周诗玉,王庆雷,赵胜国,等.取食不同废弃物对白星花金龟虫粪砂肥分和黄芩育苗效果的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(2):90-98.
Zhou S Y, Wang Q L, Zhao S G,et al.Effects of feeding different waste materials on the nutrient composition of *Potosia brevitarsis* Lewis frass and the seedling growth of *Scutellaria baicalensis* Georgi[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2024,44(2):90-98.
**doi**: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202311036

# 取食不同废弃物对白星花金龟虫粪砂肥分和黄芩育苗效果的影响

周诗玉[1],王庆雷[2,3],赵胜国[4],韩建春[5],赵鹏武[1],刘春琴[2,3],刘业超[1],何鑫[1],张燕如[1*]

(1.内蒙古农业大学 林学院,内蒙古 呼和浩特 010019;2.沧州市农林科学院,河北 沧州 061001;3.河北省土壤昆虫学重点实验室,河北 沧州 061001;4.内蒙古自治区林业和草原有害生物防治检疫总站,内蒙古 呼和浩特 010020;5.内蒙古正时生物科技有限公司,内蒙古 呼和浩特 010070)

**摘　要**:[目的]白星花金龟作为一种农业害虫,具有很强的转化废弃物的能力,其虫粪砂也有着巨大的有机肥潜力。随着环境问题的愈发严峻和资源的逐渐枯竭,废弃资源再利用已成为绿色生产的一个重要方向。本研究旨在探索不同废弃物作为饲料对白星花金龟虫粪砂肥分和育苗效果的影响,从而为白星花金龟虫粪砂的推广利用提供依据。[方法]本研究采用室内养殖方式,分别饲喂榆黄蘑菌渣、木耳菌渣、猴头菇菌渣、腐熟鸡粪和发酵土豆渣,对不同处理的虫粪砂的pH和各养分含量进行测定;以黄芩作为实验材料,在种子萌发期施用不同处理虫粪砂,测量不同处理的黄芩发芽势、活力指数、苗高、苗高增长速率、移栽成活率。[结果](1)给白星花金龟喂食不同农业废弃物所得的虫粪砂在pH和有机质、碱解氮、速效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾、全碳含量上有着显著差异;(2)不同处理的虫粪砂对黄芩发芽势、活力指数、苗高、苗高增长速率、移栽成活率都有显著提高作用。[结论]不同废弃物喂养白星花金龟所得虫粪砂的肥分差异显著,应根据农业方面的具体情况选用不同废弃物作为白星花金龟的饲料;白星花金龟虫粪砂对黄芩幼苗的培育有着显著的促进作用,其中榆黄蘑虫粪砂的效果最好。

**关键词**:白星花金龟;肥分;育苗;黄芩
**中图分类号**:S963.91　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1671-8151(2024)02-0090-09

随着环境问题的愈发严峻和资源的逐渐枯竭,资源安全已经成为了全球性的议题[1]。完善废弃物循环利用是提升资源利用率的一项重要举措[2]。食用菌作为一种健康营养食品,已在世界范围内广泛种植,也因此产生了大量菌渣,无法处理的菌渣不仅浪费资源还污染环境[3]。随着经济水平和生活水平的提升,人们对禽畜肉蛋的需求逐年增加,禽畜粪便量也随之增长[4],厨余废物作为生活垃圾的重要组成部分也日益增多[5]。虽然菌渣、禽畜粪便、厨余废料中含有有害物质,但也含有大量的有机质和氮、磷、钾等营养成分,具备着巨大的资源利用潜力[3-5]。因此,如何将菌渣、禽畜粪便、厨余废料等废弃物变废为宝已经成为了一个亟需解决的问题。

白星花金龟(*Potosia brevitarsis* Lewis,鞘翅目花金龟科)是在中国分布广泛的重要农业害虫,目前国内外的主要研究集中于其防治方法、药用价值和转化不同农业废弃物等方面[1,6-7]。许多研究表明,白星花金龟转化废弃物的能力很强[1,6-8],可用于对废弃物的资源转化利用,但对其转化不同废弃物后产生的虫粪砂研究较少。刘玉升[8]研究发现白星花金龟幼虫虫粪是一种有潜力的有机肥,但不同的饲料喂养虫粪砂肥分和肥效具有差异[9]。Joung[10]发现白星花金龟虫粪砂有利于生菜

**收稿日期**:2023-11-29　　**修回日期**:2024-01-03
**基金项目**:内蒙古自治区自然科学基金(2020BS03014);国家自然科学基金(32160372);内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZZ18047);内蒙古自治区林学"双一流"建设项目(DC2100001171);内蒙古自治区林业科技推广示范项目
**作者简介**:周诗玉(ORCID:0009-0000-6356-6667),硕士研究生,研究方向:资源昆虫综合利用
*通信作者:张燕如(ORCID:0000-0002-0185-5591),博士,副教授,硕士生导师,E-mail:zhangyanru4479@126.com

和辣椒的早期生长,史长旭等[11]发现适当施用白星花金龟幼虫虫粪砂有利于黄瓜、辣椒育苗,赖德强等[12]发现白星花金龟虫粪砂具有在低温情况下促进植物苗期生长的潜力,而在春播时成功发芽和幼苗正常发育是内蒙古黄芩繁殖的决定性因素[13]。

黄芩(*Scutellaria baicalensis* Georgi)是唇形科药用植物,其根为药已有2000多年历史[13],是我国常用大宗药材,其市场需求量大,有限的野生资源已不能满足市场需求,因此如今多为人工种植[13-14]。黄芩是一种以种子直播的内蒙古道地药材,分春播、夏播和秋播,春播时内蒙古气温低、光照强,幼苗刚出土生长情况弱,容易造成萌发失败和死苗[13-14]。因此,黄芩的发芽和壮苗在黄芩的人工栽培上具有举足轻重的意义。

