

·经济动植物·

DOI:10.16605/j.cnki.1007-7847.2020.04.0159

野地瓜立体栽培方式对叶片生理生化的影响研究

杨亚平^{1,2}, 李佳豪¹, 陈郑伟¹, 黄萍¹, 廖敏¹, 廖金花^{1,2*}

(1. 乐山师范学院生命科学学院, 中国四川 乐山 614000; 2. 峨眉山生物多样性保护与利用研究所, 中国四川 乐山 614000)

摘要: 野地瓜果实可食, 其老叶含丰富的黄酮化合物, 有食用和药用价值。不同栽培方式影响野地瓜产量和品质, 但其生理机制尚不清楚。本文比较了立体栽培和匍匐栽培的野地瓜在叶绿素、黄酮等6个方面的含量差异。结果表明, 相较于匍匐栽培方式, 立体栽培野地瓜叶绿素、黄酮、蛋白质、淀粉、可溶性糖和还原糖的含量分别为1.812 1 mg/g、186.166 7 mg/g、701.666 7 mg/g、0.455 0 mg/g、2.353 7 mg/g、0.672 5 mg/g, 较对照分别提高了0.69%、31.19%、0.33%、4.50%、-3.41%、-35.56%。研究结果提示, 立体栽培可有效降低野地瓜叶片间的遮阴率, 利于光合作用, 从而促进叶片中黄酮等有机物的合成和积累, 这也可能使野地瓜具有更高的药用价值和结果产量。

关键词: 立体栽培; 野地瓜; 黄酮; 生理生化

中图分类号: Q949.9, S567.19

文献标识码: A

文章编号: 1007-7847(2021)06-0488-05

The Effects of Stereo-cultivation Method on Leaf Physiology and Biochemistry of *Ficus tikoua* Bur.

YANG Ya-ping^{1,2}, LI Jia-hao¹, CHEN Zheng-wei¹, HUANG Ping¹, LIAO Min¹, LIAO Jin-hua^{1,2*}

(1. College of Life Science, Leshan Normal University, Leshan 614000, Sichuan, China; 2. Institute of Biodiversity Conservation and Utilization in Mount Emei, Leshan 614000, Sichuan, China)

Abstract: The fruits of *Ficus tikoua* are edible, and its old leaves are rich in flavonoid compounds and have edible and medicinal uses. Different cultivation methods affect the yield and quality of *F. tikoua*, but the physiological mechanisms are not clear. Herein, the contents of some organic materials, such as chlorophyll, flavonoid and so on, were compared in leaves of *F. tikoua* between stereo-cultivation and creeping growth patterns. The results showed that, compared with creeping *F. tikoua*, the stereoscopic cultivated plants had 1.812 1 mg/g chlorophyll, 186.166 7 mg/g flavonoid, 701.666 7 mg/g protein, 0.455 0 mg/g starch, 2.353 7 mg/g soluble sugar, and 0.672 5 mg/g reducing sugar, increased by 0.69%, 31.19%, 0.33%, 4.50%, -3.41% and -35.56%, respectively. It is demonstrated that stereo cultivation could effectively reduce the shading rate between leaves of *F. tikoua*, facilitating photosynthesis and promoting the synthesis and accumulation of organic matters such as flavonoid in leaves. Therefore, stereoscopic cultivated *F. tikoua* would have a higher yield and medicinal value.

Key words: stereo cultivation; *Ficus tikoua*; flavonoid; physiology and chemistry

(*Life Science Research*, 2021, 25(6): 488~492)

野地瓜(*Ficus tikoua*), 别名地板藤、霜坡虎等^[1], 隶属桑科(Moraceae)榕属(*Ficus*), 是多年生的匍匐木质藤本^[2]。野地瓜茎叶都含有丰富的乳汁, 长度可达10余米, 匍地而生, 攀附力极强, 对防沙固

土有重要作用; 其叶片翠绿茂密, 长年保持绿色, 酷似一条绿色的生态地毯; 其幼果碧绿色, 成熟果实呈血红色, 直径1.5~2.5 cm^[3], 闻起来芳香四溢, 尝起来甜香如蜜, 颇具特色, 深受人们喜爱; 全植

收稿日期: 2020-04-16; 修回日期: 2020-06-19

基金项目: 省级大学生创新训练项目(S201910649136); 四川省教育厅成果培育项目(16CZ0030); 乐山师范学院校级(人才启动)项目(XJR17006); 乐山师范学院创新训练项目(2019XJ174)

作者简介: 杨亚平(1996—), 女, 四川巴中人, 学生; *通信作者: 廖金花(1975—), 女, 四川眉山人, 博士, 副教授, 主要从事植物生理研究, E-mail: 976667894@qq.com。

