



李云霞,柴美清,李青,等.野生马鞍菌不同土层土壤养分分析[J].黑龙江农业科学,2023(12):64-67,74

# 野生马鞍菌不同土层土壤养分分析

李云霞<sup>1</sup>,柴美清<sup>1</sup>,李青<sup>1</sup>,孙瑶<sup>1</sup>,韩鹏远<sup>1</sup>,张锁峰<sup>1</sup>,陈金泉<sup>2</sup>

(1. 山西农业大学 科研管理部,山西 太原 030031; 2. 山西岚宇农业开发有限公司,山西 忻州 034000)

**摘要:**为了明确野生马鞍菌的发生与生态环境、土壤环境的关系,便于驯化栽培,对山西岢岚地区野生马鞍菌发生处的生态环境和土壤环境进行了调查,测定并分析了该地野生马鞍菌发生处不同土层(0,5 和 10 cm)不同距离(0,50 和 100 cm)的土壤 pH 和土壤养分含量(包括有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰)。结果表明,野生马鞍菌发生地土壤 pH 在 7.89~8.23 之间,呈碱性,土壤中有机质 26.37 g·kg<sup>-1</sup>,碱解氮、有效磷、速效钾、有效铜、有效锌、有效铁、有效锰含量分别为 129.61,9.16,157.8,0.82,6.12,4.86 和 15.25 mg·kg<sup>-1</sup>。马鞍菌发生处表层土壤中养分含量高于深层土壤,且随着土层深度的增加,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锰含量在逐渐降低;同时,马鞍菌发生处土壤中有机质、碱解氮、有效铜、有效锌、有效铁含量高于未发生处土壤,有效磷、速效钾、有效锰含量低于未发生处土壤。根据全国第二次土壤普查分级标准可知,在有机质含量中等、缺磷、富钾的碱性土壤中更容易发生野生马鞍菌。

**关键词:**马鞍菌;土壤 pH;土壤养分;不同土层

马鞍菌(*Helvella elastica*),属于囊菌门(Ascomycota)、盘菌纲(Discomycetes)、盘菌目(Pezizales)、马鞍菌科(Helvellaceae)、马鞍菌属(*Helvella*)<sup>[1]</sup>,是一种珍稀的食药兼用菌。该菌不仅味道鲜美,香气浓郁,而且营养价值高于常见的香菇、平菇、黑木耳等,与粗羊肚菌相当<sup>[2-4]</sup>。其含有丰富的营养成分,如必需氨基酸、多糖、膳食纤维、不饱和脂肪酸等,具有提高人体免疫力、预防糖尿病、延缓衰老、抗肿瘤等功效,是一种极具研究价值与开发价值的野生菌,近年来,备受广大学者的青睐<sup>[5-7]</sup>。

野生马鞍菌受限于地理环境、气候因素等条件,采收期短、产量有限,同时,近年来由于受到人为因素和环境因素的双重作用,其资源面临逐年减少的危险<sup>[8-9]</sup>。目前马鞍菌主要来源于野生,人工栽培条件尚未成熟,因此马鞍菌的种质资源挖掘保存、人工驯化栽培非常必要和紧迫,应是研究人员长期关注的课题<sup>[10-11]</sup>。土壤是野生食用菌生长的重要载体,了解生态及土壤是寻找大型真菌资源和驯化栽培的基础<sup>[12]</sup>。因此,要研究马鞍菌的人工驯化栽培,就有必要对其生态环境及土

壤进行研究。本研究从岢岚地区野生马鞍菌的生态环境入手,研究其与土壤养分之间的关系,以期对马鞍菌的驯化栽培提供一定的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 野生马鞍菌生境调查

2020 年 8 月赴山西省岢岚县采集马鞍菌子实体和土壤样品,并详细调查了野生马鞍菌发生地的温度、湿度以及植物种类、海拔、经纬度等生态因子,了解马鞍菌发生的环境情况。

### 1.2 采集土样及测定理化性质

在菌株生长处、距菌株 50 cm 处、距菌株 100 cm 处分别采集土壤(包括 0 cm 表层土和 5~10 cm 深土层),各自混匀后带回实验室,测定其理化性质。

参照《土壤农化分析》第 3 版<sup>[13]</sup>的方法,对土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锰、有效铁、有效铜、有效锌进行测定。

