

干旱地区板蓝根优质种质筛选

万河妨¹,王 硕¹,刘 波²,邵长忠²,江 伟³,隋 春^{1*}

1. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所 中草药物质基础与资源利用教育部重点实验室/濒危药材繁育国家工程实验室,北京 100193;
2. 康保顺元农业发展有限公司,河北 张家口 076650;
3. 神威药业集团有限公司,河北 石家庄 051432)

摘要:从产量和有效成分含量两方面综合评价不同板蓝根种质在河北干旱地区的种植表现,筛选适宜当地种植的板蓝根优良种质。20份板蓝根种质按完全随机区组设计田间试验,采用高效液相色谱法测定(R,S)-告依春。20份种质的板蓝根产量范围为2.507~4.555 kg/m²,大青叶产量范围为66.070~118.897 g/m², (R,S)-告依春含量范围为0.158%~0.315%。综合产量和含量数据,4号、13号、17号种质在根产量、叶产量和(R,S)-告依春含量三方面均表现优异。15号、3号、12号种质根产量和(R,S)-告依春含量两方面表现优异,而叶产量偏低。不同种质的板蓝根、大青叶产量及(R,S)-告依春含量均差异较大,综合产量与含量差异,筛选出根、叶产量和(R,S)-告依春含量均显著高的4号、13号、17号,根产量和(R,S)-告依春含量显著高,叶产量显著低的15号、3号、12号种质。可根据不同的生产需求选择适宜优良种质,用于后续大面积扩繁及作为育种材料继续选育新品种。

关键词:板蓝根;种质筛选;干旱地区;产量;(R,S)-告依春;高效液相色谱

中图分类号: R282.2

文献标志码: A

文章编号: 2096-3491(2023)03-0243-07

Screening of high-quality germplasms of *Isatis indigotica* Fort. in arid areas

WAN Hefang¹, WANG Shuo¹, LIU Bo², SHAO Changzhong², JIANG Wei³, SUI Chun^{1*}

1. Key Laboratory of Bioactive Substances and Resources Utilization of Chinese Herbal Medicine, Ministry of Education & National Engineering Laboratory for Breeding of Endangered Medicinal Materials), Institute of Medicinal Plant Development (IMPLAD), Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100193, China;
2. Kangbao Shunyuan Agricultural Development Co., Zhangjiakou 076650, Hebei, China;
3. Shineway Pharmaceutical Group Co., Shijiazhuang 051432, Hebei, China)

Abstract: The planting performance of different *Isatis indigotica* Fort. germplasms in arid areas of Hebei Province was comprehensively evaluated based on yield and active ingredient content, and the excellent germplasms suitable for local planting were screened. A field experiment was conducted on 20 *I. indigotica* germplasms using a completely randomized block design. The content of (R,S)-goitrin was determined by high-performance liquid chromatography. Among the 20 germplasms, the yield range of Isatidis Radix was 2.507 to 4.555 kg/m², the yield range of Isatidis Folium was 66.070 to 118.897 g/m², and the content range of (R,S)-goitrin was 0.158% to 0.315%. Germplasms 4, 13, and 17 showed excellent performance in root yield, leaf yield, and (R,S)-goitrin content. Germplasms 15, 3, and 12 showed excellent performance in root yield and (R,S)-goitrin content, but lower leaf yield. The yield of Isatidis Radix and Isati-

收稿日期: 2023-02-23 修回日期: 2023-04-16 接受日期: 2023-05-08

作者简介: 万河妨(1998-),女,硕士生,主要从事药用植物次生代谢产物合成与调控及药用植物栽培育种研究。E-mail:whf9949@163.com

* 通讯联系人: 隋春(1976-),女,研究员,博士,主要从事药用植物次生代谢产物合成与调控及药用植物栽培育种研究。E-mail:csui@implad.ac.cn

基金项目: 黄芪资源调查评价、规范化种植及新品种选育技术开发项目(产业横向[2021]024)

引用格式: 万河妨,王硕,刘波,等. 干旱地区板蓝根优质种质筛选[J]. 生物资源, 2023, 45(3): 243-249.

