

## بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و شاخص‌های عملکردی در گیاه شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) به‌وسیله آزمون پایداری

مهناز عبدالمهدی<sup>۱</sup>، فاطمه سفیدکن<sup>۲\*</sup>، محسن کلاگری<sup>۳</sup> و امیر موسوی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی وزراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. استاد، مؤسسه جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳. دانشیار، مؤسسه جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴. دانشیار، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۳)

### چکیده

در این تحقیق به منظور مقایسه مشخصات ریخت‌شناسی، عملکرد تولید الیاف ساقه، روغن و اسانس شاهدانه، بذر دو اکوتیپ بومی و یک رقم خارجی (Fedora17) به همراه نتایج آن (Fedora17-2) در سه ایستگاه تحقیقاتی البرز، چالکی و صفرابسته کشت شدند و خصوصیات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی آنها مطالعه شد. بیشترین ارتفاع و بالاترین درصد ماده خشک ساقه مربوط به رقم فدورا ۱۷۱ بود، در حالی که گسترده‌ترین تاج پوشش، قطورترین ساقه را اکوتیپ‌های بومی ایران داشتند. محتوی روغن دانه‌ها از ۱۸/۸۸ درصد در نتایج فدورا تا ۴۰/۰۹ درصد در اکوتیپ یزد متغیر بود. اکوتیپ‌های بومی فارس (۸۲۰ کیلوگرم در هکتار) و یزد (۸۳۰ کیلوگرم در هکتار)، بالاترین عملکرد روغن را داشتند. ارتفاع گیاهان از ۹۹/۷ سانتی‌متر در ایستگاه صفرابسته تا ۱۹۷/۵ سانتی‌متر در ایستگاه البرز متغیر بود. عملکرد تولید الیاف ساقه از ۱۵۶۹ کیلوگرم در هکتار (ایستگاه صفرابسته) تا ۱۳۹۹۱ کیلوگرم در هکتار (ایستگاه البرز) متغیر بود. همچنین شاهدانه‌های کشت شده در ایستگاه البرز از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی، زایشی و عملکرد تولید ساقه نسبت به سایر ایستگاه‌ها به طور معنی‌داری برتری داشتند. عملکرد اسانس در هر بوته از ۱۱/۳۵ کیلوگرم (ایستگاه چالکی) تا ۳۶/۳۹ کیلوگرم (ایستگاه البرز) متغیر بود. بنابراین کشت شاهدانه در منطقه البرز با میانگین تولید ۱۳۹۹۱ کیلوگرم در هکتار الیاف، ۲/۲ تن در هکتار اسانس و ۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار روغن بذر قابل توصیه است. رقم‌های خارجی با بلندترین ساقه و بیشترین درصد ماده خشک ساقه برای تولید الیاف مناسب می‌باشند. همچنین خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه مادری (فدورا ۱۷) در نتایج آن حفظ شد.

واژه‌های کلیدی: شاهدانه، عملکرد الیاف ساقه، اسانس، روغن دانه‌ها، صفات ریخت‌شناسی، *Cannabis sativa* L.

## Evaluation of morphological traits and functional characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) by stability test

Mahnaz Abdollahi<sup>1</sup>, Fatemeh Sefidkon<sup>2\*</sup>, Mohsen Calagari<sup>3</sup> and Amir Mousavi<sup>4</sup>

1. Ph.D. Candidate, Department of Horticulture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3. Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4. Associate Professor, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology (NIGEB), Tehran, Iran

(Received: Dec. 01, 2019- Accepted: May 23, 2020)

### ABSTRACT

In this study, in order to investigate morphological characteristics, yield of fiber, essential oil and seed oil yields, seeds of two native ecotypes from Iran and one foreign variety (Fedora17) with its progenies (Fedora17-2) were cultivated in research fields of three locations (Gilan, Golestan, and Alborz province) in Iran and their morphological and phytochemical characteristics were studied. The greatest height and shoot dry matter were observed in Fedora17 and its progenies while the widest coverage and thickest stem was observed in the native ecotypes of Iran. Also, the oil content varied from 18.88% in Fedora17-2 to 40.09% in Yazd. The highest oil yield was observed in native ecotype of Fars (820 kg ha<sup>-1</sup>) and Yazd (830 kg ha<sup>-1</sup>). Plant height fluctuated from 99.7 cm in Safrabasteh to 197.5 cm in Alborz. Fiber yield ranged from 1569 kg ha<sup>-1</sup> in Safrabasteh to 13991 kg ha<sup>-1</sup> in Alborz. The hemp cultivated in Alborz, in terms of morphological and reproductive properties and fiber yield was significantly better compared to the other stations. The oil yield per plant was 11.35 kg in Chalakly station to 36.39 kg in Alborz station. Therefore, cannabis cultivation is recommended in Alborz with average production of 13991 kg ha<sup>-1</sup> fiber, 2.2 t ha<sup>-1</sup> essential oil and 1110 kg ha<sup>-1</sup> seed oil. The foreign cultivars with the tallest stem and the highest percentage of stem dry matter were proper for fiber production. In addition, the morphological characteristics of Fedora 17 were also preserved in its progeny.

**Keywords:** *Cannabis sativa* L., hemp, fiber yield, essential oil, oil, morphological characteristics.

### مقدمه

شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) متعلق به خانواده Cannabinaceae، یکی از قدیمی‌ترین گیاهان اهلی در تاریخ بشر است که از ۱۰۰۰۰ سال پیش یا بیشتر مورد استفاده بشر بوده است (Clarke & Merlin, 2013). ایران یکی از رویشگاه‌های مهم این گیاه ارزشمند به‌شمار می‌رود، به‌طوری که نمونه‌های خودرو و زراعی آن در استان‌های مختلف ایران یافت می‌شوند. بنابراین، تنوع ژنتیکی گسترده‌ای در ایران دارد (Saadati & Bagheri, 2016).

شاهدانه گیاهی یک‌ساله، علفی و طویل می‌باشد. این گیاه معمولاً دوپایه است که گل‌های نر و ماده آن روی گیاهان جداگانه نمو می‌یابند که باعث دگرگرده‌افشانی و به دنبال آن تنوع ژنتیکی بالا در این گیاه می‌شود. درحالی که شاهدانه‌های فیبری خودگرده‌افشان می‌باشند زیرا دارای گل‌های هرمافرودیت می‌باشند. از آنجایی که درصد ماده روان‌گردان (THC = Tetrahydrocannabinol) در آن در حد مجاز می‌باشد دارای مجوز کشت هستند که فدورا ۱۷ (Fedora 17) نیز یکی از کولتیوارهای به‌نژادی شده می‌باشد (Srivastava & Yadav, 2013). شاهدانه نمونه‌ای از یک محصول چند منظوره است زیرا منبع تامین کننده فیبر، روغن، متابولیت‌های ثانویه و موارد این چنین می‌باشد (Andre et al., 2016). ساقه‌ی این گیاه، الیاف چوبی و سلولزی فراهم می‌کند. در واقع مغز ساقه، چوبی است درحالی که پوست شامل الیاف سلولزی بلند می‌باشد که به الیاف لیفی معروف است (Guerrero et al., 2013).

