

张晓东,孙立亚,孟 然,等. 22 份蒲公英资源酚酸类成分提取及体外功能活性分析[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):190-196.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.034

22 份蒲公英资源酚酸类成分提取及体外功能活性分析

张晓东¹,孙立亚²,孟 然^{1,3,4},李赵嘉^{1,3,4},王秀萍^{1,3,4},吴 哲^{1,3,4}

(1. 河北省农林科学院滨海农业研究所,河北唐山 063299; 2. 唐山市曹妃甸区农业农村局,河北唐山 063299;

3. 唐山市植物耐盐研究重点实验室,河北唐山 063299; 4. 唐山市蒲公英工程技术研发中心,河北唐山 063299)

摘要:为了筛选适宜在滨海盐碱地区域生产的蒲公英优质资源,利用野外搜集、盐胁迫诱变育种方式获得 22 份蒲公英资源。从酚酸类功能成分分析、指纹图谱质量分析、体外抗氧化试验以及抑菌能力等角度综合评价 22 份蒲公英资源的成分及功能活性。结果表明,诱变蒲公英后代中,T1-3 材料的咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量分别为 13.59、10.66、43.08 mg/g,显著高于亲本(品系 3)对照材料;本地蒲公英系列中,唐海 6、唐海 2 的咖啡酸含量较高,但绿原酸、总黄酮含量低于 T1 系列诱变材料。结合质量图谱分析结果可知,盐胁迫对蒲公英质量具有提升作用,0.5% 盐胁迫处理能显著提升诱变系列材料(T4-2、T6-3 和 T6-4-1)和唐海本地系列(除唐海 6 外)材料的相应成分含量。抗氧化试验和抑菌能力测试结果表明,高功能成分含量的蒲公英材料与功能活性测试结果一致,其中 T1 系列材料的功能活性最强。综合研究分析可知,T1-1、T1-3、T2-3-2 和 T3-2-1 等诱变材料和唐海 2 蒲公英资源可作为优质新品系选育材料。

关键词:蒲公英资源;盐碱地;指纹图谱;抑菌;抗氧化;酚酸类成分

中图分类号: S567.23⁺9.01;R284

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2021)19-0190-06

蒲公英是菊科蒲公英属多年生草本植物,其分布广泛、适应性强,是我国传统药食同源植物。蒲公英的活性成分主要是萜类、黄酮类、酚酸类、倍半萜内脂化合物,具有抗菌、抗炎、抗氧化和抗癌等作用。长期以来,蒲公英主要以粗放式或野生种植为主,关于其人工育种和栽培管理等研究较少。近年来,随着蒲公英的医疗与营养保健功能被进一步发掘和利用,蒲公英的需求量呈上升趋势,人工栽培面积也逐年扩大,迫切需要蒲公英育种和栽培等相关研究。目前,蒲公英育种主要采用资源鉴定、诱变育种等方法,如山西农业大学采用多倍体育种方法育成新品种铭贤 1 号,河北省农林科学院采用盐胁迫诱变育种方法育成新品种滨蒲 1 号,沈阳农业大学采用资源驯化筛选方式育成新品种沈农蒲

公英 1 号等。然而,目前蒲公英新育成的品种依然稀少,难以满足当前蒲公英医用、保健、菜用等多样化需求。基于此,本研究以河北省收集的蒲公英资源以及人工盐胁迫诱变获得的共 22 份蒲公英资源为研究对象,通过不同产地及盐生环境下的功能成分含量、抗氧化性以及抑菌能力等多个角度分析,综合筛选表现较好的资源,以期今后的蒲公英品质育种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料与地点

本研究共包括 22 份蒲公英材料,其中 T 系列的 12 份资源为河北省农林科学院滨海农业研究所野生的大叶蒲公英叶片为外植体亲本,采用盐胁迫突变体诱变育种方法获得的表现较好品系材料^[1-3],其余 10 份资源是近年来从河北省各地收集的且在本地表现较好的材料,暂以收集地点命名,详见表 1,其中诱变后代材料的亲本(品系 3)及市售栽培品种(保定)为对照。所有试验均在滨海农业研究所现代农业示范基地进行,试验时间为 2020 年 8—9 月。

1.2 试验方法

1.2.1 蒲公英栽培及取样 所有蒲公英资源种子

收稿日期:2020-12-25

基金项目:河北省农业科技创新工程(编号:2019-1-6-1);河北省省级科技计划(编号:19227126D);唐山市重点研发计划(编号:19150202E)。

作者简介:张晓东(1965—),男,河北石家庄人,副研究员,主要从事功能产品研发及盐碱地高效利用研究。E-mail: nkybhsxd@163.com。

通信作者:吴 哲,博士,副研究员,主要从事功能植物成分提取及产品开发研究。E-mail: wuzhe261@163.com。

均在温室中播种(2020 年 8 月 17 日),待长出 3 张叶片时移栽至示范基地大田中,栽培行距×株距为 20 cm×10 cm,试验期内采取负压滴灌自动灌溉系统,其中负压控制的土壤基质势为 -15 kPa,水资源为滦河河水^[4-5]。田间土壤为滨海盐碱土,土壤含盐量为 0.3%~0.4%,土壤容重为 1.4~1.6 g/cm³,地下水埋深为 0.8~1.2 m,地下水矿化度>10 g/L,土壤 pH 值为 7.8~8.5,有机质含量为 1.426%,速效氮含量为 62.3 mg/kg,速效磷含量为 27.1 mg/kg,速效钾含量为 232 mg/kg。