本试验通过比较榆黄蘑废弃菌糠、木耳废弃菌糠、猴头菇废弃菌糠、鸡粪、厨余废物土豆渣5种废弃物喂养的白星花金龟虫粪砂的养分差别和其对内蒙古黄芩春播时发芽、育苗的影响,分析喂食废弃物所产虫粪砂的肥分和肥效差异,旨在为白星花金龟幼虫虫粪砂的应用提供科学依据。

## 1　材料和方法

### 1.1　材料

试验于2023年3-4月在内蒙古农业大学林学院实验室内进行。肥效实验供试作物为黄芩,种子从安国市农泰中药材种植有限公司购买。育苗基质为珍珠岩、蛭石、椰糠以1∶1∶8比例配置而成,移栽实验土壤取自内蒙古农业大学林学院苗圃。

### 1.2　试验器材

梅特勒AB235-S型十万分之一天平、Elementar EL III元素分析仪,T6紫外可见分光光度计(普析通用),力辰WGH6431智能型火焰光度计,梅特勒ML204型万分之一天平,雷磁PHB-4便携式pH计,普兰德数字瓶口滴定器。

### 1.3　试验设计

#### 1.3.1　白星花金龟虫粪砂获取

将从呼和浩特市附近食用菌养殖基地收集的榆黄蘑废弃菌包、木耳废弃菌包、猴头菇废弃菌包和从食堂收集的土豆废弃物分别粉碎,将粉碎好的榆黄蘑菌渣、木耳菌渣、猴头菇菌渣过直径5 mm筛;将鸡粪腐熟发酵至松散状态、土豆渣发酵至干燥无异味;再将5种处理好的废弃物分别饲喂白星花金龟幼虫,收集幼虫取食后排出的虫粪砂,分别记为T1、T2、T3、T4、T5。

#### 1.3.2　肥料养分含量测定

根据NY/T 525-2021,采用pH计法测定pH,采用重铬酸钾容量法测定有机质含量[15];根据NY/T 3498-2019采用元素分析仪法测定全氮、全碳含量[16];根据NY/T 298-1995采用硫酸-过氧化氢消煮、钒钼黄比色法测定全磷含量[17];根据NY/T 299-1995,采用硫酸-过氧化氢消煮、火焰光度法测定全钾含量[18];根据《土壤农化分析》采用碱解扩散法测定碱解氮含量[19];根据NY/T 300-1995采用柠檬酸浸提-钒钼黄比色法测定速效磷含量[20];根据NY/T 301-1995采用火焰光度法测定速效钾含量[21]。

#### 1.3.3　黄芩育苗试验

施肥设5个处理和1个空白对照。5个处理分别是榆黄蘑虫粪砂(T1)、木耳虫粪砂(T2)、猴头菇虫粪砂(T3)、鸡粪虫粪砂(T4)和土豆虫粪砂(T5),以不施肥为空白对照(CK)。黄芩育苗实验采用育苗盘栽培方式,将不同处理的虫粪砂与湿润育苗基质以1∶20的比例混合后,置于54 cm×28 cm的50穴5 cm×5 cm育苗盘中,于2023年3月10日播种,每穴放置3粒黄芩种子,每盘共播种150粒。保持育苗基质湿润,将光照、温度、水分控

**表1　白星花金龟虫粪砂不同饲料的原料和处理方式**

**Table1**　Raw materials and processing methods of different feeds for *Potosia brevitarsis* Lewis

| 饲料原料类型<br>Feed raw material type | 饲料具体组成<br>Specific feed composition | 处理方式<br>Methods | 所产虫粪砂<br>Frass type | 处理<br>Treatment |
|---|---|---|---|---|
| 废弃榆黄蘑菌包 | 木屑、麦麸、榆黄蘑菌丝等 | 粉碎过筛 | 榆黄蘑虫粪砂 | T1 |
| 废弃木耳菌包 | 木屑、麦麸、木耳菌丝等 | 粉碎过筛 | 木耳虫粪砂 | T2 |
| 废弃猴头菇菌包 | 木屑、麦麸、猴头菇菌丝等 | 粉碎过筛 | 猴头菇虫粪砂 | T3 |
| 厨余废物 | 土豆渣 | 粉碎发酵 | 土豆虫粪砂 | T4 |
| 禽畜粪便 | 鸡粪 | 腐熟 | 鸡粪虫粪砂 | T5 |

制在相同水平。

1.3.4 育苗指标测定

自播种之日起开始观察,每天17:00记录种子的萌发数,以幼根长度达种子长度为萌发标准[20],连续3 d无种子萌发时萌发试验结束。萌发试验结束当天使用精度为0.01 mm的钢尺进行第1次幼苗苗高测量,每5天测量1次幼苗苗高,连续测量4次,以第4次测量苗高数据作为黄芩苗高生长数据。移栽14 d测量存活幼苗数。试验共进行57 d。参照《国际种子检验规程》,计算种子发芽势、活力指数、移栽成活率[22]。计算公式如下:

发芽势=(高峰期种子萌发数/供试种子数)×100%

活力指数=∑(Gt/Dt)×S

苗高增长速率(cm·d$^{-1}$)=(第4次测苗高−第1次测苗高)/15 d

式中:Gt为第t天的发芽数;Dt为萌发第t天;S为苗高。

1.3.5 黄芩幼苗移栽试验

播种第42 d时,将各处理生长情况良好、统一的黄芩幼苗移栽至10 cm×10 cm×8.5 cm的花盆中,移栽采用竖直式摆苗[23],每盆12株黄芩幼苗,每个处理3个重复。移栽试验处理如表2所示。

