

文章编号: 1001-7380(2020)04-0008-05

不同产地乌饭树叶中黄酮成分含量差异研究

黄婧¹, 赵青², 周鹏¹, 张敏^{1*}

(1.江苏省林业科学研究院,江苏 南京 211153; 2.南京林业大学,江苏 南京 210037)

摘要:对湖南白云山、安徽黄山、江西上犹、江苏溧阳、安徽宣城5个种源乌饭树叶的主要生物活性成分黄酮进行提取与分析,评价不同产地乌饭树叶综合品质,为乌饭树资源开发利用提供理论依据。采用三氯化铝显色法和高效液相色谱法测定其叶中的总黄酮含量及槲皮素、木犀草素、山柰酚和芹菜素含量。5个产区总黄酮含量为5.994—17.942 mg/g,槲皮素含量为0.776—6.490 mg/g,木犀草素为0.012—0.036 mg/g,山柰酚含量为0.006—1.350 mg/g,芹菜素含量为0.014—0.191 mg/g,不同产地叶片的各成分含量之间存在显著差异($P < 0.05$);利用模糊数学中隶属函数分析法对各产地的乌饭树叶综合品质进行了评价,认为综合品质最好的为源自江苏溧阳的乌饭树叶,较好的为江西上犹和安徽宣城生长的乌饭树叶,湖南白云山和安徽黄山的乌饭树叶综合品质较差。

关键词: 乌饭树;类黄酮;槲皮素;综合评价;产地

中图分类号: Q946.83⁺3; Q949.9; S793.9

文献标志码: A

doi: 10.3969/j.issn.1001-7380.2020.04.002

Analysis of flavonoids in the leaves of *Vaccinium bracteatum* Thunb. from different regions

Huang Jing¹, Zhao Qing², Zhou Peng¹, Zhang Min^{1*}

(1. Jiangsu Academy of Forestry, Nanjing 211153, China; 2. Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: In order to lay a theoretical foundation for selection and development of genetic resources in *Vaccinium bracteatum* Thunb., the flavonoids content was determined by the aluminium trichloride chromogenic method, and the contents of quercetin, luteolin, kaempferol and apigenin were detected by HPLC method. The results indicated that total amount of flavonoids was 5.994—17.942 mg/g, content of quercetin was 0.776—6.490 mg/g, luteolin content was 0.012—0.036 mg/g, kaempferol was 0.006—1.350 mg/g, apigenin was 0.014—0.191 mg/g, with significant differences between the leaves from different provenances ($P < 0.05$). The evaluation of comprehensive quality of *V. bracteatum* from different provenances showed that the quality of the leaves from Liyang, Jiangsu was the best, those from Shangyou, Jiangxi and Xuancheng, Anhui were better, and those from Mount Baiyun in Hunan and Mount Huang in Anhui were poor.

Key words: *Vaccinium bracteatum* Thunb.; Flavonoids; Quercetin; Comprehensive Assessment; Region

乌饭树(*Vaccinium Bracteatum* Thunb.)广泛分布于我国南方各地,是苏南丘陵山区重要的乡土树种^[1],作为传统的食药两用植物,具有极大的开发利用价值。据我国历代典籍记载与民间流传,可用乌饭树叶汁浸米制作乌饭、乌米糕等食品。长江以南地区有每年寒食节食用乌饭的习俗,人们认

为经常食用可以提高免疫力、延年益寿^[2]。乌饭树的药用历史悠久,《中国药典》中记载有“强筋身骨,益气固精驻颜”的功效^[3]。乌饭树叶片富含黄酮类化合物^[4],具有很高的营养价值和保健功能,也是当前研究开发的热点。许多研究对乌饭树叶片黄酮类化合物的组成和含量进行了定性定量的分析,

收稿日期:2020-04-02;修回日期:2020-04-23

基金项目:江苏省林业科学研究院青年基金项目“基于SNP标记技术的乌饭树群体遗传多样性研究”(2016-JFA-007);中央财政林业科技推广示范资金项目“乌饭树良种繁育及栽培技术推广”(苏[2019]TG02)

