

## 南方设施栽培蓝莓的生物学性状研究

尹宗艳<sup>1</sup>, 吴永旺<sup>2</sup>, 周小杰<sup>2</sup>, 赖永辉<sup>3</sup>, 李靖<sup>4</sup>, 王均<sup>2</sup>, 王迅<sup>1\*</sup> (1. 四川农业大学果蔬研究所, 四川成都 611130; 2. 四川农业大学园艺学院, 四川成都 611130; 3. 四川省内江市市中区农业农村局, 四川内江 641200; 4. 四川省农业科学院园艺研究所, 四川成都 610066)

**摘要** [目的]研究南方设施栽培蓝莓的生物学性状,为南方设施蓝莓种植管理提供理论依据。[方法]以南高丛蓝莓“奥尼尔”为材料,对比“奥尼尔”在大棚设施与露地栽培下生长树势与成熟果实品质的差异。[结果]露地光照强度显著高于大棚,CO<sub>2</sub>浓度和空气温度显著低于大棚;露地栽培植株功能叶绿素含量显著大于大棚栽培植株,功能叶叶面积和株高极显著低于大棚栽培植株;大棚栽培“奥尼尔”成熟期提前但产量较低,露地栽培“奥尼尔”果实可溶性固形物含量、可滴定酸含量和花青素含量极显著高于大棚栽培的果实,可溶性糖含量显著高于大棚栽培的果实,维生素C含量显著低于大棚栽培的果实。[结论]露地栽培“奥尼尔”产量更高,蓝莓果实风味更加浓郁;大棚栽培提前了“奥尼尔”成熟期,促进果实提早成熟。

**关键词** 蓝莓;设施栽培;生物学性状;小气候

中图分类号 S663.9 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)08-0048-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.08.013



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on the Biological Characters of Blueberry Cultivated in Southern China

YIN Zong-yan<sup>1</sup>, WU Yong-wang<sup>2</sup>, ZHOU Xiao-jie<sup>2</sup> et al (1. Institute of Pomology and Olericulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130; 2. College of Horticulture, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130)

**Abstract** [Objective] To study the biological characteristics of blueberries cultivated in southern facilities, it provides a theoretical basis for blueberry cultivation and management in southern facilities. [Method] Using the southern highbush blueberry ‘O’ Neal’ as the material, the difference between the growth tree vigor and the ripe fruit quality of ‘O’ Neal’ under greenhouse and open field cultivation was compared. [Result] The light intensity in the open field was significantly higher than that in the greenhouse, and the CO<sub>2</sub> concentration and air temperature were significantly lower than in the greenhouse; the functional chlorophyll content of the open-field cultivated plants was extremely significantly greater than that of the greenhouse-cultivated plants, and the size of the functional leaf was significantly lower than that of the greenhouse-cultivated plants, and the plant height was extremely lower than plants cultivated in greenhouses; the maturity period of ‘O’ Neal’ in greenhouse cultivation was earlier but the yield was lower. The content of soluble solids, titratable acid and anthocyanin content of fruits grown in open field ‘O’ Neal’ were significantly higher than that of fruits grown in greenhouses, and the soluble sugar content was significantly higher than that of fruits grown in greenhouses, and the vitamin C content was significantly lower than that of fruits grown in greenhouses. [Conclusion] Open-field cultivation of ‘O’ Neal’ has higher yield and more intense blueberry fruit flavor; greenhouse cultivation advances the maturity of ‘O’ Neal’ and promotes early ripening of the fruit.

