卵场所,将卵产于较为干燥的缝隙中^[14]。

2 饲养条件

黑水虻作为一种资源型昆虫,具有较大的开发潜力。我国黑水虻的总产量和开发利用率呈现逐年上升的趋势,统计显示,2018年总产量超过120万t^[15]。生产实践中,提升黑水虻的质量,如幼虫营养物质含量、蛹羽化率、成虫的产卵率和卵的孵化率尤为重要。研究表明,温度和湿度对于不同龄期幼虫生长发育发挥关键作用。卵期,使用人工培养箱将温度控制在25~33℃,湿度保持在60%~80%时,卵可在3 d顺利孵化;当温度控制在30℃,湿度保持在80%时,卵孵化时间缩短为2.5 d^[16]。幼虫期,将温度控制于25~30℃,湿度保持在50%~70%时,其生长发育显著变快^[12]。蛹期,羽化最适温度区间为24~34℃,最适湿度为90%。成虫期,当温度高于26℃,湿度低于60%时,更利于雌成虫产卵^[17-19]。

光照时间和强度对幼虫生长发育和成虫交配及产卵发挥关键作用。冬天和阴天,光照强度弱,光照时间短,难以满足幼虫生长发育、成虫交配和产卵所需条件,导致幼虫发育缓慢,成虫交配率降低、产卵量减少。人为使用碘钨灯照射,光照强度调整为1 000 lx,可以满足幼虫正常生长发育和成虫的繁殖,促进幼虫的取食速度,提高对餐厨废物的转化效率^[20-21]。饲料含水量对幼虫生长发育和预蛹期质量起着重要作用,当饲料含水量低于30%时,幼虫死亡;含水量提高至75%~85%时,幼虫生长速度加快,预蛹质量显著增加^[22-23]。因此,生产实践中,可以通过提高饲料中含水量,加速黑水虻幼虫的生长。

收稿日期:2021-12-03

基金项目:山西省教育厅高等学校科技创新项目(2019L0796)。

第一作者:段家琪(1996—),女,硕士研究生,从事昆虫生理和分子生物学研究。E-mail:310799106@qq.com。

通信作者:于荣荣(1987—),女,博士,副教授,从事昆虫生理和分子生物学研究。E-mail:yurong@163.com。

3 营养成分

黑水虻幼虫具有腐生性,自然界中常以动物粪便(畜、禽粪便较多)和腐烂的有机物(腐烂的水果、蔬菜、餐余垃圾等)为食,可以生产出具有高营养价值的幼虫和虫蛹^[1]。研究表明,取食不同有机物,幼虫体内营养成分不同^[24]。以餐厨垃圾为食的幼虫体内含有丰富的蛋白质、脂肪和微量元素^[25]。其中,蛋白质含量为 31.7%~47.6%,风干脱脂后虫粉蛋白质含量为 55.9%~63.9%,脂肪含量为 42%~49%^[26]。虫粉中谷氨酸、脯氨酸和酪氨酸含量^[27]及 Ca、Fe、Mg、Zn、Cu、Mn 微量元素含量^[28-30]显著高于鱼粉和豆粕;以鸡粪为食的幼虫体内不饱和脂肪酸含量占总脂肪的 34.61%,必需脂肪酸含量占总脂肪的 8.2%;以猪粪为食的幼虫体内粗脂肪含量为 31.4%,粗蛋白含量占比为 45.2%;以牛粪为食的幼虫体内粗脂肪含量为 34.8%,粗蛋白含量为 42.1%^[12,29]。此外,将处理后的秸秆废弃物和餐厨垃圾以 1:1 的体积比饲养幼虫,幼虫虫体质量显著增加^[30-33]。综上所述,根据实际生产和生活需要合理设置幼虫饲养条件,可提高饲养效率。

