

◆濒危植物化学成分多样性◆

生态环境因子与天麻品质相关成分含量的关系研究^{*}朱成豪¹, 郭怡博¹, 王尚涛¹, 张远帆¹, 周建国², 陈庭国³, 孙志蓉^{1**}

(1. 北京中医药大学中药学院, 北京 102488; 2. 宁强县农业农村局, 陕西汉中 724400; 3. 宁强天麻研究所有限责任公司, 陕西汉中 724400)

摘要:为探讨生态环境因子与天麻(*Gastrodia elata*)浸出物及有效成分含量的相关关系,在陕西省汉中市宁强县不同采样点采集天麻样品,测定其浸出物和主要有效成分含量,运用 ArcGIS 10.2 和 SPSS 20.0 软件分析采样点对应的 77 个生态环境因子与天麻成分含量之间的关系。结果表明:在 77 个生态环境因子中,浸出物含量与年平均气温、年平均水气压、土壤沙含量均呈显著或极显著正相关,与年平均降水量、年平均风速、海拔、土壤淤泥含量均呈显著负相关;6 种有效成分总量与年平均降水量、年平均气温、年平均风速均呈显著正相关,与海拔和坡度呈显著负相关。生态环境因子与天麻浸出物及有效成分含量的关系为气候>海拔>土壤,气候因子中影响较大的为 12 月降水量、4 月风速和 12 月平均气温。与坡度相比,海拔影响较大。土壤因子中影响最大的为土壤淤泥含量,其次为土壤沙含量。研究结果可为宁强县优质天麻培育及天麻资源合理开发利用提供参考。

关键词:天麻;生态环境因子;有效成分;浸出物;相关性;品质

中图分类号:R282.2 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2023)06-1190-14

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20240125.018

中药材天麻又名赤箭、定风草,为兰科(Orchidaceae)植物天麻(*Gastrodia elata*)的干燥块茎,具有息风止痉、平抑肝阳、祛风通络之功效,常用于治疗小儿惊风,癫痫抽搐,破伤风,头痛眩晕,手足不遂,肢体麻木和风湿痹痛等病症^[1],在中国已有 2 000 多年的药用历史。现代药理研究表明,天麻还具有镇静催眠、镇痛、抗惊厥、抗氧化、改善记忆力、增强免疫和降

血压等作用^[2]。天麻的主要活性成分有天麻素、对羟基苯甲醇和巴利森苷类等^[3-5],而浸出物也是评价其药材质量的重要指标。1987 年天麻被列入《中国珍稀濒危保护植物名录》^[6],2021 年又被收录于《国家重点保护野生植物名录》^[7],为国家二级重点保护野生植物。长期以来,因受生态环境和人为因素的影响,野生天麻的生长发育和繁殖机能逐渐减退,人工栽培呈必然趋势。已有研究表明,气温在 20-25℃

收稿日期:2023-03-15

修回日期:2023-05-11

^{*} 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-21)和陕西宁强县科技攻关项目(KJ2019-001)资助。

【第一作者简介】

朱成豪(1994-),男,在读博士研究生,主要从事中药资源开发及质量控制研究,E-mail:medicalzch@163.com。

【**通信作者简介】

孙志蓉(1967-),女,博士,教授,主要从事中药资源质量与开发研究,E-mail:zrs67@126.com。

【引用本文】

朱成豪,郭怡博,王尚涛,等.生态环境因子与天麻品质相关成分含量的关系研究[J].广西科学,2023,30(6):1190-1203.

ZHU C H, GUO Y B, WANG S T, et al. Study on the Relationship between Ecological Environmental Factors and the Content of Quality Related Components of *Gastrodia elata* [J]. Guangxi Sciences, 2023, 30(6): 1190-1203.

时天麻生长较快,而在 30 ℃ 以上时,天麻的生长便会受到抑制^[8];乌天麻(*G. elata* f. *glauca*)适宜生长在海拔较高的云南和贵州,而红天麻(*G. elata* f. *elata*)则主要分布在海拔相对较低的陕西、河南等地^[9]。此外,土质疏松,利水透气的微酸性或中性土壤较适宜天麻生长^[10]。目前有关生态环境因子对天麻内在品质相关成分含量影响的研究还很有限,探明生态环境因子与天麻品质形成之间的关系,对天麻资源的可持续利用及道地性形成机制的解析具有重要意义。本研究对在陕西省汉中市宁强县采集到的 48 份天麻样品进行浸出物及主要有效成分含量测定并建立指纹图谱,利用 ArcGIS 10.2 和 SPSS 20.0 软件分析气候、土壤、地形地貌等 77 个生态环境因子与成分含量之间的相关性,总结天麻品质相关成分在小尺度(县域)空间范围内的变异规律,为天麻资源的可持续开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 仪器

LC-20AT 型高效液相色谱仪(日本岛津公司),Diamondsil C₁₈ 型色谱柱(250 mm × 4.6 mm, 5 μm, 北京迪马科技有限公司),Quintix35-1CN 型十万分之一电子天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司],BSA124S 型万分之一电子分析天平[赛多利斯科学仪器(北京)有限公司],HH-4A 型数显单控单列恒温电热水浴锅[国华(常州)仪器制造有限公司],KQ-

500DE 型超声波清洗器(昆山舒美超声仪器有限公司),SHB-IIIS 型循环水真空泵(北京世纪予华仪器有限公司),350T 型德蔚高速多功能粉碎机(广州市渲龙厨具有限公司),DHG-9123A 型鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司)。

1.2 试剂

天麻素(批号:T10M9F55562)、对羟基苯甲醇(批号:H21D6Q7813)、巴利森苷 A(批号:P24S11F124204)、巴利森苷 B(批号:A13GB157725)、巴利森苷 C(批号:D06N11S130122)、巴利森苷 E(批号:D08D11S133702)均购自上海源叶生物科技有限公司,纯度≥98%。其他试剂还有乙腈[色谱纯,赛默飞世尔科技(中国)有限公司]、磷酸[色谱纯,福晨(天津)化学试剂有限公司]、水(娃哈哈纯净水)、无水乙醇(分析纯,天津市致远化学试剂有限公司)、甲醇(分析纯,天津市致远化学试剂有限公司)。

1.3 样品

于 2021 年 10-12 月在陕西省汉中市宁强县 18 个镇采集林下栽培的新鲜天麻,记录经纬度和海拔,随机从中抽取分析样品。具体样品信息见表 1。样品经北京中医药大学孙志蓉教授鉴定为天麻(*Gastrodia elata* Bl.)的新鲜块茎,将块茎放入蒸锅中,保持水沸腾蒸制 30 min,待天麻无白心时取出,室内自然冷却,随后将天麻样品放入鼓风干燥箱中于 60 ℃ 烘干至恒重,粉碎,过 4 号筛后干燥保存备用。

表 1 天麻样品信息

Table 1 Sample information of *G. elata*

编号 Number	地点 Location	变型 Variant	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude/m	采集时间 Collect time
S1	Bahaihe Village, Anlehe Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.800 0°E	32.900 0°N	1 126	2021-12-02
S2	Tangjiahe Village, Anlehe Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.791 0°E	32.793 0°N	1 032	2021-12-02
S3	Guankouba Village, Bashan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.265 8°E	32.704 1°N	1 354	2021-11-19
S4	Luoquanyan Village, Bashan Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.269 0°E	32.744 0°N	1 203	2021-11-19
S5	Maopinggou Village, Bashan Town	<i>G. elata</i> f. <i>glauca</i>	106.243 0°E	32.735 0°N	1 184	2021-11-19
S6	Zhangjiaba Village, Chanjiayan Town	<i>G. elata</i> f. <i>glauca</i>	106.476 0°E	32.750 5°N	1 643	2021-11-22
S7	Zhangjiaba Village, Chanjiayan Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.470 0°E	32.750 0°N	1 665	2021-11-22
S8	Dayudong Village, Da'an Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.284 0°E	33.140 0°N	1 158	2021-11-18
S9	Longquan Village, Da'an Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.257 0°E	32.999 0°N	912	2021-11-18
S10	Xinming Village, Da'an Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.287 0°E	33.050 0°N	694	2021-11-18
S11	Daqiao Village, Daijiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.150 0°E	33.010 0°N	710	2021-11-04
S12	Erliba Village, Daijiaba Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.244 0°E	33.181 0°N	1 380	2021-11-10
S13	Wudingguan Village, Daijiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.230 0°E	32.960 0°N	1 129	2021-11-04