随机选择其中的 10 份资源另行设定盐胁迫处理,盐胁迫浓度为 0.5%,采用地下微咸水(原始盐度为 1.2%)调配,对照处理的盐浓度为 0.1%,盐胁迫试验在示范基地的耐盐鉴定池中进行^[5-6]。待蒲公英移栽 1 周后(2020 年 9 月 14 日)进行第 1 次饱和灌溉微咸水,移栽 2 周后(2020 年 9 月 21 日)重复 1 次,移栽 3 周后(2020 年 9 月 28 日)对所有处理采样并进行成分检测和功能测试。

1.2.2 蒲公英成分的提取 参照《中华人民共和国药典》(2020 版),将蒲公英鲜叶放置于烘箱中,于 60℃烘干至水分含量低于 13%,然后将蒲公英粉碎过 80 目筛,称取约 0.1 g 样品,加入 5 mL 纤维素酶溶液(质量浓度为 0.1%,pH 值为 4,酶活性为 5 000 U/g);于 60℃水浴 30 min 后用 70% 甲醇溶液定容至 25 mL,然后超声处理 120 min,超声功率为 120 W;随后于 4 000 r/min 离心 15 min,取上清液,备用^[7-8]。

1.2.3 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼(DPPH)自由基清除试验 按照“1.2.2”节中所述方法,分别取 1 mL 提取液置于 10 mL 离心管中,加入 3 mL 0.004% DPPH 溶液,室温下避光反应 30 min,以无水乙醇作为空白对照,在 517 nm 波长处测定吸光度。按下式计算 DPPH 自由基清除率^[9]:

$$\text{DPPH 自由基清除率} = \frac{D_0 - (D_s - D_c)}{D_0} \times 100\%。$$

式中: D_0 为 1.0 mL 蒸馏水+3.0 mL DPPH 溶液的吸光度; D_s 为 1.0 mL 样品溶液+3.0 mL DPPH 溶液的吸光度; D_c 为 1.0 mL 样品溶液+3.0 mL 无水乙醇的吸光度。

1.2.4 抑菌能力测试 按照“1.2.2”节所述方法,将提取液旋转蒸干浓缩至生料浓度为 2.5 g/mL,备用。将活化后的金色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌分别接种到营养肉汤培养基上,于 32℃培养 24 h 后,用

比浊法将各菌株用无菌水配制成 10⁶ CFU/mL 的菌悬液。采用预混匀法向牛肉膏蛋白胨平板中加入 0.2 mL 细菌的菌悬液,采用滤纸片法进行体外抑菌能力测试,以 5 μg/mL 苄卡青霉素钠为阳性对照。处理 24 h 后测量抑菌圈直径,重复 3 次,计算平均抑菌圈直径^[10]。

1.3 咖啡酸、绿原酸及总黄酮含量的检测

按照“1.2.2”节中所得提取液,用注射器和 0.45 μm 有机滤膜将滤液注入进样瓶中,再用高效液相色谱法(HPLC)检测咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量。其中 HPLC 条件为安捷伦 1200 HPLC,钻石 1 代 C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm,5 μm);流动相 A(0.02% 磷酸水溶液):流动相 B(甲醇)=50:50;检测波长为 350 nm;柱温为 30℃;流速为 1 mL/min;进样量为 10 μL。

配制不同浓度的绿原酸、咖啡酸和芸香苷标品,与对应的 HPLC 峰面积建立标准曲线,经拟合后,标准曲线分别如下: $y_1 = 16.835x_1 - 16.971, r^2 = 0.9996$; $y_2 = 22.173x_2 - 13.042, r^2 = 0.9992$; $y_3 = 15.467x_3 + 1.900, r^2 = 0.9996$ 。式中, y_1 、 y_2 、 y_3 分别为绿原酸、咖啡酸、芸香苷的峰面积; x_1 、 x_2 、 x_3 分别为绿原酸、咖啡酸、以芸香苷计的总黄酮含量,有效检测范围均为 0~100 μg/mL^[7-9]。

1.4 数据处理

所有数据处理均设 3 次重复,所得数据均使用 Excel 2010 进行统计,并采用 SPSS 22.0 软件分析,包括单因素方差分析和 Duncan's (D) 显著性分析。蒲公英成分质量采用中药色谱指纹图谱相似度评价系统(2012 版)进行分析,数据形式为平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 蒲公英资源和品系的功能成分含量分析