幼虫体内含大量油脂,占比约 30%,作为生产生物柴油的新型优质的动物原料^[34];幼虫虫沙的 pH、有机质、N、P、K 含量等多项指标均符合《有机肥料标准》(NY525—2012)^[25,35],因此可作为有机肥料或生产有机肥料的初级原料,达到促进植物生长,提高农产品产量的目的^[1,22]。幼虫体内提取的具有抑菌作用的抗菌肽,可以适量添加于饲料中,提高畜禽生长性能和免疫力^[36]。研究发现,幼虫体内提取的抗菌肽以 500 mg·kg⁻¹ 的浓度添加到断奶仔猪的饲料中,断奶仔猪血液中免疫球蛋白 IgG、IgM、IgA 等免疫因子的含量显著提高;鲤鱼饲料中添加适量抗菌肽,血清中甘油三酸酯水平显著降低,同时抗氧化能力显著增加,鱼体免疫力显著提高^[37-38]。

4 黑水虻在畜禽中的应用

畜牧业是农业生产的重要组成部分^[39],因此,处理好畜牧业问题更利于农业的发展,如解决因病或其他原因造成的畜禽死亡后的尸体处理、畜禽粪便处理、畜禽养殖等问题尤为关键。合理解决上述问题,利于绿色生产、保护环境。近年来,科研人员将研究重点转向一种新型的腐生性水虻科昆虫——黑水虻。通过对黑水虻食性特点、营养成分、养殖条件等方面进行研究,结合黑水虻投入到畜禽生产中的相关研究,发现黑水虻对畜禽产生了不同程度的影响。

4.1 对畜禽尸体的处理

由于伤病和灾害等因素导致畜禽死亡,其尸体能否得到高效、妥善的处理成为一大难题。现阶段,采用黑水虻幼虫处理畜禽尸体具有高效性、低成本,同时不会因畜禽尸体中所携带的病原菌而影响其生长发育等优势,已成为一种新型处理畜禽尸体的方法。杨燕等^[40]研究发现,以带有病原菌的畜禽尸体作为饲料饲喂黑水虻幼虫,幼虫体内和虫体排泄物中均未检测出病原菌,将幼虫体表浸泡洗涤后,进一步检测溶液中相应病原菌,结果仍为阴性,表明幼虫体表含有大量抗菌肽类物质,该类物质对幼虫接触的病原菌具有抵抗和消灭的作用。

4.2 对畜禽粪便的处理

随着我国人口增多,对畜禽的需求量增加,畜禽集中饲养导致养殖废弃物增多,大量的畜禽粪便在短时间内得不到妥善处理,对环境造成严重污染。堆肥归田和沼气发酵为处理畜禽粪便堆积的常用方法,这两种方法虽然在一定程度上能够缓解畜禽粪便堆积的问题,但局限性较大,易受季节的影响,因此,不能广泛应用于畜禽粪便处理。

黑水虻幼虫常出现在猪圈、鸡舍等畜禽集中区域并以畜禽粪便为食,利用其这一食性特点处理禽畜粪便,可以有效减少畜禽粪便的堆积问题,同时消除粪便臭味^[39]。近年来,利用黑水虻幼虫处理畜禽粪便已取得了显著效果。Newton 等^[41]研究发现,利用黑水虻幼虫处理猪粪便 15 d 后,粪便堆积率显著降低,粪便从 50 kg 减少至 21 kg。同时,黑水虻预蛹中粗蛋白、脂肪、必需氨基酸和矿物质含量显著增加;同时还发现,处理 460 只鸡的粪便后,粪便堆积率显著降低,且成虫产卵量显著提高。Beskin 等^[42]研究发现,黑水虻幼虫处理畜禽粪便后,粪便中挥发性有机物的排放量显著减少,大肠杆菌、沙门氏杆菌等有害微生物含量显著降低,说明该方法有效解决了粪便的恶臭和家蝇滋生的问题。

