

## 欧李引种到拉萨的果实和枝叶成分分析

李媛蓉<sup>1</sup>, 赵凡<sup>1</sup>, 张姗姗<sup>1</sup>, 红英<sup>1</sup>, 吴郁<sup>2</sup>, 曾秀丽<sup>1\*</sup>

(1. 西藏自治区农牧科学院蔬菜研究所/农业部青藏高原果树科学观测实验站, 西藏拉萨 850032; 2. 四川农业大学小麦研究所, 四川成都 611130)

**摘要** 对引进到拉萨的2种欧李材料(科尔沁和洛南)的果实及枝叶的营养成分、氨基酸和微量元素进行测定分析,为欧李在高海拔的开发利用提供理论依据。结果表明,科尔沁欧李果实的可溶性固形物、可溶性糖、总酸、还原糖、蛋白质、总氨基酸、必需氨基酸、微量元素含量均高于洛南欧李,但抗坏血酸、铁和锌含量相反;2种材料果实的天门冬氨酸和枝叶的谷氨酸在各类氨基酸中均达到最高,科尔沁欧李枝叶的总氨基酸、必需氨基酸、粗蛋白质、钙含量、半纤维素均高于洛南欧李,而洛南欧李枝叶的粗灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维均高于科尔沁欧李。从2地引进的欧李枝叶中钙含量、氨基酸含量均远高于果实,其中枝叶中的钙含量约为果实的100倍。

**关键词** 欧李;果实成分;枝叶成分;拉萨

中图分类号 S662.5 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2020)21-0043-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2020.21.013



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Component Analysis in Fruits, Leaves and Branches of *Cerasus humilis* Bunge Introduced to Lhasa

LI Yuan-rong, ZHAO Fan, ZHANG Shan-shan et al (Institute of Vegetables, Tibet Academy Agriculture & Animal Husbandry Sciences, Tibet Plateau Fruit Tree Scientific Observation Experimental Station of Ministry of Agriculture, Lhasa, Tibet 850032)

**Abstract** The nutrient components, amino acids and trace elements of fruits and branches of two *Cerasus humilis* Bunge materials (Horqin and Luonan) introduced to Lhasa were measured and analyzed, which provided a theoretical basis for the development and utilization of *C. humilis* at high altitudes. The results showed that the soluble solids, soluble sugars, total acids, reducing sugars, protein, total amino acids, essential amino acids and trace element contents of Horqin *C. humilis* fruit were higher than those of Luonan *C. humilis*, but the contents of ascorbic acid, iron and zinc were the opposite. The aspartic acid of fruits and the glutamic acid of the branches and leaves of two materials of *C. humilis* reached the highest among all kinds of amino acids. The total amino acids, essential amino acids, crude protein, calcium content and hemicellulose of the branches and leaves of Horqin *C. humilis* are higher than those of Luonan *C. humilis*. The crude ash content, neutral washing fiber, and acid washing fiber of Luonan *C. humilis* branches and leaves are higher than that of Horqin *C. humilis*. The contents of calcium and amino acids in the branches and leaves of Horqin and Luonan *C. humilis* were much higher than those in the fruits, and the calcium content in the branches and leaves was about 100 times that of the fruits.

**Key words** *Cerasus humilis*; Fruit composition; Branch and leaf composition; Lhasa

欧李(*Cerasus humilis* Bunge)为蔷薇科(Rosaceae)樱桃属(Ceraras)植物,是我国特有的矮小灌木果树树种之一<sup>[1]</sup>,广泛分布于中国东北、华北、西北、华中等地区<sup>[2]</sup>,被称为“补钙之星”<sup>[3]</sup>。欧李具有储水、抗干旱、抗严寒(-40℃)、抗风沙、耐贫瘠、抗病虫害、耐盐碱、适应性强等特性<sup>[4]</sup>;欧李根系十分强大,在地下呈网状结构,可治理荒山沙漠、防治水土流失,具有较高的生态价值,欧李已被国家林业局列为生态林优良树种<sup>[5-6]</sup>。欧李果实又名“钙果”,果皮颜色鲜艳,果肉晶莹剔透,是第三代功能水果,不仅味觉独特,而且营养丰富,富含氨基酸、维生素、有机酸及多种矿质元素,并含有较多的花色苷、单宁、黄酮醇、黄烷醇等多酚物质,具有较强的抗氧化活性<sup>[7-10]</sup>,是一种营养价值较高的水果。