对 22 个蒲公英品系的绿原酸、咖啡酸和总黄酮含量进行测定后,按照材料编号排列,其中标记为 T 的材料为盐胁迫诱变后代,品系 3 为诱变材料的亲本,详见表 1。T1 系列材料和 T3-2-1 3 类功能成分的总体水平较高,T1-3 材料的咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量均最高,分别较亲本提高了 1.43、2.96、2.61 倍,分别比市场销售品种(保定)提升了 1.24、2.29、2.21 倍;T3-2-1 材料的 3 类功能成分较高,分别较亲本提升了 0.90、2.40、1.90 倍,分别较市场销售品种(保定)提升了 0.76、1.82、1.58 倍。在唐

海本地系列蒲公英中,唐海 6、唐海 2 的表现较好,咖啡酸含量较高,但绿原酸、总黄酮含量低于上述诱变系列。综合品质分析认为,T1 - 1、T1 - 3、T1 - 4、T3 - 2 - 1 等诱变材料和唐海 2、唐海 6 为代表的本地蒲公英资源可作为优质候选新品系。

表 1 不同蒲公英品系的主效成分含量

序号	图谱编号	材料	咖啡酸含量 (mg/g)	绿原酸含量 (mg/g)	总黄酮含量 (mg/g)
1	S1	T1 - 1	11.30 ± 0.24l	8.41 ± 0.21l	35.82 ± 1.05l
2	S2	T1 - 3	13.59 ± 0.26n	10.66 ± 0.25n	43.08 ± 1.29m
3	S3	T1 - 4	9.87 ± 0.21l	8.54 ± 0.13m	33.03 ± 1.04j
4	S4	T2 - 3 - 2	8.38 ± 0.13gh	3.78 ± 0.03hi	19.26 ± 0.81g
5	S5	T2 - 3 - 4	5.64 ± 0.17h	4.07 ± 0.11i	16.17 ± 0.84e
6	S6	T3 - 2 - 1	10.64 ± 0.25m	9.15 ± 0.13n	34.71 ± 0.68k
7	S7	T3 - 2 - 2	2.32 ± 0.01ab	1.88 ± 0.01bc	6.94 ± 0.35a
8	S8,S18 *	T4 - 2	7.79 ± 0.12fg	3.45 ± 0.02gh	17.22 ± 0.35f
9	S9	T5 - 3 - 1	2.68 ± 0.03a	1.78 ± 0.01b	7.20 ± 0.14a
10	S10,S19 *	T6 - 3	3.76 ± 0.05d	2.16 ± 0.01d	9.69 ± 0.28b
11	S11,S20 *	T6 - 4 - 1	2.82 ± 0.01ab	1.85 ± 0.01bc	7.18 ± 0.37a
12	S12	T6 - 4 - 2	2.85 ± 0.03cd	2.06 ± 0.01d	7.60 ± 0.22a
13	S13	品系 3	5.59 ± 0.07e	2.69 ± 0.11e	11.95 ± 0.52c
14	S14	安国	2.17 ± 0.02bc	1.98 ± 0.02a	6.83 ± 0.31a
15	S15,S21 *	保定	6.06 ± 0.18f	3.24 ± 0.02f	13.44 ± 0.32d
16	S16,S22 *	邯郸	5.58 ± 0.15e	2.62 ± 0.01e	12.09 ± 0.27c
17	S17,S23 *	滦南	2.44 ± 0.06a	1.74 ± 0.05b	6.76 ± 0.31a
18	—	唐海 1	3.83 ± 0.08bc	1.96 ± 0.08cd	9.33 ± 0.41b
19	S24 *	唐海 2	11.16 ± 0.12j	6.02 ± 0.07k	26.27 ± 0.41i
20	S25 *	唐海 3	8.33 ± 0.12i	5.24 ± 0.09j	20.54 ± 0.31h
21	S26 *	唐海 5	8.68 ± 0.24i	5.29 ± 0.12j	21.10 ± 0.21h
22	S27 *	唐海 6	11.68 ± 0.33k	6.32 ± 0.11l	26.71 ± 0.51i

注:处理间数据后标有不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著;* 表示图谱编号中额外标记的 10 份材料;S18 ~ S27 为非盐胁迫材料,10 份材料相对应的 0.5% 盐胁迫处理的图谱编号依次排序为 S28 ~ S37;—表示未作指纹图谱分析。