الیاف شاهدانه در بخش بیوکامپوزیت به عنوان فایبرگلاس کاربرد دارد. بیوپلاست تولید شده از شاهدانه که منبعی قابل تجدید می‌باشد و فاقد تاثیرات مخرب بر محیط زیست می‌باشد، از پلاستیک پلی‌پروپیلن مستحکم‌تر و سبک‌تر است (Guerrero et al., 2015, 2016; Marsh, 2003; Guerrero et al., 2015, 2016; Guerrero et al., 2014; Guerrero et al., 2016, 2015, 2014; Guerrero et al., 2016, 2015, 2014). فراتر از برنامه‌های کاربردی در صنایع

ساخت و ساز و خودروسازی، الیاف شاهدانه با توجه به خصوصیات ضد باکتریایی طبیعی که به دلیل حضور ترکیبات فنولیک، الکلونئیدها و کانابینونئیدها می‌باشد، خود بسیار مورد توجه جامعه پزشکی قرار گرفته است (Khan et al., 2015; Zirpel et al., 2015). به طوری که از آن در تولید تمیزکننده‌های باکتری (Bao et al., 2014; Hao et al., 2014; Khan et al., 2015) و ساخت وسایل جراحی (Gu, 2006) و پارچه‌های مربوط به جراحی (Cassano et al., 2013) استفاده می‌شود. همچنین، شاهدانه دارای ویژگی‌های کشاورزی مناسب مانند مقاومت بسیار خوب در برابر خشکسالی و آفات می‌باشد، ضریب زراعی تحمل این گیاه به شوری بین ۴۴ تا ۵۹ میلی‌گرم نمک محلول گزارش شده است. به طوری که، شاهدانه را در گروه گیاهان نیمه حساس به شوری تقسیم‌بندی می‌کنند (Lixandru et al., 2007). سیستم ریشه‌ای پیشرفته و عمیق آن، علاوه بر جلوگیری از فرسایش خاک، باعث شکستن فشردگی خاک می‌گردد و در نهایت افزایش عملکرد محصول بعدی را فراهم می‌نماید (Amaducci et al., 2008). تطبیق‌پذیری زیاد این محصول الیافی، آن را گیاه ارزشمندی نموده است (Van Bakel et al., 2011).

بیش از ۴۸۰ ترکیب طبیعی در گیاه شاهدانه شناسایی شده است (ElSohly & Slade, 2005). برخی از این ترکیبات ترپنئیدها می‌باشند که جزء ترکیبات ثانویه قرار دارند. غلظت این ترکیبات به وارسته و اقلیم بستگی دارد (Kushima et al., 1980). بیش از ۲۰۰ ترپنئید در گیاه شاهدانه شناسایی شده است (Fischedick et al., 2010; Hazekamp & Fischedick, 2012)، که عامل عطر و طعم انواع مختلف شاهدانه می‌باشند و تعیین کننده نوع کاربری شاهدانه می‌باشد (ElSohly & Slade, 2005; Russo, 2011).

روغن دانه شاهدانه حاوی مقادیر مناسبی از اسیدهای چرب با زنجیره غیراشباع شامل اسیدلینولئیک و اسید لینولنیک است که برای تغذیه و سلامت انسان مفید هستند و موجب کاهش کلسترول

ارتفاع گیاه ۲۵۰-۲۰۰ سانتی‌متر، با تولید حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم دانه در هکتار، میانگین ۳۲-۳۰ درصد روغن دانه، تولید ۱۲-۱۰ تن در هکتار الیاف، که این کولتیوار با اهداف تولید بالای بذر و الیاف، به‌نژادی شده است (Vuerich *et al.*, 2019; [www.ihempfarm.com](http://www.ihempfarm.com)). اکوتیپ‌های بومی با هدف مقایسه با کولتیوارهای خارجی و بررسی آن‌ها در سه رویشگاه مهم شاهدانه در ایران، انتخاب شدند.

بذرهای شاهدانه‌ها با سه تکرار و در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه ایستگاه تحقیقاتی البرز، چالکی و صفرابسته کشت شدند (جدول ۱). با توجه به اختلاف فصل رشد مناطق مورد تحقیق، کشت گیاهان شاهدانه در زمان‌های مختلف صورت گرفت. بدین ترتیب بعد از بررسی قوه‌نامیهی بذرها با کمک آزمون بیوشیمیایی تترازولیوم (Wharton, 1955)، در تاریخ‌های ۲۷ فروردین، ۲۹ فروردین و ۳۰ اردیبهشت سال ۱۳۹۶ به ترتیب در ایستگاه‌های البرز، چالکی و صفرابسته، کشت بذرهای صورت گرفت. بدین منظور تعداد ۲ تا ۳ عدد بذر در عمق ۵-۳ سانتی‌متری خاک در فاصله کاشت ۳۰×۵۰ سانتی‌متر (بین ردیف‌ها ۵۰ سانتیمتر و داخل ردیف ۳۰ سانتی‌متر) کشت شد. هر پلات ۲۵ متر مربع در نظر گرفته شد. دو هفته بعد از کاشت و استقرار بوته‌ها، عملیات واکاری انجام گرفت. همچنین در بین بوته‌های رشد یافته در یک نقطه، بوته‌های قوی حفظ و مابقی حذف گردید. آبیاری مزارع ایستگاه‌های البرز و چالکی بطور منظم هفته ای یکبار بود، درحالی‌که کشت در ایستگاه صفرابسته به صورت دیم صورت گرفت.

### روش بررسی

در این تحقیق صفات ریخت‌شناسی، رویشی و فیتوشیمیایی (درصد و عملکرد اسانس، درصد و عملکرد روغن) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور حداقل ۱۰ بوته از هر کرت (تعداد مشاهدات) به صورت تصادفی انتخاب و سپس میانگین صفات مورد بررسی محاسبه شد. قابل ذکر است برای آنالیز هر نمونه ۳ تکرار در نظر گرفته شد. در اکوتیپ‌های بومی پایه‌های ماده مورد بررسی قرار گرفت.

و فشار خون بالا می‌شوند (Callaway & Laakkonen, 1996). روغن شاهدانه دارای مقادیر بالای اسیدهای چرب اشباع نشده (Polyunsaturated Fatty Acids) از جمله گاما لینولئیک اسید است که در صنایع تولید فرآورده‌های آرایشی و بهداشتی مانند مرطوب‌کننده‌ها و شامپوها، روغن ماساژ، حالت‌دهنده‌ها، لوسیون‌ها و غیره استفاده می‌شود. محصولات بهداشتی حاصل از شاهدانه نه تنها حساسیت‌زا نیستند بلکه برای آن‌ها خاصیت ترمیم‌کنندگی پوست نیز گزارش شده است (Asadi *et al.*, 2019).

محصول زراعی یک گیاه دارویی از نظر اقتصادی وقتی مقرون به صرفه است که مقدار متابولیت‌های اولیه و ثانویه آن به حد مطلوب رسیده باشد. با انتخاب عوامل محیطی و ارقام گیاهی مناسب می‌توان به حداکثر مقدار محصول دست یافت (Omid Beigi, 2005).