作者简介:黄婧(1987-),女,江苏镇江人,助理研究员,博士。主要从事遗传学研究。

*通信作者:张敏(1980-),女,内蒙古乌海人,研究员,博士。主要从事特色观赏林木花卉研究。

并研究了其抗氧化、治疗疾病等作用^[5-9]。

为了更好地开发利用乌饭树作为药食同源特色林木的价值,开展乌饭树叶黄酮类活性成分含量的分析与评价,对不同产地乌饭树叶黄酮成分进行评价,从中筛选出最佳产地,可以为乌饭树资源开发利用提供理论依据,也可为乌饭叶的黄酮化合物利用与产品研发提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

本研究所用试验材料为乌饭树叶片,试验材料采自湖南白云山(中亚热带北缘)、安徽黄山(中亚热带北缘)、江西上犹(亚热带南缘)、江苏溧阳(中亚热带北缘)、安徽宣城(中亚热带北缘)5个地区,于9月至次年4月每月中旬采样,每一区域标记健壮植株5株,每株采集当年生枝条萌发的成熟叶片约10g,混匀后用硅胶保存带回实验室,擦拭干净后置于烘箱,60℃烘至恒重,研磨至粉末状,过60目筛,用于后续检测。

表1 乌饭树产地经纬度

序号	产地	经度	纬度	年均温/℃	年降雨/mm
1	湖南白云山	109°18'	28°40'	10.8—14.1	1 530—1 710
2	安徽黄山	118°11'	30°10'	15—16	2 395
3	江西上犹	117°97'	28°45'	18.8	1 497
4	江苏溧阳	119°48'	31°42'	17.5	1 149.7
5	安徽宣城	118°75'	30°95'	16.0	1 429.6

1.2 试验方法

1.2.1 三氯化铝显色法测定总黄酮含量 试验方法参照王立等^[10]。

(1)制作标准曲线:精密称量槲皮素标准品10mg,以50%乙醇溶液为溶剂配置0.2mg/mL的标准液,备用。取标准液0,0.2,0.4,0.6,0.8,1.0,1.2mL置于25mL容量瓶中,加入5mL1%AlCl₃溶液和1mL10%NaAc溶液,用50%乙醇溶液定容。10min后测量390nm处吸光度,对照为空白试剂,制作标准曲线。得到槲皮素溶液的质量浓度 X (mg/mL)与吸光度 Y 的线性回归方程为 $Y=2.7193X-0.0013$, $R^2=0.9997$ 。

(2)叶片黄酮提取液:精密称取乌饭树叶干燥粉末1.000g,加入50%乙醇溶液20mL,料液比为1:20(g:mL),60℃水浴中超声60min(每10min摇动1次),趁热减压过滤,50%乙醇溶液冲洗滤渣多

次,滤液用50%乙醇溶液定容至25mL。3次平行重复,取平均值。

(3)叶片黄酮含量测定:量取0.5mL黄酮提取液,加入5mL1%AlCl₃溶液和1mL10%NaAc溶液,用50%乙醇溶液定容至25mL,10min后测量390nm处吸光度,通过标准曲线方程计算样品溶液中黄酮含量(mg/mL),换算成总黄酮质量分数(mg/g)。

1.2.2 高效液相色谱法测定类黄酮各成分的含量 试验方法参照刘知远等^[11]。

(1)色谱条件:色谱柱:Eclipse Plus C18(2.1×100mm,1.8μm);流动相:甲醇-0.2%磷酸溶液(554:45);流速:0.200mL/min;检测波长:360nm;进样量:1.0μL;进样时间:10min;柱温:30℃。