随着黑水虻幼虫处理畜禽粪便的广泛应用,科研人员进一步发现,幼虫处理粪便的效果与温度、湿度以及粪便中有机质含量密切相关。袁橙等^[43]将 4 日龄幼虫置于人工气候箱设置的 25、28 和 30 ℃ 三种饲养温度下分别处理 70%、75% 和 80% 不同含水量的粪便,研究表明,温度为 28~30 ℃、粪便含水量为 75% 时,粪便处理效率最高,10 d 即可将 400 g 粪便处理完毕。钟志勇等^[24]发现鸭粪中添加木屑或麦麸等辅料,黑水虻幼虫对鸭粪的处理效果显著提高。此外,黑水虻幼虫处理粪便的效率受幼虫日龄、粪便堆积高度和粪

便堆积比例等多种因素影响。解慧梅等^[44]分别用2、4和6日龄幼虫处理猪粪便10 d,发现4日龄幼虫处理效果最好,且粪便堆积高度为15 cm时处理效果最佳。

粪便的新鲜程度不同,产出幼虫的营养成分也不同。杨树义等^[45]研究发现,使用发酵猪粪或新鲜猪粪饲养幼虫,其转化率均未发生影响,但投喂新鲜猪粪的幼虫体内粗蛋白、粗脂肪含量都较投喂发酵猪粪的幼虫显著增高,同时氨基酸和脂肪酸含量丰富。

综上所述,处理不同状态的粪便,应选用适宜龄期和数量的幼虫,可以通过控制适宜的外在条件,提高处理效率。

4.3 在畜禽生产中的饲用价值

黑水虻幼虫体内蛋白质和脂肪含量较高,氨基酸组成丰富并含有多种脂肪酸、维生素、微量元素,是一种良好的畜禽饲料添加剂和替代产品,广泛应用于畜禽生产中。

4.3.1 在猪肉生产中的应用 猪饲料中,添加适宜比例的黑水虻幼虫粉替代豆粕、鱼粉等蛋白质原料,其生长性能、养分消化率和机体免疫能力均得到不同程度的改善。余苗等^[46]研究发现,在肥育猪饲料中添加适量幼虫粉对其消化吸收和代谢平衡机制具有促进作用;张放等^[47]研究发现,在育肥猪的基础饲料中添加适量的幼虫粉提高了育肥猪的平均日增重,降低了育肥猪的料重比;Teun等^[48]研究发现,幼虫粉中含有猪生长的必需氨基酸,添加到饲料中可以产生抗菌肽用以保护猪自身免受微生物的感染;Harikrishnan等^[49]研究表明,幼虫产生的抗菌肽可以增强仔猪的肠道免疫力,提高仔猪的生长性能,改善仔猪肠道中的微生物。因此,猪基础饲料中适量添加黑水虻幼虫粉可以替代饲料的营养成分。

4.3.2 在肉鸡生产中的应用 黑水虻幼虫以不同形式适量添加于肉鸡饲料中,不仅能够促进肉鸡生长,同时对肉鸡的健康、肉质改善具有重要作用。Dabbou等^[50]研究发现,肉鸡饲料中添加适量的脱脂幼虫粉,对肉鸡的生长性能具有促进作用;Manangkot等^[51]分别将不同比例的幼虫干替代鱼粉对肉鸡进行投喂,提高了肉鸡的饲料转化率。Moula等^[52]将适量的解冻鲜幼虫添加到肉鸡饲料中,鸡肉的多不饱和脂肪酸含量增加;Nampijja等^[53]将适量的幼虫粉添加到肉鸡饲料中,鸡肉的n-3系列脂肪酸含量降低,n-6系列脂肪酸含量增加,提高了鸡肉的肉质。陈柏宇等^[30]研究发现,添加黑水虻幼虫使肉鸡血液中红细胞、血红蛋白等指标显著增加,表明肉鸡的健康水