欧李分枝多,萌芽力和成枝力强,枝叶生物产量大,富含钙素,茎叶营养价值高,不仅含有牛羊生长发育所需要的糖、蛋白质等一般营养物质,更是牛羊骨骼发育的重要补钙来源,是牛、羊的优质饲料<sup>[11]</sup>,欧李被牛羊啃食后,枝叶会快速萌发,植株生长旺盛<sup>[12]</sup>。由于西藏沙地面积巨大,欧李可能是西藏防风固沙的优异资源,且西藏牛羊对优质牧草需求量大,因此极有必要引进欧李进行试验,以利于西藏生态保

护和农牧民增产增收。鉴于此,笔者对引进到拉萨的2种欧李材料(科尔沁和洛南)的果实及枝叶的营养成分、氨基酸和微量元素进行测定分析,旨在为欧李在高海拔地区的开发利用提供理论依据。

#### 1 材料与方法

**1.1 栽培地概况** 试验在农业部青藏高原果树科学观测试验站(91°06'E, 29°36'N)进行,海拔3650 m,属于高原温带半干旱季风气候区,太阳辐射强,素有“日光城”之称,空气稀薄,气温偏低,昼夜温差较大,冬春寒冷干燥且多风。年降水量200~510 mm,集中在6—9月份,年平均气温7.4℃,全年日照时间达3000 h以上,年无霜期100~120 d,土壤类型砂壤土,地势平坦、土地肥沃、理化性质优良、保水保肥能力中等,欧李成活后常规栽培技术管理。

**1.2 材料** 所用欧李材料于2018年3月从内蒙古科尔沁和陕西洛南引进拉萨露地栽培,分别编号为OL-1和OL-2,2018年冬露地越冬。测试材料为2019年开花结实的欧李成熟果实和新鲜枝叶,于2019年9月送往四川省农业科学院分析测试中心进行测试。

#### 1.3 测定方法

**1.3.1 欧李果实中营养成分测定方法。**可溶性固形物用便携式手持折光仪进行测定,可溶性糖的测定方法根据NY/T 2742—2015《水果及制品中可溶性糖的测定3,5-二硝基水杨酸比色法》;总酸(以柠檬酸计)的测定方法根据GB/T

**基金项目** 西藏自治区科技厅2019年重点研发计划“青藏高原果树绿色发展技术集成与示范”(XZ201901NB04)。

**作者简介** 李媛蓉(1995—),女,甘肃永昌人,研究实习员,硕士,从事果树资源收集与育种驯化工作。\*通信作者,研究员,博士,从事青藏高原果树花卉资源、育种与示范推广工作。

**收稿日期** 2020-04-02

12456—2008《食品中总酸的测定》;抗坏血酸的测定方法根据 GB 5009.86—2016《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》;还原糖的测定方法根据 GB 5009.7—2016《食品安全国家标准 食品中还原糖的测定》;蛋白质的测定方法根据 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》。

**1.3.2 欧李果实和枝叶中氨基酸的测定方法。**欧李果实和枝叶中 16 种氨基酸的测定方法依据 GB 5009.124—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》。

**1.3.3 欧李果实的微量元素测定方法。**欧李果实的微量元素钙、铜、铁、锰、锌、镁的测定方法依据 GB 5009.268—2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》;硒的测定方法依据 GB 5009.93—2017《食品安全国家标准 食品中硒的测定》。