(2)标准溶液的配制:分别精密称取槲皮素12mg、木犀草素11mg、山柰酚9mg、芹菜素10mg于10mL容量瓶中,用甲醇-盐酸(体积比10:1)定容,作为储备液备用;取槲皮素储备液2.0mL、木犀草素储备液1.0mL、山柰酚储备液0.4mL、芹菜素储备液1.0mL,用甲醇-盐酸(体积比10:1)溶液定容至50mL,0.45μm滤膜过滤后得标准溶液。

(3)样品溶液的制备:精密称取乌饭树叶干燥粉末1.000g,加入甲醇-盐酸(体积比10:1)混合溶液20mL,60℃水浴中超声1h(每10min摇动1次),趁热减压过滤,滤液用甲醇-盐酸(体积比10:1)溶液定容至25mL,0.45μm滤膜过滤后上机检测。

(4)样品测定:样品的定性分析参照标准品的保留时间确定,类黄酮各成分的含量采用标准曲线法计算。

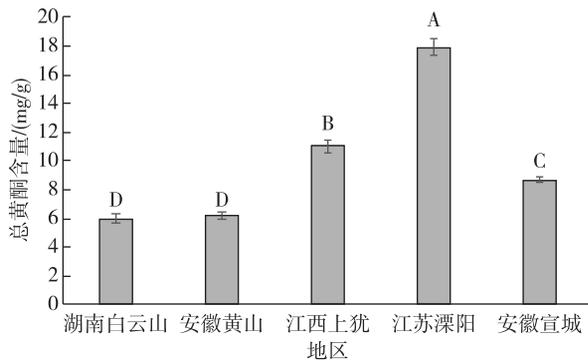
1.2.3 数据分析 采用SPSS 25进行单因素方差分析和相关性分析。以总黄酮、槲皮素、木犀草素、山柰酚和芹菜素含量为指标,采用模糊数学隶属函数法^[12]对不同产地乌饭树叶的营养品质进行综合评价,每个营养指标的隶属函数值按公式 $Z_{ij}=(X_{ij}-X_{i\min})/(X_{i\max}-X_{i\min})$ 计算,并由此得出平均隶属函数值。其中, Z_{ij} 代表 i 产地的 j 指标的隶属函数值; X_{ij} 代表 i 产地 j 指标的测定值; $X_{i\min}$ 和 $X_{i\max}$ 分别代表各产地营养物质指标值的最大值和最小值。

2 结果与分析

2.1 不同产地乌饭树叶中总黄酮含量差异

5个产地乌饭树叶中总黄酮含量的平均值为

9.964 mg/g(见图1),不同产地乌饭树叶总黄酮含量差异极显著($P<0.01$),其中江苏溧阳的乌饭树叶中总黄酮含量最高,达17.942 mg/g,其次是江西上犹和安徽宣城产的乌饭树叶,其总黄酮含量分别为11.033,8.685 mg/g。总黄酮含量最低的是湖南白云山和安徽黄山产的乌饭树叶,分别为5.994,6.166 mg/g。