با وجود تنوع رویشگاهی شایان توجه در مورد توده‌های بومی شاهدانه، ارزیابی‌هایی از توده‌های شاهدانه مناطق مختلف ایران صورت گرفته است (Riahi *et al.*, 2016). به دلیل اهمیت این گیاه از لحاظ دارویی، غذایی و صنعتی و با توجه به بومی بودن شاهدانه و تنوع ژنتیکی جمعیت‌های این گیاه در ایران، ضرورت دارد بیشتر مورد توجه قرار گیرد. این تحقیق به منظور بررسی شاخص‌های عملکردی کولتیوار اصلاح شده شاهدانه وارداتی (فدورا ۱۷) و پایداری صفات در نتاج آن و همچنین مقایسه این صفات با دو اکوتیپ بومی انجام شد. بدین منظور عملکرد تولید الیاف، میزان اسانس و درصد روغن، تحت شرایط اقلیمی متفاوت مورد مطالعه قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

#### مواد گیاهی

نمونه‌های مورد مطالعه شامل بذر به‌نژادی شدهی کولتیوار فدورا ۱۷ (*Cannabis sativa* L. cv. Fedora) از کشور فرانسه و نتاج آن (نسل دوم) به عنوان نمونه‌های یک‌پایه خارجی، به همراه دو اکوتیپ دوپایه بومی جمع‌آوری شده از استان‌های فارس (آباده) و یزد (ابرقوه) بودند. فدورا ۱۷، کولتیواری با گل‌های هرمافرودیت، THC در حد مجاز (۰/۰۷٪)، میانگین

جدول ۱. مشخصات سه منطقه مورد بررسی کشت (طی دوره ۲۰ ساله).

Table 1. The characteristics of three regions of cultivation in the previous 20- year period.

Province City Research Station	Alborz Karaj Alborz	Gilan Rasht- Astaneh Safrabasteh	Golestan Gorgan Chalaky
Longitude	51°31' East	49° 52' 45.4" East	54° 18' East
Latitude	35.42 North	37° 23' 4.4" North	36° 50' North
Altitude (m a. s. l.)	1291	-9	86
annual rainfall (mm)	248	1469	532
average temperature (°C)	16.21	27	17.8
Maximum temperature (°C)	44	39	32.8
Minimum temperature (°C)	-8	-10	-4.6
textured soil	Loam	Loam sandy clay	loam silty clay
pH	7.5-8.5	7.21	7.5- 7.9
Average annual relative humidity (%)	40-50	87- 90	66-72

دستگاه کلونجر طرح فارماکوپه بریتانیا به مدت ۱۵۰ دقیقه انجام شد. همچنین عملکرد اسانس در هر بوته و در هر هکتار با سه تکرار گزارش گردید. روغن دانه‌ها با کمک حلال نرمال-هگزان در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد و توسط دستگاه سوکسله از ده گرم بذر پودر شده استحصال گردید و به صورت درصد گزارش شد. عملکرد روغن در هر بوته و در هکتار نیز محاسبه شد.

#### روش تحلیل داده‌ها

این تحقیق با استفاده از آزمایش فاکتوریل برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو اکوتیپ بومی، یک کولتیوار خارجی و نتاج آن در سه تیمار مکانی با سه تکرار اجرا شد. داده‌های بدست آمده به صورت تجزیه واریانس یک طرفه و دوطرفه مورد تحلیل قرار گرفتند. آزمون مقایسه میانگین‌ها بر اساس داده‌های صفات مورد بررسی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. تحلیل داده‌های آماری با نرم‌افزار SAS ver.9 و تحلیل آزمون ضرایب همبستگی دوگانه با نرم‌افزار SPSS ver.22 انجام گردید. نمودارهای مربوط به داده‌های صفات مورد بررسی با نرم افزار Excel ترسیم گردید.

#### نتایج و بحث

##### صفات ریخت‌شناسی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد، مکان رویش بر تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز درصد ماده خشک برگ، در سطح احتمال ۱٪ تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۲).

صفات ریخت‌شناسی و رویشی مورد ارزیابی شامل: سطح برگ، طول و پهنای برگ، طول دم‌برگ، عرض بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین برگچه و طول کوچک‌ترین برگچه، که توسط دستگاه پیشرفته‌ی اندازه‌گیری سطح برگ مدل ویندایس (WinDIAS Leaf Area Meter) تعیین گردید. ارتفاع هر یک از بوته‌ها با استفاده از متر از محل طوقه تا جوانه انتهایی، همچنین قطر یقه، با استفاده از کولیس دیجیتالی با دو رقم اعشار در مرحله‌ی قبل از برداشت اندازه‌گیری شد. تاج بوته با اندازه‌گیری دو قطر عمود برهم شاخه‌های فرعی محاسبه شد. پس از محاسبه وزن تر بوته، برگ‌ها و گل‌آذین انتهایی از بوته جدا شد، سپس طول هر گل‌آذین انتهایی با کمک متر و وزن گل‌آذین، برگ‌ها و ساقه‌های هر بوته به طور جداگانه توسط ترازو دیجیتال اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه درصد ماده خشک (برگ و ساقه)، پس از توزین ۵ برگ از نقاط مختلف هر بوته و سه قسمت مساوی از ساقه‌های هر بوته با کمک ترازوی دیجیتال با دو رقم اعشار، نمونه‌ها در داخل پاکت‌های کاغذی کدگذاری شده به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری گردید و با کمک رابطه (۱) درصد ماده خشک برگ و ساقه محاسبه شد (Doijode & Raturi, 1990).

رابطه (۱) = درصد ماده خشک اندام هوایی

$$\left( \frac{\text{وزن خشک اندام هوایی (گرم)} - \text{وزن تر اندام هوایی (گرم)}}{\text{وزن تر اندام هوایی (گرم)}} \right) \times 100$$

اندازه‌گیری درصد اسانس با استفاده از نمونه‌های ۸۰ گرمی از گل‌آذین گیاه به روش تقطیر با آب و با

شده توسط لاله و همکاران، میانگین ارتفاع ساقه گیاهان شاهدانه کشت شده در منطقه بیرجند ۱۲۵/۹۶ سانتی متر بود (Laleh *et al.*, 2018). در منطقه البرز با ۱۳۹۹۱ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد الیاف ساقه به دست آمد (جدول ۳) که از بالاترین عملکرد الیاف ساقه گزارش شده توسط Laleh *et al.* (2018) (۲۵۴۱/۸۳) کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود، که تاثیرات محیط بر خصوصیات ریخت‌شناسی گیاهان را نشان می‌دهد. به طور کلی شاهدانه‌های کشت شده در البرز از برگ‌های بزرگ-تری برخوردار بودند (جدول ۳).

با توجه به نقش عوامل اصلی در افزایش عملکرد هر گیاه شامل مدت زمان دریافت تشعشع خورشید، میزان جذب تشعشع توسط گیاه، راندمان فتوسنتز و شاخص برداشت (Hay & Walker, 1989)، می‌توان چنین بیان داشت که احتمالاً بازده فتوسنتز در گیاهان کشت شده در منطقه البرز بیشتر بوده و به همین خاطر توانسته است عملکرد اقتصادی بیشتری داشته باشد.

کولتیوارهای مختلف شاهدانه نیز از نظر تمام صفات مورفولوژی گیاه بجز عملکرد الیاف ساقه در هکتار و درصد ماده خشک برگ اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۲). اثر متقابل مکان در کولتیوار نیز بر تمام صفات ارزیابی شده در سطح احتمال ۱٪ تاثیر معنی‌دار داشت بجز بر صفات عملکرد الیاف ساقه در هکتار، وزن خشک ساقه، وزن تر برگ، درصد ماده خشک ساقه و برگ (جدول ۲).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌های مناطق مورد مطالعه، گیاهان شاهدانه کاشته شده در منطقه البرز در تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز درصد ماده‌ی خشک ساقه، به طور معنی‌داری نسبت به سایر مناطق بالاتر بودند، درصد ماده‌ی خشک ساقه در البرز کمترین میزان بود (جدول ۳).