**Key words** Blueberry; Facility cultivation; Biological character; Microclimate

蓝莓又名越桔,属于杜鹃花科(Ericaceae)越桔属(*Vaccinium* spp.),为多年生落叶或常绿小灌木,蓝莓果实色泽美观,风味独特,富含各种维生素及微量元素,具有极高的营养价值和医疗保健作用<sup>[1-2]</sup>。

相较于其他果树,蓝莓在我国仅有30多年的引种栽培历史,栽培年限较短,年产量较低<sup>[3]</sup>。近年来,随着研究的不断深入,蓝莓越来越多的保健价值和药用价值被发现,市场需求量增加,栽培面积不断扩大,发展前景广阔<sup>[4]</sup>。在我国,根据生态因子不同,将蓝莓种植区域划分为四大主产区:寒地蓝莓(吉林、黑龙江)、温带蓝莓(辽东半岛、胶东半岛)、亚热带蓝莓(长江流域)和西南高海拔蓝莓<sup>[5]</sup>。四大产区依据地理区域布局,采用露地和设施栽培相结合,实现了全国3月中旬—9月中旬6个月的鲜果供应期,形成了各产区的优势和特色。四大主产区经过多年试验、筛选和对比,逐渐筛选出适宜不同地区种植的特色蓝莓品种,如“夏普蓝”“奥尼尔”“薄雾”“密斯梯”“莱格西”“明星”“绿宝石”“追雪”“珠

宝”“比乐西”“双丰”等南高灌蓝莓品种适宜种植在亚热带(长江流域)和西南高海拔地区的露地微酸性砂壤土中,也可在温带地区进行设施栽培;“灿烂”“奥克”“梯芙兰”“灿烂”“贝克兰”“粉蓝”等兔眼品种同样适宜种植在亚热带(长江流域)和西南高海拔地区露地微酸性较黏的土壤中<sup>[6-10]</sup>。

调查显示,设施栽培南高丛蓝莓比露地栽培提早30 d上市,果实商品价值是露地的3~5倍,具有较高经济价值和广阔开发前景。因此,探究适宜不同地区、标准化的蓝莓设施栽培方式具有重要意义。笔者通过调查大棚和露地的环境差异,测定蓝莓果树的生长指标,对蓝莓果实品质进行比较,明确大棚和露地栽培对蓝莓生长发育和果实品质的影响,旨在为南方设施蓝莓种植管理提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验材料及种植管理** 试验地点位于成都市大邑县菜场镇蓝莓试验园区,该园区露地栽培株行距2 m×1 m,垄高40 cm,垄宽60 cm,垄间距1.4 m。大棚为塑料大棚,棚高3.5 m,宽6 m,长30 m,大棚内种植3垄。大棚和露地种植密度和管理方式一致。供试材料为大棚和露地种植区相同树冠大小、相同生长势、无病害的南高丛蓝莓“奥尼尔”5年种植株各10株。试验于4月初—6月初每月采集叶片样品1次,选择新梢从顶端往下第4~6片无虫蛀、无机械损伤、色泽

**基金项目** 四川省国际科技创新合作/港澳台科技创新合作项目(2020YFH0158);四川省科技支撑计划“十四五”育种攻关项目(2021YFYZ0023)。

**作者简介** 尹宗艳(1996—),女,四川宜宾人,硕士研究生,研究方向:果树遗传育种与栽培管理技术。\*通信作者,副教授,硕士生导师,从事果树遗传育种、栽培管理技术研究。

**收稿日期** 2021-06-22

鲜亮的成熟叶。

果实在成熟时采收,自植株树冠中层采收大小着色均匀、无机械损伤的果实,每株采收 30 颗果实,共采收 300 颗果实。测定生理指标的果实和叶片采集后放入液氮中迅速运回实验室, -80 ℃ 长期保存。

## 1.2 指标测定与方法

**1.2.1 小气候测定及土壤指标测定。**在果实着色期对露地 O 点和大棚 A、B、C 点的光照强度、CO<sub>2</sub> 浓度、空气温度、空气湿度以及土壤指标进行测定,测定点 A、C 为大棚中轴线上两端点,A 点与试验植株相邻,B 点为中轴线中心点,测定点 O 为露地试验植株第一株前树叶未遮挡区域内一点。栽培环境光照强度、温度和湿度使用 AS823 型三合一照度仪测定,环境 CO<sub>2</sub> 浓度使用 SW723。二氧化碳浓度采用检测仪测定,土壤湿度、土壤酸碱度使用三合一探针型检测仪测定,土壤温度和电导度使用小米花草草检测仪测定,测定点为离试验株半径 0.4 m 处随机一点。各指标分别测定 3 次。