株药用功能较多,可通经络、祛风湿、止白带^[4]等。由此可见,野地瓜具有绿化、药用、食用以及鉴赏等多种用途^[5]。目前,野地瓜的人工种植以匍匐种植为主,此类植株的果实结在地上容易受潮腐烂,影响销售和食用安全,且存在产量低、不易采摘、推广难度大等问题,导致综合种植效益较低。虽然相关研究对野地瓜的驯化栽培进行了探讨^[1,6]。但是,李洁玉等^[9]未尝试采用立体栽培技术对野地瓜进行驯化栽培;唐伟等^[1]仅从生产成本、结果产量、采摘难易程度等宏观角度对野地瓜的立体栽培进行了初探,未准确测量和比较立体栽培野地瓜与匍匐生长野地瓜体内有机物的含量和差异。

在立体栽培和匍匐栽培的预实验中,立体栽培的野地瓜不仅叶片体积大于匍匐栽培野地瓜叶片体积,而且植株长度也比匍匐栽培野地瓜的长度长。由此推测,立体栽培野地瓜单位时间和面积内积累的有机物含量可能更多。叶绿素含量可直接影响野地瓜植株的光合作用强度;研究报道,野地瓜老叶中含有丰富的黄酮化合物,而黄酮化合物是药用植物中的重要活性物质^[7];蛋白质、淀粉、碳水化合物等物质对植株成花物质的合成具有至关重要的作用^[8]。因此,对比立体栽培和匍匐栽培的野地瓜在叶绿素、黄酮、蛋白质等方面的含量差异,可推测出提高野地瓜药用价值和结果产量的种植方式。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 种植

在阳光充足、不受任何遮挡的田间,以同一母本的地瓜藤作为原材料,参考文献[1]中的立体栽培模式一,采用扦插方式进行繁殖、土培方式进行栽种,共设置25个立体栽种组、25个匍匐栽种组。选取状态一致的立体栽种组与匍匐栽种组每隔1 m交叉种植,以保证匍匐栽种的野地瓜和立体栽种的野地瓜每株所接受到的光照强度和光照时间基本相同。在野地瓜刚栽种的前两周需要每天早晚两次定时浇水(若当天下雨则可不浇),待生长稳定后可每隔2~3 d浇1次水。

1.1.2 采集

栽种5个月后,随机采集无黑斑、无病变、无腐烂、颜色均匀一致的野地瓜叶片(老叶和成熟叶片)若干,先用自来水轻轻冲洗黏附在野地瓜叶片上的泥土和污渍,并用剪刀剪去叶柄,再用蒸馏

水清洗2~3次,晾干叶片表面水分。一部分新鲜成熟叶片用于测定叶绿素、还原糖、蛋白质、可溶性糖的含量,一部分新鲜成熟叶片及全部老叶在自然状态下阴干7 d后,粉碎过80目筛,用于测定淀粉、黄酮的含量^[8]。

1.1.3 仪器设备

本研究所用的设备主要有:UV-2800A型紫外可见分光光度计(龙尼柯上海仪器有限公司);PHS-3C PH计(上海仪电科学仪器股份有限公司);KQ3200DA型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);TD-4Z医用离心机(四川蜀科仪器有限公司);B-220型恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂);DS-1高速组织粉碎机(上海标本模型厂)。

1.1.4 试剂

本研究所用的试剂主要有芦丁标准品(纯度>98%,江西佰草园生物科技有限公司产)、考马斯亮蓝G-250(安徽酷尔生物工程有限公司)、牛血清白蛋白(安徽酷尔生物工程有限公司)、3,5-二硝基水杨酸(上海国药集团化学试剂有限公司)、蒽酮(上海国药集团化学试剂有限公司)、高氯酸(浓度=52%,深圳市安泽科技有限公司产)等,其他试剂均为分析纯,水为蒸馏水。

1.2 分析方法

1.2.1 叶绿素的提取和测定

采用95%乙醇沸水浴法^[9]提取叶绿素,在665 nm、649 nm处测定提取液的吸光度(A)^[10],并按如下公式计算叶绿素a(C_a)、叶绿素b(C_b)的浓度: $C_a=13.95A_{665\text{ nm}}-6.88A_{649\text{ nm}}$; $C_b=24.96A_{649\text{ nm}}-7.32A_{665\text{ nm}}$ 。叶绿素的含量(mg/g)=[(C_a+C_b)×提取液体积×稀释倍数]/样品鲜重。

1.2.2 总黄酮的提取和测定

叶片中总黄酮的提取采用超声波辅助法^[11],提取时间为15 min,功率为128 w。采用亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[12-14]测定其含量。