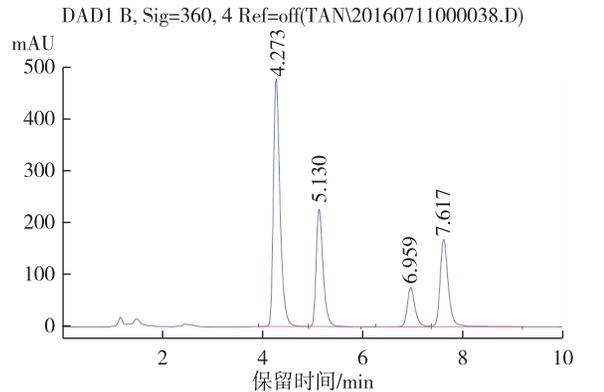


注:不同大写字母表示极显著性差异($P<0.01$)。

图1 不同产地乌饭树叶中总黄酮含量差异

2.2 不同产地乌饭树叶中4种类黄酮成分含量差异

利用高效液相色谱仪可以同时测定出乌饭树叶中的4种类黄酮成分,分别是槲皮素、木犀草素、山柰酚和芹菜素,标准品色谱图如图2所示。

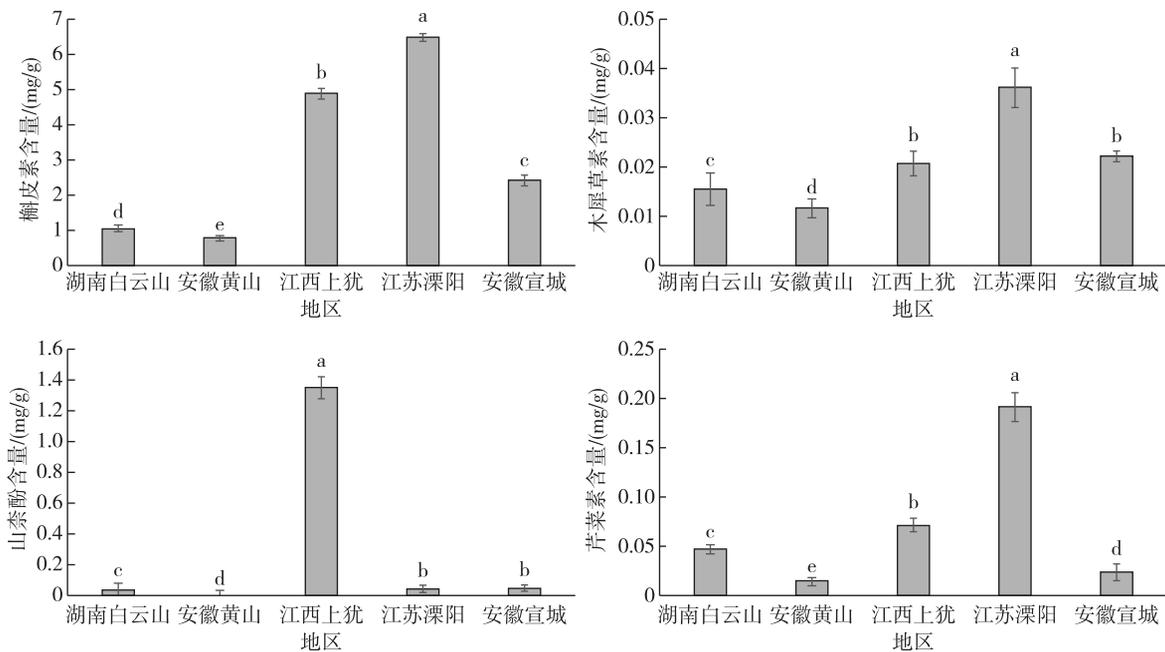


(4.273:槲皮素;5.130:木犀草素;6.959:山柰酚;7.617:芹菜素)

图2 类黄酮标准品超高效液相色谱图

5个产地乌饭树叶中类黄酮各成分含量如图3所示,5个产地乌饭树叶的槲皮素含量平均值为3.126 mg/g,木犀草素含量的平均值为0.021 mg/g,山柰酚的平均含量为0.296 mg/g,芹菜素含量的平均值为0.069 mg/g,不同产地间各成分含量差异显著($P<0.05$)。

槲皮素含量最高的乌饭树叶产自江苏溧阳,为6.490 mg/g,其次是江西上犹,其槲皮素含量为4.896 mg/g;含量最低的产地是安徽黄山,为0.776 mg/g;湖南白云山和安徽宣城产的乌饭树叶槲皮素含量也较低,分别为1.052,2.417 mg/g。



注:同图中不同小写字母表示结果存在显著性差异($P<0.05$)。

图3 不同产地乌饭树叶中槲皮素、木犀草素、山柰酚和芹菜素含量差异

木犀草素含量最高的乌饭树叶同样产自江苏溧阳,达0.036 mg/g,其次是安徽宣城和江西上犹,含量分别为0.022,0.021 mg/g;含量最低的产地是安徽黄山,为0.012 mg/g;湖南白云山产的叶片木犀草素含量也较低,其值为0.016 mg/g。