平得到了积极的改善。Lee等^[54]研究发现,在肉鸡饲料中添加少量的幼虫粉,其免疫力提高的同时减少了因沙门氏菌感染而造成的肉鸡死亡现象。伍佰鑫等^[55]研究发现,轻度或高度脱脂的幼虫粉可以部分添加或替代肉鸡饲料,且经高度脱脂后幼虫粉蛋白质含量较高,不易被氧化而更利于储藏。沙茜等^[56-57]发现,与玉米+豆粕、轻度脱脂幼虫粉相比,以高度脱脂幼虫粉饲养肉鸡效果最佳,主要表现在肉鸡粗蛋白、甲壳素、氨基酸、谷氨酸和亮氨酸含量较高;同时还发现,不同比例(0、5%、10%、15%和20%)的幼虫粉替代原饲料中的豆粕饲养肉鸡一段时间后,分析其屠宰性能发现,替代量为15%时,肉鸡的活重、分割前重、全净膛重较高,龙骨长、胫长、体斜长较长。赵燕等^[58]研究发现,将不同比例(2%、4%、6%)的幼虫干添加到肉鸡饲料中,鸡肉蛋白质、氨基酸和脂肪酸的含量显著提高。综上所述,黑水虻是一种较好的蛋白质饲养原料,含有丰富的粗蛋白质、粗脂肪和微量元素等,可以将其以不同的存在形式适量添加到肉鸡饲料中。

4.3.3 在蛋鸡生产中的应用 黑水虻幼虫对蛋鸡生长性能的影响主要体现在提高蛋鸡产蛋量和产蛋率等方面。Mwaniki等^[59]研究表明,在蛋鸡的饲料中添加少量的幼虫粉后,蛋鸡产蛋量提高的同时对鸡蛋的外观、质地、味道均具有促进作用;Secchi等^[33]研究发现,蛋鸡饲料中豆粕被幼虫粉全部替代后,蛋鸡的产蛋率和蛋黄中营养含量均显著增加;夏婧等^[60]研究表明,蛋鸡饲料中添加适量的鲜幼虫可以有效提高绿壳蛋鸡的生长性能和机体抗氧化能力;王桂英等^[61]研究发现,蛋鸡饲料中添加一定量的幼虫粉以替代豆粕,对蛋鸡的生长发育具有促进作用,具体表现为鸡蛋的平均增重率、血清总蛋白、白蛋白和球蛋白含量显著提高,同时,血清尿素氮、胆固醇和丙二醛含量相对较低。因此,蛋鸡饲料中添加适量黑水虻虫粉或使用黑水虻幼虫粉替代部分饲料中营养物质可以促进蛋鸡生长,提高生产质量和增加生产数量。

4.3.4 在鹌鹑、番鸭和肉鸭生产中的饲用价值 黑水虻幼虫以不同的形式加入到鹌鹑和番鸭的饲料中,对鹌鹑和番鸭的生产均具有不同程度的促进作用。Mawaddah等^[62]在鹌鹑饲料中添加不同比例的脱脂幼虫粉替代肉骨粉,产蛋率显著提高,同时当替代比例较高时,效果更加明显;Cullere等^[63]研究表明,在鹌鹑饲料中添加不同比例的鲜幼虫,随着添加量的增多,鹌鹑胸肉的肉质得到显著提高,具体表现在鹌鹑体内多不饱和

脂肪酸含量减少,总胆固醇和单不饱和脂肪酸含量增加,以及丙氨酸等氨基酸含量的增加;Gunawan等^[64]研究发现,在番鸭饲料中添加适量的脱脂幼虫粉或鲜幼虫时,番鸭的屠宰率显著提高,当添加量为2.5%脱脂幼虫粉或10%鲜幼虫时,屠宰率最高。综上所述,黑水虻可作为优质蛋白质饲料,部分替代或全部替代畜禽饲料。在实际生产中,可根据不同生产目的,选取不同状态、不同比例的黑水虻添加至饲料中。

5 展望

黑水虻是一种典型的资源型昆虫,其幼虫生命周期较短、有较强的繁殖和适应能力,近年来,对其在资源利用方面的研究在国内愈发受到重视。在畜禽生产中,黑水虻的研究主要集中在畜禽尸体和粪便的处理,以及作为蛋白来源在畜禽饲料中的应用方面。本文综述了黑水虻的发育特性、饲喂条件、营养成分以及其在畜禽中的研究现状。