另外,由于本试验所处地区为滨海盐碱地区域,考虑到田间的实际情况,特别考察了盐胁迫对蒲公英功能成分的影响。从表 1 中随机选出 10 份材料,测试它们在 0.5% 盐胁迫下的功能成分含量,结果见图 1。由图 1 可以看出,盐胁迫明显提升了大部分蒲公英资源的功能成分含量,其中诱变系列资源(T4 - 2、T6 - 3 和 T6 - 4 - 1)在盐胁迫下的咖啡酸、绿原酸、总黄酮含量较对照提升了 4.4% ~ 33.3%,然而这些物质的含量整体较唐海本地系列及亲本低。在唐海系列蒲公英中,除了唐海 6 外,其余唐海本地系列蒲公英在盐胁迫下的功能成分含量呈降低趋势。邯郸蒲公英的咖啡酸、绿原酸、总黄酮含量在盐胁迫下均最高,且分别较对照提升了 1.79、0.72、1.37 倍。从滨海盐碱地区域蒲公英栽培的角度考虑,盐胁迫下功能成分含量较高的资源

可作为优质蒲公英候选品系。

2.2 蒲公英品系的体外抗氧化功能验证

以 22 份蒲公英资源的酚酸提取物为材料,对 DPPH 自由基消除能力进行验证。由图 2 可以看出,突变体材料中除了 T3 - 2 - 2、T5 - 3 - 1 和 T6 系列外,其余材料对 DPPH 自由基的清除率均在 82.8% 以上,与亲本品系 3、唐海本地系列相当,其中 T1 系列的表现优于 T2 系列,T1 - 4 对 DPPH 自由基的清除率最高,为 94.9%,与亲本相比提高了 7.0%,与市场销售品种(保定)相比提高了 38.6%,说明该诱变体系总体上具有较强的抗氧化活性。