江西上犹产的乌饭树叶中山柰酚含量最高,达1.350 mg/g,其他地区乌饭树叶所含的山柰酚均显著低于江西上饶($P < 0.05$),含量最低的产地是安徽黄山,仅为0.006 mg/g。

江苏溧阳产的乌饭树叶中芹菜素含量最高,达到0.191 mg/g,其次是江西上犹和湖南白云山产的乌饭树叶,其芹菜素含量分别为0.071,0.047 mg/g;安徽宣城和安徽黄山产地的芹菜素含量较低。

2.3 4 种类黄酮成分及总黄酮含量的相关性分析

不同产地乌饭树叶槲皮素、木犀草素、山柰酚、芹菜素含量以及总黄酮含量之间的相关性分析结果如表2所示。除了山柰酚与总黄酮含量无相关性,其他3种类黄酮成分均与总黄酮呈正相关:槲皮素与总黄酮之间、芹菜素与总黄酮之间均存在着显著的正相关($P < 0.05$),相关系数分别达0.956,0.946;木犀草素与总黄酮存在极显著正相关($P < 0.01$),相关系数达0.962。此外,木犀草素与槲皮素存在显著的正相关($P < 0.05$),相关系数为0.895;木犀草素与芹菜素之间存在显著的正相关($P < 0.05$),相关系数达0.909;山柰酚与其他3种类黄酮成分均不相关。

表2 4 种类黄酮成分及总黄酮含量的相关性分析

成分	相关性	槲皮素	木犀草素	山柰酚	芹菜素	总黄酮
槲皮素	Pearson 相关性	1	0.895*	0.412	0.873	0.956*
	显著性(双侧)		0.04	0.491	0.054	0.011
木犀草素	Pearson 相关性	0.895*	1	-0.009	0.909*	0.962**
	显著性(双侧)	0.04		0.989	0.033	0.009
山柰酚	Pearson 相关性	0.412	-0.009	1	0.026	0.135
	显著性(双侧)	0.491	0.989		0.967	0.828
芹菜素	Pearson 相关性	0.873	0.909*	0.026	1	0.946*
	显著性(双侧)	0.054	0.033	0.967		0.015
总黄酮	Pearson 相关性	0.956*	0.962**	0.135	0.946*	1
	显著性(双侧)	0.011	0.009	0.828	0.015	

注:*表示在0.05水平(双侧)上显著相关,**表示在0.01水平(双侧)上显著相关。

2.4 不同产地乌饭树叶营养品质综合评价

以乌饭树叶中总黄酮、槲皮素、山柰酚、木犀草素、芹菜素含量为指标,采用模糊数学隶属函数法对不同产地间乌饭树叶的营养品质进行综合比较。平均隶属函数值越大,说明该产地乌饭树叶中的营养物质含量综合值越高,品质越好。

由表3可以看出,江苏溧阳产乌饭树叶的平均隶属函数值位列第一,其值为0.806;其次为江西上

犹和安徽宣城产乌饭树叶,平均隶属函数值分别0.568,0.202,分别位列第二和第三;排名靠后的为湖南白云山和安徽黄山产乌饭树叶,尤其是安徽黄山的乌饭树叶平均隶属函数值仅为0.003,排名最后。说明乌饭树叶中总黄酮、槲皮素、木犀草素、山柰酚、芹菜素综合品质最佳的产地为江苏溧阳,较优的有江西上犹和安徽宣城,较差的为湖南白云山和安徽黄山。

表3 不同产地乌饭树叶4 种类黄酮及总黄酮含量分析与评价

产地	总黄酮	槲皮素	木犀草素	山柰酚	芹菜素	平均隶属函数值	排名
湖南白云山	5.994	1.052	0.016	0.033	0.047	0.084	4
安徽黄山	6.166	0.776	0.012	0.006	0.014	0.003	5
江西上犹	11.033	4.896	0.021	1.350	0.071	0.568	2
江苏溧阳	17.942	6.490	0.036	0.043	0.191	0.806	1
安徽宣城	8.685	2.417	0.022	0.049	0.023	0.202	3