بلندترین و کوتاه‌ترین گیاهان به ترتیب مربوط به گیاهان کشت شده در منطقه البرز با ارتفاع ۱۹۷/۴۷ سانتی‌متر و منطقه صفرابسته با ارتفاع ۹۹/۶۹ سانتی‌متر بود. در حالی که در تحقیق انجام

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس مرکب خصوصیات ریخت‌شناسی، تولید اسانس و روغن دانه‌های شاهدانه در دو اکوتیپ بومی و یک رقم خارجی و نتایج آن در سه منطقه.

Table 2. Analysis of variance for morphological and vegetative traits, essential oil and seed oil content of hemp in two native ecotypes and a foreign cultivar and progenies in three regions.

Traits	Place (A)		A×rep	Cultivar (C)		A×C	Total error
	df	2	6	3	6	6	18
	Mean of squares						
Plant Height		89242.95**	859.91 <sup>ns</sup>	11556.12*	3148.73*		1055.11
Crown		2192.02**	19.62 <sup>ns</sup>	150.34**	124.74**		14.89
Total plant weight		8493577.66**	91616.11 <sup>ns</sup>	358455.79*	522215.63**		146351.96
Inflorescent height		5755.99**	71.99 <sup>ns</sup>	508.25**	375.95**		82.98
Inflorescent weight (per plant)		64952.89**	1174.24 <sup>ns</sup>	7293.55**	4654.03**		1332.01
Inflorescent yield in ha		107319315.87**	2195233.49 <sup>ns</sup>	11345568.67**	7158503.14**		1397878.53
Stem weight (per plant)		327833.95**	4108.67 <sup>ns</sup>	15891.02*	12046.06*		4525.62
Fiber yield in ha		568228902.6**	2265155.23 <sup>ns</sup>	26707267.04 <sup>ns</sup>	2496668.68 <sup>ns</sup>		12492889.29
Leaves weight (per plant)		713318.75**	15330.01 <sup>ns</sup>	254240.21**	224567.01**		13482.36
Leaves yield in ha		1202941076.51**	792101.33 <sup>ns</sup>	433254046.95**	391721458.58**		13159161.16
Coverage		13154904.93**	1225547.57 <sup>ns</sup>	8724086.3**	4663668.41**		489839.62
Leaf area		8246.32**	78.17 <sup>ns</sup>	9544.16**	1209.63**		78.87
Leaf length		264.02**	2.53 <sup>ns</sup>	73.43**	19.84**		3.68
Leaf wide		271.18**	4.72 <sup>ns</sup>	356.2**	16.38**		3.69
Petiole length		111.54**	0.71 <sup>ns</sup>	25.04**	13.49**		0.92
Width of the largest leaf		6.67**	0.07 <sup>ns</sup>	7.6**	0.58**		0.08
The smallest leaf length		20.48**	1.84 <sup>ns</sup>	2.59**	675**		1.81
Width of the smallest leaf		1.02**	0.06 <sup>ns</sup>	1.24**	0.14**		0.05
Fresh stem weight		717.39**	43.34 <sup>ns</sup>	592.76**	300.46**		46.11
Dry stem weight		167.3**	20 <sup>ns</sup>	156.61**	17.37 <sup>ns</sup>		11.69
Percentage of shoot dry matter		127.17**	20.58 <sup>ns</sup>	75.96**	18.3 <sup>ns</sup>		10.41
Fresh leaf weight		20.11**	1.33 <sup>ns</sup>	35.97**	3.97 <sup>ns</sup>		2.37
Dry leaf weight		2.53**	0.056 <sup>ns</sup>	3.75**	0.52**		0.085
Percent of leaf dry matter		5.83 <sup>ns</sup>	55.72 <sup>ns</sup>	89.43 <sup>ns</sup>	15.98 <sup>ns</sup>		56.07
Essential oil content		0.67**	0.001 <sup>ns</sup>	0.15 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>		0.14
Essential oil yield (per plant)		2096.86**	41.74 <sup>ns</sup>	101.13 <sup>ns</sup>	250.57 <sup>ns</sup>		86.2
Essential oil yield in ha		7.69**	0.44 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.6 <sup>ns</sup>		0.52
Oil content (%)		56.33 <sup>ns</sup>	33.17 <sup>ns</sup>	935.69**	153.2 <sup>ns</sup>		64.21
Oil yield (per plant)		6.17**	0.11 <sup>ns</sup>	1.83**	0.29 <sup>ns</sup>		0.14
Oil yield in ha		2741998.23**	49254.48 <sup>ns</sup>	809263.1**	128516.14 <sup>ns</sup>		62246.99

\*\*\*, \* and ns: Significant difference at 1 and 5 % of probability level and non-significantly difference, respectively. در ۵ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

سرب را از ریشه به اندام‌های هوایی می‌رساند (Citterio *et al.*, 2003).

اکوتیپ‌های بومی ایران، کوتاه‌تر بودن ساقه‌های خود را نسبت به کولتیوار فدورا ۱۷ و نتاج آن، با افزایش قطر ساقه جبران نموده و از این طریق عملکرد تولید ساقه در هر بوته را بهبود بخشیدند و بدین ترتیب اکوتیپ‌های بومی و کولتیوارهای خارجی، همگی از عملکرد بالای ساقه برخوردار بودند.

نتاج از نظر خصوصیات ریخت‌شناسی با فدورا ۱۷ تفاوت معنی‌دار نداشت و به عبارتی نتاج، خصوصیات والد مادری را از نظر ریخت‌شناسی حفظ کرده بود، که این پایداری صفات ریخت‌شناسی در این کولتیوار را نشان می‌دهد، بدین ترتیب محدودیتی برای تکثیر این گیاه با کمک بذر که روشی ارزان می باشد، وجود ندارد.

#### بازده و عملکرد اسانس

بر اساس نتایج آنالیز واریانس، فقط مکان رویش بر بازده و عملکرد تولید اسانس شاهدانه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی دار داشت (جدول ۲). به طوری که منطقه البرز با ۰/۴۲٪ و منطقه چالکی با ۰/۸۸٪ کمترین و بیشترین بازده اسانس را داشتند (جدول ۳). بازده اسانس از ۰/۵۳٪ (کولتیوار فدورا ۱۷) تا ۰/۸۴٪ (اکوتیپ یزد) متغیر بود هرچند تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. همچنین در منطقه البرز با ۲/۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد اسانس گزارش شد (جدول ۳).

تاثیر طول و عرض جغرافیایی بر خصوصیات ریخت‌شناسی و همچنین بر میزان و کیفیت مواد مؤثره دارویی گیاهان، توسط بسیاری از محققین به اثبات رسیده است. گیاهانی از یک گونه که در مناطق مختلف رشد می‌کنند دارای ترکیبات و مقادیر ماده مؤثره مختلفی می‌باشند (Karousou *et al.*, 2005; Palá-Paúl *et al.*, 2001). پس موقعیت جغرافیایی نقش بسیار مهمی را بر رشد، نمو و همچنین میزان و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی دارا می‌باشد. در بررسی‌های انجام گرفته بر روی گیاهان دارویی یکسان کشت شده در مناطق مختلف جغرافیایی، تفاوت‌های قابل توجهی در میزان متابولیت‌های ثانویه که ناشی از مناطق مختلف رویش می‌باشد نشان داده است (Saharkhiz *et al.*, 2012).