续表

Continued table

编号 Number	地点 Location	变型 Variant	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude/m	采集时间 Collect time
S14	Baiguoshu Village, Erlangba Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.386 7°E	32.776 5°N	1 376	2021-11-23
S15	Erlangba Village, Erlangba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.378 4°E	32.802 7°N	965	2021-11-23
S16	Luojiaba Village, Erlangba Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.433 2°E	32.784 0°N	1 302	2021-11-23
S17	Gucheng Village, Gaozhaizi Street	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.276 0°E	32.839 0°N	810	2021-11-02
S18	Hejiayuanzi Village, Gaozhaizi Street	Hybrid <i>G. elata</i>	106.307 0°E	32.850 4°N	681	2021-11-02
S19	Group 7, Guangpinghe Village, Guangping Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.696 0°E	32.775 0°N	984	2021-12-01
S20	Group 8, Guangpinghe Village, Guangping Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.712 0°E	32.774 0°N	1 032	2021-12-01
S21	Group 9, Guangpinghe Village, Guangping Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.708 7°E	32.760 7°N	1 104	2021-12-01
S22	Berlin Post Village, Hanyuan Street	Hybrid <i>G. elata</i>	106.239 0°E	32.880 0°N	1 003	2021-11-17
S23	Huangbayi Village, Hanyuan Street	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.159 0°E	32.772 0°N	1 214	2021-11-17
S24	Longwang Village, Hujiaba Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.380 0°E	32.990 0°N	1 006	2021-11-13
S25	Qingmingshan Village, Hujiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.500 9°E	32.954 1°N	1 211	2021-11-13
S26	Longgangba Village, Juting Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.155 3°E	33.166 1°N	1 050	2021-10-26
S27	Taoyuanzi Village, Juting Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.022 0°E	33.069 7°N	1 130	2021-10-26
S28	Zhaojiakan Village, Juting Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.132 8°E	33.108 3°N	880	2021-11-10
S29	Caochuanzi Village, Maobahe Town	<i>G. elata</i> f. <i>glauca</i>	106.419 2°E	32.637 9°N	1 584	2021-11-25
S30	Caochuanzi Village, Maobahe Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.424 2°E	32.625 0°N	1 641	2021-11-25
S31	Zhangjiashan Village, Maobahe Town	Hybrid <i>G. elata</i>	106.490 0°E	32.700 0°N	1 736	2021-11-22
S32	Haodiba Village, Qingmuchuan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.703 0°E	32.867 0°N	910	2021-11-30
S33	Nanba Village, Qingmuchuan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.567 0°E	32.822 0°N	989	2021-11-30
S34	Yuquanba Village, Qingmuchuan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.657 0°E	32.864 0°N	1 102	2021-11-30
S35	Chenjiaba Village, Shujiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.200 0°E	32.870 0°N	1 012	2021-11-25
S36	Songshugou Village, Shujiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.144 5°E	32.891 5°N	923	2021-11-19
S37	Wenjiahe Village, Shujiaba Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.205 6°E	32.878 1°N	778	2021-11-25
S38	Yangjiaba Village, Taiyangling Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.987 0°E	33.133 0°N	1 242	2021-11-09
S39	Zhaojiahe Village, Taiyangling Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.988 0°E	33.041 0°N	780	2021-11-09
S40	Hewan Village, Tiesuoguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.377 2°E	32.891 4°N	811	2021-11-08
S41	Tiesuoguan Village, Tiesuoguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.403 0°E	32.887 0°N	762	2021-11-08
S42	Xiaogou Village, Tiesuoguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.368 0°E	32.916 0°N	945	2021-11-08
S43	Group 10, Shenjiaba Village, Yanzibian Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.012 7°E	32.905 4°N	1 232	2021-12-02
S44	Group 11, Shenjiaba Village, Yanzibian Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.989 0°E	32.905 4°N	1 133	2021-12-02
S45	Group 12, Shenjiaba Village, Yanzibian Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.002 6°E	32.898 3°N	1 033	2021-12-02
S46	Dachanggou Village, Yangpingguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.059 5°E	32.965 4°N	700	2021-11-03
S47	Hetao Dam Village, Yangpingguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	105.990 0°E	32.860 0°N	1 100	2021-11-03
S48	Zhangjiahe Village, Yangpingguan Town	<i>G. elata</i> f. <i>elata</i>	106.076 7°E	32.961 5°N	640	2021-11-03

1.4 生态环境因子

月度气象数据(包括平均气温、降水量、水气压、风速、太阳辐射,时间尺度为1970–2000年)以及海

拔数据均源自全球气候数据库(<http://www.worldclim.org/>)。土壤数据(土壤沙含量、黏土含量)来源于联合国粮食和农业组织土壤门户网站的世界土壤

数据库(HWSD)土壤数据集(v1.2, <https://www.fao.org/soils-portal/en/>), 中国区域的土壤数据由第二次全国土地调查提供的《1:100万中华人民共和国土壤图》(1995年编制)得到。坡度数据使用 ArcGIS 10.2 软件的投影栅格、按掩膜提取、坡度分析工具处理海拔数据得到。所有数据空间分辨率为 30 s (约 1 km×1 km)。

1.5 浸出物含量测定

参照《中华人民共和国药典(一部)》(2020年版)^[1](以下简称《中国药典》)的方法测定。取供试品 2-4 g, 精密称定, 置于 100-250 mL 锥形瓶中, 精密加水 50-100 mL, 密塞, 称定质量, 静置 1 h 后, 连接回流冷凝管, 加热至沸腾, 并保持微沸 1 h。自然冷却后, 取下锥形瓶, 密塞, 再称定质量, 用水补足减失的质量, 摇匀, 用干燥滤器滤过, 精密量取滤液 25 mL, 置于已干燥至恒重的蒸发皿中, 水浴蒸干后, 于 105 °C 干燥 3 h, 置干燥器中冷却 30 min, 迅速精密称定质量。

1.6 有效成分含量测定

1.6.1 色谱条件

采用 Diamonsil-C18 (250 mm×4.6 mm, 5 μm) 色谱柱; 流动相为乙腈(A)-0.1%磷酸水(B), 梯度洗脱(0-10 min, 3%-10% A; 10-15 min, 10%-12% A; 15-25 min, 12%-18% A; 25-40 min, 18% A; 40-42 min, 18%-95% A); 流速为 0.8 mL/min; 检测波长为 220 nm; 柱温为 30 °C; 进样量为 10 μL。

表 2 各成分线性关系

Table 2 Linear relationship of each components

化合物 Components	回归方程 Regression equation	R^2	线性范围/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$) Linear range/($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
Gastrodin	$y = 20713x - 11299$	0.999 8	17.1 - 342.0
<i>P</i> -hydroxybenzyl alcohol	$y = 45322x - 19698$	1.000 0	4.0 - 127.2
Parishin E	$y = 14966x - 46589$	0.999 3	10.4 - 207.0
Parishin B	$y = 16770x - 16764$	0.999 0	11.2 - 224.0
Parishin C	$y = 18904x - 25686$	0.999 0	5.8 - 116.0
Parishin A	$y = 18661x - 118658$	0.999 6	24.9 - 498.0