3 讨论

黄酮类化合物具有很高的保健和药用价值,是乌饭树叶的主要活性成分之一^[4],也是乌饭树叶片开发利用的研究重点。本研究分析了不同产地乌饭树叶中总黄酮含量、槲皮素、木犀草素、芹菜素的含量差异,以期为乌饭树高黄酮品种的产地选择提供依据。类黄酮是一种植物次生代谢产物,槲皮素、木犀草素、山柰酚以及芹菜素均为天然黄酮类化合物,普遍存在于常见的可食植物中^[13]。植物中总黄酮和类黄酮化合物含量的积累受到内、外界因素的显著影响^[14]。已有研究表明,江西省内越靠近南部产地的乌饭树叶中总黄酮含量越高^[15],湖南汨罗产的乌饭树叶黄酮含量显著高于江西南昌^[16]。不同产地间的黄芩^[17]、金银花^[18]以及紫花杜鹃^[19]的类黄酮成分含量差异较大。本研究选择湖南白云山、安徽黄山、江西上犹、江苏溧阳、安徽宣城5个具有乌饭制作和食用传统的地区作为材料源地,分析发现不同产地乌饭树叶中总黄酮、槲皮素、木犀草素、山柰酚以及芹菜素的含量差异显著($P < 0.05$),与其他植物中的研究结果类似。乌饭树叶中主要生物活性成分在各产地间存在较大程度的变异,这种变异意味着乌饭树具有丰富的遗传多样性,这可能是乌饭树自身的生理特性以及生长环境因素共同作用的结果,同时这种变异也证实了进行优良种源的筛选有着重要的意义。

环境胁迫对植物次生代谢产物的影响或许可以解释不同产地间植物类黄酮与游离氨基酸含量的差异。许多研究表明,低温、高盐、强光照、脱水等环境胁迫能够促进植物体内类黄酮含量的积累^[20-22]。因此,可以推测乌饭树叶黄酮类化合物成分在各产地间存在较大程度的变异,可能与环境因素如温度、光照、土壤性质等相关,具体原因还需要开展进一步研究。丰富的变异意味着乌饭树具有丰富的遗传多样性,这可能是乌饭树自身的生理特性以及生长环境因素共同作用的结果,同时这种变异也证实了进行优良产地的筛选有着重要的意义。

模糊数学隶属函数法常被用于蔬菜营养品质的综合评价,张传伟等^[23]采用模糊数学隶属函数法对25个品种(系)番茄中的优良品质和不良品质进行了综合评价;杨利^[24]采用隶属函数法对萱草属(*Hemerocallis*)植物中的可溶性蛋白、总糖、总游离氨基酸维生素C等多个营养指标进行了综合评价。

本研究采用模糊数学隶属函数法分别计算每个产地乌饭树叶的平均隶属函数值,从而对不同产地间乌饭树叶的营养品质进行综合比较,江苏溧阳产乌饭树叶的平均隶属函数值位列第一,其次为江西上犹和安徽宣城产乌饭树叶,湖南白云山产乌饭树叶排名第4,安徽黄山的乌饭树叶平均隶属函数值排名最后。因此乌饭树叶中总黄酮、槲皮素、木犀草素、山柰酚、芹菜素综合品质最佳的产地为江苏溧阳,较优的有江西上犹和安徽宣城,湖南白云山和安徽黄山的乌饭树叶资源品质较差。江苏溧阳可作为优良药用与食用种源进行深入开发与利用。

参考文献:

- [1] 王立,练伟佳,李言,等.乌饭树资源开发利用研究进展[J].中草药,2018,49(17):4197-4204.
- [2] 叶娇.食乌饭习俗考论[J].哈尔滨工业大学学报(社会科学版),2008,10(6):96-102.
- [3] 李增亮,张琳,田景奎,等.乌饭树叶的化学成分研究[J].中国中药杂志,2008(18):2087-2089.
- [4] 余清.乌饭树叶中黄酮等有效成分分析及抗肿瘤作用研究[D].福州:福建农林大学,2008.
- [5] 王立,姚惠源,陶冠军,等.乌饭树树叶中槲皮素的提取分离与鉴定[J].食品与生物技术学报,2005(4):89-91.
- [6] 张德谨.乌饭树叶黄酮的提取、分离及结构鉴定[D].徐州:中国矿业大学,2015.
- [7] 扬振东,蒋彦婕.乌饭树叶提取物抗氧化活性研究及组分分析[J].食品与发酵工业,2015,41(9):144-147.
- [8] 苏凯迪,姚士,李贺然,等.乌饭树叶提取物的化学成分与抗氧化活性研究[J].中国食品添加剂,2017(7):87-95.
- [9] 张德谨,陈义勇,胡雅琳,等.大孔树脂纯化乌饭树叶黄酮工艺研究[J].食品与机械,2018,34(2):166-170,194.
- [10] 王立,姚惠源.乌饭树树叶中黑色素定量检测方法的研究[J].食品工业科技,2005,26(10):177-180.
- [11] 刘知远,沈廷明,吴仲玉. RP-HPLC法同时测定福建产金线莲中槲皮素、山柰素、异鼠李素的量[J].中草药,2015,46(3):432-434.
- [12] 李继淑,杨瑞,睦晓蕾,等.不同基因型萝卜品质指标的评价分析[J].华北农学报,2008,23(增刊):77-80.
- [13] ASIF A, KHODADADI E. Medicinal uses and chemistry of flavonoid contents of some common edible tropical plants[J]. Journal of Paramedical Sciences, 2013, 4(3):119-138.
- [14] 刘洋,秦健,周明明,等.光质和基因型对青钱柳叶黄酮类化合物积累的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2018,42(3):99-104.
- [15] 林勇,朱良辉,吴永忠.比色法测定不同产地乌饭叶总黄酮含量[J].时珍国医国药,1999(2):21.
- [16] 郝娟娟,冯建元,丁雨龙,等.不同种源乌饭树叶营养成分比较[J].林业科技开发,2010,24(3):105-107.

(下转第21页)

在棉花、大豆等农作物的除草剂药害缓解实践中,用增施有机肥的方法,使其药害得到了减缓^[17],在园林绿化工程施工过程中,不提倡使用这一方案,特别是高大乔木的移植初期,施肥过多,影响到乔木对水分的吸收,进而会影响到成活率。将本试验结果应用于盐城市城南新区纳海路园林大道绿化提升工程及南环路北侧绿化提升工程2个标段上,其除草剂药害均得到了有效的缓解,因此,在园林绿化工程施工过程中,若移植高干乔木时遇氟磺胺草醚这一除草剂药害,可用本试验筛选的配比为1:1:50 000的 α -萘乙酸+硫酸亚铁水剂缓解,遇连续晴天,每隔3 d,全株喷清水1次。

α -萘乙酸与硫酸亚铁复配,表现出缓解氟磺胺草醚对部分落叶乔木药害效果的协同增效,其原因应当是试验地点盐城市苗圃土壤偏碱性^[18],硫酸亚铁为偏酸性化合物,其施用后中和了土壤的部分碱性,土壤环境向有利于落叶乔木生长的方向改变,从而减轻了除草剂的药害。

本试验仅探讨了氟磺胺草醚这一除草剂对紫薇、朴树、栎树、红枫、樱花这部分落叶乔木药害的缓解方法,其他除草剂对其他园林植物药害的缓解方法有待进一步探讨。

参考文献:

- [1] 顾双平,蔡立旺,姚立生.一例农用水源施用除草剂导致栽培茭药害纠纷的农业司法鉴定案例分析[J].江苏农业科学,2012,40(11):413-415.
- [2] 王焕民.磺酰脲类及咪唑啉酮类除草剂的特性及应用问题[J].