**1.2.2 植株农艺性状观测。**在果实着色期测定植株农艺性状。植株生长指标:使用卷尺测定植株株高和冠幅。株高为蓝莓植株顶芽与地面的垂直高度差,冠幅为植株南北和东西方向宽度的平均值。

叶片相关指标:叶面积大小通过钢尺测量,叶片宽幅和长度按近似椭圆面积计算;叶绿素含量使用无水乙醇提取法测定<sup>[11-12]</sup>。

**1.2.3 果实成熟期、产量和品质测定。**从 80% 果皮为蓝紫色开始直至果实完全成熟记录为果实成熟期。果实在成熟时采收,记录每棵树总产量,使用电子天平测量单果重,使用游标卡尺测量横纵径,使用硬度计测定硬度,使用手持式折光仪测定可溶性固形物<sup>[13]</sup>,以上指标测定 30 个果实数值后计算平均值,各重复 3 次。采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[14]</sup>,采用滴定法测定可滴定酸含量<sup>[15]</sup>,采用 2,4-二硝基苯肼比色法测定维生素 C 含量<sup>[16]</sup>,采用无水乙醇提取法测定花青素含量,各重复 3 次。

**1.3 数据统计与分析** 采用 Microsoft Excel 2010 软件作图,SPSS 20.0 软件进行显著性分析。

## 2 结果与分析

**2.1 大棚与露地种植区小气候及土壤养分差异** 小气候测定结果见表 1。由表 1 可知,露地 O 点的光照强度最强,显著高于大棚光照强度 ( $P < 0.05$ ); 大棚 B 点的 CO<sub>2</sub> 浓度和空气温度最高,CO<sub>2</sub> 浓度显著高于露地 O 点和大棚 A 点 ( $P < 0.05$ ),空气温度显著高于露地 O 点 ( $P < 0.05$ ); 大棚空气湿度均高于露地,大棚 B 点的平均空气湿度为 81.57%,显著高于大棚 A、C 点 ( $P < 0.05$ ),也显著高于露地 O 点 ( $P < 0.05$ )。由表 2 可知,大棚土壤的电导度为 (915.50±6.40) mS/cm,显著高于露地电导度 ( $P < 0.05$ )。各种植区的土壤均呈酸性,土壤温度、湿度、pH 相接近,大棚的土壤温度、湿度和土壤酸碱度略高于露地,但差异不显著。

表 1 露地和大棚定点小气候比较

Table 1 Fixed-point small climate comparison of open field and greenhouse

地点 Place	光照强度 Light intensity klx	CO <sub>2</sub> 浓度 CO <sub>2</sub> concentration mg/m <sup>3</sup>	空气温度 Air temperature ℃	空气湿度 Air humidity %
露地 O 点 Open field O point	27.33±2.40 a	502.26±20.82 b	26.50±0.17 b	76.40±0.87 d
大棚 A 点 Greenhouse A point	16.58±2.76 b	471.43±16.51 c	26.10±0.35 b	79.70±0.26 b
大棚 B 点 Greenhouse B point	16.65±3.46 b	564.52±19.86 a	27.20±0.10 a	81.57±1.05 a
大棚 C 点 Greenhouse C point	20.20±3.19 b	562.12±22.86 ab	26.90±0.17 a	78.47±0.55 c

注:同列不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference at 0.05 level

表 2 露地和大棚种植区土壤指标

Table 2 Soil indicators in greenhouses and open field planting areas

种植区 Planting area	土壤温度 Soil temperature //℃	土壤湿度 Soil moisture //%	pH	电导度 Conductivity mS/cm
露地 Open field	24.50±0.70	25.50±0.70	4.95±0.10	866.50±9.20
大棚 Greenhouse	24.65±0.50	27.25±0.40	5.05±0.10	915.50±6.40*