目前对黑水虻的畜禽生产方面的研究多停留在黑水虻对畜禽的宏观影响,今后应加强黑水虻对畜禽机体的分子机制的研究。同时,对黑水虻的饲养方面的研究还不够细致,应针对不同地区的环境差异提出具体的饲养方式,以保证黑水虻的得率;对于不同饲喂条件得到的黑水虻幼虫应该根据其特性用于更为适宜且应用价值更高的不同方面。此外,现阶段对黑水虻体内的蛋白质、脂肪酸等研究较多,对其体内的几丁质、抗菌肽等活性物质研究较少,今后对黑水虻的成分研究应该更全面。已知黑水虻体内的抗菌肽等多肽物质对畜禽类、水产类等生物的肠道健康有积极作用,后期应该以此作为基础,尝试开展人类健康方面的相关研究,开发出更多关于黑水虻的实际应用价值研究,让黑水虻产业的发展空间越来越大。

参考文献:

- [1] 张杰,温逸婷,高正辉,等.黑水虻的资源化利用研究现状[J].应用昆虫学报,2019,56(5):997-1006.
- [2] MAKKAR H P S,TRAN G,HEUZÉ,et al.State of the art on use of insects as animal feed[J].Animal Feed Science and Technology,2014,197:1-33.
- [3] 柴志强,王付彬,郭明昉,等.水虻科昆虫及其资源化利用研究[J].广东农业科学,2012,39(10):182-185.
- [4] 何振伯.黑水虻生物处理技术的应用[J].中国畜牧兽医文摘,2017,33(11):226.
- [5] 刘欢,岳智谋,黄军,等.利用黑水虻处理畜禽粪污的效果[J].四川畜牧兽医,2018,45(4):43.
- [6] ZHENG L,HOU Y,LI W,et al.Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes[J].Energy,2012,47(1):225-229.
- [7] 李来刚.优质活体饵料生物——黑水虻[J].科学养鱼,2016

- (7):68-69.
- [8] 窦永芳.养殖密度、光照条件及餐厨垃圾类型对黑水虻(*Hermetia illucens* L.)生长和体成分的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [9] BYRD J H,ALLEN J C.The development of the black blow fly,*Phormia regina* (Meigen)[J].Forensic Science International,2001,120(1-2):79-88.
- [10] 马加康,郭浩然,王立新.新鲜鸭粪对黑水虻幼虫生长发育及粪便转化率的影响[J].安徽科技学院学报,2016,30(1):12-18.
- [11] 李顺才,吉志新,苏维,等.资源昆虫黑水虻的生长特性与科学利用[J].科学种养,2020,171(3):57-59.
- [12] 于怀龙,黄小燕.黑水虻资源化利用研究[J].饲料工业,2018,39(6):60-64.
- [13] 刘韶娜,赵智勇.黑水虻对畜禽废弃物治理的研究进展[J].养猪,2016(2):81-83.
- [14] 杜娟.资源昆虫黑水虻的利用与开发探讨[J].现代农业科技,2020(12):221-222.
- [15] 陈继发.黑水虻在家禽生产中的应用研究进展[J].动物营养学报,2020,32(9):3986-3992.
- [16] 王蕾,邢志先,吴昊,等.黑水虻营养价值及在畜禽粪便处理中的运用[J].中国畜禽种业,2018,14(3):18-19.
- [17] 代发文,葛远凯,梁伟才,等.黑水虻处理餐厨垃圾浆料的生产性能及其幼虫生长发育规律研究[J].养猪,2017(6):73-75.
- [18] 孙振涛,赵爱民,高鹏翔,等.温湿度对黑水虻繁殖率及幼虫转化鸡粪效率的研究[J].家畜生态学报,2021,42(1):61-64.
- [19] 刘宏宇,喻国辉,夏婧.黑水虻研究进展[J].养殖与饲料,2015(12):4-7.
- [20] ZHANG J,HUANG L,HE J,et al.An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies,*Hermetia illucens* [J].Journal of Insect Science,2010,202:1-7.
- [21] 赵竞伽,罗强,江明峰.光照因素对黑水虻幼虫生长发育影响初探[J].畜禽业,2018,29(12):7-10.
- [22] 余峰,夏宗群,管业坤,等.黑水虻处理鸭粪效果初探[J].江西畜牧兽医杂志,2018(2):15-17.
- [23] 杨霞,王定美,麦力文,等.不同含水率饲料对黑水虻生长发育的影响及其对饲料的转化特征研究[J].环境昆虫学报,2020,42(5):1183-1190.
- [24] 钟志勇,管业坤,夏宗群,等.黑水虻对添加辅料的鸭粪处理效果研究[J].江西畜牧兽医杂志,2019(4):20-23.
- [25] WANG Y S,SHELOMI M.Review of black soldier fly (*Hermetia illucens*) as animal feed and human food[J].Foods,2017,6(10):91.
- [26] SURENDRA K C,OLIVIER R,TOMBERLIN J K,et al.Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming[J].Renewable Energy,2016,98:197-202.
- [27] 杨安妮,杨石龙,唐红军,等.黑水虻幼虫在鸡粪中生长发育规律的研究[J].甘肃畜牧兽医,2019,49(12):46-49.
- [28] 蔡腾,李嘉希,李志强,等.黑水虻幼虫氨基酸及其微量元素分析[J].环境昆虫学报,2021,43(3):684-689.
- [29] 萧鸿发,王国霞,彭凯,等.黑水虻生物学特点及其应用研究进展[J].广东畜牧兽医科技,2020,45(2):27-33.
- [30] 陈柏宇,李楚君,胡斌,等.黑水虻幼虫饲用价值[J].饲料