**1.3.4 欧李枝叶中营养成分测定方法。**欧李枝叶中粗蛋白质的测定方法依据 GB/T 6432—2018《饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法》;粗灰分的测定方法依据 GB/T 6438—2007《饲料中粗灰分的测定》;钙含量的测定方法依据 GB/T 13885—2017《饲料中钙、铜、铁、镁、锰、钾、钠和锌含量的测定 原子吸

收光谱法》;中性洗涤纤维(NDF)的测定方法根据 GB/T 20806—2006《饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定》;酸性洗涤纤维(ADF)根据 NY/T 1459—2007《饲料中酸性洗涤纤维的测定》,半纤维素(%)=NDF(%)−ADF(%)<sup>[13]</sup>。

**1.4 数据处理** 采用 Excel 2007 软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

**2.1 2种欧李材料果实中营养成分比较** 2种欧李果实中可溶性固形物、可溶性糖、总酸、抗坏血酸、还原糖、蛋白质含量分析结果见表1。由表1可知,引种到拉萨的2种材料OL-1和OL-2果实的可溶性固形物含量分别是18.0%、14.2%,且前者比后者多3.8%;可溶性糖含量分别是8.70%、6.97%,且前者比后者多1.73%;总酸含量分别是33.8、17.0 g/kg,且前者比后者多16.8 g/kg;抗坏血酸含量分别是390、510 mg/kg,且后者比前者多120 mg/kg;还原糖含量分别是16、11 g/kg,且前者比后者多5 g/kg;蛋白质含量分别是17.3、13.7 g/kg,且前者比后者多3.6 g/kg。综上所述,OL-1除了抗坏血酸含量低于OL-2外,其他营养成分指标的含量均高于OL-2的含量。

表1 2种欧李材料果实中营养成分含量比较

Table 1 Comparison of the nutrient contents in fruits of two *C. humilis* materials

编号 Code	可溶性固形物 Soluble solid//%	可溶性糖 Soluble sugar//%	总酸 Total acid//g/kg	抗坏血酸 Ascorbic acid//mg/kg	还原糖 Reducing sugar//g/kg	蛋白质 Protein//g/kg
OL-1	18.0	8.70	33.8	390	16.0	17.3
OL-2	14.2	6.97	17.0	510	11.0	13.7

**2.2 2种欧李材料果实中氨基酸含量比较** 由表2可知,OL-1果实中16种氨基酸总量为1.225%,OL-2果实中16种氨基酸总量为0.951%,且OL-1的氨基酸总量比OL-2高0.274%。其中OL-1的氨基酸含量从高到低依次为天门冬氨酸>脯氨酸>谷氨酸>赖氨酸>亮氨酸>丙氨酸>苯丙氨酸>丝氨酸>缬氨酸=甘氨酸>苏氨酸=异亮氨酸=组氨酸>精氨酸>酪氨酸>蛋氨酸,OL-2的氨基酸含量从高到低依次为天门冬氨酸>脯氨酸>谷氨酸>赖氨酸>亮氨酸>丝氨酸>丙氨酸

>苯丙氨酸>甘氨酸=组氨酸>缬氨酸>苏氨酸>异亮氨酸>酪氨酸>精氨酸>蛋氨酸。这16种氨基酸中含有6种必需氨基酸,分别是苏氨酸、缬氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸。必需氨基酸含量OL-1(0.199%)>OL-2(0.173%),且前者比后者高0.026%,其中组氨酸为小儿生长发育期间的必需氨基酸,另外2种欧李果实的天门冬氨酸均最高,天门冬氨酸可改善心肌收缩功能,同时降低氧消耗,促进氧和二氧化碳生成尿素,降低血液中氮和二氧化碳的量,消除疲劳。

表2 2种欧李材料果实中氨基酸含量的比较

Table 2 Comparison of the amino acid contents in fruits of two *C. humilis* materials