1.2.3 蛋白质的提取和测定

具体步骤参考文献[15]。

1.2.4 淀粉的提取和测定

具体步骤参考文献[16-17]。

1.2.5 还原糖、可溶性糖的提取和测定

具体步骤参考文献[18-19]。

1.2.6 数据统计与分析

所有物质的含量重复测定3次,取平均值进行计算。实验数据采用Microsoft Excel 2010进行整理,采用SPSS 26.0进行多重分析。

2 结果与分析

2.1 叶绿素含量的测定结果

根据叶绿素的计算公式及样品提取液在不同波长下的吸光度值可得, 立体栽培组野地瓜中叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素的含量分别为 1.338 3 mg/g、0.473 8 mg/g 和 1.812 1 mg/g, 匍匐生长组野地瓜中叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素的含量分别为 1.209 4 mg/g、0.590 3 mg/g 和 1.799 7 mg/g (表 1)。统计分析结果显示, 虽然匍匐栽培组野地瓜的叶绿素 b 含量比立体栽培组野地瓜的叶绿素 b 含量高 24.59%; 立体栽培组野地瓜的叶绿素含量比匍匐生长组野地瓜的叶绿素含量略高 0.69%, 但是两组之间均无显著性差异, 提示立体栽培对野地瓜的叶绿素 b 和叶绿素含量无明显影响。需要指出的是, 立体栽培对野地瓜叶绿素 a 含量的影响显著, 相对于匍匐栽培组, 立体栽培组野地瓜中叶绿素 a 含量增加 10.66%。

2.2 黄酮含量的测定结果

根据测得的数据绘制芦丁标准曲线, 获得芦丁标准曲线的回归方程: $y=12.185x-0.023$, $R^2=0.9969$ (图 1)。根据野地瓜老叶片的吸光度值和芦丁标准曲线的回归方程可得, 立体栽培组野地瓜的黄酮含量为 186.166 7 mg/g, 匍匐生长组野地瓜的黄酮含量为 141.908 3 mg/g (表 1)。统计分析结果显示, 立体栽培对野地瓜黄酮含量的影响显著, 相对于匍匐栽培组, 立体栽培组野地瓜的黄酮含量增加了 31.19%。

2.3 蛋白质含量的测定结果

根据测得的数据绘制标准曲线, 获得考马斯亮蓝标准曲线的回归方程: $y=0.0002x-0.0043$, $R^2=0.9974$ (图 2)。根据野地瓜叶片的吸光度值和考马斯亮蓝标准曲线的回归方程可得, 立体栽培野地瓜的蛋白质含量为 701.666 7 mg/g, 匍匐栽培野地瓜的蛋白质含量为 699.333 3 mg/g (表 1)。统计分析结果显示, 立体栽培对野地瓜的蛋白质含量影响显著, 相对于匍匐栽培组, 立体栽培组野地瓜的蛋白质含量增加了 0.33%。

2.4 淀粉含量的测定结果

根据测得的数据绘制标准曲线, 获得淀粉标准曲线的回归方程: $y=0.004x-0.0147$, $R^2=0.9997$ (图 3)。根据野地瓜叶片的吸光度值和淀粉标准曲线的回归方程可得, 立体栽培野地瓜的淀粉含量为 0.455 0 mg/g, 匍匐栽培野地瓜的淀粉含量为 0.435 4 mg/g (表 1)。统计分析结果显示, 立体栽培