Wan H F, Wang S, Liu B, et al. Screening of high-quality germplasms of *Isatis indigotica* Fort. in arid areas [J]. Biotic Resources, 2023, 45(3): 243-249.

dis Folium as well as (R,S)-goitrin content varied greatly among different germplasms. Based on the comprehensive evaluation of yield and content, germplasms 4, 13, and 17 with significantly higher root yield, leaf yield and (R,S)-goitrin content were selected, while germplasms 15, 3, and 12 with significantly higher root yield and (R,S)-goitrin content, but lower leaf yield were also selected. These excellent germplasms can be selected according to different production needs, for large-scale propagation and as breeding materials for developing new varieties.

Key words: *Isatis indigotica* Fort.; germplasm screening; arid area; yield; (R,S)-goitrin; HPLC

0 引言

十字花科(Cruciferae)植物菘蓝(*Isatis indigotica* Fort.)的干燥根为药材板蓝根,叶为药材大青叶,是我国传统大宗中药材种类。板蓝根具有清热解毒,凉血利咽的功效,大青叶具有清热解毒,凉血消斑的功效。现代药理研究表明,板蓝根具有抗菌、抗病毒、抗内毒素、抗肿瘤、抗炎、免疫调节和活血化痰的作用^[1-4]。此外,板蓝根也是莲花清瘟胶囊的重要组成部分中药材之一,用于治疗 COVID-19 新冠病毒肺炎轻型、普通型引起的发热、咳嗽、乏力^[5]。(R,S)-告依春是板蓝根中主要的芥子苷类成分,具有抗菌、抗病毒以及抗内毒素等作用^[6]。国家药典 2020 版规定板蓝根中(R,S)-告依春含量不低于 0.020%^[7]。

菘蓝生长适应性较强,在全国各地均有栽培,现主产区在我国东北、华北、西北地区,具有丰富的种质^[8]。据本草考证,自唐朝就有板蓝根的人工栽培,金元明清时期逐步成为常用药^[9]。随着经济和地区发展的变化,板蓝根产地也经历了变迁,主产区从河北、河南、江苏、安徽等地逐步转移至甘肃、黑龙江、新疆、内蒙古、宁夏等地。不同产区种植的不同种质,收获的板蓝根和大青叶产量和有效成分含量差异较大^[10]。不同板蓝根种质之间,产量和品质存在一定的差异^[11,12]。对各地板蓝根栽培种质及选育情况调查发现,各地在种植过程中对种质均缺乏足够重视,忽视了种质对药材产量与品质的影响。加之板蓝根种子在各地药材市场及药农之间流通,导致板蓝根栽培种质混乱繁杂、无系统性。基于此,本研究共收集 20 份来自黑龙江、甘肃、山西、山东、河南、内蒙古等不同产区的板蓝根种质,在河北坝上地区布置了种质比较试验,春种秋收,测定其根、叶产量及(R,S)-告依春含量,对不同种质进行了初步评价,以期为后续的种植推广及品种选育等提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

从黑龙江、甘肃、山西、山东、河南、内蒙古等地

收集得到 20 份板蓝根栽培种质,种质来源信息见表 1,所有种质经齐齐哈尔医学院副主任药师马德志鉴定为十字花科植物菘蓝。

1.2 仪器与试剂

Waters 2487 检测器高效液相色谱仪(沃特世科技有限公司);KQ-500DE 型数控超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);Venusil ASB C18(4.6 mm×250 mm, 5 μm)色谱柱(天津博纳艾杰尔科技有限公司);FA 1004B 型分析天平(上海越平科学仪器有限公司)。(R,S)-告依春对照品购自北京江晨文轩生物科技有限责任公司,HPLC 纯度均≥98%;甲醇为色谱纯,购自赛默飞世尔科技(中国)有限公司,纯度>99.9%;水为超纯水。

1.3 试验地概述

试验地位于河北省张家口市康保县闫油坊乡,处于河北坝上西北部(114°49′08″E, 41°45′23″N),属东亚大陆性季风气候中温带亚干旱区。平均海拔为 1 450 m,气候高寒干旱,昼夜温差大,年均降水量 350 mm,年均气温 1.2℃,无霜期 114 天,日照时数 3 100 h。

1.4 小区设计和种植管理

试验地选择地势平坦、沙质壤土、土层深厚的地块。选地后深耕碎土,施足基肥,做成平畦。按照完全随机区组设计,每份种质 3 个小区重复。小区大小为 2 m×2 m,小区间隔 50 cm。于 2021 年 5 月底播种。在整好的畦面上开沟条播,将种子均匀撒入沟内,行距 15~20 cm。沟深 4~5 cm,再覆土 1~2 cm,覆土后轻轻镇压。出苗后,当苗长到 4~6 cm 时按照株距 7~10 cm 间苗定苗,中耕除草。播种后及苗期浇水保苗,8 月下旬喷施一次杀虫剂和叶面肥。