注: \* 表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

Nte: \* indicated significant difference at 0.05 level

**2.2 露地和大棚蓝莓树势及叶片特征** 由表 3 可知,露地栽培“奥尼尔”植株株高极显著低于大棚栽培“奥尼尔”植株 ( $P < 0.01$ ),东西向、南北向冠径略低于大棚栽培“奥尼尔”植株,无显著差异。露地栽培“奥尼尔”植株的功能叶叶面积显著小于大棚栽培“奥尼尔”植株的功能叶叶面积 ( $P < 0.01$ ),叶绿素含量显著大于大棚栽培“奥尼尔”植株的功能叶叶绿素含量 ( $P < 0.05$ )。由图 1 可知,露地栽培的“奥尼尔”植株树型更加紧凑,枝条发散均匀且排列紧密,叶片更加浓

密,主枝数量和直径大于大棚植株;大棚栽培植株的枝条分布稀疏且参差不齐,枝条纤细,节尖长,枝条间有较大空隙。

**2.3 露地和大棚蓝莓成熟期差异** 露地和大棚栽培“奥尼尔”植株成熟期和果实产量均有差异。露地栽培“奥尼尔”植株的成熟期为 5 月 5 日至 6 月 5 日,共 31 d,大棚栽培“奥尼尔”植株成熟期为 4 月 25 日至 5 月 15 日,共 20 d,大棚栽培“奥尼尔”植株比露地栽培“奥尼尔”植株提早进入成熟期且成熟期较短。

表 3 露地和大棚种植蓝莓植株的树势

Table 3 Tree vigor of blueberry plants in greenhouses and open fields

种植区 Planting area	株高 Plant height m	东西向冠径 East-west crown diameter//m	南北向冠径 North-south crown diameter//m	叶面积 Leaf area cm <sup>2</sup>	叶绿素含量 Chlorophyll content//mg/g
露地 Open field	1.62±0.11	1.52±0.22	1.79±0.14	13.02±0.60	3.40±0.01*
大棚 Greenhouse	2.07±0.18**	1.55±0.15	1.81±0.20	26.14±0.47**	3.29±0.05

注: \* 表示差异显著( $P<0.05$ ); \*\* 表示差异极显著( $P<0.01$ )

Nte: \* indicated significant difference at 0.05 level; \*\* indicated significant difference at 0.01 level



露地栽培“奥尼尔”植株



大棚栽培“奥尼尔”植株

图 1 露地和大棚蓝莓树势比较

Fig.1 Comparison of blueberry tree potential between greenhouse and open field

**2.4 露地和大棚蓝莓果实产量、形态及品质差异** 露地和大棚蓝莓果实产量和形态差异见表 4。由表 4 可知,露地栽培“奥尼尔”单株平均产量为 1 592.00 颗,大棚栽培“奥尼尔”单株平均产量为 461.80 颗,露地单株产量极显著高于大棚单株产量( $P<0.01$ )。露地栽培“奥尼尔”植株果实纵径显著大于大棚栽培“奥尼尔”植株果实纵径( $P<0.05$ ),单果重、横径和硬

度略低于大棚栽培“奥尼尔”,但无显著差异。果实品质差异见表 5。由表 5 可知,露地栽培“奥尼尔”植株果实的可溶性固形物含量、可滴定酸含量和花青素含量极显著高于大棚栽培“奥尼尔”植株果实( $P<0.01$ ),可溶性糖含量显著高于大棚栽培“奥尼尔”植株果实( $P<0.05$ ),维生素 C 含量显著低于大棚栽培“奥尼尔”植株果实( $P<0.05$ )。