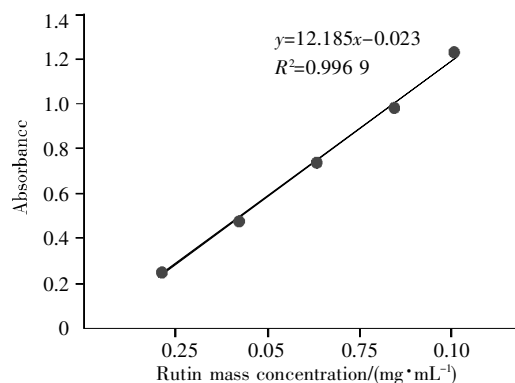


图 1 芦丁标准曲线

Fig.1 The Rutin standard curve

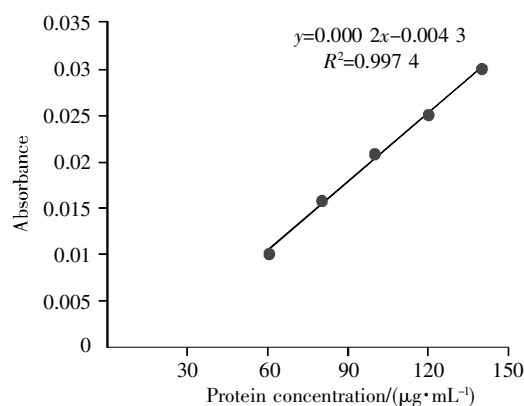


图 2 考马斯亮蓝标准曲线

Fig.2 The Coomassie brilliant blue standard curve

对野地瓜的淀粉含量影响显著, 立体栽培野地瓜的淀粉含量比匍匐栽培野地瓜的淀粉含量增加了 4.50%。

2.5 还原糖、可溶性糖含量的测定结果

根据测得的数据绘制标准曲线, 获得葡萄糖标准曲线的回归方程: $y=0.6038x+0.0224$, $R^2=0.9943$ (图 4)。根据野地瓜叶片的吸光度值和葡萄糖标准曲线的回归方程可得, 立体栽培野地瓜中还原糖和可溶性糖的含量分别为 0.672 5 mg/g、2.353 7 mg/g, 而匍匐栽培野地瓜中还原糖和可溶性糖的含量分别为 0.695 4 mg/g、3.190 7 mg/g (表 1)。统计分析结果显示, 立体栽培对野地瓜还原糖含量的影响不明显, 但对可溶性糖含量的影响显著, 匍匐栽培组野地瓜的可溶性糖含量比立体栽培组野地瓜的可溶性糖含量高 35.56%。

3 结论与讨论

3.1 立体栽培对野地瓜叶片生理生化的影响及其原因

3.1.1 叶绿素含量方面

不同栽培方式对野地瓜叶片中叶绿素含量的

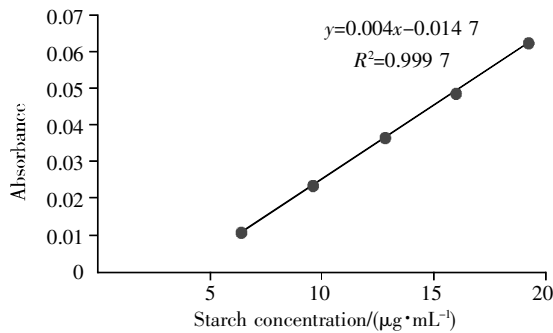


图3 淀粉标准曲线

Fig.3 The starch standard curve

影响显著,立体栽培组的叶绿素含量高于匍匐栽培组。由于野地瓜属于阳生植物,而立体栽培的方法可有效减少植株叶片的遮挡,从而增加植株叶片单位面积的光照总量,增加植株对光能的吸收和利用需求,所以相对匍匐生长的野地瓜植株,立体栽培的野地瓜植株中叶绿素含量较高。

3.1.2 黄酮含量方面

不同栽培方式对野地瓜叶片中黄酮含量的影响显著,立体栽培组的黄酮含量高于匍匐栽培组。黄酮类化合物是植物中普遍存在的代谢产物,对植物自身的生长发育至关重要,光保护和

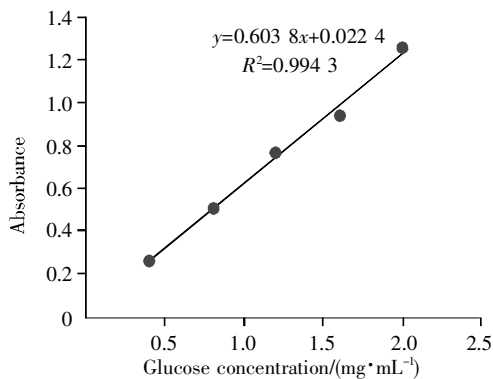


图4 葡萄糖标准曲线

Fig.4 The glucose standard curve

抗氧化是其主要的作用。光照(主要是紫外光和蓝光)对黄酮类化合物的合成具有十分显著的影响,其可调控黄酮合成酶基因的表达,从而间接影响黄酮类化合物的含量^[20-21]。有研究表明,重度遮荫不利于植株叶片中总黄酮的积累,并且在光照强度相同时,植株生长后期的黄酮总含量远大于生长前期^[22]。相对于匍匐生长,立体栽培条件下野地瓜叶片的遮荫率更低,因此立体栽培可能更有利于黄酮的积累;同时,在野地瓜生长后期,也就是黄酮积累的高峰期,极低的遮荫率可能更有利。