### 1.3 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 野生马鞍菌的生态环境

野生马鞍菌采集地位于山西省西北部、管岑山西北麓岢岚县境内,属中温带大陆性季风气候,38.77°N,111.75°E,海拔 1 633.4 m,年平均气温 6℃,年降雨量约 456 mm,无霜期 120 d,境内地势东南高、西北低,山上森林茂密,植被良好,非常

收稿日期:2023-07-17

基金项目:山西省农业科学院农业科技创新研究课题(YCX-2020208);山西农业大学学术恢复科研专项(2020xshf67)。

第一作者:李云霞(1988—),女,硕士,助理研究员,从事栽培研究。E-mail:356872795@qq.com。

通信作者:柴美清(1976—),女,硕士,副研究员,从事食用菌研究。E-mail:356872795@qq.com。

适宜野生菌的生长。此次采集正处于夏末秋初时节,气温 12~27℃,采集前下过雨,植被类型为针

叶林、次生林,地上基物为松针、枯枝、杂草等,菌株单生或群生。



图 1 野生马鞍菌生态环境

2.2 野生马鞍菌不同土层 pH 分析

由图 2 可知,野生马鞍菌发生处不同土层、不同距离土壤 pH 在 7.89~8.23 之间,均呈弱碱性彼此间差异显著。不同土层土壤 pH 有所不同,表层土(0 cm)pH 为 7.89~8.03,5 cm 深土层为 8.00~8.16,10 cm 深土层为 8.04~8.23。不论是表层土(0 cm)还是深土层(5 和 10 cm),都表现为距离菌株发生处越远,土壤 pH 越低,且距发生处 100 cm 处土壤 pH 均显著低于菌株发生处土壤 pH;不论是在菌株发生处,还是距离菌株 50 和 100 cm 处,均表现为随着土层深度的增加,土壤 pH 在逐渐升高。

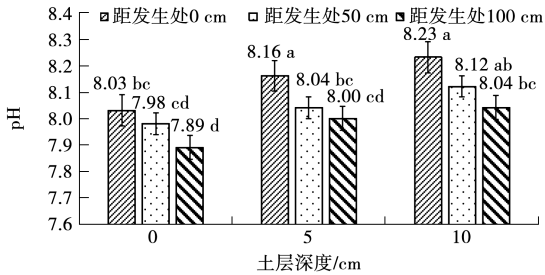


图 2 野生马鞍菌生境土壤 pH 分析

注:不同字母表示处理间在  $P<0.05$  水平差异显著。下同。

2.3 野生马鞍菌不同土层主要矿质营养元素分析

2.3.1 有机质 由图 3a 可知,野生马鞍菌发生处表层土壤(0 cm)环境中有机质含量比较丰富,达到  $26.37\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著高于 5 和 10 cm 深土层土壤有机质含量,也显著高于距离菌株 50 和 100 cm 处土壤有机质含量。随着土层深度的增加,有机质含量基本呈降低趋势,说明马鞍菌发生处表层土壤中有机质含量高于深层土壤;随着距发生处距离的增加,土壤有机质含量也呈下降趋势。

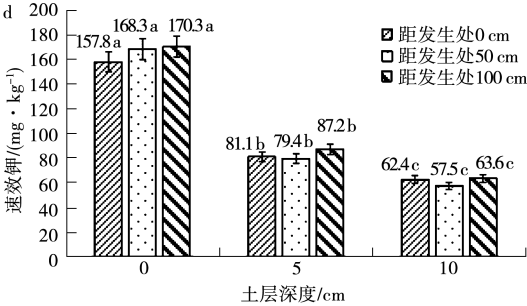
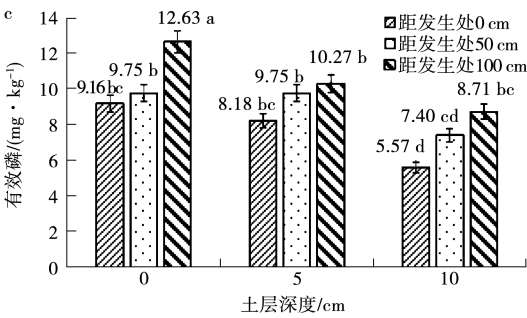
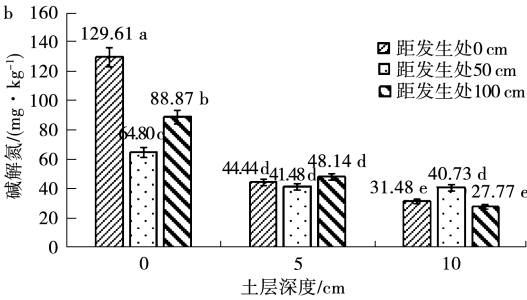
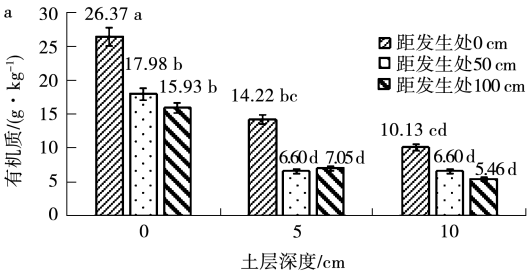