表 4 果实产量及形态指标

Table 4 Fruit yield and morphological index

种植区 Planting area	单株平均产量 Average yield per plant//颗	单果重 Single fruit weight//g	横径 Transverse diameter//cm	纵径 Longitudinal diameter//cm	硬度 Hardness//N
露地 Open field	1 592.00±0.39**	1.24±0.41	1.31±0.15	1.18±0.09*	1.05±0.31
大棚 Greenhouse	461.80±0.12	1.32±0.28	1.34±0.10	1.07±0.10	1.06±0.12

注: \* 表示差异显著( $P<0.05$ ); \*\* 表示差异极显著( $P<0.01$ )

Nte: \* indicated significant difference at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant difference at 0.01 level

表 5 果实品质指标

Table 5 Fruit quality indicators

种植区 Planting area	可溶性固形物 Soluble solids//%	可溶性糖 Soluble sugar//g/kg	可滴定酸 Titratable acid//g/kg	维生素 C Titratable acid//g/kg	花青素 Anthocyanin//mg/kg
露地 Open field	11.94±0.26**	97.20±2.20*	11.90±0.15**	78.80±0.96	1.78±0.08**
大棚 Greenhouse	10.40±0.45	90.80±5.20	10.10±0.23	80.30±0.92*	1.54±0.02

注: \* 表示差异显著( $P<0.05$ ); \*\* 表示差异极显著( $P<0.01$ )

Nte: \* indicated significant difference at 0.05 level; \*\* indicated extremely significant difference at 0.01 level

### 3 讨论

该研究中,大棚 CO<sub>2</sub> 浓度和平均温度更高,表明大棚具有较好的保温作用,这与古咸彬等<sup>[17]</sup>研究设施栽培蓝莓对

其光合作用影响的研究结果相一致。露地和大棚的土壤温湿度、土壤 pH 差异较小,与郭豪等<sup>[18]</sup>研究甜樱桃设施和露地栽培土壤肥力差异的结果相一致,但大棚中土壤的电导率

显著大于露地土壤,这可能是由于大棚土壤受雨水淋洗较少,盐分多集中于表层土所致。露地栽培“奥尼尔”植株树型更加紧凑,株高显著低于大棚栽培“奥尼尔”植株,功能叶叶绿素含量更高,叶片更小,这可能是由于露地的光照更强、更均匀所引起。露地栽培“奥尼尔”单株产量极显著高于大棚,但大棚栽培使“奥尼尔”成熟期提前且较短,比露地栽培“奥尼尔”提早上市,经济效益提高,这可能是由于大棚温度较高促进了蓝莓提前成熟。露地栽培“奥尼尔”果实的可溶性固形物、可滴定酸和花青素含量极显著高于大棚栽培“奥尼尔”果实,可溶性糖含量显著高于大棚栽培“奥尼尔”果实,可能与露地光照均匀充足有关。

#### 4 结论

南高丛蓝莓“奥尼尔”鲜果中含有丰富的固形物和花青素,风味独特,色泽艳丽,糖酸比高<sup>[19]</sup>,容易入口,而且作为一种在西南地区适应性良好的品种,考虑产量、果实风味和市场供应,应结合露地栽培,适度发展大棚栽培以提高经济效益<sup>[20]</sup>。

#### 参考文献

[1] HOSSEINIAN F S, BETA T. Saskatoon and wild blueberries have higher anthocyanin contents than other Manitoba berries[J]. *Agricultural and food chemistry*, 2007, 55(26): 10832-10838.

[2] SEERAM N P, ADAMS L S, ZHANG Y J, et al. Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro[J]. *Agricultural and food chemistry*, 2006, 54(25): 9329-9339.

[3] 唐颖,安利佳.施肥对蓝莓钵苗土壤性质及生长的影响[J]. *北方园艺*, 2015(14): 178-181.

[4] 徐德水,屈新宇,王立峰,等.中国蓝莓引种栽培现状分析[J]. *中国园艺*

文摘, 2017, 33(11): 54-57.