- 工业,2020,41(10):9-15.
- [31] 许静杨,李妍,白义川,等. 秸秆废弃物饲喂黑水虻幼虫初探[J]. 山西农业科学,2020,48(7):1132-1134.
- [32] 胡俊茹,何飞,莫文艳,等. 采食不同有机废弃物黑水虻幼虫饲料价值分析[J]. 中国饲料,2017(15):24-27.
- [33] SECCI G, F BOVERA, NIZZAS, et al. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean[J]. Animal, 2018, 12(10):1-7.
- [34] 朱定,王存文,杨芳. 黑水虻幼虫蛋白水解物的制备及营养价值评价[J]. 化学与生物工程,2020,37(4):15-19.
- [35] 郭会茹,王清华,刘奇凡,等. 黑水虻幼虫处理鸡粪后虫体饲料和鸡粪肥料的评价[J]. 中国畜牧杂志,2020,56(8):213-217.
- [36] OSAMA E, D ZHOU, SONG Q, et al. Screening, expression, purification and functional characterization of novel antimicrobial peptide genes from *Hermetia illucens* (L.) [J]. PLoS One, 2017, 12(1):e0169582.
- [37] 王青,陈俊,李潇潇,等. 黑水虻抗菌肽的研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2021(11):1-14.
- [38] 安新城,吕欣. 黑水虻的生物学特性及营养价值[J]. 养殖与饲料,2007(11):67-68.
- [39] 雷小文,谢华亮,张强,等. 利用黑水虻资源化处理集约化鸡场养殖废弃物技术初探[J]. 湖南畜牧兽医,2019(6):15-18.
- [40] 杨燕,严欢,赵智勇,等. 以黑水虻为媒介处理两种疫病致死猪的安全性检测[J]. 养猪,2016(4):85-86.
- [41] NEWTON G L, SHEPPARD D C, WATSON D W, et al. The black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a manure management/resource recovery tool[J]. Journal Article, 2005:1-5.
- [42] BESKIN K, HOLCOMB C D, CRIPPEN T L, et al. Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera:Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions[J]. Waste Management, 2018, 74:213-220.
- [43] 袁橙,魏冬霞,解慧梅,等. 黑水虻幼虫处理规模化猪场粪污的试验研究[J]. 畜牧与兽医,2019,51(11):49-53.
- [44] 解慧梅,程汉,魏冬霞,等. 黑水虻处理规模化猪场粪便效果及工艺研究[J]. 中国畜牧杂志,2020,56(4):165-168.
- [45] 杨树义,李卫娟,刘春雪,等. 发酵猪粪对黑水虻转化率的影响及黑水虻幼虫和虫沙营养成分测定[J]. 安徽农业科学,2016,44(21):69-70.
- [46] 余苗,李贞明,陈卫东,等. 黑水虻幼虫粉对育肥猪营养物质消化率、血清生化指标和氨基酸组成的影响[J]. 动物营养学报,2019,31(7):3330-3337.
- [47] 张放,朱建平,张政,等. 黑水虻虫粉对育肥猪生长性能、血清指标和养分消化率的影响[J]. 河南农业科学,2017,46(6):130-133,146.
- [48] TEUN V, GUIDO B. Insects: A protein-rich feed ingredient in pig and poultry diets[J]. Animal Frontiers, 2015, 5(2):46-50.
- [49] HARIKRISHNAN R, KIM J S, BALASUNDARAM C, et al. Dietary supplementation with chitin and chitosan on haematology and innate immune response in *Epinephelus bruneus* against *Philasterides dicentrarchi* [J]. Experimental Parasitology, 2012, 131:116-124.
- [50] DABBOU S, GAI F, BIASATO I, et al. Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: Effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features[J]. Journal of Animal Science and Biotechnology, 2018, 9(4):145-154.