序号 Code	氨基酸名称 Name of amino acid	OL-1	OL-2	序号 Code	氨基酸名称 Name of amino acid	OL-1	OL-2
1	天门冬氨酸	0.470	0.500	10	* 异亮氨酸	0.024	0.021
2	* 苏氨酸	0.024	0.023	11	* 亮氨酸	0.042	0.035
3	丝氨酸	0.031	0.033	12	酪氨酸	0.015	0.014
4	谷氨酸	0.099	0.090	13	* 苯丙氨酸	0.033	0.029
5	甘氨酸	0.030	0.027	14	组氨酸	0.024	0.027
6	丙氨酸	0.036	0.032	15	* 赖氨酸	0.046	0.039
7	* 缬氨酸	0.030	0.026	16	精氨酸	0.018	0.013
8	蛋氨酸	0.003	0.004	17	脯氨酸	0.300	0.380
9	氨基酸总量	1.225	0.951	18	必需氨基酸	0.199	0.173

注:\* 为必需氨基酸

Note: \* indicated essential amino acid

**2.3 2种欧李材料果实中微量元素含量比较** 由表3可知,OL-1和OL-2果实的钙含量分别为201、141 mg/kg,且前者

比后者高60 mg/kg;铜含量分别为0.846、0.514 mg/kg,且前者比后者高0.332 mg/kg;铁含量分别为6.45、9.75 mg/kg,

且后者比前者高 3.3 mg/kg; 镁含量分别为 96.1、73.3 mg/kg, 且前者比后者高 22.8 mg/kg; 锰含量分别为 1.27、1.12 mg/kg, 且前者比后者高 0.15 mg/kg; 锌含量分别为 1.03、1.25 mg/kg, 且后者比前者高 0.22 mg/kg。综上可知, OL-1 果实中微量元素含量(除了铁含量和锌含量)比 OL-2 高。另外, OL-1 果实中微量元素含量从高到低依次为钙、镁、铁、锰、锌、铜, OL-2 果实中微量元素含量从高到低依次为钙、镁、铁、锌、锰、铜。

**2.4 不同欧李材料枝叶中氨基酸含量比较** 由表 4 可知, 枝叶中氨基酸含量丰富且种类齐全, 含有 16 种氨基酸, 其中有 6 种是必需氨基酸, 必需氨基酸含量 OL-1 (3.98%) > OL-2 (3.01%), 且前者比后者高 0.97%, 各种氨基酸中谷氨酸含

量在 OL-1 和 OL-2 中均为最高, 分别达到 1.31%、1.04%; 蛋氨酸含量均为最低, 分别是 0.15%、0.10%, 且前者比后者高 0.05%。氨基酸总量分别为 9.95%、8.23%, 且前者比后者高 1.72%, 其中 OL-1 和 OL-2 的必需氨基酸分别占总量的 40.00%、36.57%。

表 3 2 种欧李材料果实中微量元素含量比较

**Table 3 Comparison of the trace element contents in fruits of two *C. humilis* materials** mg/kg

编号 Code	钙 Ca	铜 Cu	铁 Fe	镁 Mg	锰 Mn	锌 Zn	硒 Se
OL-1	201	0.846	6.45	96.1	1.27	1.03	—
OL-2	141	0.514	9.75	73.3	1.12	1.25	—

表 4 2 种欧李材料枝叶中氨基酸含量比较

**Table 4 Comparison of amino acid contents in branches and leaves of two *C. humilis* materials** %

序号 Code	氨基酸名称 Name of amino acid	OL-1	OL-2	序号 Code	氨基酸名称 Name of amino acid	OL-1	OL-2
1	天门冬氨酸	1.05	0.89	10	* 异亮氨酸	0.49	0.37
2	* 苏氨酸	0.48	0.37	11	* 亮氨酸	0.99	0.74
3	丝氨酸	0.48	0.38	12	酪氨酸	0.36	0.26
4	谷氨酸	1.31	1.04	13	* 苯丙氨酸	0.67	0.5
5	甘氨酸	0.61	0.48	14	组氨酸	0.23	0.19
6	丙氨酸	0.67	0.53	15	* 赖氨酸	0.72	0.54
7	* 缬氨酸	0.63	0.49	16	精氨酸	0.56	0.44
8	蛋氨酸	0.15	0.10	17	脯氨酸	0.57	0.92
9	氨基酸总量	9.95	8.23	18	必需氨基酸	3.98	3.01