1.5 产量测定方法

2021 年 10 月中旬取样,每个试验小区选取 1 m² 进行人工采挖。去净根部泥沙,分离根与茎叶,晾干后分别称量(精确到百分位)。

1.6 含量测定方法

将板蓝根研磨成粉末,过 4 号筛。精密称定板蓝根粉末 1.0 g,置于 50 mL 具塞锥形瓶,加水 50 mL,摇匀。40℃超声提取(300W, 40 kHz)60 min,

表1 种质来源与编号
Table 1 Germplasm source and number

种质编号	来源	经纬度
1	内蒙古自治区赤峰市喀喇沁旗	41°55'37.85"N, 118°42'9.83"E
2	黑龙江省大庆市杜尔伯特县	46°51'44.32"N, 124°26'34.01"E
3	陕西省商洛市商州区	33°51'45.83"N, 109°56'27.85"E
4	甘肃省酒泉市金塔县	39°59'9.35"N, 98°54'9.76"E
5	河南省新乡市封丘县	35°02'28.28"N, 114°25'7.00"E
6	黑龙江省大庆市肇州县	45°41'55.90"N, 125°16'6.92"E
7	河南省焦作市武陵区	35°14'25.87"N, 113°13'50.30"E
8	陕西省渭南市合阳县	35°14'15.07"N, 110°08'57.41"E
9	黑龙江省齐齐哈尔市泰来县	46°23'38.00"N, 123°25'2.57"E
10	山西省运城市稷山县	35°36'14.44"N, 110°58'59.20"E
11	甘肃省张掖市民乐县	38°25'50.30"N, 100°48'47.41"E
12	河南省洛阳市洛宁县	34°23'21.01"N, 111°39'11.27"E
13	山西省运城市闻喜县	35°21'23.87"N, 111°13'28.99"E
14	甘肃省天水市武山县	34°43'16.82"N, 104°53'27.20"E
15	甘肃省定西市渭源县	35°08'10.54"N, 104°12'54.07"E
16	山东省菏泽市曹县	34°49'31.91"N, 115°32'31.70"E
17	山东省济宁市梁山县	35°48'8.64"N, 116°05'45.02"E
18	甘肃省天水市武山县	34°43'16.82"N, 104°53'27.20"E
19	山西省运城市闻喜县	35°21'23.87"N, 111°13'28.99"E
20	黑龙江省齐齐哈尔市泰来县	46°23'38.00"N, 123°25'2.57"E

冷却至室温,用0.22 μm微孔滤膜至进样瓶,即得供试品溶液^[13]。采用高效液相色谱法(HPLC)测定(R,S)-告依春含量。色谱条件采用 Venusil ASB C18 (4.6 mm×250 mm, 5 μm)色谱柱,流动相为甲醇(A)-水(B),梯度洗脱(0~10 min, 3%A; 10~12 min, 3%~15%A; 12~25 min, 15%A; 25~26 min, 15%~3%A; 26~35 min, 3%A; 流速为 1 mL/

min);检测波长为 245 nm;柱温为 30 ℃;进样量为 10 μL。

1.7 数据统计

利用 Microsoft Excel 2019 进行数据统计,采用 SPSS 25.0 软件进行显著性差异分析,通过单因素方差分析(ANOVA LSD)对不同种质之间产量和含量进行比较,利用 Origin 2019 进行绘图分析。