图 3 野生马鞍菌不同土层土壤主要矿质营养元素含量

2.3.2 碱解氮 由图 3b 可知,野生马鞍菌发生处表层土壤环境中碱解氮含量达到  $129.61\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著高于 5 和 10 cm 深土层土壤碱解氮含量,也显著高于距离菌株 50 和 100 cm 处土壤碱解氮含量。深土层中从菌株发生处的不同距离看,不论是菌株发生处,还是距离菌株 50 和 100 cm 处,碱解氮含量无明显变化趋势。而从不同土层看,土壤碱解氮含量都是随着土层深度的增加而呈下降趋势。

2.3.3 有效磷 由图 3c 可知,野生马鞍菌发生处表层土壤环境中有效磷含量是  $9.16\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,高于 5 和 10 cm 深土层土壤有效磷含量,低于距菌株发生处 50 和 100 cm 土壤有效磷含量。从菌株发生处的不同距离看,土壤中有效磷含量均随着距菌株距离的增加呈升高趋势。从不同土层看,土壤中有效磷含量是随着土层深度的增加呈下降趋势,说明马鞍菌发生处土壤中有效磷含量低于未发生处土壤。

2.3.4 速效钾 由图 3d 可知,野生马鞍菌发生处表层土壤环境中速效钾含量为  $157.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,

显著高于 5 和 10 cm 深土层土壤速效钾含量。从不同土层看,土壤中速效钾含量随着土层深度的增加呈下降趋势;从不同距离看,菌株发生处土壤中速效钾含量要略低于距菌株发生处 100 cm 的土壤中速效钾含量,说明马鞍菌发生处土壤中有有效钾含量低于未发生处土壤。

### 2.4 野生马鞍菌不同土层土壤微量元素分析

由表 1 可知,野生马鞍菌发生处的土壤环境中有效铜和有效锌含量均在菌株发生处表层土壤中含量最高,分别为  $0.82$  和  $6.12\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著高于其他土层和其他距离的土壤中有有效铜和有效锌含量。而有效锰含量在菌株发生处表层土中含量也处于较高水平,为  $15.25\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。土壤中有有效铜和有效锌含量随着距菌株发生处距离的增加和土层深度的增加,呈先降低后升高的趋势;有效铁含量随着距菌株发生处距离的增加,呈下降趋势,随着土层深度的增加,呈升高趋势;而有效锰含量则刚好与有效铁含量趋势相反,随着距菌株发生处距离的增加呈升高趋势,随着土层深度的增加呈下降趋势。

表 1 野生马鞍菌不同土层土壤微量元素含量

单位: $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

土层深度/cm	距发生处距离/cm	有效铜	有效锌	有效铁	有效锰
0	0	0.82 a	6.12 a	4.86 b	15.25 b
	50	0.48 c	5.11 c	4.52 c	15.98 a
	100	0.63 b	5.61 b	4.45 c	16.12 a
5	0	0.47 c	3.69 e	4.92 b	9.20 c
	50	0.47 c	3.09 f	4.64 bc	9.52 c
	10	0.48 c	3.25 f	4.55 c	9.60 c
10	0	0.59 bc	4.63 d	5.49 a	7.86 d
	50	0.52 bc	3.85 e	4.90 b	9.13 c
	100	0.53 bc	4.38 d	4.69 bc	9.38 c