**表2 黄芩幼苗移栽实验处理设置**

**Table2** Experimental design of transplanting *S. baicalensis* Georgi seedlings

| 处理 Treatment | 苗源处理 Seedling treatment | 土壤处理 Soil treatment |
|---|---|---|
| YY | 榆黄蘑虫粪砂 | 榆黄蘑虫粪砂 |
| YK | 榆黄蘑虫粪砂 | 空白 |
| MM | 木耳虫粪砂 | 木耳虫粪砂 |
| MK | 木耳虫粪砂 | 空白 |
| HH | 猴头菇虫粪砂 | 猴头菇虫粪砂 |
| HK | 猴头菇虫粪砂 | 空白 |
| JJ | 鸡粪虫粪砂 | 鸡粪虫粪砂 |
| JK | 鸡粪虫粪砂 | 空白 |
| TT | 土豆虫粪砂 | 土豆虫粪砂 |
| TK | 土豆虫粪砂 | 空白 |
| KC | 空白 | 混合虫粪砂 |
| KK | 空白 | 空白 |

计算公式如下:

移栽成活率=移栽成活株数/总移栽株数×100%

### 1.4 数据处理

使用Excel 2016进行数据整理,使用Origin 2023和Graphpad prism进行数据处理和作图。采用SPSS 22对数据进行方差分析,不同处理采用Duncan法进行两两比较分析。三线表和柱状图中数据均以平均值±标准差形式表示,图表中的不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同饲料对白星花金龟幼虫虫粪砂肥分的影响

由表3可见,5种处理的白星花金龟虫粪砂各养分含量具有很大的差异性。5种处理的pH和速效磷、速效钾、全氮、全磷、有机质、全碳含量均具有显著性差异;全钾含量T1、T2、T3之间不具有显著差异,其它处理间均存在显著差异;碱解氮含量T2、T5之间差异不显著,其它处理之间均具有显著差异。

T1、T2、T4、T5均为碱性,pH大小依次为T4>T5>T1>T2,T3为弱酸性。速效磷、速效钾、全氮、全磷、全钾、碱解氮含量最小的处理均为T1;T2、T3、T4、T5的速效磷含量分别较T1显著提高1 250.00%、4 629.17%、4 141.67%、1 145.83%;速效钾含量分别较T1显著提高86.30%、110.96%、431.51%、323.29%;T2、T3、T4、T5的碱解氮含量分别较T1显著提高65.52%、141.38%、48.28%、68.97%;全氮含量分别较T1显著提高81.13%、110.53%、52.67%、127.36%;全磷含量分别较T1显著提高43.66%、819.72%、667.61%、227.23%;T2、T3的全钾含量与T1无显著差异,T4、T5的全钾含量分别较T1显著提高234.71%、155.54%。

各处理虫粪砂的有机质、全碳含量排序相同,大小依次为T2>T1>T5>T3>T4,T1、T2、T3、T5的有机质含量分别较T4显著提高331.29%、366.63%、46.58%、160.48%,全碳含量分别较T4显著提高261.87%、311.62%、34.07%、216.92%。

由上可知,猴头菇虫粪砂为弱酸性,其它虫粪砂为弱碱性;木耳虫粪砂的有机质、全氮含量最高;猴头菇虫粪砂的速效磷、碱解氮、全磷含量最高;鸡粪虫粪砂的速效钾、全钾含量最高;土豆虫

粪砂的全氮含量最高。

表3　不同饲料对白星花金龟幼虫虫粪砂肥分的影响

**Table3**　Effects of different feeds on the nutritional composition of insect frass of *P.brevitarsis* Lewis　单位:g·kg$^{-1}$

| 指标 Index | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | 8.43±0.00c | 8.30±0.01d | 6.69±0.01e | 8.61±0.01a | 8.48±0.01b |
| 速效磷 | 0.24±0.00e | 3.24±0.03c | 11.35±0.20a | 10.18±0.12b | 2.99±0.05d |
| 速效钾 | 0.73±0.02e | 1.36±0.02d | 1.54±0.02c | 3.88±0.10a | 3.09±0.07b |
| 碱解氮 | 0.29±0.00d | 0.48±0.01b | 0.70±0.01a | 0.43±0.01c | 0.49±0.01b |
| 全氮 | 6.36±0.04e | 11.52±0.09c | 13.39±0.25b | 9.71±0.05d | 14.46±0.16a |
| 全磷 | 2.13±0.03e | 3.06±0.05d | 19.59±0.17a | 16.35±0.19b | 6.97±0.10c |
| 全钾 | 6.05±0.09c | 6.58±0.09c | 7.27±0.10c | 20.25±0.26a | 15.46±0.29b |
| 有机质 | 553.73±3.57b | 599.11±5.29a | 188.79±0.75d | 128.39±0.22e | 334.43±5.86c |
| 全碳 | 303.07±1.72b | 344.73±4.23a | 112.28±1.58d | 83.75±0.93e | 265.42±4.57c |

注:同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)

Note:Different lowcase letters show significant difference at the 0.05 level in the same row

### 2.2　不同饲料对白星花金龟幼虫虫粪砂肥效的影响

2.2.1　不同饲料喂养的白星花金龟幼虫虫粪砂对黄芩发芽情况的影响

不同处理中的黄芩发芽情况有所不同。由图1可知,T1、T2、T3、T4、T5的发芽势均较CK有显著提高,增幅为148.17%、211.11%、185.17%、237.06%、159.28%。5种处理的活力指数均显著高于CK,T1、T2、T3、T4、T5活力指数分别较CK显著提高103.53%、131.23%、111.71%、114.50%、66.17%。T1发芽率增长最大天数为第20天,T2、T3、T4、T5发芽率增长最大天数为第19天,CK发芽率增长最大天数为第21天,CK的发芽率最大天数;T1、T2、T3从播种第24天开始不再发芽,T4从播种第22天开始不再发芽,T5从播种第25天开始不再发芽,CK从播种第26天开始不再发芽,说明CK的发芽率最大天数和发芽结束日期均晚于5种处理。