1.6.5 精密度试验

精密量取 1.6.2 节制备的混合对照品溶液, 以 1.6.1 节的色谱条件测定各对照品峰面积, 重复 6 次。其中天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C 与巴利森苷 A 的峰面积相对标准

1.6.2 对照品溶液的制备

取对照品适量, 精密称定, 置于 10 mL 容量瓶中, 加乙腈-水(3:97)混合溶液溶解定容, 配制质量浓度分别为天麻素(100 μg/mL)、对羟基苯甲醇(30 μg/mL)、巴利森苷 A(362.6 μg/mL)、巴利森苷 B(101.8 μg/mL)、巴利森苷 C(102 μg/mL)、巴利森苷 E(102.2 μg/mL)的混合对照品溶液。

1.6.3 供试品溶液的制备

精密称定天麻样品粉末 0.5 g, 置于具塞锥形瓶中, 加入 50% 甲醇 25 mL, 称定质量, 超声处理(500 W, 40 kHz) 30 min, 自然冷却后, 用水补足减失的质量, 4 000 r/min 离心 5 min, 取上清液过 0.22 μm 微孔滤膜, 即得供试品溶液。将 48 份天麻供试品的指纹图谱数据导入“中国色谱指纹图谱相似度评价系统(2004 版)”, 以 S10(大安市新明村)样品为参照峰, 采用中位数法和自动匹配法, 获取共有峰并建立宁强县天麻共有的对照指纹图谱, 计算供试品相对于对照指纹图谱相似度值。

1.6.4 标准曲线的制备

精密量取 1.6.2 节制备的混合对照品溶液, 用乙腈-水(3:97)混合溶液逐级稀释至 0.00、1.25、2.50、5.00、10.00、20.00 倍, 制成一系列不同浓度的混合对照品溶液, 各取 10 μL 注入高效液相色谱仪。以 1.6.1 节的色谱条件测定各对照品峰面积, 以对照品浓度为横坐标(X), 以峰面积为纵坐标(Y)进行线性回归(表 2)。

偏差(Relative Standard Deviation, RSD)分别为 0.26%、0.20%、0.06%、0.05%、0.06%、0.11%。

1.6.6 稳定性试验

精密量取 1.6.3 节制备的供试品溶液, 分别于配制后 0、6、12、24、36 h 各进样 1 次, 以 1.6.1 节的色

谱条件测定峰面积。其中天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C 与巴利森苷 A 的峰面积 RSD 分别为 1.32%、2.18%、1.83%、1.98%、2.21% 与 2.25%，表明供试品溶液 36 h 内稳定性良好。

1.6.7 重复性试验

精密称取同一天麻样品粉末 2.0 g，共 6 份。按 1.6.3 节下制备成供试品溶液，以 1.6.1 节的色谱条件测定各供试品峰面积并计算各成分质量分数。其

表 3 6 个特征性成分加样回收率试验结果

Table 3 Test results of sample addition recovery rate of 6 characteristic components

成分 Component	含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Content/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	加入量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Addition/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	测得量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Measurement/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	加样回收率/% Recovery rate/%	平均加样回收率/% Average recovery/%	RSD/%
Gastrodin	148.254 8	145.748 6	291.530 4	98.30	98.61	0.64
	149.072 8	145.748 6	291.559 4	97.76		
	147.487 4	145.748 6	291.511 3	98.82		
	148.123 9	145.748 6	291.526 6	98.39		
	147.844 8	145.748 6	291.519 2	98.58		
	146.015 9	145.748 6	291.496 7	99.82		
P - hydroxybenzyl alcohol	46.711 7	45.720 3	91.452 5	97.86	97.33	0.45
	47.120 9	45.720 3	91.469 5	97.00		
	47.054 9	45.720 3	91.466 3	97.14		
	47.213 1	45.720 3	91.474 3	96.81		
	47.047 8	45.720 3	91.466 0	97.15		
	46.645 8	45.720 3	91.450 4	98.00		
Parishin E	123.079 2	120.842 5	241.668 7	98.14	98.47	0.96
	123.990 9	120.842 5	241.685 9	97.40		
	121.328 7	120.842 5	241.674 2	99.59		
	123.361 7	120.842 5	241.672 6	97.91		
	121.321 6	120.842 5	241.674 3	99.59		
	120.416 9	120.842 5	241.697 9	100.36		
Parishin B	124.117 1	122.306 7	244.625 3	98.53	99.05	1.03
	125.342 5	122.306 7	244.663 1	97.56		
	122.328 1	122.306 7	244.613 2	99.98		
	124.538 8	122.306 7	244.635 6	98.19		
	122.750 5	122.306 7	244.611 3	99.64		
	121.823 8	122.306 7	244.619 3	100.40		
Parishin C	50.846 2	49.940 1	99.871 9	98.17	98.44	0.90
	51.393 4	49.940 1	99.882 9	97.10		
	50.369 6	49.940 1	99.872 0	99.12		
	51.113 6	49.940 1	99.875 8	97.64		
	50.406 4	49.940 1	99.871 7	99.05		

中天麻素、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E、巴利森苷 B、巴利森苷 C 与巴利森苷 A 的质量分数 RSD 分别为 2.60%、1.17%、1.39%、1.42%、1.54%、1.43%。

1.6.8 加样回收率试验

精密称定已知成分含量的天麻供试品 0.5 g，共 6 份，按照要求制备供试品溶液，分别加入各对照品溶液，进样测定，记录峰面积，计算平均加样回收率及 RSD，结果见表 3。

续表

Continued table

成分 Component	含量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Content/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	加入量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Addition/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	测得量/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$ Measurment/ $(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	加样回收率/% Average recovery/%	平均加样回收率/% Average recovery/%	RSD/%
Parishin A	50.139 7	49.940 1	99.875 4	99.59	98.83	1.09
	279.318 6	273.500 7	546.989 9	97.87		
	282.070 4	273.500 7	547.070 1	96.89		
	275.606 1	273.500 7	546.968 1	99.22		
	278.630 0	273.500 7	546.978 2	98.12		
	275.995 5	273.500 7	546.965 6	99.07		
	274.420 0	273.500 7	546.982 7	99.66		

1.7 数据分析

使用 ArcGIS 10.2 软件的采样工具对 48 个采样点的环境数据进行提取,其中海拔匹配情况见图 1。使用 SPSS 20.0 软件对数据进行方差分析及皮尔逊

相关性分析,运用 Microsoft Office Excel 2020、Adobe Illustrator CS6、OriginPro 2015 完成数据和图表分析制作。