2.3 蒲公英品系的抑菌功能验证

以卞卡青霉素钠的抑菌能力作为阳性对照,计算 22 个蒲公英材料与对照之间的抑菌能力差异。由图 3 可以看出,蒲公英提取液对 2 种细菌都表现

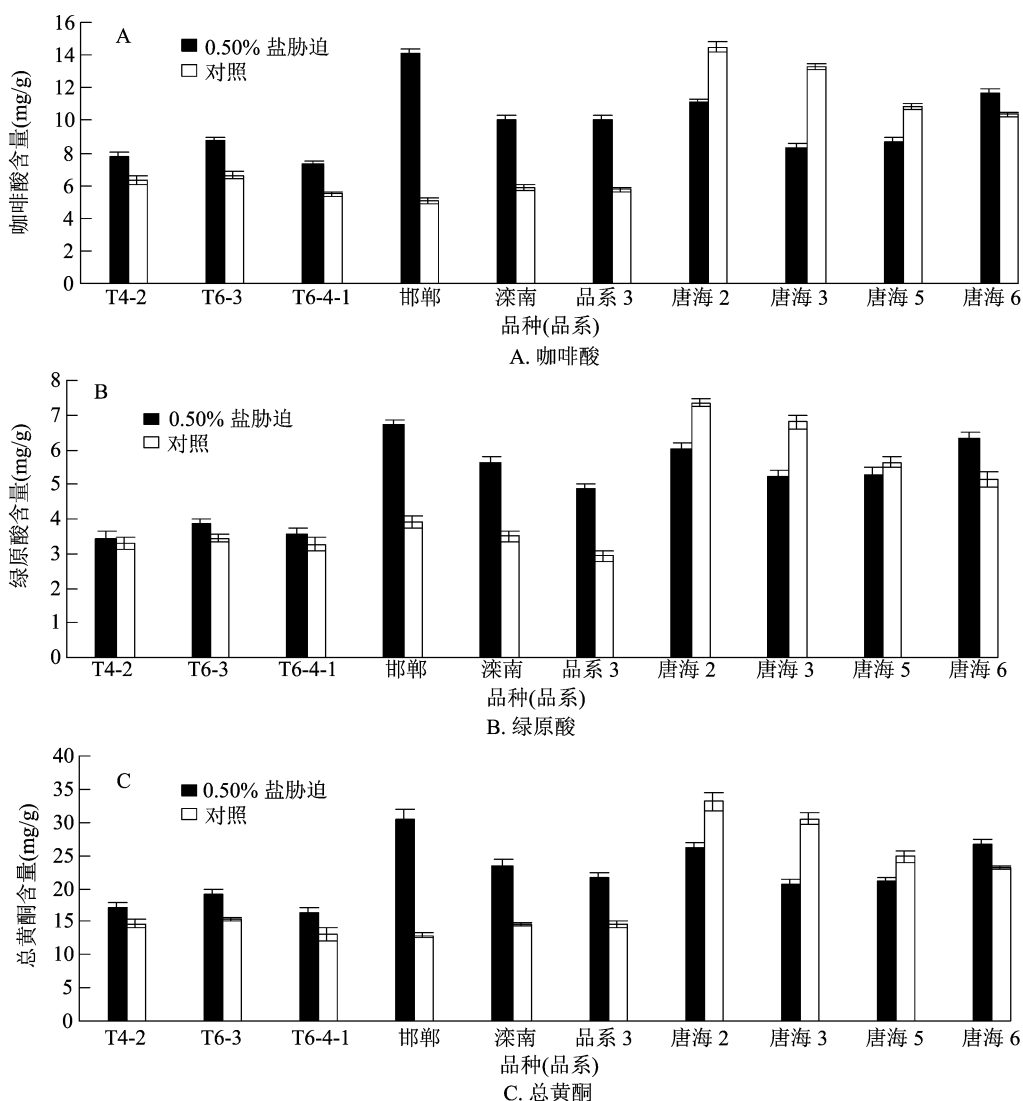


图1 盐胁迫下蒲公英资源咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量

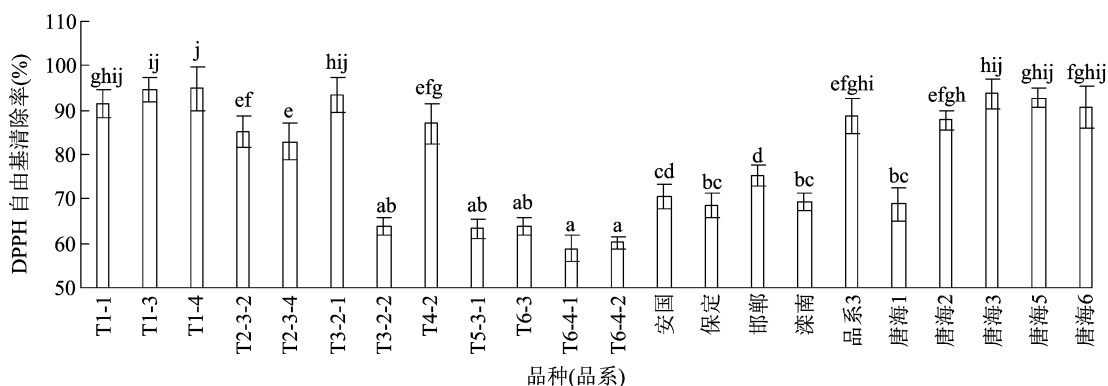
不同处理间标有不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

图2 22 份蒲公英材料对 DPPH 自由基的清除率

出一定的抑菌能力,但材料之间抑菌能力的强弱不同,与对照相比,突变体材料 T1-1、T2-3-2、T2-3-4、T3-2-1、T6-4-2 对 2 种细菌较其余材料

均表现出较强的抑菌能力,对金色葡萄球菌、枯草芽孢杆菌的抑菌能力分别较对照高 2.1%~5.9%、1.3%~9.0%。非诱变材料中,唐海 2 和品系 3 也

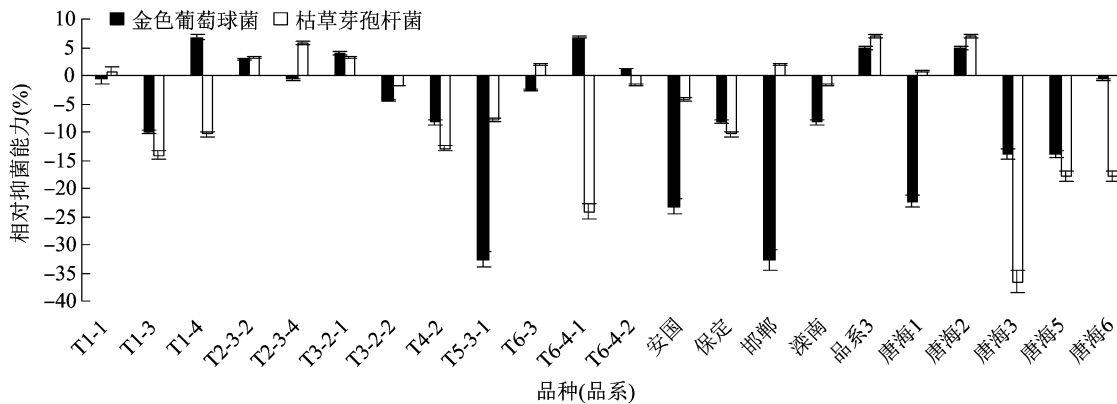


图3 22 份蒲公英材料的相对抑菌能力

表现出较强的抑菌活性。其余非诱变材料尽管也表现出一定的抑菌活性,但是与对照相比,抑制这2种细菌能力分别降低了0.7%~32.6%、1.7%~36.6%。上述结果表明,相对而言突变体材料具有较高的抑菌活性。

2.4 蒲公英指纹图谱质量分析

将表1中的22份蒲公英材料以及部分作耐盐处理的材料(共计37个)的HPLC记录峰谱导入“中药指纹图谱相似度评价系统”软件,经过峰点校正和数据匹配,以亲本品系3为参照图谱,以中位数法 $t=0.1\text{ min}$ 建立对照指纹图谱(图4)。根据峰匹配结果,以峰面积为参数,计算出待试蒲公英指纹图谱与对照图谱的整体相似度,结果表明,所有待试材料的相似度均大于0.9,符合指纹图谱相似度