ساقه‌های کولتیوار فدورا ۱۷ و نتاج آن که بلندترین میانگین را داشتند، نسبت به اکوتیپ‌های بومی از درصد بالاتر ماده‌ی خشک ساقه که به عنوان یک برتری در عملکرد اقتصادی گیاه به‌شمار می‌آید برخوردار می‌باشند، که این کولتیوارها جهت کشت با هدف تولید الیاف و کاربرد آن در صنایع مختلف مثل خمیر کاغذ، توصیه می‌گردند. همچنین به دلیل عملکرد بالای ماده خشک، برای گیاه پالایی خاک‌ها نیز توصیه می‌شوند (Citterio *et al.*, 2003).

نتایج حاصل از آنالیز برهمکنش نشان می‌دهد، بلندترین بوته‌ها و طویل‌ترین گل‌آذین‌ها مربوط به کولتیوار فدورا ۱۷ و نتاج آن در منطقه البرز بود (جدول ۴). اکوتیپ‌های بومی کشت شده در منطقه البرز از نظر قطر طوقه، پوشش تاج، وزن برگ و سطح برگ به طور معنی‌داری نسبت به سایر گیاهان کشت شده در هر سه منطقه، بیشترین میزان را داشت (جدول ۴). طویل‌ترین و عریض‌ترین برگ‌ها نیز مربوط به اکوتیپ‌های بومی کشت شده در منطقه البرز بود (جدول ۴). به گفته محققین اندازه برگ‌ها، شکل و تعداد برگچه‌ها به شدت تحت تاثیر منشاء ژنتیکی قرار دارند (Potter, 2009).

اکوتیپ فارس کشت شده در منطقه البرز، بیشترین وزن بوته و طویل‌ترین دم‌برگ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در تیمار برهمکنش مشخص شد وزن گل‌آذین و وزن ساقه بوته‌های نتاج فدورا ۱۷ کشت شده در منطقه البرز، نسبت به سایر تیمارها در سطح احتمال ۵٪ بیشترین میزان بود. (جدول ۴).

مطالعات نشان می‌دهد شاهدانه دارای توانایی تحمل و تجمع عناصر سنگینی مانند سرب، نیکل، کادمیوم، روی، کروم و مس است که به دلیل حجم زیست توده بالا و ریشه‌های عمیق آن می‌باشد (Elisa *et al.*, 2007). این گیاه دارای توانایی بالا برای انتقال فلزها به بخش‌های هوایی است (Yawson *et al.*, 2011) و با توجه به بردباری بالای این گیاه به شرایط اقلیمی نسبتاً سخت و کشت آسان، سیستم عمیق ریشه‌ها و کاربردهای گوناگون صنعتی آن، گیاه مناسبی برای گیاه پالایی خاک‌ها است (Citterio *et al.*, 2003). به هرحال شاهدانه برای عنصر سرب یک بیش اندوز است و مانند گیاه آفتابگردان به خوبی

## بازده و عملکرد روغن

طبق جدول آنالیز واریانس، درصد روغن فقط در بین کولتیوارهای مختلف شاهدانه در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲) و دامنه تغییرات آن از ۱۹/۳۱٪ (فدورا ۱۷) تا ۴۰/۰۹٪ (اکوتیپ یزد) متغیر بود. از نظر عملکرد روغن در مقایسه شاهدانه‌های مختلف و مقایسه مناطق مختلف کشت، در سطح ۱٪ تفاوت معنی‌دار مشاهده شد در حالی که برهمکنش آن‌ها تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۲). اکوتیپ‌های بومی (فارس با ۱/۲۳ و یزد با ۱/۲۵ کیلوگرم در هر بوته) به طور معنی‌داری از عملکرد روغن بالاتری نسبت به فدورا ۱۷ (۰/۵ کیلوگرم در هر بوته) و نتاج آن (۰/۴۲ کیلوگرم در هر بوته) برخوردار بودند (جدول ۳). در مقایسه مناطق کشت شده، عملکرد روغن از ۰/۲۲ تن در هکتار در منطقه چالکی تا ۱/۱۱ تن در هکتار در منطقه البرز متغیر بود که با یکدیگر در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳).

حال با توجه به اهمیت دما بر میزان تولید اسانس در گیاهان مختلف (Letchamo & Gosselin, 1995) و از آنجایی که طی فصل رشد شاهدانه‌ها، که معادل با بهار و تابستان بود، بالابودن دما در دو ایستگاه چالکی و صفرابسته نسبت به ایستگاه البرز را شاید بتوان یکی از دلایل افزایش درصد اسانس دانست، حال با توجه به آن که عملکرد اسانس معادل حاصل ضرب درصد اسانس × وزن گل‌آذین می‌باشد و عملکرد گل‌آذین در ایستگاه البرز نسبت به دو ایستگاه دیگر برتری چشمگیری داشت لذا حاصل ضرب آن‌ها نیز باعث تشدید این برتری شد. موقعیت جغرافیایی نقش بسیار مهمی را بر رشد، نمو و همچنین میزان و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی دارا می‌باشد. در بررسی‌هایی که در مورد گیاهان دارویی یکسان کشت‌شده در مناطق مختلف جغرافیایی انجام گرفته است تفاوت‌های قابل توجهی در میزان متابولیت‌های ثانویه که ناشی از مناطق مختلف رویش می‌باشد مشاهده شده است (Saharkhiz *et al.*, 2012). بدین ترتیب مقدار اسانس تحت تاثیر عوامل مختلف اقلیمی است.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات ریخت‌شناسی، رویشی و میزان اسانس و روغن دانه‌های شاهدانه در بین اکوتیپ‌های بومی، رقم خارجی و نتاج آن در سه منطقه.

Table 3. Mean comparison of morphological and vegetative traits and essential oil and seed oil content of hemp in native ecotype, a foreign variety and its progenies in three regions.