3.1.3 蛋白质含量方面

不同栽培方式对野地瓜叶片中蛋白质含量的影响显著,立体栽培组野地瓜的蛋白质含量高于匍匐栽培组野地瓜的蛋白质含量。蛋白质是生命的物质承担者。一方面,立体栽培的野地瓜具有更强的攀升能力、光合作用能力,甚至可能有更强的繁殖能力,这就需要野地瓜具有较多的高活性蛋白质,以维持正常的生命活动;另一方面,立体栽培野地瓜体内的生物反应速率和强度也可能高于匍匐生长的野地瓜,这就需要其具有较多的氧化还原酶、水解酶等生物酶,以满足体内的反应需求。

3.1.4 淀粉含量方面

不同栽培方式对野地瓜叶片中淀粉含量的影响显著,立体栽培组野地瓜的淀粉含量高于匍匐栽培组野地瓜的淀粉含量。有研究表明,20%~80%的遮荫处理均会降低水稻的淀粉含量,且降低的幅度随遮荫程度的增加而增加^[23]。本文结果显示,立体栽培野地瓜的淀粉含量增加,这可能是因为光是野地瓜进行光合作用的主要动力,而立体栽培使野地瓜更容易获得光照,只有在光照较强的条件下,野地瓜细胞才能产生叶绿素进行光合作用,进而制造淀粉等有机物质供野地瓜生长,最

表1 不同栽培方式对野地瓜叶片生理生化的影响

Table 1 The effects of different cultivation methods on leaf physiology and biochemistry of *F. tikoua*

Index	Stereo cultivation	Creeping growth
Chlorophyll a/(mg·g ⁻¹)	1.338 3±0.000 7 a	1.209 4±0.004 1 b
Chlorophyll b/(mg·g ⁻¹)	0.473 8±0.002 0 a	0.590 3±0.008 3 a
Chlorophyll/(mg·g ⁻¹)	1.812 1±0.002 5 a	1.799 7±0.011 9 a
Flavonoid/(mg·g ⁻¹)	186.166 7±0.671 0 a	141.908 3±0.871 2 b
Protein/(mg·g ⁻¹)	701.666 7±0.144 3 a	699.333 3±0.144 3 b
Starch/(mg·g ⁻¹)	0.455 0±0.001 2 a	0.435 4±0.003 2 b
Reduction sugar/(mg·g ⁻¹)	0.672 5±0.000 1 a	0.695 4±0.000 2 a
Soluble sugar/(mg·g ⁻¹)	2.353 7±0.000 9 b	3.190 7±0.000 3 a

注:不同小写字母(a/b)表示在0.05水平上不同栽培方式对同种物质的含量影响显著。

Note: Different lowercase letters (a/b) indicate the significant difference of different cultivation methods to the content of the same material in *F. tikoua* at 0.05 level.

终提高野地瓜的产量和品质。

3.1.5 还原糖和可溶性糖含量方面

立体栽培方式对野地瓜叶片的可溶性糖含量影响显著,而对野地瓜叶片的还原糖含量影响不显著。立体栽培组野地瓜的还原糖含量和可溶性糖含量均低于匍匐栽培组野地瓜。有研究表明,适度遮阴可使半夏还原糖和可溶性糖的含量有所增加^[24]。因此,文中立体栽培组还原糖和可溶性糖含量偏低的原因可能有两点:一是立体栽培野地瓜大面积曝晒在阳光下,而匍匐栽培野地瓜由于立体栽培野地瓜的遮挡或者自身叶片重叠只有很少一部分叶片在阳光下曝晒,这样适度的遮阴使匍匐栽培野地瓜还原糖和可溶性糖的含量都高于立体栽培组;二是立体栽培组野地瓜的茎叶较为粗壮,其消耗的有机物也就较多,从而使得还原糖和可溶性糖含量较少。

综上可知,立体栽培组野地瓜的叶绿素、黄酮、蛋白质、淀粉含量都高于匍匐栽培组,这使得立体栽培野地瓜的药用价值和结果产量较匍匐生长野地瓜都可能处于更高水平。立体栽培野地瓜茎叶较粗,叶片较宽,叶片之间的相互遮挡较少,直接影响叶片之间的遮阴率。较低的遮阴率使得叶绿素含量处于较高水平,野地瓜经光照和叶绿素进行同化作用而产生的黄酮、蛋白质、淀粉等物质的含量也相应增加;而由于立体生长的野地瓜茎粗叶宽,所以可溶性糖含量较难达到匍匐生长野地瓜的相应水平。总的来讲,立体栽培是可以提高野地瓜药用价值和结果产量的优质栽培方式。

3.2 立体栽培技术在野地瓜种植中的启发

一方面,通过本实验可知,立体栽培大大降低了叶片之间的遮阴率,这有助于增强光合强度,促进有机化合物的形成,从而使野地瓜的叶绿素、黄酮、蛋白质、淀粉等化合物的含量得到显著提升,这与水稻^[23]、苦荞^[25]、玉米^[26]等其他经济作物中的研究结果相似。因此,鼓励野地瓜种植户采用立体栽培技术,有望提高野地瓜的结果产量和黄酮类化合物的含量,相应地,可在社会范围内收到较高的经济价值和药用价值。