要求。图4中的S1~S12为突变体诱变系列,其中与亲本(S13)相似度相当的有T6-4-1、T6-4-2、T6-3和T2-3-2,其中T6-4-1相似度最高,为0.997;S14~S17为除唐海本地外河北省收集的蒲公英材料,其中保定蒲公英(S15)的相似度最高,为0.997;S18~S27、S28~S37为10个蒲公英材料(见表1中额外标记的编号)在非盐胁迫和0.5%盐胁迫下的图谱,可以看出,在盐胁迫下各蒲公英图谱的峰面积均变大,而对应的相似度也有所提升,从0.990~0.998提升至0.995~0.999,说明盐胁迫能够增加蒲公英主要成分含量,进而提升蒲公英的质量。由图5可以看出,这批蒲公英材料中典型的共有峰有4个,分别对应七叶内酯^[11]、绿原酸、木樨草苷和咖啡酸。

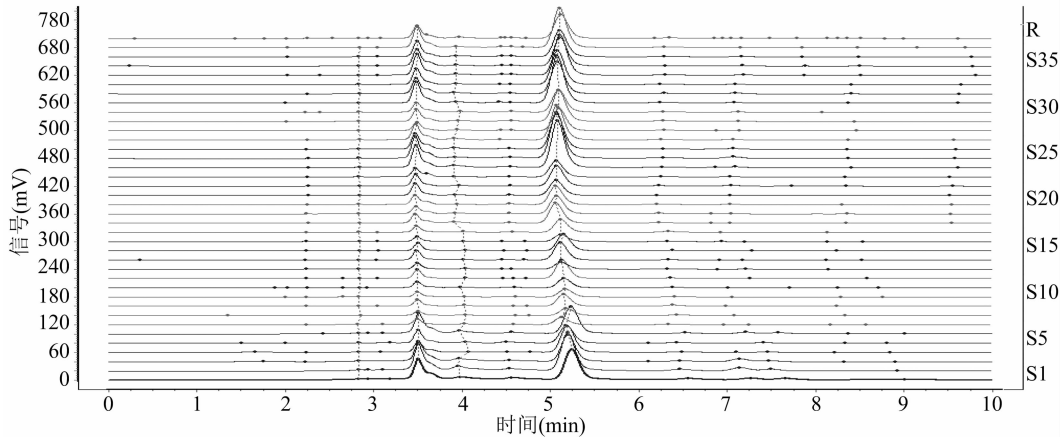


图4 37 批蒲公英处理的 HPLC 指纹图谱

3 结论与讨论

蒲公英含有多种活性成分,如黄酮类、皂苷类、酚酸类和多糖等^[12],其中含酚酸类物质种类较多。酚酸类物质包括咖啡酸和绿原酸,具有明显的抑菌作用。此外,蒲公英中还含有较高含量的菊苣酸、

单咖啡酰酒石酸,这2种有机酸均为咖啡酸的衍生物,具有降糖、降脂、抗菌、抗病毒和治疗感冒的功效^[12-13]。本试验发现,部分诱变获得的蒲公英材料中的咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量较亲本显著提升,这些材料包括T1-1、T1-3、T1-4、T2-3-2及T3-2-1,唐海本地系列中的唐海2、唐海3、唐

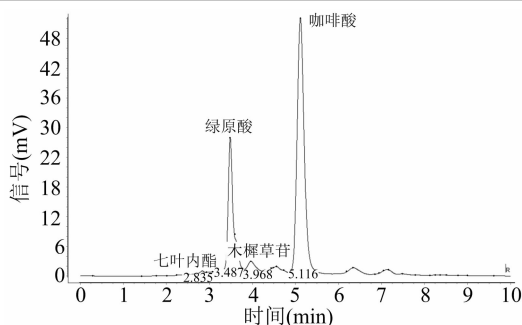


图5 蒲公英对照图谱的共有峰及其化学归属

海 5、唐海 6 的功能成分也显著高于诱变亲本,另外盐胁迫处理也有利于蒲公英材料功能成分的累积。从抗氧化性试验和抑菌能力测试结果看出,这些材料均较其余材料表现出较好的功能性,尤其是 T1 系列材料,与其余蒲公英材料相比其功能活性最强。该结果表明,高功效成分的材料具有较高的功能活性。该结论与目前多数药用植物功效研究结论一致,例如孙博等利用超高效液相色谱仪连接二级阵列检测器(UPLC-DAD)检测方法对不同产地 13 批次蒲公英制成的饮片主成分检测,结果表明,高咖啡酸含量($11.34 \mu\text{g/mL}$)的蒲公英质量最高^[14]。孙长霞等研究了不同溶剂提取的蒲公英提取物的体外抑菌效果,结果表明,蒲公英醇提液得率及抑菌能力(枯草芽孢杆菌、金色葡萄球菌的最小抑菌浓度为 $0.25 \sim 0.75 \text{ g/mL}$)均高于水提液^[15]。然而,植物中的功能活性物质并非单一成分,对提取物中的具体成分功效还应继续研究。