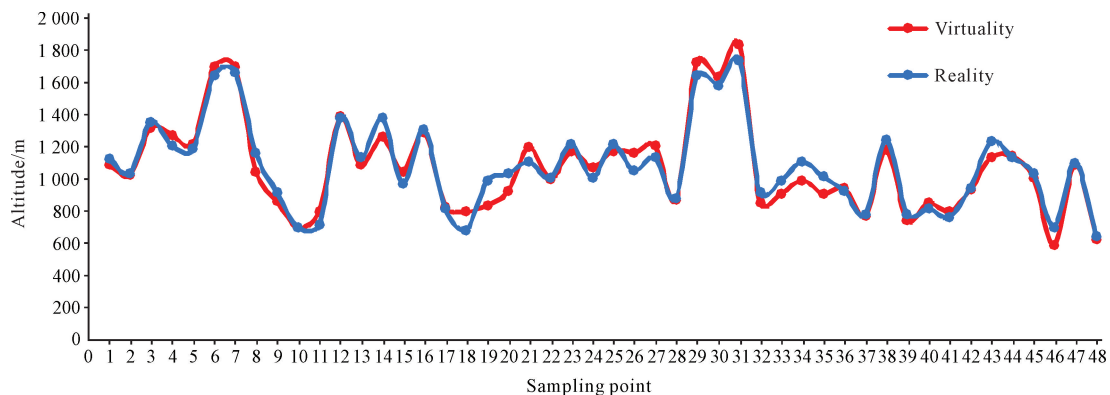


图1 海拔匹配程度

Fig.1 Altitude matching degree

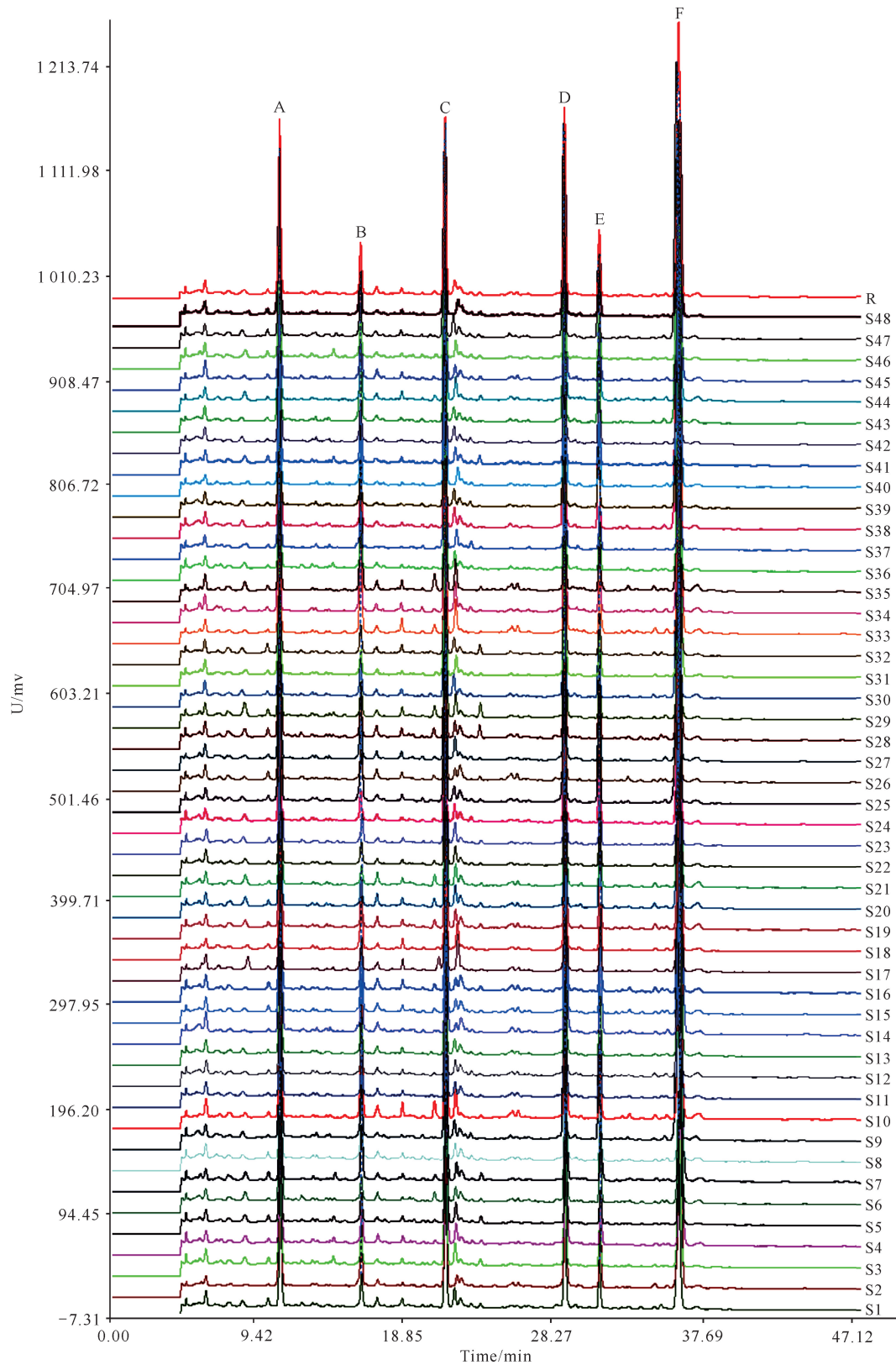
2 结果与分析

2.1 指纹图谱建立及相似度分析

通过比较对照品色谱图(图 2),判定共有成分分别为 A:天麻素,B:对羟基苯甲醇,C:巴利森苷 E,D:巴利森苷 B,E:巴利森苷 C,F:巴利森苷 A,与《中国药典》规定的特征图谱保留峰一致,说明建立的检测方法稳定、可靠。48 批天麻样品的共有峰为 6 个,共有峰保留时间 RSD 较小(0.09% - 0.17%),共有峰的峰面积 RSD 较大(18.50% - 52.59%),说明 48 份天麻样品中同一成分的含量差异较大。由表 4 可看出,不同采样点之间天麻的特征图谱相似度较高,除 S37(舒家坝镇文家河村)样品相似度低于 0.9(为 0.843),其他样品相似度均为 0.948 - 0.998,表明宁强县内天麻有效成分基本一致。

2.2 不同采样点天麻浸出物及有效成分含量聚类分析

对 48 份天麻样品的浸出物及 6 种有效成分的含量作聚类分析,结果表明:汉源街道办黄坝驿村天麻的天麻素、巴利森苷 B、巴利森苷 C 含量最高,分别为 1.05%、0.79%、0.30%;阳平关镇张家河村天麻的对羟基苯甲醇含量最高(0.18%);高寨子街道办古城村天麻的巴利森苷 A 含量最高(1.95%);高寨子街道办何家院子村天麻的巴利森苷 E 含量最高(0.93%),巴利森苷类成分总含量以高寨子街道办古城村最高(3.57%),约为大安镇龙泉村(1.52%)的 2.35 倍,其次是汉源街道办黄坝驿村(3.54%)。数据标准化后的聚类分析结果表明,总体来看不同采样点聚为 3 类。6 种成分聚为 4 类,其中天麻素与巴利森苷 C、巴利森苷 A、巴利森苷 B 聚为一类,浸出物、对羟基苯甲醇、巴利森苷 E 各为一类(图 3)。



A indicates Gastrodin, B indicates *P*-hydroxybenzyl alcohol, C indicates Parishin E, D indicates Parishin B, E indicates Parishin C, F indicates Parishin A.