由上可知,5种虫粪砂均能有效提高黄芩发芽势、活力指数,其中土豆虫粪砂提高黄芩发芽势的效果最佳、木耳虫粪砂提高黄芩活力指数的效果最佳;5种虫粪砂均能有效缩短黄芩种子的萌发天数,使黄芩出苗快且齐整。

2.2.2　不同饲料喂养的白星花金龟幼虫虫粪砂对黄芩苗高的影响

由图2可见,施肥的5个处理组苗高均显著高于CK,分别较CK显著提高116.79%、97.08%、65.33%、62.77%、25.91%。育苗期黄芩各处理苗高增长速率大小依次为T1>T2>T4>T3>T5>CK,其中T3、T4之间无差异显著,T5、CK之间无显著差异,T1、T2、T3、T4的苗高增长速率分别较CK显著提高215.79%、150.00%、71.05%、84.21%。

由上可知,5种白星花金龟虫粪砂均能促进黄芩的苗高生长,其中榆黄蘑虫粪砂效果最好;榆黄蘑虫粪砂、木耳虫粪砂、猴头菇虫粪砂、鸡粪虫粪砂均能提高黄芩的苗高增长速率,使黄芩幼苗长得快且多,其中榆黄蘑虫粪砂提高黄芩苗高增长速率的效果最佳。

2.2.3　不同饲料喂养的白星花金龟幼虫虫粪砂对黄芩移栽成活率的影响

由图3可知,其它11组处理的移栽成活率均较KK处理有所提高,增幅范围为60.00%~210.00%。其中,YY、YK、JJ的移栽成活率较KK的黄芩幼苗有显著提高,分别提高210.00%、150.00%、180.00%;YY较JK、TK分别显著提高82.35%、93.75%。其它处理组间的移栽成活率无显著差异。