本研究发现,不同处理能够影响蒲公英化学成分的含量,其中部分的诱变系列如 T4-2、T6-3 和 T6-4-1 的主要功能成分含量比亲本或其他资源低,其功能活性及指纹图谱质量评价结果也均低于其他资源,原因可能在于盐胁迫诱变过程中某基因缺失造成的连锁反应。刘艳芬等利用 NaCl 胁迫蒲公英愈伤组织,经随机扩增多态性 DNA 标记(RAPD)分子鉴定结果表明,与亲本愈伤组织相比,在 0.8%、1.0% 盐度下,750、500 bp 处分别少了 1、2 条带,推测缺失的该基因可能与蒲公英功能成分合成有关^[2-3]。另外盐胁迫也会影响蒲公英功能成分含量。本研究发现,除了唐海 2、唐海 3 和唐海 5 资源外,其余所有蒲公英在盐胁迫下的咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量均有提升,该结论与目前一些研究结果一致。例如 Wu 等研究盐碱地蒲公英栽培技术对蒲公英生长和功能成分的影响发现,在 0.3% ~ 0.4% 土壤盐度条件下,蒲公英中绿原酸、总黄酮含量

最高,同时也发现,蒲公英耐盐的阈值为 0.40% ~ 0.43%,过高的盐胁迫会影响蒲公英功能成分的积累^[16]。在本研究中,唐海 2、唐海 3 和唐海 5 蒲公英资源在 0.5% 盐胁迫条件下的功能成分下降,可能与该系列蒲公英的耐盐阈值较低有关,需要进一步验证。

目前关于蒲公英功能成分方面的评价研究较多,然而缺乏相关的标准。2015 版《中华人民共和国药典》规定了合格的蒲公英标准为咖啡酸含量不低于 0.02%;2020 版《中华人民共和国药典》则规定了合格的蒲公英标准为菊苣酸含量不低于 0.45%,蒲公英饮片中的菊苣酸含量不低于 0.3%。然而,无论《中华人民共和国药典》如何规定,现代中医药学认为,中药是一个多组分的化学库,它的疗效不是来自单一的活性化学成分,而是来自多种成分之间的协同作用^[17]。中药质量指纹图谱分析则得益于多成分批量模糊分析而广泛用于中药化学成分质量评价、品种筛选、产品筛选等。如孙博等以绿原酸为特征利用指纹图谱分析筛选了综合质量较好的蒲公英饮片^[14];李景华等则以咖啡酸为特征利用指纹图谱对吉林市 12 种蒲公英质量进行了分析^[17];冯倩等则以咖啡酸和总黄酮为特征分析了不同产地蒲公英药材质量^[18]。本研究则通过咖啡酸、绿原酸和总黄酮含量结合指纹图谱对 22 份蒲公英资源共计 37 个处理进行了分析和验证,结果表明,蒲公英资源的功能成分与指纹图谱质量分析结果一致,可充分说明这些资源可作为高质量蒲公英品种的候选资源,例如部分的 T1 系列、T2 系列及唐海系列。蒲公英育种不仅仅依据功能成分,也与蒲公英的生物量、抗病性等密切相关,由此可见,筛选或培育一个优秀的蒲公英品种需要综合考虑各因素指标。

参考文献:

- [1] 张立娜,张晓东,王怡天,等. 大叶蒲公英耐盐性变异株系的培育[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):174-177.
- [2] 刘艳芬,王秀萍,陈翠果,等. 大叶蒲公英耐盐突变体的筛选与植株再生[J]. 江苏农业科学,2018,46(21):106-109.
- [3] 刘艳芬,王秀萍,陈翠果,等. 大叶蒲公英愈伤组织耐盐突变体诱导与鉴定[J]. 河南农业科学,2018,47(2):102-106.
- [4] Wang X P, Xue Z Z, Lu X L, et al. Salt leaching of heavy coastal saline silty soil by controlling the soil matrix potential[J]. Soil and Water Research, 2019,3(14):132-137.
- [5] 鲁雪林,吴哲,王秀萍,等. 盐碱地蒲公英种植技术的研究[J]. 安徽农学通报,2019,25(1):57-59,154.
- [6] 吴哲,张晓东,鲁雪林,等. 基于自吸水设施的耐盐鉴定基质配比对水盐分布的影响研究[J]. 安徽农学通报,2019,25(8):22-24,30.