注: \* 为必需氨基酸

Note: \* indicated essential amino acid

**2.5 2 种欧李材料枝叶中营养成分含量比较** 由表 5 可知, OL-1 和 OL-2 枝叶中的粗蛋白质含量分别为 11.6%、10.8%, 且前者比后者高 0.8%; 粗灰分含量分别为 8.0%、9.9%, 且后者比前者高 1.9%; 钙含量分别为 24 900、12 100 mg/kg, 且前者比后者高 12 800 mg/kg; 中性洗涤纤维含量分别为 27.9%、31.5%, 且后者比前者高 3.6%; 酸性洗涤纤维含量分别为 15.0%、19.5%, 且后者比前者高 4.5%; 半纤

维素含量分别为 12.9%、12.0%, 且前者比后者高 0.9%。其中 OL-1 和 OL-2 枝叶中营养成分含量从高到低依次为钙含量、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、半纤维素、粗蛋白质、粗灰分。综上可知, OL-1 枝叶的粗蛋白质、钙含量、半纤维素含量均高于 OL-2, OL-2 枝叶的粗灰分、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维含量均高于 OL-1。

表 5 2 种欧李材料枝叶中营养成分含量比较

**Table 5 Comparison of nutrient contents in branches and leaves of two *C. humilis* materials**

编号 Code	粗蛋白质 Crude protein//%	粗灰分 Crude ash//%	钙 Ca mg/kg	中性洗涤纤维 Neutral detergent fiber//%	酸性洗涤纤维 Acid detergent fiber//%	半纤维素 Hemicellulose//%
OL-1	11.6	8.0	24 900	27.9	15.0	12.9
OL-2	10.8	9.9	12 100	31.5	19.5	12.0

**2.6 2 种欧李材料枝叶与果实的氨基酸成分含量比较** 由图 1 可知, 2 种欧李材料 OL-1 和 OL-2 的果实氨基酸含量均远远低于枝叶。其中 OL-1 和 OL-2 枝叶的天门冬氨酸含量分别是果实的 2.23、1.78 倍, 枝叶的苏氨酸含量分别是果实的 20.00、16.09 倍, 枝叶的丝氨酸含量分别是果实的 15.48、11.52 倍, 枝叶的谷氨酸含量分别是果实的 13.23、11.56 倍, 枝叶的甘氨酸含量分别是果实的 20.33、17.78 倍, 枝叶的丙氨酸含量分别是果实的 18.61、16.56 倍, 枝叶的缬氨酸含量分别是果实的 21.00、18.85 倍, 枝叶的蛋氨酸含量分别是果

实的 45.45、24.39 倍, 枝叶的异亮氨酸含量分别是果实的 20.42、17.62 倍, 枝叶的亮氨酸含量分别是果实的 23.57、21.14 倍, 枝叶的酪氨酸含量分别是果实的 24.00、18.57 倍, 枝叶的苯丙氨酸含量分别是果实的 20.30、17.24 倍, 枝叶的组氨酸含量分别是果实的 9.58、7.04 倍, 枝叶的赖氨酸含量分别是果实的 15.65、13.85 倍, 枝叶的精氨酸含量分别是果实的 31.11、33.85 倍, 枝叶的脯氨酸含量分别是果实的 1.90、2.42 倍。