2 结果与分析

2.1 产量和含量频数分布情况

按照连续性变数资料的统计分析方法将根、叶产量及(R,S)-告依春含量划分不同等级,见图1。板蓝根产量用G表示,其数据大致划分成三个等级: $2.0 \leq G < 3.0 \text{ kg/m}^2$ (5号、9号、16号、19号); $3.0 \leq G < 4.0 \text{ kg/m}^2$ (1号、2号、3号、6号、7号、8号、10号、11号、12号、14号、15号、18号、20号); $4.0 \leq G < 5.0 \text{ kg/m}^2$ (4号、13号、17号)。其中有4份种质板蓝根产量在 2.0 kg/m^2 与 3.0 kg/m^2 之间,13份种质板蓝根产量在 3.0 kg/m^2 与 4.0 kg/m^2 之间,3份种质板蓝根产量在 4.0 kg/m^2 与 5.0 kg/m^2 之间,见图1a。大青叶产量用D表示,其数据可划分成6个区间,见图1b: $60.0 \leq D < 70.0 \text{ g/m}^2$, 3份种质的大青叶产量在此区间(5号、9号、16号); $70.0 \leq D < 80.0 \text{ g/m}^2$, 3份种质的大青叶产量在此区间(15号、18号、19号); $80.0 \leq D < 90.0 \text{ g/m}^2$, 共有7份种质的大青叶产量集中在此区间(1号、3号、7号、10号、11号、12号、14号);有4份种质的大青叶产量在 110 g/m^2 (4号、8号、13号、17号)以上。(R,S)-告依春含量用R表示,其数据划分成3个区间: $1.0 \leq R < 2.0 \text{ mg/g}$ (1号、9号); $2.0 \leq R < 3.0 \text{ mg/g}$ (3号、5号、6号、7号、8号、10号、11号、12号、13号、14号、15号、16号、17号、18号、19号); $3.0 \leq R < 4.0 \text{ mg/g}$ (2号、4号、20号),见图1c。不同种质在产量和含量方面的整体表现表明,河北干旱地区适宜种植板蓝根。

2.2 板蓝根产量数据结果

20份不同种质的板蓝根产量数据见图2。产量最高的是4号,其次为13号和17号种质,分别为 4.555 kg/m^2 , 4.231 kg/m^2 和 4.154 kg/m^2 , 均达到 4 kg/m^2 以上。产量最低是16号种质,为 2.507 kg/m^2 , 4号种质的产量是16号的1.82倍,表明不同种质板蓝根产量差异较大。

2.3 大青叶产量数据结果

20份不同种质的大青叶产量数据见表2,产量范围为 $66.070 \sim 118.897 \text{ g/m}^2$ 。其中4号种质大青叶产量最高,为 118.897 g/m^2 , 13号、17号、8号及20

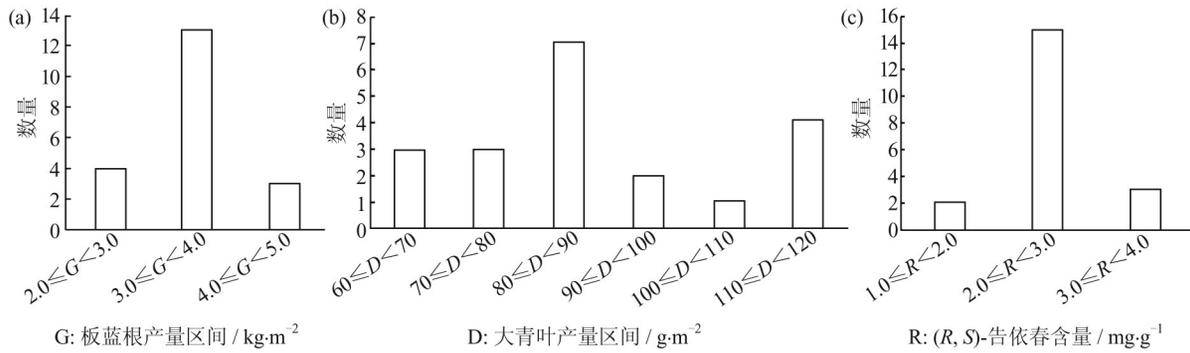


图1 20份不同种质板蓝根、大青叶的产量及(R,S)-告依春含量的频数分布图

Fig. 1 Frequency distribution chart of yield of *Isatidis Radix* and *Isatidis Folium* and content of (R,S)-goitrin of 20 different germplasm

注:a, 板蓝根产量;b, 大青叶产量;c, (R,S)-告依春含量

Note: a, the yield of *Isatidis radix*; b, the yield of *Isatidis folium*; c, the content of (R,S)-goitrin

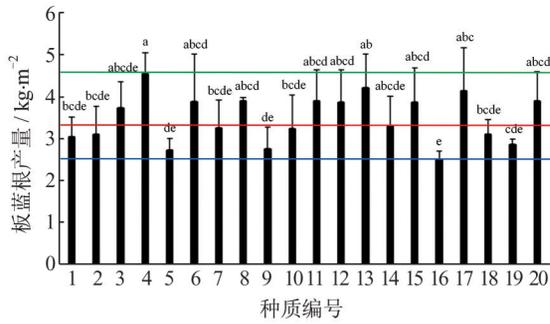


图2 20份不同种质的板蓝根产量

Fig. 2 Yield of 20 different germplasm of *Isatidis Radix*

注:绿色线,板蓝根产量最高线;红色线,产量无显著性差异的11份种质线;蓝色线,板蓝根产量最低线

Note: green line, the highest yield of *Isatidis Radix*; red line, 11 germplasm with no significant difference in yield; blue line, the lowest yield of *Isatidis Radix*