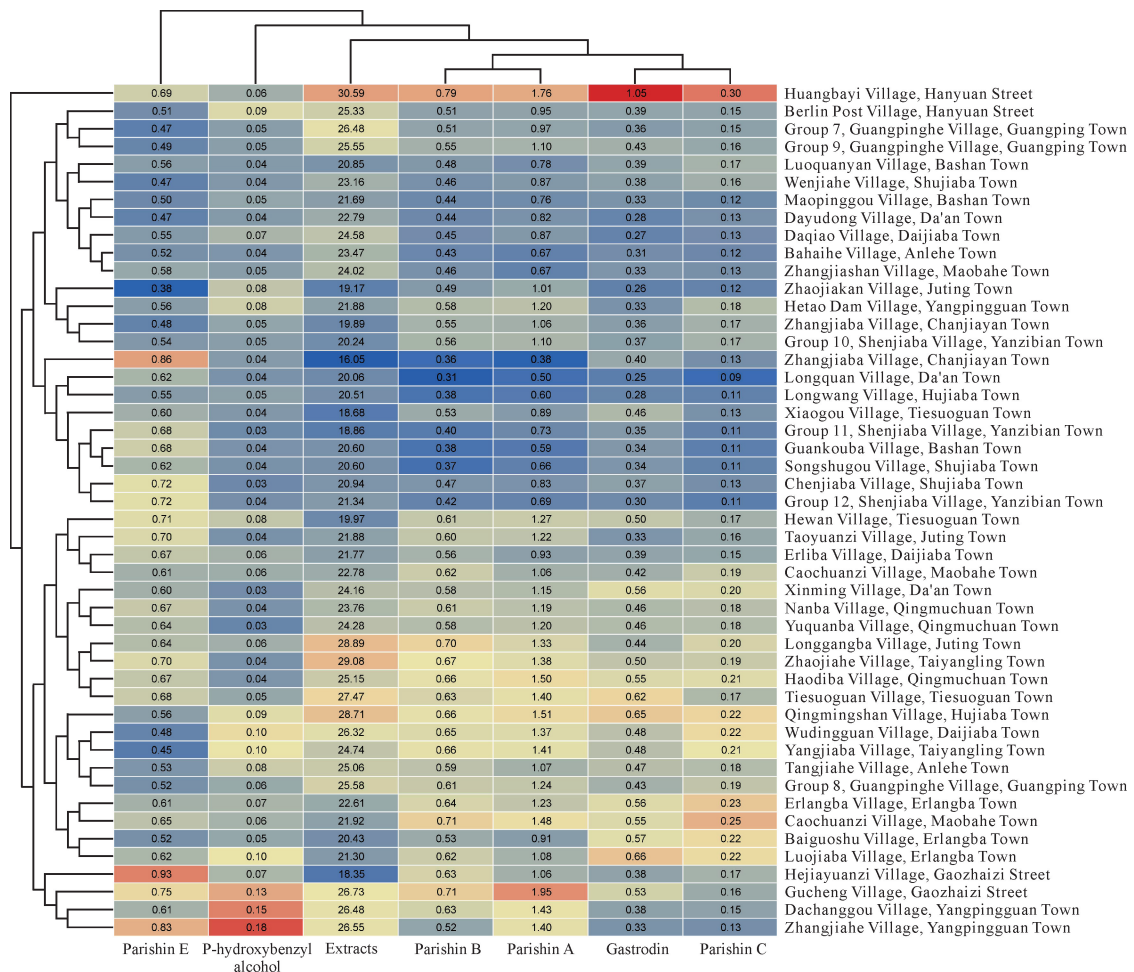
图2 48批天麻样品的对照指纹图谱

Fig. 2 Control fingerprints of 48 batches of *G. elata* samples

表 4 48 批天麻样品的指纹图谱相似度

Table 4 Fingerprint similarity of 48 batches of *G. elata* samples

编号 Number	相似度 Similarity	编号 Number	相似度 Similarity	编号 Number	相似度 Similarity	编号 Number	相似度 Similarity
S1	0.988	S13	0.995	S25	0.986	S37	0.843
S2	0.994	S14	0.972	S26	0.997	S38	0.996
S3	0.955	S15	0.988	S27	0.998	S39	0.990
S4	0.997	S16	0.997	S28	0.993	S40	0.996
S5	0.948	S17	0.993	S29	0.990	S41	0.995
S6	0.992	S18	0.985	S30	0.997	S42	0.979
S7	0.996	S19	0.994	S31	0.979	S43	0.980
S8	0.988	S20	0.998	S32	0.970	S44	0.985
S9	0.994	S21	0.996	S33	0.981	S45	0.994
S10	0.982	S22	0.986	S34	0.991	S46	0.980
S11	0.998	S23	0.976	S35	0.971	S47	0.997
S12	0.995	S24	0.996	S36	0.995	S48	0.990



The data in the table represent the content of relevant components, unit: %.

图 3 不同采样点天麻浸出物及 6 种有效成分含量聚类

Fig. 3 Clustering of the contents of 6 effective components and extracts of *G. elata* at different sampling points

2.3 天麻浸出物及有效成分含量

48份天麻样品的浸出物及有效成分含量统计分析结果见表5,其中天麻素的含量为0.2526% - 1.0507%,对羟基苯甲醇为0.0274% - 0.1827%,巴利森苷E为0.3789% - 0.9283%,巴利森苷B为0.3122% - 0.7878%,巴利森苷C为0.0873% - 0.3012%,巴利森苷A为0.3792% - 1.9490%,浸出物为16.05% - 30.59%。含量变化幅度对羟基苯甲醇>天麻素>巴利森苷A>巴利森苷C>巴利森苷B>巴利森苷E>浸出物,表明浸出物及巴利森苷

表5 宁强县天麻浸出物及有效成分含量

Table 5 Description and statistics of components and extracts of *G. elata* in Ningqiang County

指标 Index	极小值/% Minimum/%	极大值/% Maximum/%	均值/% Mean value/%	标准差/% Standard deviation/%	变异系数 Coefficient of variation
Gastrodin	0.2526	1.0507	0.4297	0.1385	32.23
P-hydroxybenzyl alcohol	0.0274	0.1827	0.0617	0.0315	51.12
Parishin E	0.3789	0.9283	0.6077	0.1108	18.23
Parishin B	0.3122	0.7878	0.5477	0.1079	19.70
Parishin C	0.0873	0.3012	0.1655	0.0437	26.39
Parishin A	0.3792	1.9490	1.0674	0.3316	31.07
Extracts	16.0500	30.5900	23.1500	3.2000	13.83

表6 不同采样点天麻浸出物及有效成分的单因素方差分析

Table 6 Single factor analysis of variance of effective components and extracts of *G. elata* at different sampling points

指标 Index	组间平方和 Sum of squares	df	均方 Mean square	F	显著性 Significance
Gastrodin	2.705	47	0.058	1781.109	0.000
P-hydroxybenzyl alcohol	0.140	47	0.003	4539.477	0.000
Parishin E	1.730	47	0.037	253.119	0.000
Parishin B	1.642	47	0.035	517.800	0.000
Parishin C	0.269	47	0.006	430.050	0.000
Parishin A	15.506	47	0.330	1174.088	0.000
Extracts	1445.531	47	30.756	433.751	0.000

2.4 天麻浸出物及有效成分含量与生态环境因子的相关性分析

将天麻浸出物及有效成分含量与采样点相应的77个生态环境因子进行Spearman相关性分析和显著性检验,结果表明:浸出物含量与年平均气温、年平均水气压及土壤沙含量均呈显著或极显著正相关,与年平均降水量、年平均风速、海拔、土壤淤泥含量均呈显著负相关。6种有效成分总量与年平均气温、年平均降水量、年平均风速均呈显著正相关,与海拔、坡度

E含量稳定性高,离散程度小,对羟基苯甲醇及天麻素稳定性低,离散程度大。县内所有样点的浸出物均符合《中国药典》要求。不同采样点天麻浸出物及6种有效成分含量的差异显著($P < 0.001$,表6),其中6种有效成分总量以汉源街道办黄坝驿村天麻最高,达4.65%,约为大安镇龙泉村天麻(1.81%)的2.57倍;汉源街道办黄坝驿村红天麻浸出物含量最高,达30.59%,禅家岩镇张家坝村乌天麻浸出物含量最低,为16.05%。

呈显著负相关。巴利森苷类成分含量与环境因素的关系和6种有效成分总量表现一致,而天麻素+对羟基苯甲醇总量仅与坡度呈显著负相关关系(图4)。随着土壤沙含量和淤泥含量的升高,6种有效成分总量整体呈先升后降的趋势(图5)。由图6可以看出,对羟基苯甲醇与2月降水,8、9月太阳辐射,交换性盐基,土壤黏土含量及土壤的阳离子交换能力呈显著正相关;巴利森苷A与1、12月降水,3、7、8月风速,土壤淤泥含量呈显著负相关,与黏性层土壤的阳离子

交换能力呈显著正相关;巴利森苷 E 与坡度呈显著负相关;巴利森苷 B 与黏性层土壤的阳离子交换能力呈显著正相关。根据相关性大小发现,生态环境因子与天麻浸出物及有效成分含量的关系为气候>海