由上可知,苗期施用白星花金龟虫粪砂可有利于提高黄芩育苗的移栽成活率,榆黄蘑虫粪砂、鸡粪虫粪砂的效果最为显著。

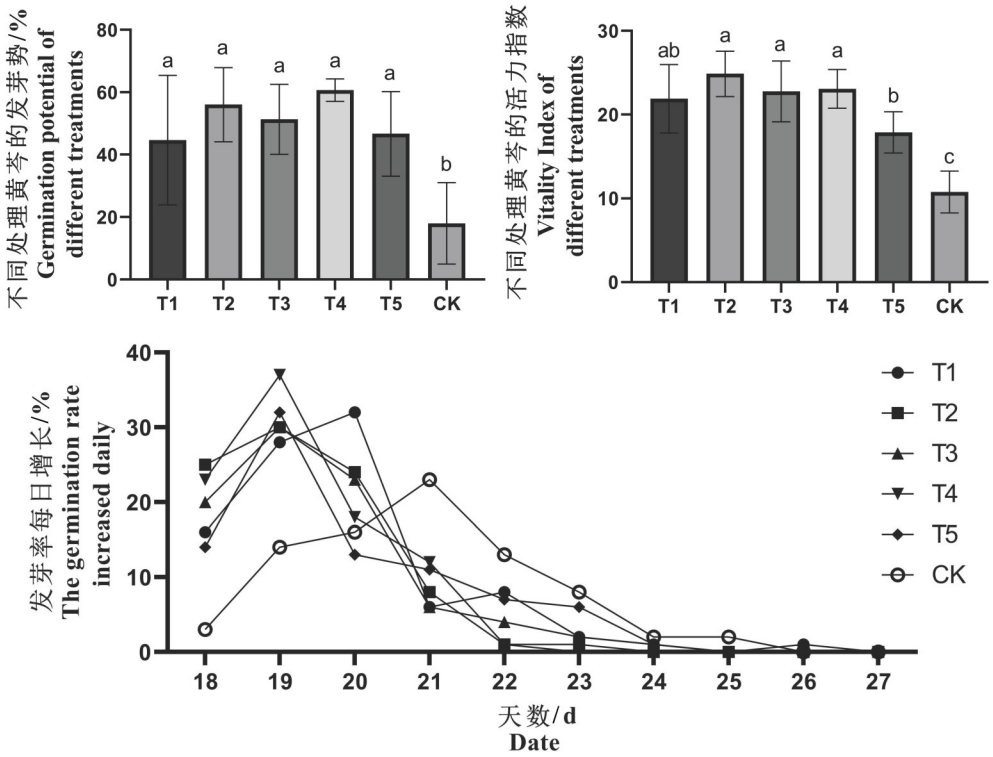


图1 不同处理虫粪砂对黄芩发芽情况的影响

**Fig.1** Effects of different treatments of insect frass on seed germination of *S.baicalensis* Georgi

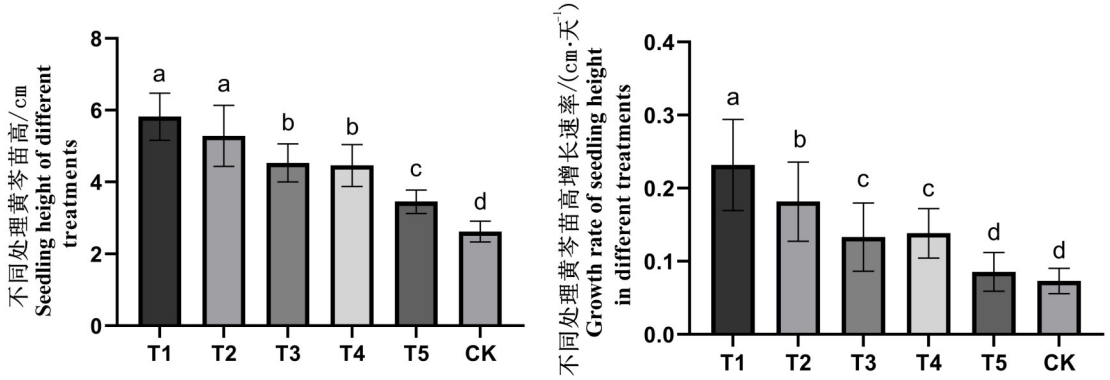


图2 不同处理虫粪砂对黄芩苗高生长情况的影响

**Fig.2** Effects of different treatments of insect frass on height growth of *S.baicalensis* Georgi seedings

## 3 讨论

### 3.1 不同饲料对白星花金龟虫粪砂肥分的影响

pH是反映土壤是否适合作物生长的一个指标,大多数作物最适宜的pH范围为6.5~7.5,土壤pH过高或过低均会影响作物的生长[24]。本研究发现,除猴头菇虫粪砂是弱酸性外,其它4种处理虫粪砂均为弱碱性。因此,猴头菇虫粪砂可能更有利于中和、改善内蒙古自治区的偏碱性土壤,从而促进黄芩的生长。

土壤有机质和氮、磷、钾养分是衡量土壤肥力高低的重要标志[25],全氮、全磷、全钾、全碳是土壤中所有氮、磷、钾、碳元素的总和,反映了土壤中这些元素的供应潜力;碱解氮、速效钾、速效磷有机质是能直接被植物吸收的氮、磷、钾、碳,反映了土壤中这些元素的近期供应情况。有研究表明,施用生物有机肥可促进土壤养分转化,提高土壤肥力,缓解作物生长繁殖造成的土壤养分缺失[25]。

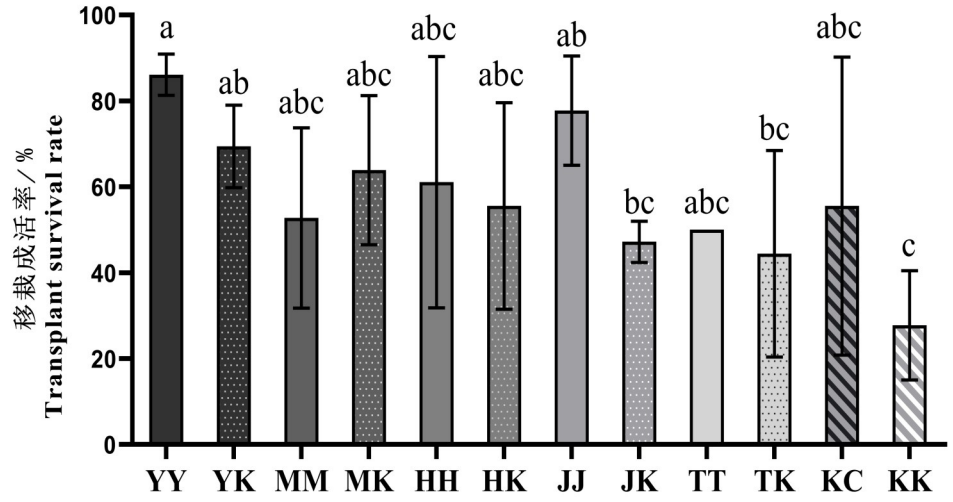


**图3　不同处理的移栽成活率**

**Fig.3**　The transplanting survival rate of seedlings in different treatments

本研究发现,木耳虫粪砂的有机质、全碳含量最高,榆黄蘑虫粪砂的有机质含量略低于木耳虫粪砂。由此推断,木耳虫粪砂、榆黄蘑虫粪砂最有利于土壤的改善和植物的持续生长。

氮、磷、钾是植物必需的大量营养元素,是对植物的养分转化、利用及光合产物分配均有着重要作用的影响因子,肥料所含的氮、磷、钾会影响土壤中养分的丰缺度,继而影响药材的生长发育,进而影响药材产量和药材等级[26-28]。

本研究发现,猴头菇虫粪砂的碱解氮含量最高,土豆渣虫粪砂的全氮含量最高,猴头菇虫粪砂的速效磷、全磷、碱解氮含量最高,鸡粪虫粪砂的速效钾、全钾含量最高,由此推断猴头菇虫粪砂、土豆渣虫粪砂最有利于植物的地上部生长,猴头菇虫粪砂最有利于植物的根部物质积累,鸡粪虫粪砂最有利于植物根茎的增粗。

由上可知,饲喂不同废弃物所得白星花金龟虫粪砂的肥分情况具有较大的差异。尤其是榆黄蘑虫粪砂、木耳虫粪砂、猴头菇虫粪砂,这3种虫粪砂均为废弃菌糠喂养白星花金龟所得,菌糠基质基本相同,但虫粪砂的pH和养分含量却有差异,这可能是因为种植食用菌时菌包内有相应食用菌的菌丝分布,而白星花金龟采食这些食用菌后,不同菌丝在白星花金龟肠道内有不同的分解过程,所得虫粪砂的pH和养分含量有所差异。这与魏盼盼[3]在白星花金龟转化香菇菌渣、木耳菌渣方面的研究结果相似。

### 3.2　不同饲料所产虫粪砂对黄芩育苗的影响

种子萌发是植株生命周期的起始阶段也是最重要的阶段,是植物生长的关键环节[27-29],黄芩的种子小、发芽率低,促进种子萌发更是其人工栽培的重点[28,30]。发芽势和活力指数是种子萌发期的重要评价指标,发芽势高则说明出苗快、多且齐整,活力指数直接反映种子活力的变化情况[13,29,31]。本研究发现5种施肥处理的发芽势、活力指数均显著高于空白对照,其中榆黄蘑虫粪砂和鸡粪虫粪砂处理的发芽势、活力指数均显著高于空白对照,猴头菇虫粪砂、木耳虫粪砂的促进效果次之,土豆渣虫粪砂最小。说明施用白星花金龟虫粪砂有利于促进黄芩种子的萌发,而榆黄蘑虫粪砂和鸡粪虫粪砂的促进效果最佳,施用这2种虫粪砂可提高黄芩种子活力、使黄芩出苗又快又多又整齐。可能因为施用白星花金龟虫粪砂可以改变基质的渗透势,加大黄芩种子与基质的渗透势差,有利于种子吸水,促进种子萌发。与前人结果相似,武治华等[28]、管仁伟等[29]、胡云等[31]均发现改变种子所处的土壤环境会改变种子发芽率。