农药科学与管理,1995(1):18-21.

- [3] 于建奎,赵德友,刘炳海.乙草胺在大豆和土壤中的残留研究[J].农药,1998,37(1):28-30.
- [4] 韩熹莱,张文吉.农药概论[M].北京:北京农业大学出版社,2000.
- [5] 湖南人文科技学院.一种植物源除草剂安全剂及缓解水稻药害的方法:201811277826X[P].2018-10-30.
- [6] 湖南农业大学.一种缓解乙草胺对水稻伤害的方法:200510031844.3[P].2007-07-18.
- [7] 湖南农业大学.一种保护水稻免遭乙草胺毒害的方法:200510031845.8[P].2008-06-11.
- [8] 湖南农业大学.一种缓解水稻免遭异丙甲草胺毒害的方法:200510031843.9[P].2008-06-11.
- [9] 湖南农业大学.一种利用花椒提取物缓解酰胺类除草剂对水稻毒害的方法:201010509639.4[P].2013-04-24.
- [10] 王恒亮,葛玉红,苏旺苍,等.不同缓解处理对氟磺胺草醚大豆药害的缓解效果研究[J].大豆科学,2013,32(5):676-679.
- [11] 卢向阳,徐筠.氟磺胺草醚对作物的药害及解决措施[J].农药,2006,45(5):350-352.
- [12] 王文明.水稻除草剂药害的缓解方法[J].南方农业,2018,12(16):42-44.
- [13] 国家质量技术监督局.农药田间药效试验准则(一)GB/T 17980.44-2000[S].北京:中国标准出版社,2000.
- [14] 韩庆保,蔡国祥.观赏月季田块杂草的化学防除试验[J].杂草科学,2015,33(1):57-60.
- [15] 黄建中,姚东瑞.杂草学[M].北京:中国农业科技出版社,1996.
- [16] 方仲达.植病研究方法[M].北京:北京农业出版社,1979.
- [17] 刘平,袁有禄,王沛政.减少乙草胺残留对后茬棉花药害方法的研究[J].创新与实践,2019,26(2):46-48.
- [18] 蔡国祥,刘桂州,贲坤杰,等.桑黑枯型疫病综合防治技术研究[J].蚕业科学,2008,34(1):111-114.

(上接第12页)

- [17] 柴冲冲,毛民,袁金凤,等.不同方法软化切制后的黄芩饮片颜色与5种黄酮类成分含量的相关性研究[J].中国中药杂志,2019,44(20):4467-4475.
- [18] 黄显章,高丽,张丹丹,等.不同产地金银花中4种黄酮成分的含量测定[J].南阳理工学院学报,2019,11(6):98-102.
- [19] 李川晶,南敏伦,赫玉芳,等.不同产地不同采收期紫花杜鹃药材中黄酮类成分的含量测定[J].药物分析杂志,2019,39(9):1689-1693.
- [20] 李彦,周晓东,楼浙辉,等.植物次生代谢产物及影响其积累的因素研究综述[J].江西林业科技,2012(3):55-60.
- [21] ITHAL N, REDDY A R. Rice flavonoid pathway genes, *OsDfr* and

OsAns, are induced by dehydration, high salt and ABA, and contain stress responsive promoter elements that interact with the transcription activator, *OsC1-MYB* [J]. Plant Science, 2004, 166(6):1505-1513.

- [22] JAAKOLA L, MAATTA-RIIHINEN K, KAREN LAMPI S, et al. Activation of flavonoid biosynthesis by solar radiation in bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) leaves [J]. Planta, 2004, 218(5):721-728.
- [23] 张传伟,宋述尧,赵春波,等.不同品种番茄营养品质分析与评价[J].中国蔬菜,2011(18):68-73.
- [24] 杨利.萱草属植物营养成分分析及品质评价[D].长春:吉林农业大学,2014.