Traits	Cultivar (C)				Places (A)		
	Fedora 17	Fedora 17-2	Fars	Yazd	Alborz	Chalaky	Safrabasteh
Plant height (Cm)	155.96a	151.42ab	107.63c	133.21b	197.47a	114b	99.69b
Crown (mm)	10.59b	12.34 b	16.19a	14.82a	23.03a	9.17b	8.26b
Total plant weight (g)	261.4b	426.3ab	557.3a	381.8ab	1000.47a	141.41b	78.21b
Inflorescent height (cm)	39.91 a	39.17a	29.78b	33.83ab	50.48a	31.5b	24.58c
Inflorescent weight (per plant) (g)	51.15ab	66.86a	36.69bc	26.9c	96.41a	28.75b	11.04b
Inflorescent yield (kg h <sup>-1</sup> )	3483.7ab	4335.7a	2398.8bc	1817.7c	6398.2a	1881.3b	742.9c
Stem weight (per plant) g	62.2b	76.43ab	111.43a	113.97a	207.5a	40.94b	24.58b
Fiber yield (kg h <sup>-1</sup> )	40.43a	5266a	7758a	7210a	13991a	2648b	1569b
Leaves weight (per plant) g	24.8c	49.97c	253.66a	128.75b	286.65a	31.41b	24.83b
Leaves yield (kg h <sup>-1</sup> )	1639c	3376c	17122a	8214b	19147a	2009b	1608b
Coverage (m <sup>2</sup> )	20.4 b	22.3 b	1807.6 a	1637.1 a	2080a	229.5 b	306 b
Leaf area (cm <sup>2</sup> )	4.89b	7.85b	30.39a	32.53a	31.72a	16.31b	8.71c
Leaf length (cm)	7.52c	8.53b	10.00a	10.23a	11.22a	8.96b	7.03c
Leaf wide (cm)	4.5b	5.1b	9.8a	9.5a	9.3a	7.33b	5.05c
Petiole length (cm)	1.36c	1.89b	2.76a	2.9a	3.79a	1.66b	1.25c
Width of the largest leaf (cm)	0.8c	0.93b	1.58a	1.66a	1.63a	1.15b	0.95c
The smallest leaf length (cm)	3.36a	3.48a	3.97a	3.71a	4.34a	3.47b	3.03b
Width of the smallest leaf (cm)	0.36b	0.29b	0.61a	0.65a	0.64a	0.44b	0.38b
Fresh stem weight (g)	20.82b	18.69b	20.99b	36.26a	28.97a	28.33a	15.27b
Dry stem weight (g)	8.87b	7.99b	7.96b	16.57a	12.83a	12.15a	6.05b
Percentage of shoot dry matter (%)	43.93a	43.12a	39.09b	38.07b	37.69c	44.18a	41.28b
Fresh leaf weight (g)	0.97b	1.57b	4.86a	4.56a	4.33a	2.92b	1.75b
Dry leaf weight (g)	0.35c	0.58c	1.72a	1.38b	1.48a	0.99b	0.56c
Percent of leaf dry matter (%)	38.03a	36.13a	33.67a	30.74a	34.68a	35.32a	33.93a
Essential oil content (%)	0.53a	0.64a	0.7a	0.84a	0.42 b	0.88 a	0.73 ab
Essential oil yield per plant (g)	20.86a	26.09a	20.64a	18.11a	36.39a	11.35b	16.53b
Essential oil yield (t h <sup>-1</sup> )	1.33a	1.5a	1.27a	1.5a	2.26a	0.67 b	1.28b
Oil content (%)	19.31 c	18.88 c	30.97 b	40.09 a	29.81 a	25.99 a	26.14 a
Oil yield (Kg per plant)	0.5b	0.42b	1.23a	1.25a	1.67a	0.34b	0.54b
Oil yield (kg h <sup>-1</sup> )	330b	280b	820a	830a	1110a	220b	360b

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف یکسان تفاوت معنی‌دار ی با هم ندارند.

In each column, means with same letter does not have significantly difference with each other.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مکان بر صفات ریخت‌شناسی و میزان تولید اسانس شاهدانه.

Table 4. Mean comparison interaction effect of cultivar and place on morphological traits and essential oil content of hemp.

Place	Cultivar	Plant height (cm)	Crown (mm)	Total plant weight (g)	Inflorescent height (cm)	Inflorescent weight per plant (g)	Inflorescent yield (kg h <sup>-1</sup> )	Stem weight per plant (g)	Fiber yield (kg h <sup>-1</sup> )	Leaves weight per plant (g)	Leaves yield (kg h <sup>-1</sup> )
Alborz	Fedora 17	222.25 a	16.4 c	616.9c	59.19a	105.63b	7241b	131.88bc	8537cd	47.92c	3182cd
	Fedora 17-2	220 a	22.37 b	1091.9b	58.63a	148.75a	9667a	173.13b	11945bc	119.32c	8052c
	Fars	152.5 bc	30.68a	1575a	37bc	72.5bc	5593b	300a	19963a	937.5a	47852a
	Yazd	176.86 b	26.1ab	1085.4b	42.79b	64.64bcd	3093c	257.14a	15519ab	425.7b	17500b
Chalaky	Fedora 17	152.5 bc	9.28de	127.5d	34.5bcd	36.88cde	2500cd	40d	26685e	10.63c	704d
	Fedora 17-2	127.5 cd	6.87e	126.3d	35.75bc	44.38cde	2815cd	37.5d	2556e	11.25c	722d
	Fars	70.25 e	7.74 de	53.8d	20.25e	12.5e	833cd	20.63d	13333e	28.13c	1833d
	Yazd	105.75 de	12.79cd	258.1cd	35.5 bc	21.25de	1389cd	65.63cd	4019cd	75.63c	4778cd
Safraabasteh	Fedora 17	93.13 de	6.1e	39.7d	24.25de	10.94e	710cd	14.74d	908e	15.84c	1030d
	Fedora 17-2	106.75 de	7.78de	60.9d	23.13 e	7.45e	526d	18.66d	1298e	19.35c	1355d
	Fars	97.63 de	9.18de	83.1d	24.45de	11.33e	770cd	31.78d	1978e	27.24c	1680d
	Yazd	101.5 de	9.99de	129.1d	26.5cde	14.44e	966cd	33.16d	2092e	36.87c	2365cd

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف یکسان تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other.

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و مکان بر صفات ریخت‌شناسی و میزان تولید اسانس در گیاه شاهدانه.

Continued table 4. Mean comparison interaction effect of cultivar and places on morphological traits and essential oil content of hemp.

Place	Cultivar	Coverage (mm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Leaf length (cm)	Leaf wide (cm)	Petiole length (cm)	Width of the largest leaf (cm)	Width of the largest leaf (cm)	Width of the largest leaf (cm)	Fresh stem weight (g)	Dry leaf weight (g)
Alborz	Fedora 17	20.2b	8.71de	8.71cd	5.89d	2.43cd	1.23d	3.64bcd	0.45bede	33.1b	0.57de
	Fedora 17-2	25.2b	13.33cd	10.99b	6.5d	2.72cd	1.13d	3.89bc	0.35de	23.52bcd	0.86cd
	Fars	4656.5a	51.48a	12.49a	12.25a	5.53a	2b	5.39a	0.87a	31.7b	2.57a
	Yazd	3618.2a	53.37a	12.68a	12.54a	4.5b	2.19a	4.42ab	0.89a	27.55bcd	1.9b
Chalaky	Fedora 17	14.7b	2.46e	7.43de	4.09e	0.63e	0.5f	3.63bcd	0.32de	23.33bcde	0.18e
	Fedora 17-2	19.6b	7.94de	9.49c	5.59d	2.14cd	0.81e	3.73bc	0.25e	21.67bcde	0.55de
	Fars	513.1b	28.26b	10.04bc	10.49b	1.28e	1.69c	3.73bc	0.6b	15def	2.01b
	Yazd	676.7b	26.59b	8.87cd	8.82c	0.96e	1.61c	2.77cde	0.58bc	53.33a	1.22cd
Safraabasteh	Fedora 17	26.3b	3.49e	6.42ef	3.66e	1e	0.6ef	2.54de	0.29e	3.03f	0.31e
	Fedora 17-2	22b	2.29e	5.09f	2.71e	0.8e	0.79e	2.5e	0.27e	10.88ef	0.22e
	Fars	253.2b	11.43cd	7.46de	6.66d	2.02d	1.15d	2.8cde	0.39cde	16.27cdef	0.56de
	Yazd	616.4b	17.64c	9.14c	7.17d	2.81c	1.18d	3.93bc	0.5bcd	27.9bc	1.03cd

در هر ستون میانگین‌هایی با حروف یکسان تفاوت معنی‌داری با هم ندارند.

In each column, values with same letter does not have significantly difference with each other.

جدول ۵. همبستگی‌های بین صفات مورد مطالعه رقم‌ها و اکتیپ‌های شاهدانه در سه ایستگاه تحقیقاتی.