另一方面,合理密植立体栽培能最大限度地提高野地瓜植株对空间的利用率,增加单位面积内的野地瓜植株种植数,从而提高产量;同时还可避免野地瓜叶片因雨水过多或所处环境过于潮湿等而腐烂,从而减少野地瓜的植株损耗。这不仅可在一定程度上解决当前土地资源紧缺的问

题,而且为野地瓜高差优质栽培奠定了理论和实践基础。因此,可鼓励野地瓜种植户在实际种植过程中采用立体栽培技术,并合理密植,以充分利用阳光和土地,开辟野地瓜种植新模式。

3.3 展望

唐伟等^[1]的研究证实,立体栽培的野地瓜具有更高的结果产量,本研究认为这可能与立体栽培野地瓜体内叶绿素、黄酮、蛋白质、淀粉等重要化合物的含量提高有关。在今后的研究中,建议对比相同情况下立体生长野地瓜和匍匐生长野地瓜的果实在蛋白质、淀粉、可溶性糖和还原糖等物质含量上的差异,分析不同栽培方式对果实中相关物质含量的影响及可能的原因。

野地瓜果实具有较高的安全性和营养价值,其维生素、氨基酸等有机物以及矿物质的种类和数量在常见的新鲜水果中处于较高水平^[9]。在今后的研究中,建议对比相同情况下立体生长野地瓜和匍匐生长野地瓜的果实在维生素、氨基酸等有机物以及矿物质的种类和含量方面的差异,分析不同栽培方式对果实营养成分的影响及可能的原因。若立体栽培野地瓜果实的营养成分同比高于匍匐生长,则立体栽培可提高野地瓜的药用价值、经济价值、营养价值,值得大面积推广;若不然,则应在药用价值、经济价值与营养价值中选择平衡点,探讨野地瓜在不同需求领域的最优化种植方式。

参考文献(References):

- [1] 唐伟,李佩洪,陈政,等.野地瓜立体栽培模式探讨研究[J].中国农业信息(TANG Wei, Li Pei-hong, CHEN Zheng, et al. Study on stereo cultivation mode of *Ficus tikoua* Bur.[J]. China Agricultural Informatics), 2014(17): 40.
- [2] 杨秀群,石登红,蒋华梅,等.野生植物野地瓜和插秧泡果实的营养成分及利用价值[J].贵州农业科学(YANG Xiu-qun, SHI Deng-hong, JIANG Hua-mei, et al. Nutritional components and utilization values of *Ficus tikoua* and *Rubus coreanus* fruits[J]. Guizhou Agricultural Sciences), 2012, 40(4): 35-37.
- [3] 杨佳.野地瓜的开发利用[J].农村新技术(YANG Jia. Development and utilization of *Ficus tikoua* Bur.[J]. New Rural Technology), 2017(7): 47-48.
- [4] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志[M].北京:科学出版社(Editorial Committee of Flora of China, Chinese Academy of Sciences. Flora of China[M]. Beijing: Science Press), 1989: 156.
- [5] 石登红,杨秀群,蒋华梅,等.野地瓜主要营养成分分析及安全性评价[J].西南农业学报(SHI Deng-hong, YANG Xiu-qun, JIANG Hua-mei, et al. Assessment of nutrients contents and security of *Ficus tikoua*[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences), 2012, 25(4): 1398-1401.
- [6] 李洁玉,谭小蓉,张力强.野地瓜的驯化栽培与开发利用研究[J].亚太传统医药(LI Jie-yu, TAN Xiao-rong, ZHANG Li-qiang. A study on the domestication, cultivation, development and utilization of *Ficus tikoua* Bureau[J]. Asia-Pacific Traditional Medicine), 2017, 13(5): 39-40.
- [7] 陈业高.植物化学成分[M].北京:化学工业出版社(CHEN Ye-gao. Phytochemical[M]. Beijing: Chemical Industry Press), 2004: 229.