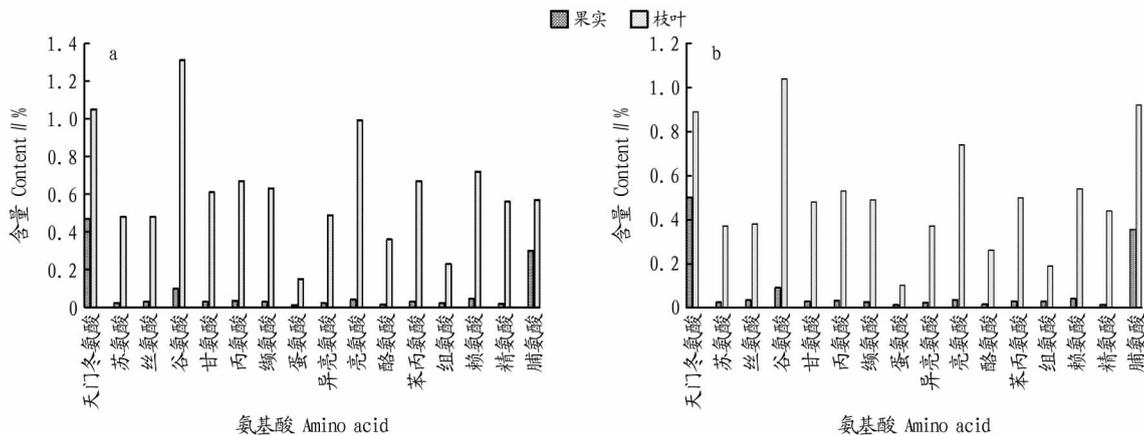


图1 2种欧李材料果实与枝叶氨基酸含量比较

Fig.1 Comparison of the amino acid contents in fruits,branches and leaves of two *C. humilis* materials

3 讨论

2018年引进到拉萨的2种欧李材料科尔沁欧李和洛南欧李的果实和枝叶均含有16种氨基酸,其中有6种必需氨基酸,研究结果与李晓亮<sup>[14]</sup>的稍有不同,即引进的2种欧李果实检测出的氨基酸中没有半胱氨酸,因此后期还需再次检测确认。2种材料果实中的天门冬氨酸含量均达到最高,脯氨酸次之,蛋氨酸最低,这与李晓亮<sup>[14]</sup>的研究结果一致;2种材料枝叶中的谷氨酸含量均达到最高,天门冬氨酸次之,蛋氨酸最低。欧李中的钙含量丰富,又名“钙果”,马建军等<sup>[15]</sup>、张雨晴等<sup>[4]</sup>和马庆华等<sup>[16]</sup>的研究证实了钙在欧李中的含量确实高于其他矿质元素。该试验中科尔沁野生欧李和洛南野生欧李的钙含量也远高于其他矿质元素,且枝叶中所含钙含量、氨基酸含量均高于果实,这可能与西藏拉萨特殊的气候、地理位置等有关,其中具体原因有待进一步分析,这更加证明了欧李枝叶是一种非常优质的饲料,对西藏畜牧业的发展将会起到重要的作用。

4 结论

综合以上分析可以看出,野生欧李含有丰富的营养物质,尤其是钙和天门冬氨酸等矿质元素和氨基酸含量丰富。其茎叶柔软细嫩且富含钙质,是牛羊的饲料佳品。而野生欧李还具有抗风沙、耐贫瘠等抗逆性,是防风固沙、绿化荒山的优良树种。因此,合理开发和利用野生欧李资源将大大提升其经济价值和社会价值。

参考文献

[1] 唐绪宸. 天然的补钙水果——钙果[J]. 中国果菜, 2003(1): 31.

[2] 李霞. 钙果的实用价值与栽培技术[J]. 山西水土保持科技, 2012(2): 47-48.

[3] 张玉斌, 李娅楠, 崔国忠. 钙果(欧李)在酒泉市的栽培适应性研究[J]. 林业科技通讯, 2019(10): 64-67.

[4] 张雨晴, 斯琴格日勒, 翟蓉, 等. 野生欧李和栽培欧李果实营养成分的比较分析[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(8): 104-108.