[5] 徐德水,马文汉,王雪松,等.中国蓝莓产业现状与发展道路选择[J]. *中国科技成果*, 2016, 17(14): 4-5.

[6] 刘庆忠.世界高丛蓝莓种植业的发展及现状[J]. *落叶果树*, 2007, 39(4): 47-50.

[7] 李亚东,裴嘉博,孙海悦.全球蓝莓产业发展现状及展望[J]. *吉林农业大学学报*, 2018, 40(4): 421-432.

[8] 刘庆忠,魏海蓉,张力思,等.蓝莓产业的发展现状及前景[J]. *烟台果树*, 2009(2): 10-12.

[9] 魏海蓉,刘庆忠,张力思,等.山东省蓝莓生产科研现状及发展前景[J]. *落叶果树*, 2008, 40(5): 1-3.

[10] 李亚东,孙海悦,陈丽.我国蓝莓产业发展报告[J]. *中国果树*, 2016(5): 1-10.

[11] 王光亚.保健食品功效成分检测方法[M].北京:中国轻工业出版社, 2002.

[12] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社, 2006.

[13] 中华人民共和国农业部.水果和蔬菜可溶性固形物含量的测定折射仪法: NY/T 2637—2014[S]. (2014-10-17) [2019-03-29].

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.食品安全国家标准 食品中还原糖的测定: GB/T 50097—2016[S].北京:中国标准出版社, 2017.

[15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.食品中总酸的测定: GB/T 12456—2008[S].北京:中国标准出版社, 2009.

[16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定(荧光法和 2,4-二硝基苯肼法): GB/T 5009.86—2003[S].北京:商务印书馆, 2003.

[17] 古咸彬,郭书艳,黄武权,等.设施栽培对蓝莓光合作用与果实品质的影响[J]. *浙江农业科学*, 2020, 61(10): 2033-2036, 2080.

[18] 郭豪,姚力伟,邹业爱,等.甜樱桃设施和露地栽培土壤肥力差异研究: 以山东省临朐县为例[J]. *中国果树*, 2016(5): 19-23.

[19] 吴文龙,赵慧芳,方亮,等.南京地区蓝莓品种(系)果实品质分析与评价[J]. *经济林研究*, 2013, 31(4): 87-92.

[20] 郑炳松,张启香,程龙军.蓝莓栽培实用技术[M].杭州:浙江大学出版社, 2013.

(上接第 47 页)

#### 参考文献

[1] CAI Z N, LI W, MEHMOOD S, et al. Effect of polysaccharide FMP-1 from *Morchella esculenta* on melanogenesis in B16F10 cells and zebrafish[J]. *Food & function*, 2018, 9(9): 5007-5015.

[2] 彭卫红,唐杰,何晓兰,等.四川羊肚菌人工栽培的现状分析[J]. *食药食用菌*, 2016, 24(3): 145-150.

[3] 赵瑞,刘绍雄,马超.我国羊肚菌产业发展现状及市场分析[J]. *中国食用菌*, 2020, 39(2): 7-10.

[4] 赵永昌,柴红梅,陈卫民.理性认识羊肚菌产业发展诸多问题[J]. *食药食用菌*, 2018, 26(3): 121-127.

[5] HE P X, CAI Y L, LIU S M, et al. Morphological and ultrastructural examination of senescence in *Morchella elata*[J]. *Micron*, 2015, 78: 79-84.

[6] 于冬梅,尤文忠,张悦,等.羊肚菌人工栽培研究进展[J]. *辽宁林业科技*, 2018(2): 48-51.

[7] 郝惠草,田芳,李宾,等.三个羊肚菌品种比较试验[J]. *农业科技通讯*, 2019(4): 147-148.

[8] 陈杭,唐明先,姜邻,等.甘孜高原羊肚菌产业的发展优势、现状与对策[J]. *农业科技通讯*, 2017(11): 26-29.