苗高是可以在一定程度上反映幼苗生长情况的指标,苗高越高则幼苗生长情况越好[32-33],苗高的增长速率反映了幼苗生长的增幅和速度。本研究发现施肥处理的苗高较空白处理有很大的提高,尤其是榆黄蘑虫粪砂和木耳虫粪砂处理,分别是空白对照的2.17倍和1.97倍,而榆黄蘑虫粪砂处理的苗高增长速率也显著高于其它处理。说明

施用虫粪砂不仅能促进黄芩幼苗的生长,还能提高黄芩幼苗的生长速率,其中榆黄蘑虫粪砂的效果最好。这可能是因为根尖细胞对外界非常敏感[29],而虫粪砂与基质构造了一个适合黄芩幼苗生长的微环境,又因不同饲料喂养所得的虫粪砂肥分不同,因此促进效果也有所差别。陈智坤[33]在蘑菇渣滤液方面的研究也发现适当施肥可以促进黄芩种子萌发和幼苗生长。

影响幼苗移栽成活率的因素有2点——内在因素和环境因素[34]。移栽时幼苗的生长情况为内在因素,使用健壮幼苗移栽可提高移栽存活率[35];光照、温度、水分和土壤养分为环境因素[34]。本研究将光照、温度、水分控制在相同水平,幼苗生长情况和土壤养分情况就成为了影响黄芩移栽成活率最重要的2个因素。结果表明,在移栽至未施肥土壤中的黄芩幼苗中,育苗期施肥处理的幼苗移栽成活率均高于空白处理,其中榆黄蘑虫粪砂处理与空白处理差异显著,而苗期相同处理的幼苗在施肥土壤和未施肥土壤中的移栽成活率差异较小且均无显著性,说明育苗期施用虫粪砂比在土壤中施用虫粪砂更有利于提高黄芩幼苗的移栽成活率,其中榆黄蘑虫粪砂的壮苗效果最佳。

## 4 结论

本研究通过对比试验,验证了不同饲料对白星花金龟虫粪砂肥分和肥效的影响,结果表明:(1)以不同类型的废弃物喂养白星花金龟所得的虫粪砂的肥分情况不同,即使差别很小的同一类废弃物,也可能会使白星花金龟虫粪砂的养分含量不同。因此把白星花金龟虫粪砂作为有机肥施用时,可根据不同作物栽培的重点,为白星花金龟选择不同的饲料。(2)白星花金龟虫粪砂是一种值得在黄芩育苗上推广利用的有机肥料,其中榆黄蘑虫粪砂最有利于黄芩幼苗的培育和移栽,在黄芩的人工栽培上有着很大的潜力。

## 参考文献

[1]Cho S M, Cho S Y. Historical uses and breeding technologies of *Protaetia brevitarsis* surensis (Larvae for food) for the edible insect industry in South Korea[J]. Asian Journal of Advances in Agricultural Research, 2021:58-66.

[2]寿子琪常委.加快完善废弃物循环利用体系提升资源利用效率[N].人民政协报,2023-11-11(003).
Shou Z Q Standing Committee. Accelerate the improvement of the waste recycling system and increase the efficiency of resource utilization [N]. CPPCC daily, 2023-11-11(003).

[3]魏盼盼.白星花金龟幼虫处理木耳和香菇菌渣的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2020.
Wei P P. The Study on Treatment of *Auricularia auricula* and *Lentinula edodes* spent mushroom substrate by *Protaetia brevitarsis* Larvae [D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2020.

[4]周毅杰,朱高玄,张国言,等.低碳氮比条件下凹凸棒添加对鸡粪发酵进程和氮固持的影响[J].中国家禽,2023,45(11):60-67.
Zhou Y J, Zhu G X, Zhang G Y, et al. Effects of attapulgite addition on fermentation process and nitrogen retention of chicken manure under low carbon nitrogen ratio [J]. China Poultry, 2023, 45(11):60-67.

[5]乔如陆,王凌霄,孙玉鑫,等.厨余垃圾好氧堆肥技术及优化策略研究进展[J].应用与环境生物学报,2023,29(4):821-828.
Qiao R L, Wang L X, Sun Y X, et al. Review of aerobic composting technology and optimization strategy of food waste [J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2023, 29(4): 821-828.

[6]Eun-Mi A, Noh-Yil M, Hyeon-A J, et al. The ameliorative effect of *Protaetia brevitarsis* Larvae in HFD-induced obese mice.[J]. Food science and biotechnology, 2019, 28(4): 1177-1186.

[7]Hwa-Jin S, Chul S K. Antioxidant activity of aqueous methanol extracts of *Protaetia brevitarsis* Lewis (Coleoptera: Scarabaedia) at different growth stages. [J]. Natural product research, 2012, 26(6):510-7.

[8]杨诚,刘玉升,徐晓燕,等.白星花金龟幼虫资源成分分析及评价[J].山东农业大学学报(自然科学版),2014,45(2):166-170.
Yang C, Liu Y S, Xu X Y, et al. Analysis and evaluation of resource components of *Protaetia brevitarsis* (Lewis) Larvae [J]. Journal of Shandong Agricultural University (Natural Science Edition), 2014, 45(2):166-170.