号种质大青叶平均产量均在 108 g/m²以上,显著高于除了4号以外的15份种质。大青叶产量最低的是16号种质,为66.070 g/m²。大青叶产量最高的4号种质是16号种质的1.80倍,可以看出不同种质大青叶的产量差异较大。

综合板蓝根及大青叶产量结果发现,11号、15号、12号、3号、14号种质板蓝根产量高,但其大青叶产量低。

2.4 板蓝根(R,S)-告依春含量测定结果

20份不同种质的板蓝根(R,S)-告依春含量数据结果见表3,含量范围为1.734~3.147 mg/g,换算成百分比含量范围为0.158%~0.315%,所有板蓝根种质的(R,S)-告依春含量均符合药典规定。其中含量较高的15份种质之间的无显著差异,含量在0.239%~0.315%之间,表明不同种质之间(R,

表2 20份不同种质大青叶产量

Table 2 Yield of 20 different germplasm of *Isatidis Folium*

种质编号	大青叶产量	种质编号	大青叶产量
1	87.033±4.914 ^{cd}	11	86.633±2.020 ^{cd}
2	92.240±2.551 ^c	12	87.857±8.107 ^{cd}
3	80.710±3.483 ^d	13	116.623±13.414 ^{ab}
4	118.897±3.341 ^a	14	83.450±2.779 ^{cd}
5	69.697±6.319 ^{ef}	15	70.227±4.838 ^{ef}
6	91.427±2.942 ^c	16	66.070±4.367 ^e
7	82.143±3.697 ^{cd}	17	114.753±7.441 ^{ab}
8	112.070±7.336 ^{ab}	18	78.683±1.894 ^{de}
9	66.937±5.018 ^e	19	70.677±4.092 ^{ef}
10	84.283±3.524 ^{cd}	20	108.040±3.931 ^b

注:n=3,P<0.05,表中数值为平均数±SD

Note: n=3, P<0.05, data in the table are mean±SD

S)-告依春含量相对稳定。其中2号、20号及4号的(R,S)-告依春含量依次为3.147 mg/g、3.146 mg/g和3.050 mg/g,均大于3 mg/g。此外,(R,S)-告依春含量最高的2号种质是含量最低的9号种质的1.99倍。

2.5 基于根、叶产量和(R,S)-告依春含量的不同种质聚类分析

将测得的数据按照板蓝根产量、大青叶产量和(R,S)-告依春含量进行三维聚类分析,结果如图3所示。综合数据结果发现,20份种质之间相对分散,说明不同种质之间存在较大差异。其中4号、13号、17号种质各方面表现均较为优异(红色圈内),8号、20号次之。15号、3号、12号在板蓝根产量和(R,S)-告依春含量方面表现优异(绿色圈内),而大

表3 20份不同种质板蓝根(R,S)-告依春含量
Table 3 The content of (R,S)-goitrin of 20 different germplasms

种质编号	(R,S)-告依春含量	种质编号	(R,S)-告依春含量
1	1.734±0.236 ^{de}	11	2.303±0.066 ^{bcd}
2	3.147±0.088 ^a	12	2.731±0.229 ^{abc}
3	2.557±0.092 ^{abc}	13	2.727±0.356 ^{abc}
4	3.050±0.254 ^{ab}	14	2.795±0.560 ^{abc}
5	2.892±0.376 ^{abc}	15	2.573±0.351 ^{abc}
6	2.316±0.666 ^{bcd}	16	2.391±0.552 ^{abcd}
7	2.107±0.159 ^{de}	17	2.397±0.816 ^{abcd}
8	2.849±0.174 ^{abc}	18	2.712±0.345 ^{abc}
9	1.581±0.641 ^e	19	2.454±0.685 ^{abcd}
10	2.672±0.249 ^{abc}	20	3.146±0.154 ^a