拔>土壤,气候因子中影响较大的为 12 月降水量、4 月风速和 12 月平均气温。与坡度相比,海拔影响较大。土壤因子中影响最大的为土壤淤泥含量,其次为土壤沙含量。

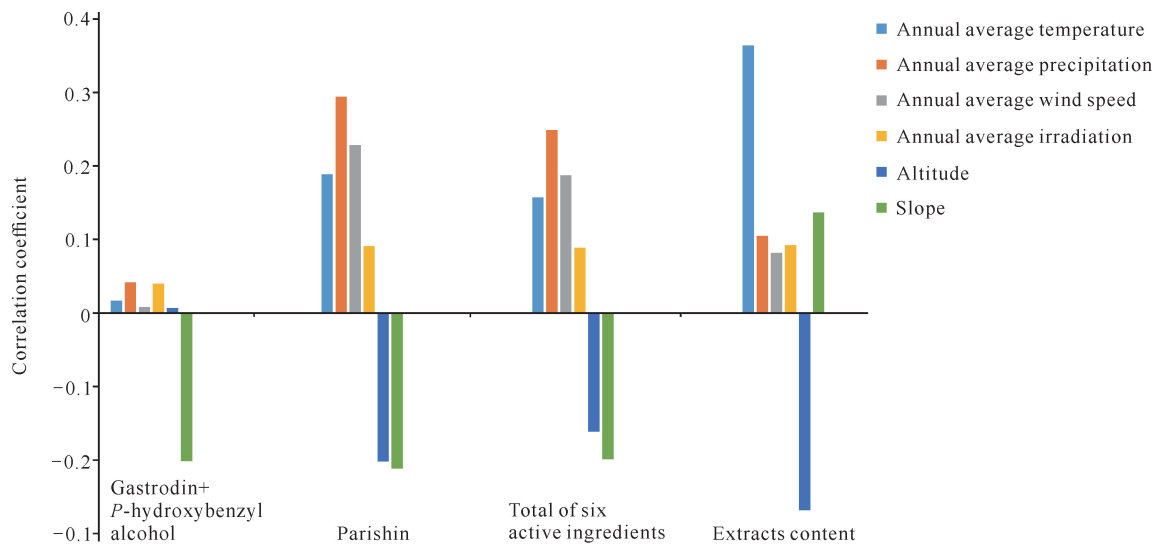


图 4 天麻浸出物及 6 种有效成分含量与部分生态环境因子的关系

Fig. 4 Relationship between the extract and content of 6 active ingredients of *G. elata* and some environmental factors

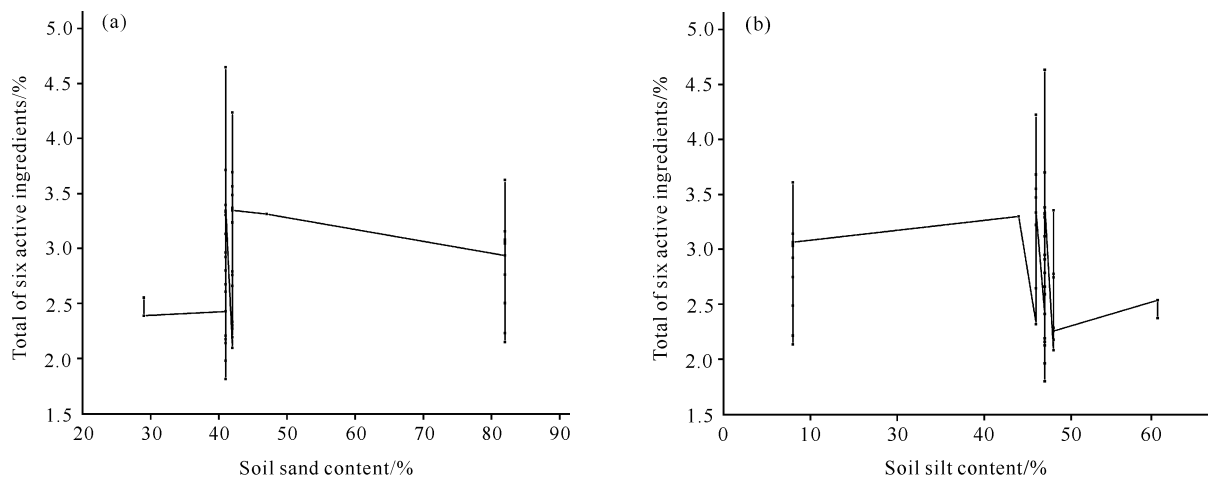


图 5 天麻 6 种有效成分总量与土壤沙、淤泥含量的关系

Fig. 5 Relationship between the total amount of 6 effective components of *G. elata* and the content of soil sand and silt