注:不同字母表示处理间在  $P<0.05$  水平差异显著。

## 3 讨论

马鞍菌是大自然生态环境中孕育的珍稀野生食用菌,土壤是其生长的重要载体,其菌丝的生长和发育、子囊果的形成、子实体的生长等都离不开特定的土壤环境<sup>[12]</sup>。郑庆珠<sup>[14]</sup>研究发现马鞍菌生长的土壤中缺氧、少磷、富钾、石灰含量较多,酸碱度为 8.5 偏碱性;马鞍菌对极端环境有较强的耐受性,能在全盐及 pH 较高的土壤中生长<sup>[15-16]</sup>;李传华等<sup>[17]</sup>研究马鞍菌生长地的生态因子,发现在碱性土壤、有机质含量为  $20\sim36\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  的地区有马鞍菌发生,但马鞍菌的发生量与土壤有机质含量没有正相关性;新疆马鞍菌在有机质含量  $2\%\sim3\%$ ,含盐量小于  $0.4\%$ ,pH 高于 8.3 的土壤中发生频度最高,但土壤有机质及全氮含量对菌体生长发育影响不明显<sup>[18-19]</sup>;王海孝<sup>[20]</sup>研究也发现马鞍菌发生地土壤 pH 为碱性,有机磷含量稍

低,但马鞍菌的多少和土壤有机质含量高低没有必然的正相关性。在本研究中也得出了相似的结论,野生马鞍菌发生处土壤 pH 为 8.03,有机质含量为  $26.37\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,有效磷含量为  $9.16\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效钾含量为  $157.8\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,根据全国第二次土壤普查分级标准<sup>[21]</sup>可知,马鞍菌生长的土壤中有有机质含量中等、缺磷、富钾,呈弱碱性。

本研究对野生马鞍菌不同土层土壤养分进行了分析,结果表明,马鞍菌发生处表层土壤中养分含量高于深层土壤,且随着土层深度的增加,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锰含量在逐渐降低。这可能是因为马鞍菌营养积累阶段菌丝主要活动区域在土壤表层,菌丝会从土壤深层向表层富集营养,从而将土壤中的养分由深层转移至表层<sup>[22]</sup>。这与茶丽娟等<sup>[23-24]</sup>的研究结果有所差异,他们通过对野生食用菌生长  $0\sim10\text{ cm}$  与



10~20 cm 土壤理化性质研究,认为野生食用菌菌丝体分泌物在土壤中无明显纵向迁移积累。可能是因为马鞍菌营养积累阶段主要集中在 0~10 cm 土壤之间,10~20 cm 土壤理化性质有待进一步研究。

本研究还对野生马鞍菌发生处不同距离的土壤养分进行了分析,结果表明,马鞍菌发生处土壤中有有机质、碱解氮、有效铜、有效锌、有效铁含量高于未发生处土壤,有效磷、速效钾、有效锰含量低于未发生处土壤。具体原因可能有两方面:一是,马鞍菌对发生处土壤中的某种养分含量需求利用较高,导致其在一定程度上高于未发生处土壤含量;二是,马鞍菌分泌的化学物质改变了根际微环境,增加了根际土壤对所需营养元素的富集<sup>[24-25]</sup>。这与齐君蔚等<sup>[26]</sup>研究结果有所不同,其研究发现马鞍菌发生地和未发生地土壤的 pH 和有机质含量均无明显差别。可能是因为地域环境不同,导致结果有所差异,下一步将对不同地区马鞍菌发生处土壤养分进行研究。

#### 4 结论

通过对野生马鞍菌发生处不同土层(0,5 和 10 cm)不同距离(0,50 和 100 cm)的土壤 pH 和土壤养分含量分析,发现野生马鞍菌发生处表层土壤中养分含量高于深层土壤,且随着土层深度的增加,土壤有机质、碱解氮、有效磷、速效钾、有效锰含量在逐渐降低;同时,马鞍菌发生处土壤中有有机质、碱解氮、有效铜、有效锌、有效铁含量高于未发生处土壤,有效磷、速效钾、有效锰含量低于未发生处土壤。结合生态环境及第二次土壤普查分级标准可知,野生马鞍菌在夏末秋初时节、气温 12~27℃ 的针叶林、次生林,有机质含量中等、缺磷、富钾的碱性土壤中更容易发生。

#### 参考文献:

- [1] 卯晓岚. 中国大型真菌[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2000.
- [2] 李玉,李泰辉,杨祝良,等. 中国大型菌物资源图鉴[M]. 郑州:中原农民出版社,2015.
- [3] 王清清,图力古尔,包海鹰. 棱柄马鞍菌子实体的化学成分研究[J]. 菌物研究,2016,14(4):239-244.
- [4] 朱铭莪,薛泉宏,和文祥,等. 巴楚蘑菇研究 I. 营养成分[J]. 西北农业学报,1999,8(3):77-80.
- [5] 王清清,图力古尔. 棱柄马鞍菌粗提物提取工艺优化及其抗氧化活性[J]. 食用菌学,2016,23(2):49-51,69.