注:n=3,P<0.05,表中数值为平均数±SD
Note: n = 3, P < 0.05, data in the table are mean ± SD

青叶产量偏低。在整个植株的产量相对一致的情况下,因大青叶产量低意味着地上部分生长量偏低,存在植株能量大部分用于地下部分生长发育,及降低地上郁闭而减少地上部分病虫害发生的可能。因此,大青叶产量低而板蓝根产量及(R,S)-告依春含量高的种质可作为当地优选种植种质。

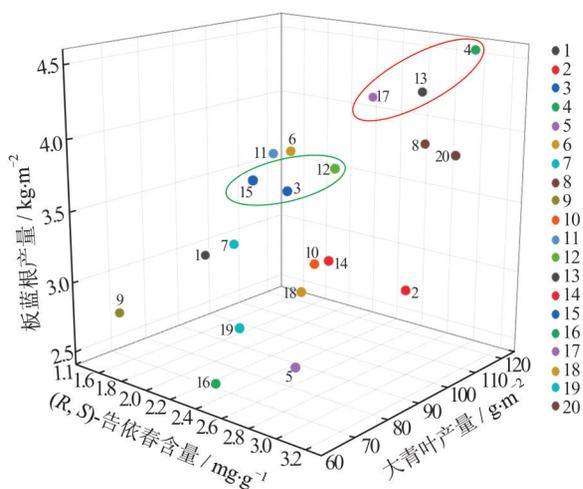


图3 基于板蓝根产量、大青叶产量和(R,S)-告依春含量的不同种质的聚类分析图

Fig. 3 Cluster analysis of different germplasms based on yield of Isatidis Radix and Isatidis Folium and content of (R,S)-goitrin

3 讨论与结论

种质是药材生产的源头,在药材优良品质形成过程中起关键性作用,是作物育种、遗传改良以及相

关基础研究的物质基础,也是中药产业得以可持续发展的根本保证^[14]。药用植物的药材品质形成是其生长发育过程中的内在与外在因素综合作用所致。不同板蓝根种质的内在品质差异,除其内在遗传因素有关外,很大程度上与其所处环境有着密切联系,即在不同产区内,其土壤、温度、气候、光照等生态因素存在差异,其药材中活性成分含量也会发生一定程度变化。由于板蓝根对生境要求不高,故在我国分布较广,各地形成了不同的栽培种质,并且种质的遗传变异较大。此外,国外引种也加重了板蓝根的混种严重程度,区分不明。欧洲菘蓝(*Isatis tinctoria*)在20世纪80年代从日本引入中国并在中国南方进行大面积种植,菘蓝和欧洲菘蓝在植株形态和农艺性状上存在一定的差异^[15-17]。

有研究表明,在播期、种质、播期×种质三个变异来源中,种质贡献率最大^[18]。长期种植下,各地栽培种质性状差异越来越大。不同产区板蓝根抑菌和抗病毒作用也存在显著差异^[4],不同板蓝根种质农艺性状也存在一定的差异^[11]。不同种质及不同地区的板蓝根和大青叶在药效及产量上均存在差异。有研究发现,即使是同一制剂,药效作用也因原材料不同而存在差异,致使药效存在差异^[19]。由此,明确种质筛选对稳定药材质量有重要意义。以往报道大部分是收集不同产区的药材做比较,是环境与种质共同作用的结果^[20-22]。还未见有在河北坝上干旱地区进行不同板蓝根种质种植比较的报道。本研究收集了全国各主产区板蓝根栽培种质,在同一地块进行了种质比较试验,得到的差异基本为种质差异造成。本研究表明,20份不同种质的板蓝根(R,S)-告依春含量均达到药典要求,含量范围为1.581~3.147 mg/g(0.158%~0.315%),含量最高的种质与最低种质相差1.99倍。板蓝根产量范围为2.507~4.555 kg/m²,板蓝根产量最高与最低相差1.82倍。大青叶产量范围为66.070~118.897 g/m²,产量最高与最低相差1.80倍,说明进一步进行种质筛选对于提高板蓝根生产水平的重要性。

板蓝根为二年生植物,经冬季低温春化后开花结实,结实后的板蓝根,根部木质化而失去药用价值,因此板蓝根的药材种植和繁殖是分开进行的,如黑龙江地区本身因气候寒冷,冬季漫长,板蓝根在当地不能越冬,种子均来源于其他不同产区。这也是各产区缺乏适宜板蓝根种质的原因之一,尤其是北方寒冷地区板蓝根药材产区。河北坝上地区气候凉爽,高寒干旱,降水少,昼夜温差大,药材不易得病。同时坝上地区务农的劳力少,荒地多,适合种植包含