Environmental factor	Month	Gastrodin	4-Hydroxy-benzylalcohol	Parishin E	Parishin B	Parishin C	Parishin A	Extract
Monthly average temperature	December	-0.048	-0.110	0.070	0.059	-0.119	0.232	0.394
	November	-0.024	-0.096	0.102	0.075	-0.109	0.241	0.381
	October	-0.007	-0.076	0.133	0.097	-0.104	0.260	0.382
	September	-0.009	-0.031	0.130	0.082	-0.118	0.242	0.347
	August	-0.012	-0.024	0.122	0.079	-0.123	0.240	0.355
	July	-0.031	-0.021	0.106	0.065	-0.133	0.226	0.348
	June	-0.027	-0.030	0.119	0.074	-0.131	0.236	0.356
	May	-0.024	-0.053	0.130	0.080	-0.124	0.245	0.365
	April	-0.023	-0.078	0.130	0.083	-0.117	0.250	0.372
	March	-0.029	-0.083	0.105	0.079	-0.115	0.245	0.380
	February	-0.052	-0.092	0.084	0.062	-0.132	0.234	0.382
	January	-0.049	-0.101	0.064	0.058	-0.122	0.233	0.389
Precipitation	December	0.087	0.128	-0.003	-0.108	0.071	-0.292	-0.466
	November	0.186	0.204	0.112	-0.035	0.078	-0.200	-0.352
	October	0.143	0.176	0.068	-0.073	0.061	-0.249	-0.402
	September	0.254	0.276	0.196	0.043	0.100	-0.085	-0.239
	August	0.073	-0.105	0.248	0.012	-0.073	0.095	0.204
	July	0.129	-0.002	0.217	0.046	-0.054	0.130	0.207
	June	0.148	0.078	0.035	-0.107	0.064	-0.176	-0.158
	May	0.172	0.170	0.081	-0.065	0.088	-0.231	-0.400
	April	0.143	0.188	0.045	-0.071	0.082	-0.248	-0.399
	March	0.146	0.203	0.065	-0.080	0.064	-0.239	-0.397
	February	0.122	0.317	0.040	-0.033	0.061	-0.184	-0.374
	January	0.078	0.165	-0.056	-0.125	0.067	-0.290	-0.394
Wind speed	December	0.012	0.138	-0.118	-0.090	0.104	-0.263	-0.404
	November	0.024	0.080	-0.184	-0.071	0.129	-0.237	-0.327
	October	0.113	0.161	-0.063	0.014	0.174	-0.105	-0.312
	September	0.038	0.018	-0.077	-0.009	0.157	-0.190	-0.308
	August	-0.150	-0.075	-0.088	-0.207	-0.047	-0.354	-0.394
	July	-0.099	0.041	-0.165	-0.232	-0.067	-0.374	-0.437
	June	0.093	0.182	-0.046	-0.027	0.153	-0.189	-0.384
	May	0.046	0.139	-0.094	-0.072	0.091	-0.223	-0.374
	April	-0.013	0.145	-0.085	-0.096	0.064	-0.257	-0.439
	March	-0.110	0.100	-0.159	-0.155	-0.010	-0.314	-0.342
	February	0.025	0.203	-0.081	-0.072	0.041	-0.235	-0.380
	January	0.033	0.095	-0.023	-0.071	0.076	-0.222	-0.295
Water pressure	December	0.099	0.041	0.200	0.106	-0.073	0.231	0.296
	November	0.060	0.045	0.182	0.083	-0.105	0.223	0.306
	October	0.035	0.018	0.189	0.075	-0.124	0.217	0.313
	September	0.040	0.033	0.203	0.079	-0.124	0.217	0.274
	August	0.041	0.098	0.198	0.083	-0.120	0.212	0.243
	July	0.040	0.113	0.176	0.081	-0.117	0.204	0.233
	June	0.054	0.052	0.204	0.093	-0.112	0.230	0.289
	May	0.049	0.050	0.207	0.091	-0.112	0.225	0.290
	April	0.048	0.014	0.193	0.080	-0.115	0.221	0.311
	March	0.055	0.005	0.199	0.083	-0.102	0.220	0.307
	February	0.068	0.011	0.207	0.078	-0.103	0.222	0.314
	January	0.093	0.040	0.217	0.094	-0.088	0.216	0.289
Solar radiation	December	-0.070	0.062	0.070	0.078	-0.101	0.136	0.076
	November	-0.064	0.179	-0.189	0.087	0.036	0.150	0.163
	October	0.041	0.271	0.077	0.083	-0.025	0.096	-0.018
	September	0.147	0.286	0.149	0.075	0.045	0.047	-0.087
	August	0.149	0.289	0.105	0.096	0.001	0.131	0.011
	July	0.050	0.226	0.152	0.105	-0.045	0.168	0.065
	June	-0.011	0.191	0.052	0.088	-0.072	0.119	0.055
	May	-0.163	0.090	0.008	0.064	-0.148	0.149	0.154
	April	-0.163	0.103	0.035	0.011	-0.159	0.074	0.041
	March	-0.112	0.147	0.040	0.052	-0.112	0.097	0.018
	February	-0.089	0.147	0.059	0.095	-0.043	0.137	-0.024
	January	-0.097	0.168	0.030	0.040	-0.107	0.094	0.021
Soil sand content		-0.033	-0.141	-0.022	0.144	-0.047	0.154	0.290
Soil Silt content		-0.190	-0.077	0.026	-0.275	-0.139	-0.299	-0.305
Clay content		0.139	0.395	0.090	0.089	0.092	0.074	-0.167
Soil available water content		-0.226	0.111	-0.090	-0.142	-0.153	-0.111	0.079
Soil bulk density		-0.092	-0.251	-0.080	0.001	-0.036	0.008	0.186
Cation exchange capacity of soil		0.140	0.439	0.112	0.196	0.061	0.179	-0.062
Cation exchange capacity of clayey soil		0.198	0.175	0.096	0.292	0.080	0.312	0.258
pH value		0.174	0.150	0.109	0.173	0.038	0.193	0.115
Organic carbon content		-0.164	0.052	0.062	-0.048	-0.187	-0.076	-0.108
Organic carbon content		-0.166	-0.039	0.004	0.003	-0.187	-0.017	0.020
Carbonate or lime content		-0.068	-0.241	-0.008	-0.173	-0.098	-0.158	-0.060
Exchangeable base		0.212	0.331	0.022	0.211	0.118	0.215	0.027
Exchangeable sodium salt		-0.121	-0.171	0.091	0.085	-0.178	0.088	0.235
Basic saturation		0.178	0.259	0.107	0.142	0.062	0.150	-0.005
Conductivity		-0.068	-0.241	-0.008	-0.173	-0.098	-0.158	-0.060
Altitude		-0.019	0.029	-0.128	-0.109	0.092	-0.270	-0.373
Slope		-0.123	-0.124	-0.444	-0.078	-0.015	-0.074	0.186

The data in the table represent the correlation coefficient between the content of a certain component and its corresponding environmental factors.

图6 天麻浸出物及6种有效成分含量与77个生态环境因子的相关性

Fig. 6 Correlation between *G. elata* extract and 6 active ingredients and 77 environmental factors

3 讨论

天麻的人工培育会受到多种因素的影响,如促进种子萌发的萌发菌、为其提供直接营养的蜜环菌、栽培的环境和技术等。本研究选择栽培条件相对一致的样点(萌发菌、蜜环菌和栽培技术相同)采集天麻样品,并结合采样点生态环境因子数据分析发现,宁强县天麻浸出物及有效成分含量与生态环境因子的关系为气候>海拔>土壤。其中,气候因子中影响较大的为年平均气温、年平均降水量和年平均风速;海拔的影响大于坡度;土壤因子中影响最大的为土壤淤泥含量,其次为土壤沙含量。

气候是地球上某一地区多年时段大气的一般状态,是多个生态环境因子的综合表现^[11]。其中,光照、温度、水分对中药材的分布与品质的形成最为重要,如防己(*Stephania tetrandra*)中粉防己碱和防己诺林碱含量与年平均气温呈正相关^[12];欧洲菝葜(*Scopolia carniolica*)在干旱时阿托品含量达1%,而在湿润环境下只有0.3%–0.5%^[13]。本研究发现,宁强县属山地暖温带湿润季风气候,县域内所产天麻的6种有效成分总量与年平均气温呈显著正相关,天麻浸出物含量与1–5月、10–12月降水量,1–12月风速呈显著或极显著负相关,原因可能是一定气候区域内气温影响了蜜环菌和天麻的生长及二者的伴生关系,有利于生物量积累和品质形成,而春季和秋冬季的降水直接影响林地土壤水分和空气湿度,风速会增加林地通透性并调节气温,同时也会在少雨年份或季节加大蒸发量而加剧干旱程度,影响萌发菌、蜜环菌和天麻的生长。中药资源具有明显的空间和地域分布规律^[13],药材品质的形成与产地的地理位置、地形地貌、海拔等因子密切相关,如纹党(*Codonopsis pilosula*)中浸出物含量与海拔呈正相关^[14]。本研究中天麻浸出物含量与海拔却呈显著负相关,可能是由于高海拔主要种植乌天麻,其麻形偏小,水分含量低,浸出物含量相对较高;但是低海拔红天麻个大,浸出物绝对含量较高。已有研究证实中药材在不同采收时间里的有效成分含量存在差异^[15]。本研究选择天麻成熟期进行采收,不同采样点的天麻成熟期具有差异,导致天麻成熟期时间不一的原因可能包括环境因素和人为因素(栽培技术),本研究在保证栽培条件(所用菌种和栽培技术)一致的前提下进行采收,以此来探究环境因素对天麻质量的影响。土壤是药用植物生长的基础,土壤的质地、养分、酸碱性

等均会对中药材的品质产生影响^[16],如最适合金银花(*Lonicera japonica*)的土壤类型是中性或稍碱性的沙壤土^[17]。本研究发现,天麻6种有效成分总量与土壤淤泥含量呈显著负相关,与土壤沙含量呈显著正相关。因天麻适宜生长在较疏松的沙土或沙壤土中^[18],土壤通透性不佳不利于蜜环菌生长,且易染杂菌,从而影响天麻生长。此外,本研究发现天麻在生长过程中受到环境胁迫(如气温、水气压较高等)时,在外观形态上会变细长、生物量降低、浸出物含量增加,当处于顺境(如气温较低、风速较快等)时,天麻会变短粗、生物量增加、浸出物及巴利森苷A含量降低,同样体现了中药材的“逆境效应”^[19]。宁强县天麻的6种有效成分总量和海拔、坡度呈负相关,高海拔下气温低,可能不利于有效成分的积累,这与6种有效成分含量与年平均气温呈正相关的结果吻合。