[9] 陈影,唐杰,彭卫红,等.四川羊肚菌高效栽培模式与技术[J]. *食药食用菌*, 2016, 24(3): 151-154.

[10] 刘理旭,唐杰,甘炳成.高海拔地区羊肚菌栽培技术[J]. *食用菌*, 2020, 42(6): 48-50.

[11] 陈影,彭卫红,甘炳成,等.羊肚菌新品种‘川羊肚菌 1 号’[J]. *园艺学报*, 2016, 43(11): 2289-2290.

[12] 陈影,唐杰,彭卫红,等.羊肚菌新品种‘川羊肚菌 5 号’[J]. *园艺学报*, 2017, 44(9): 1831-1832.

[13] 刘伟,张亚,何培新.羊肚菌生物学与栽培技术[M].长春:吉林科学技术出版社, 2017.

[14] 王震,王春弘,蔡英丽,等.羊肚菌人工栽培技术[J]. *中国食用菌*, 2016, 35(4): 87-91.

[15] 吴慧君.羊肚菌工厂化栽培探索[J]. *农民致富之友*, 2018(4): 91.

[16] 邓海洲,寇从贤,王丽娅,等.钟祥市稻-菇(羊肚菌)连作栽培技术要点[J]. *湖北农业科学*, 2019, 58(S2): 113-114.

[17] 石德林.羊肚菌大田栽培失败原因剖析[J]. *食用菌*, 2020, 42(6): 39-40.

[18] 彭天祥.羊肚菌林下高效栽培模式及技术探讨[J]. *现代农业研究*, 2021, 27(2): 101-102.

[19] 鲁洪旗,黎丹.红花岗区“稻+羊肚菌”水旱轮作模式羊肚菌栽培要点[J]. *农技服务*, 2021, 38(2): 70-71.

[20] 王双阳,王卓仁.补充营养是羊肚菌大田栽培稳产的保障[C]//2018 第三届全国羊肚菌大会资料汇编.北京:中国菌物学会, 2018.

[21] 李华,陈星光,潘建芳.“水稻-羊肚菌”模式配套栽培技术[J]. *农村新技术*, 2020(10): 10-11.

[22] 黄忠乾,唐利民,邓玲,等.林下羊肚菌高效栽培技术[J]. *四川农业科技*, 2018(1): 24-25.

[23] 王龙,郭瑞,路等等,等.羊肚菌物种多样性研究现状[J]. *西北农业学报*, 2016, 25(4): 477-489.

[24] 陈立俊.羊肚菌菌核培养特征及遗传特性研究[D].昆明:云南大学, 2012.

[25] 权美平,张丽芳.羊肚菌生物学特征及价值的研究进展[J]. *北方园艺*, 2012(18): 178-180.

[26] 朱斗锡.羊肚菌人工栽培研究进展[J]. *中国食用菌*, 2008, 27(4): 3-5.

[27] 董爱荣,吴庆禹,何力,等.羊肚菌的生物学特性[J]. *东北林业大学学报*, 2002, 30(4): 28-30.

[28] 朱斗锡.羊肚菌生物学特性及生态环境研究[J]. *中国食用菌*, 1993(6): 20.

[29] 张忠伟,周继慧,王成珍,等.羊肚菌菌丝体在不同培养基中的生长特性[J]. *食用菌*, 2000, 22(2): 13-14.

[30] 高新楼,郝惠草,李宾,等.羊肚菌种植的病虫害防治技术[J]. *农业科技通讯*, 2020(9): 295-296, 298.

[31] 刘伟,蔡英丽,何培新,等.羊肚菌栽培的病虫害发生规律及防控措施[J]. *食用菌学报*, 2019, 26(2): 128-134.

[32] 何琳华,徐蕊,嵇伟彬,等.西南地区稻茬羊肚菌栽培关键技术[J]. *食用菌*, 2019, 41(1): 54-55, 58.