Table 5. Correlations between the studied parameters of cultivars and ecotypes of hemp in three research regions.

traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	Plant Height	Crown	Total Plant Weight	Inflorescent Height	Inflorescent Weight (per Plant)	Inflorescent Yield in ha	Stem Weight (per Plant)	Fiber Yield in ha	Leaves Weight (per Plant)	Leaves Yield in ha	Coverage	Leaf Area	Leaf Length	Leaf Wide	Petiole Length	Width of the largest leaf	Width of the largest leaf	Width of the largest leaf	Fresh Stem Weight	Dry Stem Weight	Percentage of shoot dry matter	Fresh Leaf Weight	Dry Leaf Weight	Percent of leaf dry matter	
1	1																								
2	.608**	1																							
3	.547**	.884**	1																						
4	.738**	.556**	.667**	1																					
5	.550**	.369**	.550**	.816**	1																				
6	.599**	.520**	.653**	.824**	.920**	1																			
7	.703**	.859**	.852**	.587**	.399**	.486**	1																		
8	.695**	.903**	.825**	.615**	.443**	.550**	.951**	1																	
9	.388**	.869**	.879**	.392**	.237**	.419**	.801**	.754**	1																
10	.418**	.897**	.812**	.389**	.187**	.345**	.853**	.852**	.902**	1															
11	.257**	.706**	.561**	.173**	-.132**	.036**	.679**	.660**	.780**	.832**	1														
12	.245**	.633**	.532**	.116**	-.073**	.082**	.665**	.624**	.753**	.704**	.881**	1													
13	.351**	.577**	.530**	.221**	.143**	.273**	.625**	.611**	.641**	.598**	.697**	.822**	1												
14	.071**	.395**	.315**	-.040**	-.115**	.008**	.475**	.437**	.495**	.523**	.703**	.857**	.805**	1											
15	.384**	.682**	.603**	.387**	.219**	.330**	.681**	.678**	.711**	.664**	.725**	.746**	.759**	.691**	1										
16	.275**	.617**	.525**	.200**	-.003**	.135**	.653**	.659**	.673**	.806**	.882**	.882**	.691**	.773**	.643**	1									
17	.039**	.086**	.066**	-.156**	-.111**	-.053**	.175**	.123**	.181**	.138**	.322**	.525**	.702**	.695**	.364**	.398**	1								
18	.093**	.310**	.213**	-.078**	-.189**	-.081**	.322**	.278**	.396**	.326**	.583**	.754**	.645**	.771**	.472**	.735**	.717**	1							
19	.216**	.345**	.257**	.343**	.122**	.211**	.303**	.376**	.242**	.289**	.397**	.318**	.164**	.203**	.220**	.405**	-.008**	.246**	1						
20	.329**	.268**	.191**	.299**	.071**	.172**	.290**	.378**	.149**	.204**	.375**	.332**	.381**	.302**	.261**	.453**	.227**	.411**	.703**	1					
21	.241**	.029**	.008**	.017**	-.055**	-.027**	.137**	.163**	-.017**	.022**	.129**	.163**	.379**	.231**	.181**	.231**	.329**	.324**	-.216**	.533**	1				
22	.022**	.465**	.398**	.035**	-.057**	.105**	.379**	.388**	.638**	.545**	.728**	.849**	.693**	.780**	.550**	.776**	.477**	.687**	.234**	.287**	.159**	1			
23	.228**	.603**	.649**	.330**	.214**	.277**	.693**	.661**	.674**	.723**	.724**	.794**	.672**	.773**	.537**	.768**	.364**	.503**	.330**	.286**	.069**	.775**	1		
24	.384**	.398**	.559**	.503**	.397**	.323**	.612**	.539**	.281**	.475**	.176**	.050**	.111**	.080**	.119**	.101**	-.129**	-.196**	-.152**	.026**	-.106**	-.208**	.428**	1	



**همبستگی پیرسون بین صفات ریخت‌شناسی**

وجود همبستگی دوگانه بین صفات و تعیین ضرایب و آزمون سطح معنی‌داری هر یک از این ضرایب، در امر گزینش کولتیوار بر اساس تعدادی از صفات بسیار ضروری می‌باشد؛ بنابراین همبستگی بین صفات به صورت دو به دو محاسبه شد (جدول ۵) و ضرایب همبستگی معنی‌دار بین برخی صفات گزارش گردید.

آنالیز همبستگی پیرسون نشان داد، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین سطح برگ و خصوصیات مورفولوژیکی آن وجود داشت (جدول ۵). بدین ترتیب در بوته‌هایی که سطح برگ بزرگ‌تری داشتند، برگچه‌ها پهن‌تر و در بوته‌های با سطح برگ کمتر، برگچه‌ها کشیده و باریک بود.

طبق جدول ۵، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین قطر یقه و صفات ریخت‌شناسی برگ، سطح برگ، عملکرد الیاف ساقه، عملکرد برگ، ارتفاع بوته و گسترش تاج وجود داشت. بر اساس آنالیز همبستگی پیرسون، ارتفاع بوته با ماده خشک برگ، وزن کل بوته، عملکرد الیاف ساقه و برگ همبستگی مثبت داشت. وزن ساقه نیز با سطح برگ، صفات مورفولوژی برگ، گسترش تاج بوته و درصد ماده خشک برگ رابطه مثبت نشان داد (جدول ۵).

وزن کل بوته با سطح برگ، خصوصیات ریخت‌شناسی برگ، عملکرد الیاف ساقه و برگ، ارتفاع بوته، گسترش تاج و قطر یقه، همبستگی مثبت داشت. بدین ترتیب بوته‌هایی که از وزن بیشتری برخوردار بودند ارتفاع بیشتر و یقه قطورتری داشتند. همچنین از سطح برگ بالاتر و ابعاد بزرگ‌تری برخوردار بودند (جدول ۵). وزن کل برگ با سطح برگ و خصوصیات مورفولوژی آن مانند ابعاد برگچه‌ها، با وزن تر و خشک برگ، عملکرد الیاف ساقه و برگ، ارتفاع بوته، وزن و طول گل آذین، قطر یقه، وزن

کل بوته و ساقه رابطه همبستگی مثبت داشت. به طور کلی گیاهان با طوقه قطورتر به طور معنی‌داری از ارتفاع بیشتری برخوردار بودند.

بین قطر یقه، وزن کل بوته و ارتفاع بوته با وزن گل آذین همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. بنابراین گیاهان طول‌تر، سنگین‌تر و با طوقه‌های قطورتر، از گل آذین‌های بلندتر و سنگین‌تری برخوردار بودند. همچنین گیاهان با تاج گسترده‌تر، از بیشترین عملکرد الیاف ساقه، برگ، گل‌آذین، قطر یقه و سطح برگ برخوردار بودند (جدول ۵).

**نتیجه‌گیری کلی**

بر پایه نتایج بدست آمده از نظر صفات ریخت‌شناختی و فیتوشیمیایی بررسی شده در این تحقیق، تفاوت و تنوع قابل ملاحظه‌ای بین اکوتیپ‌های بومی با کولتیوار فدورا ۱۷ و نتاج آن وجود داشت. همچنین بین مناطق مورد مطالعه نیز از نظر مورفولوژی و فیتوشیمیایی تفاوت قابل توجهی مشاهده شد.