位于宁强县巴山北坡高中山区的毛坝河镇、禅家岩镇、二郎坝镇及巴山镇的气候特点为气温低、风速大、促生产月降水量大、光照稍不足,浸出物含量相对较低,6种有效成分含量相对居中,在天麻栽培过程中应注意调节林分郁闭度,采取覆盖保温和防积水等措施;宁强县北部秦岭南坡中山的代家坝镇、巨亭镇、大安镇、太阳岭镇以及县南部的二郎坝镇、巴山镇的气候特点为7–8月降水量相对较少,光照充足,气温较低,2–4月、9–11月降水量稍不足,浸出物和6种有效成分含量相对较低,种植天麻时应注意在天麻生长前期和中后期适当补水,适当调节林分郁闭度;宁强县中部代家坝镇、胡家坝镇、汉源街道办、高寨子街道办、铁锁关镇、阳平关镇的气候特点为气温较高、光照较为充足、风速较低、降水量较为充沛,浸出物和6种有效成分含量相对较高,栽培时应当注意林分郁闭度、温度和湿度的调控,保持通风以保证产量;宁强县西部低山区青木川镇、广坪镇、安乐河镇、燕子砭镇的气候特点为气温高,促生产月降水量少,风速低,气候较不利于天麻增产,浸出物和6种有效成分含量相对居中,栽培时应当注意调控温度和湿度。

4 结论

陕西省汉中市宁强县天麻浸出物含量与年平均气温、年平均水气压、土壤沙含量均呈显著或极显著正相关,与年平均降水量、年平均风速、海拔、土壤淤泥含量均呈显著负相关;6种有效成分总量与年平均降水量、年平均气温、年平均风速均呈显著正相关,与海拔、坡度呈显著负相关。生态环境因子与天麻浸出

物及有效成分含量的关系为气候>海拔>土壤,气候因子中影响较大的为12月降水量、4月风速和12月平均气温。与坡度相比,海拔影响较大。土壤因子中影响最大的为土壤淤泥含量,其次为土壤沙含量。

本研究从小尺度层面上探究生态环境因子对天麻品质相关成分含量的影响,研究结果可为宁强县优质天麻培育及天麻资源合理开发利用提供参考,同时为其他行政区域面积大、地形地貌复杂县域的中药材产业规划提供参考。在具体研究过程中应考虑到所用生态环境因子数据库的实时性和分析方法的准确性。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 2020年版. 北京:中国医药科技出版社, 2020:59-60.
- [2] 于涵,张俊,陈碧清,等. 天麻化学成分分类及其药理作用研究进展[J]. 中草药, 2022, 53(17):5553-5564.
- [3] LIN S H, CHEN W C, LU K H, et al. Down-regulation of slit-robo pathway mediating neuronal cytoskeletal remodeling processes facilitates the antidepressive-like activity of *Gastrodia elata* Blume [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2014, 62:10493-10503.
- [4] ZHAN H D, ZHOU H Y, SUI Y P, et al. The rhizome of *Gastrodia elata* Blume: an ethnopharmacological review [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2016, 189:361-385.
- [5] ZHU H D, LIU C, HOU J J, et al. *Gastrodia elata* Blume polysaccharides: a review of their acquisition, analysis, modification, and pharmacological activities [J]. Molecules, 2019, 24(13):2436.
- [6] 郜旭鸽. 秦岭山地珍稀濒危保护植物及地理分布格局研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2017.
- [7] 明悦. 正式公布调整后的《国家重点保护野生植物名录》[J]. 绿色中国, 2021(19):74-79.
- [8] 刘鹏,曹永直,彭成江,等. 利用天麻空窝和废菌材栽培白鬼笔技术[J]. 食用菌, 2022, 44(1):49-51.
- [9] 罗紫屹,邱俊杰,吴伊莉,等. 不同变型与产地天麻中6种多酚类成分的比较[J]. 华西药学杂志, 2022, 37(3):280-284.
- [10] 王璐瑶. 天麻生长与生态因子的关系及贵州天麻种植现状[J]. 农技服务, 2019, 36(11):45-46, 48.
- [11] 徐云碧. 作物科学中的环境型鉴定(Envirotyping)及其应用[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17):3354-3371.
- [12] 杨帆,吴梦丽,高慧,等. 基于防己主要活性成分的品质区划及环境影响因素分析[J]. 中国实验方剂学杂志, 2020, 26(12):170-176.
- [13] 裴瑾. 中药资源学[M]. 北京:人民卫生出版社, 2016.
- [14] 刘书斌,李成义,常耀成,等. 甘肃不同产地商品纹党的质量比较研究[J]. 时珍国医国药, 2017, 28(3):707-708.
- [15] BAI C K, YANG J J, CAO B, et al. *Scutellaria baicalensis* growth years and post-harvest processing methods have critical roles on the contents of medicinal active ingredients of *Scutellaria baicalensis* [J]. Industrial Crops and Products, 2020, 158:112985.
- [16] 王德群. 中药生物的地理分布类型与优质、地道药材的优选模式[J]. 安徽中医学院学报, 2013, 32(1):73-76.
- [17] 张重义,李萍,齐辉,等. 金银花道地与非道地产区地质背景及土壤理化状况分析[J]. 中国中药杂志, 2003(2):23-26.
- [18] 王秋颖,郭顺星. 天麻生长特性及其在栽培中的应用[J]. 中国中药杂志, 2001(5):65.
- [19] SONG Q, CAO W L, JIANG H, et al. H₂O₂ improves quality of *Radix scutellariae* through anti-oxidant effect [J]. Pharmacognosy Magazine, 2016, 12(45):84-90.

Study on the Relationship between Ecological Environmental Factors and the Content of Quality Related Components of *Gastrodia elata*

ZHU Chenghao¹, GUO Yibo¹, WANG Shangtao¹, ZHANG Yuanfan¹, ZHOU Jianguo²,
CHEN Tingguo³, SUN Zhirong^{1**}

(1. School of Chinese Materia Medica, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing, 102488, China; 2. Ningqiang County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Hanzhong, Shaanxi, 724400, China; 3. Ningqiang Tianma Research Institute Co., Ltd., Hanzhong, Shaanxi, 724400, China)

Abstract: In this study, to explore the correlation between ecological environmental factors and the contents of *Gastrodia elata* extracts and effective component, *G. elata* were collected at different sampling points in Ningqiang County, Shaanxi Province, and the contents of its extracts and main effective components were determined. The relationship between the 77 environmental factors corresponding to the sampling points and the contents of *G. elata* components was analyzed by ArcGIS 10.2 and SPSS 20.0. Among these environmental factors, the content of *G. elata* extracts was significantly positively correlated with the annual average temperature, annual average water pressure, and soil sand content, on the contrary, it was significantly negatively correlated with the annual average precipitation, annual average wind speed, altitude and soil silt content; the total amount of the six effective ingredients was significantly positively correlated with the annual average precipitation, annual average temperature and annual average wind speed, while significantly negatively correlated with the altitude and slope. The relationship between the ecological environmental factors and the contents of *G. elata* extract and effective components is: climate > altitude > soil, and the most influential climatic factors are precipitation in December, wind speed in April, and the average temperature in December. Altitude has a greater impact than slope. Among the soil factors, the largest influence was the content of soil silt, followed by the content of soil sand. The research results provide a reference for the cultivation of high-quality *G. elata* and the rational development and utilization of *G. elata* resources in Ningqiang County.

Key words: *Gastrodia elata*; ecological environmental factors; effective components; extracts; relevance; quality

责任编辑: 陆媛峰



微信公众号投稿更便捷

联系电话: 0771-2503923

邮箱: gxxk@gxas.cn

投稿系统网址: <http://gxxk.ijournal.cn/gxxk/ch>