- [6] 郭尚,徐莉娜,张生万,等. 山西木耳蘑菇学名考证[J]. 中国食用菌,2017,36(4):15-17.
- [7] 滕立平,曾红,周忠波. 裂盖马鞍菌粗多糖体内抗氧化活性研究[J]. 食用菌学报,2013,20(3):22-25.
- [8] 徐莉娜. 一株野生马鞍菌的分类鉴定、人工栽培及发酵工艺研究[D]. 太原:山西大学,2019.
- [9] 石长宏,严平成. 棱柄马鞍菌仿生种植技术研究[J]. 林业科技通讯,2020(4):42-43.
- [10] 徐莉娜,郭尚,李艳婷,等. 采用 ICP-AES 法测定棱柄马鞍菌中无机元素含量[J]. 山西农业科学,2017,45(11):1763-1765,1800.
- [11] 王清清. 东北地区马鞍菌生药资源及“木耳蘑”化学成分研究[D]. 长春:吉林农业大学,2016.
- [12] 赵永昌,赵子悦,陈卫民,等. 食用菌驯化栽培中的土壤基质问题探讨[J]. 食药菌,2022,30(4):233-238.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 郑庆珠. 亟待开发的一种美味子囊菌:棱柄马鞍菌的研究[J]. 食用菌,1987,9(6):1.
- [15] 刘小平,胡建伟. 裂盖马鞍菌孢子的耐盐试验[J]. 食用菌,2006,28(S1):28.
- [16] 薛泉宏,徐万里,和文祥,等. 巴楚蘑菇研究 II. 形成发育的生态环境[J]. 西北农业学报,1999,8(4):78-82.
- [17] 李传华,王海孝,宋晓霞,等. 新疆喀什地区濒危物种裂盖马鞍菌生态因子调查[J]. 食用菌学报,2016,23(4):60-65.
- [18] 鲁天平,徐金燕,巧库鲁克·艾尼. 白柄马鞍菌繁生规律和人工促繁效果[J]. 新疆农业科学,1995,32(6):270-272.
- [19] 徐金燕,胡冠华,高祥花. 新疆野生白柄马鞍菌资源与研究[J]. 中国野生植物资源,2003,22(6):25-26.
- [20] 王海孝. 浅析巴楚蘑菇生长习性与生态环境因子之间的关联[J]. 新疆农垦科技,2016,39(5):23-24.
- [21] 卢楠,魏样,闫波. 汉中盆地某生态用地不同土层深度土壤养分状况分析[J]. 南方农业,2022,16(1):55-58.
- [22] 李青,原佳敏,李云霞,等. 人造林场羊肚菌自然发生处不同土层土壤情况分析[J]. 山西农业科学,2020,48(4):594-597.
- [23] 茶丽娟,赵淑媛,冯鸿娟,等. 野生菌生长土壤中重金属形态影响因素研究[J]. 生态环境学报,2020,29(12):2457-2464.
- [24] 茶丽娟,周丹丹,冯鸿娟,等. 两种野生食用菌对土壤重金属的富集特征研究[J]. 生态环境学报,2021,30(10):2093-2099.
- [25] 刘朋虎,雷锦桂,王义祥,等. 食用菌富集重金属主要特征与相关机制研究进展[J]. 热带作物学报,2017,38(12):2407-2414.
- [26] 齐君蔚,陈艳华,陈恒雷. 基于 TRIZ 理论的裂盖马鞍菌濒危成因分析及解决方案[J]. 食用菌学报,2020,27(3):84-91.