板蓝根在内的栽培管理简单,易机械化的药材。本研究筛选的适宜高寒干旱地区种植的优秀种质可作为发展板蓝根生产的优选种质,可为后续育种提供材料和性状特征参考。其中,4号、13号、17号不仅板蓝根产量和(R,S)-告依春含量高,同时大青叶产量也显著高于其他种质。15号、3号、12号种质板蓝根产量和(R,S)-告依春含量均较高,但是其大青叶产量偏低。考虑到大青叶生长旺盛的情况下,不利于密植,更容易引起蚜虫和霜霉病等地上部病害的发生,15号、3号、12号种质也可作为当地备选种质或作为进一步优质品种选育的育种材料。因此,综合以上结果,本研究筛选出了适宜干旱地区种植的板蓝根种质,可根据不同生产需求选择适宜的优良种质,用于后续大面积扩繁或作为育种材料选育新品种,同时在评价板蓝根质量时应充分考虑种质的影响。

参考文献

- [1] Wong L W, Goh C B S, Tan J B L. A systemic review for ethnopharmacological studies on *Isatis indigotica* Fortune: bioactive compounds and their therapeutic insights [J]. *Am J Chin Med*, 2022, 50(1): 161-207.
- [2] Ren L T, Li Q, Li H, *et al.* Polysaccharide extract from *Isatidis Radix* inhibits multiple inflammasomes activation and alleviate gouty arthritis [J]. *Phytother Res*, 2022, 36(8): 3295-3312.
- [3] Yang L, Wang H Q, Yan H Y, *et al.* (-)-Iariciresinol isolated from the roots of *Isatis indigotica* Fortune ex Lindl. inhibits hepatitis B virus by regulating viral transcription [J]. *Molecules*, 2022, 27(10): 3223.
- [4] Chen Q, Lan H Y, Peng W, *et al.* *Isatis indigotica*: a review of phytochemistry, pharmacological activities and clinical applications [J]. *J Pharm Pharmacol*, 2021, 73(9): 1137-1150.
- [5] Zhang Z J, Morris-Natschke S L, Cheng Y Y, *et al.* Development of anti-influenza agents from natural products [J]. *Med Res Rev*, 2020, 40(6): 2290-2338.
- [6] 田薇, 李秀梅, 杨娟, 等. 基于网络药理学研究板蓝根抑菌活性成分及其作用机制[J]. *畜牧兽医学报*, 2022, 53(8): 2782-2793.
- Tian W, Li X M, Yang J, *et al.* Network pharmacology study on the antibacterial activity components and mechanism of *Isatis indigotica* [J]. *Acta Vet Zootechnica Sin*, 2022, 53(8): 2782-2793.
- [7] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2020: 214-215.
- The Pharmacopoeia Commission of the People's Republic of China. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* [S]. Volume 1. Beijing: China Medical Science and Technology Press, 2020: 214-215.
- [8] 韩文静, 万河妨, 付晓东, 等. 菘蓝种质资源和品种选育研究进展[J/OL]. *分子植物育种*, 2021: 1-14.
- Han W J, Wan H F, Fu X D, *et al.* Research progress on germplasm resources and variety breeding of *Isatis indigotica* Fort. [J/OL]. *Mol Plant Breed*, 2021: 1-14.
- [9] 唐璇. 板蓝根药用史考[J]. *环球中医药*, 2014, 7(11): 869-871.
- Tang X. Textual research on medicinal history of *Radix Isatidis* [J]. *J Arid Land Resour Environ*, 2014, 7(11): 869-871.
- [10] Han W J, Zhou L, Wan H F, *et al.* A comprehensive comparison on root yield and content of polysaccharides and alkaloids from ten germplasms of *Isatis indigotica* Fort. in two growing areas [J]. *Ind Crops Prod*, 2022, 187: 115254.
- [11] 王茜, 黄勇, 李斌, 等. 不同菘蓝种质主要表型性状对品质和产量的影响[J]. *河南农业科学*, 2020, 49(7): 44-52.
- Wang X, Huang Y, Li B, *et al.* Effects of main phenotypic characters on quality and yield of *Isatis indigotica* Fort. [J]. *J Henan Agric Sci*, 2020, 49(7): 44-52.
- [12] 杨福红, 赵鑫, 王盼, 等. 菘蓝种质资源评价[J]. *中成药*, 2022, 44(5): 1515-1521.
- Yang F H, Zhao X, Wang P, *et al.* Evaluation of germplasm resources of *Isatis indigotica* [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2022, 44(5): 1515-1521.
- [13] 赵建平, 冯振宇, 马晓娟, 等. 南、北板蓝根中腺苷和(R,S)-告依春含量比较与临床意义[J]. *中药材*, 2015, 38(5): 1001-1003.
- Zhao J P, Feng Z Y, Ma X J, *et al.* Comparison of adenosine and (R, S)-goitrin contents in Nan-Banlangen and Bei-Banlangen and its clinical significance [J]. *J Chin Med Mater*, 2015, 38(5): 1001-1003.
- [14] 王继永, 郑司浩, 曾燕, 等. 中药材种质资源收集保存与评价利用现状[J]. *中国现代中药*, 2020, 22(3): 311-321.
- Wang J Y, Zheng S H, Zeng Y, *et al.* Current situation on collection, preservation, evaluation and utilization of germplasm resources for traditional chinese medicine [J]. *Mod Chin Med*, 2020, 22(3): 311-321.
- [15] 张丽萍, 王斌, 任小峙, 等. 安徽亳州板蓝根种质资源的调查研究[J]. *中国中药杂志*, 2004, 29(12): 1127-1130.
- Zhang L P, Wang B, Ren X S, *et al.* Investigation of germplasm resources of *Radix isatidis* produced at Bozhou in Anhui Province [J]. *China J Chin Mater Med*, 2004, 29(12): 1127-1130.