[9]李潘潘.白星花金龟对畜禽粪污转化能力的研究[D].泰安:山东农业大学,2022.
Li P P. Study on the Conversion Ability of Livestock and Poultry Manure Using *Potosa brevitarsis* [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2022.

[10]Joung H K, Kim W J, Lee B S, et al. Effects of *Protaetia brevitarsis* Larvae manure application on lettuce growth and soil chemical properties[J]. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 2022, 55(1):246-250.

[11]史长旭,张广杰,徐业山,等.白星花金龟虫粪砂混配基质对黄瓜和辣椒育苗效果的影响[J].新疆农业大学学报,2021,44(6):443-447.
Shi C X, Zhang G J, Xu Y S, et al. Effects of *Protaetia brevitarsis* Lewis Larvae dung-sand mixture matrix on cucumber and pepper seedling [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2021, 44(6):443-447.

[12]赖德强,王庆雷,吴娱,等.白星花金龟幼虫虫粪对低温条件下辣椒苗期发育的影响[J].北方园艺,2019(8):63-66.

Lai D Q, Wang Q L, Wu Y, et al. Effect of *Protaetia brevitarsis* (Lewis) larvae dung on development of pepper seeding stage under low temperature [J]. Northern Horticulture,2019(8):63-66.

[13]孙卫敏,张彦龙,刘洋,等.光照条件对黄芩种子萌发及光形态建成的影响[J].黑龙江大学自然科学学报,2023,40(4):451-459.

Sun W M, Zhang Y L, Liu Y, et al. Effects of light conditions on seed germination and photomorphogenesis in *Scutellaria baicalensis* [J]. Journal of Natural Science of Heilongjiang University,2023,40(4):451-459.

[14]袁媛,李娜,邵爱娟,等.PEG6000处理对黄芩种子萌发和幼苗生长的影响[J].中草药,2008(2):269-272.

Yuan Y, Li N, Shao A J, et al. Effects of PEG6000 on seed germination and seedling growth of *Scutellaria baicalensis*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2008(2):269-272.

[15]中华人民共和国农业农村部.NY/T 525-2021,有机肥料[S].北京:中国农业出版社,2021:7-11.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NY/T 525-2021, Organic fertilizer [S]. Beijing:China Agriculture Press, 2021:7-11.

[16]中华人民共和国农业农村部.NY/T 3498-2019,农业生物质原料成分测定元素分析仪法[S].北京:中国农业出版社,2019:1-3.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NY/T 3498-2019, Agricultural biomass materials-determination of composition-element analyzer method[S].Beijing:China Agriculture Press,2019:1-3.

[17]中华人民共和国农业农村部.NY/T 298-1995,有机肥料全磷的测定[S].北京:中国农业出版社,1995:1-3.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NY/T 298-1995, Determination of total phosphorus in organic fertilizers[S].Beijing:China Agriculture Press,1995:1-3.

[18]中华人民共和国农业农村部.NY/T 299-1995,有机肥料全钾的测定[S].北京:中国农业出版社,1995:1-3.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. NY/T 299-1995, Determination of total potassium in organic fertilizers[S]. Beijing: China Agriculture Press,1995:1-3.

[19]鲍士旦,土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000,56-58.

Bao S D, Soil agrochemical analysis [M]. Beijing: China Agriculture Press Co., Ltd.,2000,56-58.

[20]中华人民共和国农业农村部.NY/T 300-1995,有机肥料速效磷的测定[S].北京:中国农业出版社,1995:1-3.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China.NY/T 300-1995, Determination of available phosphorus for organic fertilizers[S].Beijing:China Agriculture Press,1995:1-3.

[21]中华人民共和国农业农村部.NY/T301-1995,有机肥料速效钾的测定[S].北京:中国农业出版社,1995:1-2.

Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China.NY/T301-1995, Determination of available potassium for organic fertilizers [S].Beijing:China Agriculture Press,1995:1-2.

[22]国际种子检验协会(ISTA).国际种子检验规程[M].北京:中国农业出版社,1999:15-18.

International Association for seed testing (ISTA). International rules for seed testing [M]. Beijing: China Agriculture Press Co., Ltd.,1999:15-18.

[23]郭强强.黄芩露地移栽不同摆苗方式试验[J].农业科技与信息,2018(17):29-32.

Guo Q Q. Experiment on different ways of transplanting *Scutellaria baicalensis* Georgi in open field [J]. Agricultural Science-Technology and Information,2018(17):29-32.

[24]陈震,车宗贤,张久东,等.肥料酸化对灌漠土PH的影响[J].干旱区研究,2020,37(06):1478-1487.

Chen Z, Che Z X, Zhang J D, et al. Effect of fertilizer acidification on the soil pH of irrigated desert soil [J]. Arid Zone Research,2020,37(06):1478-1487.

[25]王艳平,李萍,吴文强,等.生物有机肥和微生物菌剂对北京山区连作茶菊生长及土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2023(12):107-113.

Wang Y P, Li P, Wu W Q, et al. Effects of bio-organic fertilizer and microbial agent on the growth of tea chrysanthemum and soil fertility under continuous cropping cultivation tea system in the mountainous area of Beijing [J] Soil and Fertilizer Sciences in China,2023(12):107-113.

[26]闫素云,周先艳,王自然,等.不同微生物菌剂-化肥配施对柠檬苗生长及土壤养分状况的影响[J].中国土壤与肥料,2023(3):95-103.

Yan S Y, Zhou X Y, Wang Z R, et al. Effects of different microbial agents combined with chemical fertilizers on growth of lemon seedlings and soil nutrient status [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China,2023(3):95-103.

[27]王伟杰,管仁伟,路俊仙,等.GA3浸种对盐胁迫下黄芩种子萌发抗氧化酶及内源激素的影响[J].中药材,2022,45(2):288-292.