از آنجایی که گیاهان کاشته شده در منطقه البرز بیشترین عملکرد اسانس را داشتند بنابراین کشت شاهدانه بدین منظور در منطقه البرز توصیه می‌گردد. براساس نتایج تحقیق حاضر، عملکرد تولید روغن اکوتیپ‌های بومی نسبت به فدورا ۱۷ و نتاج آن بالاتر بود. همچنین در مقایسه مناطق کشت، منطقه البرز با تولید ۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد تولید روغن دانه‌ها را داشت. بدین ترتیب بالاترین عملکرد روغن دانه مربوط به اکوتیپ‌های بومی کشت‌شده در منطقه البرز بود که نشان‌دهنده تاثیر اقلیم و رقم بر عملکرد روغن می‌باشد.

به‌طور کلی، با کشت شاهدانه در منطقه البرز، بالاترین کیفیت از نظر کلیه خصوصیات ریخت‌شناسی و فیتوشیمیایی بدست آمد.

**REFERENCES**

1. Amaducci, S., Zatta, A., Raffanini, M., & Venturi, G. (2008). Characterisation of hemp (*Cannabis sativa* L.) roots under different growing conditions. *Plant and Soil*, 313(1-2), 227-235.
2. Andre, C. M., Hausman, J.-F., & Guerriero, G. (2016). *Cannabis sativa*: the plant of the thousand and one molecules. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-19.
3. Bao, Y., Kong, X., Yang, L., Liu, R., Shi, Z., Li, W., & Hou, W. (2014). Complementary and alternative medicine for cancer pain: an overview of systematic reviews. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-9.

4. Callaway, J. C., & Laakkonen, T. T. (1996). Cultivation of *Cannabis* oil seed varieties in Finland. *Journal of the International Hemp Association*, 3(1), 32-34.
5. Cassano, R., Trombino, S., Ferrarelli, T., Nicoletta, F. P., Mauro, M. V., Giraldi, C., & Picci, N. (2013). Hemp fiber (*Cannabis sativa* L.) derivatives with antibacterial and chelating properties. *Cellulose*, 20(1), 547-557.
6. Clarke, R. C., & Merlin, M. D. (2013). *Cannabis: evolution and ethnobotany*. University of California Press.
7. ElSohly, M. A., & Slade, D. (2005). Chemical constituents of marijuana: the complex mixture of natural cannabinoids. *Life Sciences*, 78(5), 539-548.
8. Fishedick, J. T., Hazekamp, A., Erkelens, T., Choi, Y. H., & Verpoorte, R. (2010). Metabolic fingerprinting of *Cannabis sativa* L., cannabinoids and terpenoids for chemotaxonomic and drug standardization purposes. *Phytochemistry*, 71(17-18), 2058-2073.
9. Gu, L. F. (2006). Surgical sewing free zipper made of antibiotic material hemp fiber. *CN Patent Y*, 2829641.
10. Guerriero, G., Hausman, J. F., Strauss, J., Ertan, H., & Siddiqui, K. S. (2015). Deconstructing plant biomass: focus on fungal and extremophilic cell wall hydrolases. *Plant Science*, 234, 180-193.
11. Guerriero, G., Hausman, J., Strauss, J., Ertan, H., & Siddiqui, K. S. (2016). Lignocellulosic biomass: biosynthesis, degradation, and industrial utilization. *Engineering in Life Sciences*, 16(1), 1-16.
12. Guerriero, G., Sergeant, K., & Hausman, J. F. (2013). Integrated-omics: a powerful approach to understanding the heterogeneous lignification of fibre crops. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(6), 10958-10978.
13. Guerriero, G., Sergeant, K., & Hausman, J.-F. (2014). Wood biosynthesis and typologies: a molecular rhapsody. *Tree Physiology*, 34(8), 839-855.
14. Hao, X. M., Yang, Y., An, L. X., Wang, J. M., & Han, L. (2014). Study on antibacterial mechanism of hemp fiber. In *Advanced Materials Research* (Vol. 887, pp. 610-613). Trans Tech Publication.
15. Hazekamp, A., & Fishedick, J. T. (2012). Cannabis—from cultivar to chemovar. *Drug Testing and Analysis*, 4(7-8), 660-667.
16. Karousou, R., Koureas, D. N., & Kokkini, S. (2005). Essential oil composition is related to the natural habitats: *Coridothymus capitatus* and *Satureja thymbra* in NATURA 2000 sites of Crete. *Phytochemistry*, 66(22), 2668-2673.
17. Khan, B. A., Wang, J., Warner, P., & Wang, H. (2015). Antibacterial properties of hemp hurd powder against *E. coli*. *Journal of Applied Polymer Science*, 132(10), 1-6.
18. Khan, S., Ul-Islam, M., Khattak, W. A., Ullah, M. W., & Park, J. K. (2015). Bacterial cellulose-poly (3, 4-ethylenedioxythiophene)-poly (styrenesulfonate) composites for optoelectronic applications. *Carbohydrate Polymers*, 127, 86-93.
19. Kushima, H., Shoyama, Y., & Nishikoka, I. (1980). Cannabis. Xii. Variations of cannabinoid contents in several strains of *Cannabis sativa* L. with leaf-age, season and sex. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 28(2), 594-598.
20. Letchamo, W., & Gosselin, A. (1995). Effects of HPS supplemental lighting and soil water levels on growth, essential oil content and composition of two thyme (*Thymus vulgaris* L.) clonal selections. *Canadian Journal of Plant Science*, 75(1), 231-238.
21. Lixandru, G., Filipov, F., & Dumbrava, I. (2007). Plant tolerance to soil salinity in the conception of the IAȘI school of soil science. *Agricultural Research Moldova*, 40(2), 15-31.
22. Marsh, G. (2003). Next step for automotive materials. *Materials Today*, 4(6), 36-43.
23. Omid Beigi, R. (2005). *Production and processing herbal plants*. Astane Ghodese Razavi Publication (pp 400) (In Farsi).
24. Palá-Paúl, J., Pérez-Alonso, M. J., Velasco-Negueruela, A., Palá-Paúl, R., Sanz, J., & Conejero, F. (2001). Seasonal variation in chemical constituents of *Santolina rosmarinifolia* L. ssp. *rosmarinifolia*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 29(7), 663-672.
25. Potter, D. (2009). The propagation, characterisation and optimisation of *Cannabis sativa* L as a phytopharmaceutical. King's College London.
26. Saadati, M., & Bagheri, A. (2016). Respondent driven sampling method compared with other sampling methods of hidden populations. *Iranian Journal of Epidemiology*, 12(2), 63-74.
27. Srivastava, A., & Yadav, V. K. (2013). Microscopical and chemical study of *Cannabis sativa* L. *J Forensic Res*, 5(1), 210, 1-6.
28. Van Bakel, H., Stout, J. M., Cote, A. G., Tallon, C. M., Sharpe, A. G., Hughes, T. R., & Page, J. E. (2011). The draft genome and transcriptome of *Cannabis sativa* L. *Genome Biology*, 12(10), R102, 1-18.
29. Vuerich, M., Ferfuaia, C., Zuliani, F., Piani, B., Sepulcri, A., & Baldini, M. (2019). Yield and quality of essential oils in hemp varieties in different environments. *Agronomy*, 9(7), 356, 1-17.
30. Wharton, M. J. (1955). The use of tetrazolium test for determining the viability of seeds of the genus *Brassica*. *Proc Int Seed Test Assoc*, 20, 81-88.
31. Zirpel, B., Stehle, F., & Kayser, O. (2015). Production of  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinolic acid from cannabigerolic acid by whole cells of *Pichia* (*Komagataella*) *pastoris* expressing  $\Delta^9$ -tetrahydrocannabinolic acid synthase from *Cannabis sativa* l. *Biotechnology Letters*, 37(9), 1869-1875.