- [16] 周正, 任达全, 彭文权. 国产菘蓝和欧洲菘蓝引种栽培初报[J]. 中药材, 1994(3): 6-9, 54.
Zhou Z, Ren D Q, Peng W Q. The initial report on introduction and cultivation of *Isatis indigotica* and *I. tinctoria* L [J]. Mod Chin Med, 1994(3): 6-9, 54.
- [17] 乔传卓. 菘蓝和欧洲菘蓝的鉴别研究[J]. 第二军医大学学报, 1985, (4): 258.
Qiao C Z. Study on the differentiation between *Isatis indigotica* and *I. tinctoria* L [J]. Acad J Second Mil Med Univ, 1985, (4): 258.
- [18] 李娟, 杨琳, 刘海, 等. 不同种质、播期及其互作对菘蓝结实性状的影响[J]. 中药材, 2020, 43(11): 2631-2634.
Li J, Yang L, Liu H, *et al.* Effects of different germplasm, sowing date and their interaction on seed setting of *Isatis indigotica* [J]. J Central Univ Finance Econ, 2020, 43(11): 2631-2634.
- [19] 谢晓亮, 温春秀, 吴志明, 等. 不同板蓝根种质比较研究[J]. 华北农学报, 2007, 22(B10): 126-130.
Xie X L, Wen C X, Wu Z M, *et al.* Research on the comparing different *Radix isatidis* germplasm resources [J]. Acta Agric Boreali Sin, 2007, 22(B10): 126-130.
- [20] 李晓琴, 马栋, 晋玲, 等. 甘肃板蓝根品质与产区气候因子相关性研究[J]. 中国中医药信息杂志, 2023, 30(3): 102-106.
Li X Q, Ma D, Jin L, *et al.* Study on correlation between quality of *Isatidis Radix* and climatic factors in Gansu Province [J]. Chin J Inf Tradit Chin Med, 2023, 30(3): 102-106.
- [21] 王亚芳, 张连彦, 周艳飞, 等. 不同产地和不同提取阶段板蓝根抑菌和抗病毒作用研究[J]. 动物医学进展, 2020, 41(7): 38-42.
Wang Y F, Zhang L Y, Zhou Y F, *et al.* Study on and antiviral antibacterial activities of *Radix isatidis* in different producing areas and different extraction stages [J]. Prog Vet Med, 2020, 41(7): 38-42.
- [22] 孟文文, 钟昆芮, 周艳飞, 等. 不同产地板蓝根药材中(R, S)-告依春含量测定与分析[J]. 北京农学院学报, 2020, 35(1): 89-94.
Meng W W, Zhong K R, Zhou Y F, *et al.* Determination of (R, S)-goitrinin *Isatidis Radix* of different origins [J]. J Beijing Univ Agric, 2020, 35(1): 89-94.

□

(编辑: 杨晓翠)