(下转第 503 页)

- [67] 潘庭双, 江河, 胡玉婷, 等. 5种药物对黄鳝体内隐藏新棘虫的驱虫效果研究[J]. 水产科学(PAN Ting-shuang, JIANG He, HU Yu-ting, et al. Expelling parasite *Pallisentis celatus* in ricefield eel (*Monopterus albus*) by five drugs[J]. Fisheries Science, 2016, 35(4): 436-439.
- [68] Centers for Disease Control. Intestinal perforation caused by larval *Eustrongylides*-Maryland[J]. Morbidity and Mortality Weekly Report, 1982, 31(28): 383-384, 389.
- [69] 陈丽, 夏宁波, 格桑西若, 等. 3种药物对黄鳝源胃瘤线虫幼虫的体外杀灭效果[J]. 水产养殖(CHEN Li, XIA Ning-bo, GESANG Xi-ruo, et al. Efficacy of three drugs on *Eustrongylides* larvae from eel *in vitro*[J]. Journal of Aquaculture, 2014, 35(7): 8-11.
- [70] 华建权, 潘雪央, 沈爱苗. 四种常用渔药对胃瘤线虫幼虫的杀灭试验[J]. 淡水渔业(HUA Jian-quan, PAN Xue-yang, SHEN Ai-miao. Efficacy of four normal aquaculture drugs on *Eustrongylides* larvae[J]. Freshwater Fisheries, 2004, 34(4): 36-37.
- [71] 吴宗文, 汪开毓, 余容, 等. 南方鲇锥体虫病的诊断和治疗[J]. 水产科技情报(WU Zong-wen, WANG Kai-yu, SHE Rong, et al. The diagnosis and treatment of *Trypanosoma* infection of *Silurus meridionalis*[J]. Fisheries Science & Technology Informa-
- tion, 2014, 41(2): 73-75.
- [72] 鱼艳荣, 贾卓, 齐永芬. 食品中食源性寄生虫的流行及检测现状[J]. 中国病原生物学杂志(YU Yan-rong, JIA Zhuo, QI Yong-fen. Prevalence of food-borne parasites in foods and the state of quarantines/inspections to control those parasites[J]. Journal of Parasitic Biology, 2013, 8(11): 1042-1046.
- [73] SOLÀ E, ÁLVAREZ-PRESAS M, FRÍAS-LÓPEZ C, et al. Evolutionary analysis of mitogenomes from parasitic and free-living flatworms[J]. PLoS One, 2015, 10(3): e0120081.
- [74] 罗波, 李想, 周必英. 寄生虫 14-3-3 蛋白的研究进展[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志(LUO Bo, LI Xiang, ZHOU Bi-ying. Research development on 14-3-3 protein in parasites[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2018, 36(2): 178-183.
- [75] 秦飞宇, 宋海桐, 张昕, 等. 抑制蛋白在寄生虫感染与免疫中的研究进展[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志(QIN Fei-yu, SONG Hai-tong, ZHANG Xin, et al. Research progress in the role of profilin in parasitic infection and immunity[J]. Chinese Journal of Parasitology and Parasitic Diseases, 2019, 37(6): 709-712.

(上接第 492 页)