- [51] MANANGKOT H J, RONDONUWU S, PINONTOAN O R, et al. Black soldier fly larvae manure degradation as fish meal replacer in native chicken ration[J]. Seria Zootehnie, 2014, 62:139-142.
- [52] MOULA N, SCIPPO M L, DOUNY C, et al. Performances of local poultry breed fed black soldier fly larvae reared on horse manure[J]. Animal Nutrition, 2018, 4(1):73-78.
- [53] NAMPIJJA Z. Effect of substituting fish meal (*Rastrine-obola argentea*) protein with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal protein on performance of broiler chickens[D]. Kampala: Makerere University, 2018.
- [54] LEE J N, KIM Y M, PARK Y K, et al. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae enhances immune activities and increases survivability of broiler chicks against experimental infection of *Salmonella gallinarum* [J]. Journal of Veterinary Medical Science, 2018, 17:736-740.
- [55] 伍佰鑫. 脱脂黑水虻幼虫饲养肉鸡的研究[J]. 中国畜牧业, 2019, 527(8):78-79.
- [56] 沙茜,胡清泉,杨仁灿,等. 黑水虻幼虫粉对肉鸡肠道食糜主要微生物数量和代谢产物的影响[J]. 畜牧兽医科学(电子版), 2021(3):7-9.
- [57] 沙茜,胡清泉,缪祥虎,等. 黑水虻幼虫粉饲喂铁脚麻鸡对屠宰性能的影响[J]. 云南畜牧兽医, 2021(1):10-13.
- [58] 赵燕,侯凤香,郑远博,等. 黑水虻幼虫干对肉鸡生产性能、血清生化指标及鸡肉养分含量的影响[J]. 中国畜牧杂志, 2021, 57(2):156-160.
- [59] MWANIKI Z, NEIJAT M, KIARIE E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn-soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age[J]. Poultry Science, 2018, 97(8):2829-2835.
- [60] 夏婧,廖业,杜联峰,等. 亮斑扁角水虻幼虫对绿壳蛋鸡免疫力及抗氧化能力的影响[C]//中国免疫学会. 第十一届全国免疫学学术大会摘要汇编. 2016:419-420.
- [61] 王桂英,王奎明,李路胜,等. 黑水虻幼虫粉对蛋雏鸡生长性能、血清生化指标和抗氧化能力的影响[J]. 动物营养学报, 2020, 32(8):3615-3623.
- [62] MAWDDAH S, HERMANA W, NAHROWI N. Pengaruh pemberian tepung defatted larva BSF (*Hermetia illucens*) terhadap performa produksi puyuh petelur (*Coturnix coturnix japonica*) [J]. Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, 2018, 16(3):47-51.
- [63] CULLERE M, TASONIERO G, GIACCONE V, et al. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Meat proximate composition fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits[J]. Animal, 2018, 12(3):640-647.
- [64] GUNAWAN A, ERLINA S, SAMUDERA R, et al. Effect of supplement maggot black soldier fly live on the percentage of carcass and weight of carcass of male Alabio ducks [C]//IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2018, 207(1):12-21.