## Analysis of Soil Nutrients in Different Soil Layers of Wild *Helvella elastica*

LI Yunxia<sup>1</sup>, CHAI Meiqing<sup>1</sup>, LI Qing<sup>1</sup>, SUN Yao<sup>1</sup>, HAN Pengyuan<sup>1</sup>, ZHANG Suofeng<sup>1</sup>, CHEN Jinquan<sup>2</sup>

(1. Office of Research Administration, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China; 2. Shanxi Lanyu Agricultural Development Corporation, Xinzhou 034000, China)

(下转第 74 页)

94(8):1491-1499.

- [33] 黄宁,刘革宁,杨继生,等.赤霉素浓度和浸种时间对枫香种子萌发的影响[J].种子,2021,40(3):97-101.

- [34] 王娜,张中华,周华坤,等.温度、冷层积和化学试剂处理对3种莎草科植物种子萌发的影响[J].草地学报,2022,30(12):3284-3293.

## Seed Germination Characteristics of Endangered Medicinal *Ferula tadshikorum*

ZHOU Rui<sup>1,2</sup>, YANG Lei<sup>2,3</sup>, WANG Xiyong<sup>2,3</sup>, LU Ting<sup>1</sup>, LI Wenjun<sup>2,3,4</sup>

(1. College of Forestry and Landscape Architecture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology/ Key Laboratory of Ecological Safety and Sustainable Development in Arid Lands/Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Xinjiang Key Laboratory of Conservation and Utilization of Plant Gene Resources, Urumqi 830011, China; 4. Sino-Tajikistan Joint Laboratory for Conservation and Utilization of Biological Resources, Urumqi 830011, China)

**Abstract:** *Ferula tadshikorum* is an important rare medicinal plant resource. Exploring the dormancy characteristics of its seeds and finding ways to break dormancy are the scientific basis and premise for its ex situ conservation and artificial cultivation. Taking its wild seeds as the research material, the basic biological characteristics of fruit and seed, seed water absorption, seed structure and seed germination inhibitors were studied by indoor control experiment method, and the effects of germination temperature, stratification treatment and interaction of different concentrations of GA<sub>3</sub> on germination rate, germination potential and germination index were analyzed. The results showed that, the seed coat did not hinder seed water absorption and the embryo morphology developed completely when the fruit was mature. The seed powder leaching solution had a significant inhibitory effect on the germination of Chinese cabbage seeds. Using 15 °C /5 °C germination temperature, without GA<sub>3</sub> soaking, low temperature stratification for 45 days can significantly improve the germination rate of *F. tadshikorum* seeds. The seed dormancy type of *F. tadshikorum* was physiological dormancy, which was caused by the combination of germination inhibitors in seeds and physiological after-ripening of embryo. Seed stratification for 45 days before sowing and then germination at 15 °C /5 °C can effectively relieve seed dormancy and promote seed germination.

**Keywords:** *Ferula tadshikorum*; seed dormancy; stratification; gibberellin

(上接第 67 页)

**Abstract:** In order to clarify the relationship between the occurrence of wild *Helvella elastica* and the ecological environment and soil environment, and then provide some reference for the domestication and cultivation of Wild *Helvella elastica*. This study investigated the ecological environment where wild *Helvella elastica* occurred in Kelan, Shanxi Province, and determined the soil pH and nutrient content (including organic matter, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, effective copper, effective zinc, effective iron, effective manganese) in the different soil layer(0,5,10 cm) and different distance(0,50,100 cm). The results showed that the pH of the soil where the wild *Helvella elastica* occurred was between 7.89 and 8.23, showed an alkaline state. And the soil contained organic matter was 26.37 g·kg<sup>-1</sup>, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, effective copper, effective zinc, effective iron, effective manganese were 129.61, 9.16, 157.80, 0.82, 6.12, 4.86 and 15.25 mg·kg<sup>-1</sup>. The nutrient content in the surface soil where wild *Helvella elastica* occurs was higher than that in the deep soil, and with the increase of soil depth, the content of soil organic matter, alkali hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, available potassium, and available manganese were gradually reduced. Meanwhile, the content of organic matter, alkaline hydrolyzable nitrogen, available copper, available zinc, and available iron in occurrence soil were higher than that in non occurrence soil, while the content of available phosphours, available potassium, and available manganese were lower than that in non occurrence soil. According to the grading standards of the second national soil census, it can be seen that wild *Helvella elastica* are more likely to occur in alkaline soil with moderate organic matter content, phosphorus deficiency, and potassium enrichment.

**Keywords:** *Helvella elastica*; soil pH; soil nutrient; different soil layer