宁亚茹,韩民利,张晓东,等. 盐胁迫对黄蜀葵不同部位总黄酮含量及抗氧化活性的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):196-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.035

盐胁迫对黄蜀葵不同部位总黄酮含量及抗氧化活性的影响

宁亚茹¹, 韩民利¹, 张晓东¹, 李俊萍², 王秀萍¹

(1. 河北省农林科学院滨海农业研究所/唐山市植物耐盐研究重点实验室,河北唐山 063200;

2. 河北省容城县农业农村局,河北容城 071000)

摘要:为探明盐胁迫对黄蜀葵不同部位总黄酮的含量及抗氧化活性影响。采用自吸水梯度鉴定法,研究了梯度盐胁迫下黄蜀葵花、根、茎、叶的总黄酮含量及其抗氧化活性的变化规律,为黄蜀葵功能产品的开发,盐碱地区黄蜀葵产业的发展提供理论依据。结果表明,黄蜀葵不同部位总黄酮含量为花>叶>茎>根。当盐胁迫浓度为 2 g/L 时,黄蜀葵花中总黄酮含量最高,达 5.018%,其中,金丝桃苷含量较高,达 1.416%;而金丝桃苷在黄蜀葵茎、叶和根中含量利用 HPLC 法已经无法检出。当盐胁迫浓度在 2 g/L 时,黄蜀葵花的抗氧化活性最高,T-AOC 能力为 3.4 U/mL,·OH 清除率为 98.45%,DPPH 自由基清除率 84.65%。说明 2~3 g/L 低盐胁迫有利于黄蜀葵总黄酮的积累,可提高其抗氧化活性。

关键词:黄蜀葵;盐胁迫;HPLC;总黄酮;抗氧化活性

中图分类号:S567.21+9.01;R284

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2021)19-0196-05

黄蜀葵 [*Abelmoschus manihot* (L)], 又名金芙蓉、菜芙蓉、野芙蓉,为锦葵科秋葵属 1 年生草本植物,且其作为一种传统的药食两用植物,干燥花冠入

药,具有清利湿热、消炎解毒等功效^[1-3]。黄蜀葵含有黄酮类化合物、不饱和脂肪酸及锌、硒、铁人体必需微量元素等,黄酮类化合物是最主要的功能成分,且含量超出目前黄酮生产常用原料银杏、大豆等数十倍^[4-5],具有抗氧化、调节机体免疫力、降低心血管疾病发生、抗炎、抗菌、降血糖等生理活性,黄蜀葵功能产品市场开发潜力很大^[6-7]。

滨海盐渍土是盐渍化土壤的一种类型,土壤 NaCl 含量高,通透性差,严重影响作物的生长^[8]。筛选耐盐经济植物,既有经济价值并改善当地生态

收稿日期:2021-03-22

基金项目:河北省科学技术研究与发展计划(编号:16226304D);河北省唐山市科技创新团队培养计划(编号:18130206B)。

作者简介:宁亚茹(1992—),女,河北唐山人,硕士,助理研究员,主要从事耐盐植物研究。E-mail:2501116178@qq.com。

通信作者:王秀萍,研究员,主要从事耐盐植物高效利用研究。E-mail:bhswxp@163.com。

[7] Wu Z, Li Z J, Xue Z Z, et al. Optimization of extraction technology for determination of caffeic and chlorogenic acid in dandelion[J]. Banat's Journal of Biotechnology, 2020, 11(21): 26-37.

[8] Ning Y R, Wu Z, Li Z J, et al. Optimization of fermentation process enhancing quality of dandelion black tea on the functional components, activity and sensory quality[J]. Open Access Library Journal, 2020, 7(5): 1-11.

[9] 宁亚茹,晋梦珂,王秀萍,等. 盐胁迫对黄蜀葵生长生理指标及总黄酮含量的影响[J]. 中药材, 2020, 43(2): 259-263.

[10] 侯京玲,周霄楠,赵兴华,等. 几种蒲公英成分的提取及体外抑菌效果试验[J]. 中国兽医杂志, 2016, 52(12): 53-55.

[11] 林文艳. 蒲公英化学成分研究及板蓝根 HPLC 指纹图谱研究[D]. 杭州:浙江大学, 2005.

[12] 刘炜熹,陈帅,刘磊,等. 蒲公英多糖的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(10): 214-219.

[13] 张丹,王昌利,卜雕雕,等. Box-Behnken 响应面法优化蒲公英酚酸提取工艺[J]. 中南药学, 2019, 17(5): 667-671.

[14] 孙博,李西文,朱广伟,等. 基于传统煎药工艺的蒲公英饮片标准制剂制备及质量评价方法研究[J]. 中华中医药学刊, 2020, 38(9): 249-254.

[15] 孙长霞,童应凯,黄亮,等. 蒲公英不同溶剂提取物体外抑菌效果的研究[J]. 食品科技, 2012, 37(1): 204-206.

[16] Wu Z, Xue Z Z, Li H S, et al. Cultivation of dandelion (*Taraxacum erythrophodium*) on coastal saline land based on the control of salinity and fertilizer[J]. Folia Horticulturae, 2019, 31(2): 277-284.

[17] 李景华,钟佳佳,刘玉芹,等. 吉林 12 种蒲公英 HPLC 指纹图谱研究[J]. 植物研究, 2014, 34(3): 423-427.

[18] 冯倩,穆丽,郑伟,等. 不同产地蒲公英药材中总黄酮和咖啡酸含量分析与评价[J]. 中国现代中药, 2013, 15(10): 839-841.