[5] 刘淑琴, 常虹, 周家华, 等. 我国欧李的开发应用研究现状[J]. 食品研究与开发, 2009, 30(12): 167-170.

[6] SONG X S, SHANG Z W, YIN Z P, et al. Mechanism of xanthophyll-cycle-mediated photoprotection in *Cerasus humilis* seedlings under water stress and subsequent recovery[J]. Photosynthetica, 2011, 49(4): 523-530.

[7] MO C, LI W D, HE Y X, et al. Variability in the sugar and organic acid composition of the fruit of 57 genotypes of Chinese dwarf cherry [*Cerasus humilis* (Bge.) Sok][J]. Journal of horticultural science & biotechnology, 2015, 90(4): 419-426.

[8] YE L Q, YANG C X, LI W D, et al. Evaluation of volatile compounds from Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) germplasm by head-space solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry[J]. Food chemistry, 2017, 217: 389-397.

[9] 李欧, 李卫东, 胡璇, 等. 欧李果实多酚含量的差异比较[J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(22): 53-56.

[10] LI W D, LI O, ZHANG A R, et al. Genotypic diversity of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese dwarf cherry (*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.) in China[J]. Scientia horticulturae, 2014, 175(1): 208-213.

[11] 耿涌杭, 许可, 苏上, 等. 欧李发酵饲料的评价及其对羊奶品质的影响[J]. 饲料研究, 2017(15): 31-36.

[12] 薛晓芳, 杜俊杰. 浅谈欧李的开发利用价值[J]. 落叶果树, 2012, 44(3): 23-26.

[13] 李华, 孔新刚, 王俊. 秸秆饲料中纤维素、半纤维素和木质素的定量分析研究[J]. 新疆农业大学学报, 2007, 30(3): 65-68.

[14] 李晓亮. 欧李的营养成分测定与分析[J]. 农学学报, 2015, 5(8): 97-100.

[15] 马建军, 任艳军, 张立彬. 燕山地区野生欧李矿质营养研究进展[J]. 河北科技师范学院学报, 2018, 32(4): 1-6.

[16] 马庆华, 余海, 李恩杰, 等. 九龙山野生欧李不同器官营养成分分析[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(23): 179-184.

(上接第42页)

[16] 董燕婧, 李博, 程波翔, 等. 不同添加物对铁皮石斛组培幼苗生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2017, 45(6): 135-137.

[17] 徐德林, 储士润, 李树刚, 等. 四种天然添加物对白及组培苗诱导的影响[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(10): 181-186.

[18] 何松林, 孔德政, 杨秋生, 等. 碳源和有机添加物对文心兰原球茎增殖的影响[J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(2): 154-157.

[19] 陈宝玲, 陈尔, 杨舒婷, 等. 不同培养基组分对带叶兜兰离体培养效果的影响[J]. 南方农业学报, 2016, 47(10): 1730-1736.

[20] 王芳, 黄坚, 严成其, 等. 花旗马铃薯品种茎尖脱毒与快繁技术[J]. 浙江农业科学, 2017, 58(9): 1577-1578, 1583.

[21] 王艳平, 吴娥娇, 林紫薇, 等. 不同激素及添加物对马铃薯组培苗生长

的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(11): 124-127.

[22] 赵海红, 贝丽霞, 陈祥梅. 不同附加物对马铃薯脱毒试管苗快繁的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(2): 17-20.

[23] 姜英德, 田应金. 马铃薯脱毒试管苗壮苗培育初探[C]//朱德蔚. 植物组织培养与脱毒快繁技术. 北京: 中国科学技术出版社, 2001: 270-272.

[24] 刘俊秀. 马铃薯组织培养及试管苗保存的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2015.

[25] 吴晓玲, 姚新灵, 柳金凤. 不同激素对马铃薯组培苗生长特性及酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2007, 35(1): 85-87.

[26] 韦莹. 马铃薯组织培养及试管薯形成的研究[D]. 南宁: 广西大学, 2007.