植后由于苗木不整齐或部分植株整形带缺芽等原因造成的树冠不均衡,建园不整齐。落叶后调查表明,苗木当年定植后,平均树高 1.92 m,平均冠层厚度 1.48 m,树冠平均体积为 1.76 m³,主干着生枝条数量 20.17 条·株⁻¹,第 2 年 91.4% 的桃树可实现开花结果。

参考文献:

[1] 张英臣. 黑龙江省果树设施栽培现状及对策[J]. 北方园艺, 2004(4):14-15.
[2] 张帆,王鸿,陈建军,等. 西北非耕地日光温室桃芽苗定植当年管理技术[J]. 西北园艺(果树),2021(1):14-16.

[3] 陈建军,王鸿,李宽莹. 北方日光温室桃快速建园技术[J]. 农业与技术,2020,40(21):124-125.
[4] 于立杰,梁春莉,王国东,等. 温室桃幼树生产管理技术要点[J]. 果树资源学报,2021,2(3):43-44.
[5] 李玉珍,张银祥. PBO 对日光温室‘春艳’桃生长结果的影响[J]. 落叶果树,2013,45(4):11-12.
[6] 汪景彦. 桃树使用 PBO 后 2 年丰产 3 年高产[N]. 上海农业,2014(6):53,81.
[7] 徐明举. 甜油桃幼树应用 PBO 的促花效果[J]. 广西园艺, 2006(1):35-36.
[8] 韩旭. PBO 在红凤凰桃上施用效果研究[D]. 太原:山西农业大学,2019.

Rapid Shaping Technology of Peach Trees Cultivated in Greenhouse in Heilongjiang Province

HOU Rui-ning, WANG Xiao-xiang, REN Ai-hua, WANG Yu, XIAO Li-zhen, HAN Ji-long, MU Yun-hui

(Horticultural Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069, China)

Abstract: In order to solve the technical problems of peach tree cultivation in greenhouse in Heilongjiang Province,combing the early fruiting technology of fruit tree seedling in cold region integrated for many years with the practice of peach tree production and cultivation in greenhouse,the rapid shaping technology of peach tree in Heilongjiang Province was summarized. The practical application results showed that this technology can achieve the crown forming and flower bud of the peach tree after planting in greenhouse in the current year, fruit in the second year. After more than 210 d of growth,the average thickness of trunk in autumn can reach 27.03 mm. The average tree height was 1.92 m,the average canopy thickness was 1.48 m,the average number of branches and flower buds per tree was 20.17 and 51.74, respectively. In the second year,91.4% of peach trees could blossom and bear fruit.

Keywords: solar greenhouse; peach tree; rapid shaping

(上接第 104 页)

Biological Characteristics and Research Status of Black Soldier Fly(*Hermetia illucens*) in Production of Livestock and Poultry Production

DUAN Jia-qi, WU Zhuo-yu, ZHANG Yu-ping, YU Rong-rong

(Taiyuan Normal University, Jinzhong 030600, China)

Abstract: In order to explore the nutritional value of black soldier fly(*Hermetia illucens*) in livestock and poultry production, this paper summarized the biological characteristics of black soldier fly, such as development characteristics, feeding conditions, nutritional value and its research status in livestock and poultry. The analysis showed that the larvae of black soldier fly were rich in nutrients, which can be added to animal diet as a typical resource insect. It is a good livestock and poultry feed additive and alternative product, which is widely used in livestock and poultry production. Finally, the molecular mechanism of black soldier fly in livestock and poultry was prospected.

Keywords: *Hermetia illucens*; biological characteristics; feeding conditions; nutrients; livestock