Wang W J, Guan R W, Lu J X, et al. Effects of GA3 soaking on antioxidant enzymes and endogenous hormones during seed germination of *Scutellaria baicalensis* Georgi under salt stress [J]. Journal of Chinese Medicinal Materials, 2022, 45(2): 288-292.

[28]武治华,牛继平.不同处理方法对黄芩种子萌发的影响[J].安徽农业科学,2017,45(18):107-110.

Wu Z H, Niu J P. Effects of different treatments on seed germination of *Scutellaria baicalensis* Georgi [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences,2017,45(18):107-110.

[29]管仁伟,林慧彬,林建强.干旱及盐胁迫对黄芩种子萌发和黄酮合成关键酶活性的影响[J].中药材,2020,43(1):9-14.

Guan R W, Lin H B, Lin J Q. Effects of drought and salt stress on seed germination and key enzyme activities of flavonoid synthesis in *Scutellaria baicalensis* [J]. Journal of

Chinese Medicinal Materials,2020,43(1):9-14.
[30]汪之波,周向军,郝春红.两种化学试剂对黄芩和柴胡种子萌发的影响[J].种子,2009,28(6):54-58.
Wang Z B, Zhou X J, Hao C H. Influence of two chemical reagents on Baicalin and Bupleurum seeds germination [J]. Seed,2009,28(6):54-58.
[31]胡云,赵淑文,李明,等.等渗NaCl和PEG胁迫对黄芩种子萌发的影响[J].分子植物育种,2022,20(10):3402-3408.
Hu Y, Zhao S W, Li M, et al. Effects of isoosmotic stress of NaCl and PEG on *Scutellaria baicalensis* seed germination[J]. Molecular Plant Breeding,2022,20(10):3402-3408.
[32]华智锐,李小玲.PEG处理对商洛黄芩种子萌发和幼苗生长的影响[J].种子,2011,30(1):102-104.
Hua Z R, Li X L. Effects of PEG treatment on seed germination and seedling growth of Shangluo *Scutellaria baicalensis*[J]. Seed,2011,30(1):102-104.
[33]陈智坤,邓娴,王峰伟,等.蘑菇渣堆肥滤液对盐胁迫下黄芩种子萌发和幼苗生长的影响[J].北方园艺,2016(18):149-153.
Chen Z K, Deng X, Wang F W, et al. Effects of mushroom compost leachate on seed germination and seedling growth of *Scutellaria baicalensis* Georgi under salt stress [J]. Northern Horticulture,2016(18):149-153.
[34]赵永江.北方地区园林植物移栽技术与发展对策[J].现代农村科技,2023(9):71-72.
Zhao Y J. Transplanting techniques and development strategies of garden plants in northern China [J]. Modern Rural Science and technology,2023(9):71-72.
[35]纪薇,高美英,张鹏飞,等.无核葡萄胚挽救苗的驯化及移栽技术[J].山西农业大学学报(自然科学版),2015,35(2):147-150.
Ji W, Gao M Y, Zhang P F, et al. Preliminary research on prevention of pollution in embryo rescue of seedless grapes [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2015, 35(2):147-150.

## Effects of feeding different waste materials on the nutrient composition of *Potosia brevitarsis* Lewis frass and the seedling growth of *Scutellaria baicalensis* Georgi

Zhou Shiyu[1], Wang Qinglei[2,3], Zhao Shengguo[4], Han Jianchun[5], Zhao Pengwu[1], Liu Chunqin[2,3], Liu Yechao[1], He Xin[1], Zhang Yanru[1]

(*1.School of Forestry, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China; 2.Cangzhou Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Cangzhou 061001, China; 3.Hebei Key Laboratory of Soil Entomology, Cangzhou 061001, China; 4. General Quarantine Station for Inner Mongolia, forestry and grassland pest control, Hohhot 010020, China; 5.Inner Mongolia Zhengshi Biotechnology Co., Ltd., Hohhot 010070, China*)

**Abstract**: [Objective] *Potosia brevitarsis* Lewis, as an agricultural pest, has a strong ability to transform waste materials, and its frass also has great potential as organic fertilizer. With the increasingly severe environmental problems and the gradual depletion of resources, the reuse of waste resources has become an important direction for green production. The purpose of this study was to explore the effects of different waste materials as feed on the nutrient composition of *P. brevitarsis* Lewis frass and the seedling growth of *Scutellaria baicalensis* Georgi, thereby providing a basis for the promotion and utilization of scale insect frass. [Methods] In this study, indoor breeding was conducted, and the white wax scale insects were respectively fed with waste materials such as mushroom residue, fungus residue, *Hericium erinaceus* residue, decomposed chicken feces, and fermented potato residue. The pH and nutrient contents of the insect frass from different treatments were determined. *S. baicalensis* Georgi was used as experimental material, and different treatments of insect frass were applied during the seed germination period. The germination vigor, vitality index, seedling height, seedling height growth rate, and transplant survival rate of *S. baicalensis* Georgi were measured. [Results] (1) The insect frass obtained from feeding with different agricultural waste materials showed significant differences in pH, the content of organic matter, available N, available P, available K, total N, total P, total K, and total C contents. (2) Different treatments of insect frass significantly improved the germination potential, vigor index, seedling height, seedling height growth rate, and transplanting survival rate of *S. baicalensis* Georgi. [Conclusion] There were significant differences in the nutrient composition of insect frass obtained from feeding with different waste materials, and different waste materials should be selected as feed based on specific agricultural conditions. Insect frass of white wax scale significantly promoted the cultivation of *S. baicalensis* seedlings, with the best effect observed from feeding with *P. citrinipileatus* Sing mushroom residue.

**Keywords**: *Potosia brevitarsis* Lewis, Fertilizer ingredients, Raising seedlings, *Scutellaria baicalensis* Georgi

(编辑:吕俊俐)