- [8] 宋梦璐, 蓝孝浩, 陈潇潇. 三种不同干燥方式对金银花活性成分与抗氧化性的影响[J]. 山东化工(SONG Meng-lu, LAN Xiao-hao, CHEN Xiao-xiao. Effects of three different drying methods on active constituents and antioxidant activity of *Lonicera japonica*[J]. Shandong Chemical Industry, 2017, 46(20): 89-91.
- [9] 吕淑芳, 王征宏. 叶绿体色素不同提取方法的比较研究[J]. 现代园艺(LÜ Shu-fang, WANG Zheng-hong. Comparative study on different extraction methods of chloroplast pigment[J]. Xian-dai Horticulture, 2012(5): 6-7.
- [10] 黄帆, 郭正元, 徐珍. 测定浮萍叶绿素含量的方法研究[J]. 实验技术与管理(HUANG Fan, GUO Zheng-yuan, XU Zhen. Determined methods of chlorophyll from lemma paucicostata[J]. Experimental Technology and Management, 2007, 24(5): 29-31.
- [11] 张丽霞, 魏照辉, 赵婉晴. 响应面优化超声波辅助酶法提取桑叶总黄酮的工艺[J]. 江苏农业科学(ZHANG Li-xia, WEI Zhao-hui, ZHAO Wan-qing. Optimization of ultrasonic-assisted enzymatic extraction process for total flavonoids from mulberry leaf by response surface analysis[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019, 47(13): 217-221.
- [12] 龚明贵, 张红梅, 孙军杰, 等. 杜仲花粉黄酮含量测定的研究[J]. 农产品加工(学刊)(GONG Ming-gui, ZHANG Hong-mei, SUN Jun-jie, et al. Study on content determination of flavonoids from eucommiae pollen[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2008(9): 71-72, 88.
- [13] 王瑞娟, 楚渠, 褚苏, 等. 不同桑品种的桑叶多酚和黄酮含量的测定[J]. 陕西农业科学(WANG Rui-xian, CHU Qu, ZHUO Su, et al. Determination of polyphenol and flavone in leaves of different mulberry varieties[J]. Shaanxi Journal of Agricultural Sciences, 2019, 65(1): 78-80.
- [14] 刘晓捷. 地果茎叶中总黄酮的提取工艺研究[J]. 乐山师范学院学报(LIU Xiao-jie. Study on extraction technology of total flavonoids from stems and leaves of *Ficus tikoua* Bur.[J]. Journal of Leshan Normal University, 2018, 33(12): 20-23, 129.
- [15] 蒋大程, 高珊, 高海伦, 等. 考马斯亮蓝法测定蛋白质含量中的细节问题[J]. 实验科学与技术(JIANG Da-cheng, GAO Shan, GAO Hai-lun, et al. The details of protein content determination by Coomassie brilliant blue staining[J]. Experiment Science and Technology, 2018, 16(4): 143-147.
- [16] 周俊华, 邹优敬, 宁俊平, 等. 粗饲料淀粉含量测定方法的比较研究[J]. 广西畜牧兽医(ZHOU Jun-hua, ZOU You-jing, NING Jun-ping, et al. Comparative study on content determination methods of starch from roughage[J]. Guangxi Journal of Animal Husbandry & Veterinary Medicine, 2013, 29(6): 323-325.
- [17] 郭冬生, 彭小兰. 蒽酮比色法和酶水解法两种淀粉测定方法的比较研究[J]. 湖南文理学院学报(自然科学版)(GUO Dong-sheng, PENG Xiao-lan. Comparative study on antrone chrometry and enzymatic hydrolysis for assay starch method[J]. Journal of Hunan University of Arts and Science (Science and Technology), 2007, 19(3): 34-36, 48.
- [18] 李环, 陆佳平, 王登进. DNS法测定山楂片中还原糖含量的研究[J]. 食品工业科技(LI Huan, LU Jia-ping, WANG Deng-jin. Study on determination of reducing sugar from haw flakes with DNS colorimetry method[J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(18): 75-77.
- [19] 丁雪梅, 张晓君, 赵云, 等. 蒽酮比色法测定可溶性糖含量的试验方法改进[J]. 黑龙江畜牧兽医(DING Xue-mei, ZHANG Xiao-jun, ZHAO Yun, et al. Improvement of test methods for determination of soluble sugar content by anthrone colorimetry[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2014(23): 230-233.
- [20] ZORATTI L, KARPPINEN K, ESCOBAR A L, et al. Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits[J]. Frontiers in Plant Science, 2014, 5: 534.
- [21] 潘俊倩, 佟曦然, 郭宝林. 光对植物黄酮类化合物的影响研究进展[J]. 中国中药杂志(PAN Jun-qian, TONG Xi-ran, GUO Bao-lin. Progress of effects of light on plant flavonoids[J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2016, 41(21): 3897-3903.
- [22] 谢小翌, 张喜春. 不同遮荫处理对蒲公英生长及总黄酮含量的影响[J]. 北京农学院学报(XIE Xiao-yi, ZHANG Xi-chun. Effects of shading on growth and total flavone content in taraxacum in greenhouse culture[J]. Journal of Beijing University of Agriculture, 2019, 34(2): 47-50.
- [23] 吴伟, 程旺大, 徐建良. 灌浆成熟期光照强度对早籼稻直链淀粉含量及淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 浙江农业学报(WU Wei, CHENG Wang-da, XU Jian-liang. Effects of light intensity on grain amylose content and starch RVA profile characteristics of early indica rice during grain-filling stage[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2006, 18(3): 141-145.
- [24] 孟祥海. 光照强度、6-BA、GA₃对半夏生长发育与有效成分含量的影响研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学(MENG Xiang-hai. Studies on Effects of Shading, 6-BA, GA₃ on Growth and Effective Constituents of *Pinelia ternate* (Thunb.) Breit[D]. Yangling: Northwest A & F University), 2007.
- [25] 时政, 黄凯丰. 不同光照强度对苦荞产量和品质的影响[J]. 成都大学学报(自然科学版)(SHI Zheng, HUANG Kai-feng. Effects of different light intensities on yield and quality of tartary buckwheat[J]. Journal of Chengdu University (Natural Science Edition), 2018, 37(2): 150-154.
- [26] 王洋, 齐晓宁, 邵金锋, 等. 光照强度对不同玉米品种生长发育和产量构成的影响[J]. 吉林农业大学学报(WANG Yang, QI Xiao-ning, SHAO Jin-feng, et al. Effects of light intensity at full growing stage on the growth and yield of different maize varieties[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2008, 30(6): 769-773.