جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد
مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۶ شماره ۱ صفحه های ۱۷۱-۱۶۱ (۱۱/۸۷)

اثرهای عناصر غذایی بر رشد و مواد موثره آویشن

[۱] (*Thymus vulgaris* L.)

EFFECTS OF NUTRIENTS ON GROWTH AND ACTIVE SUBSTANCES OF THYME (*THYMUS VULGARIS* L.)

شهرام شرف زاده، مرتضی خوشخوی و کتایون جاویدنیا[۲]

چکیده

به منظور بررسی اثرهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کود کامل آگریهانزا بر رشد و مواد موثره آویشن باغی، آزمایش گلخانه‌ای روی دانهال‌های این گیاه انجام شد. گیاهان در مرحله ٤ تا ۶ برگی به گلدان‌هایی که حاوی یک سوم خاک، یک سوم ماسه و یک سوم پیت بودند، منتقل شده و در گلخانه در میانگین دمایی۳±۲۷ درجه سلسیوس در روز و ۳±۱۷ درجه سلسیوس در شب نگهداری شدند. تیمارها شامل N، P، K، NP، NK، PK، NPK و کود کامل آگریهانزا بودند که با شاهد (بدون کود) مقایسه شدند. مقادیر به کار رفته از این عناصر شامل ۵۰ میلی‌گرم N، P_2O_5 و K_2O در هر کیلوگرم از خاک گلدان بود. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین وزن تر شاخساره (۸۲/۲۹ گرم در گیاه) و وزن خشک شاخساره (۲۲/۸۸ گرم در گیاه) در تیمار NPK به دست آمد. وزن سبزشاخساره[۳] (۶۸/۴۵ گرم در گیاه) ، داروشاخساره[٤] (۱۸/۴۸ گرم در گیاه) و داروبرگ‌ها[٥] (۹/۶۸ گرم در گیاه) نیز در تیمار NPK بیشترین بود. درصد اسانس حاصل از داروبرگ‌های آویشن در تیمار آگریهانزا (۱/۷۷٪) بیشترین و در تیمار NPK (۱/۰۳٪) کمترین بود. بیشترین مقدار اسانس (۱۶۲/۷۴ میلی‌گرم در گیاه) در تیمار آگریهانزا مشاهده شد. بیشترین درصد تیمول[٦] (۶۹/۸۸٪) در تیمار آگریهانزا دیده شد در حالی که درصد کارواکرول[۷] در تیمار NP (۱۰/۹۵٪) بیش از سایر تیمارها بود.

واژه های کلیدی: آگریهانزا، آویشن باغی، اسانس، پتاسیم، تیمول، فسفر، کارواکرول، نیتروژن.

مقدمه

آویشن باغی با نام انگلیسی Garden thyme و نام علمی *Thymus vulgaris* L. از تیره نعناع سانان[۸] بوده و گیاهی چوبی و چند ساله است. این گیاه از قرن شانزدهم به طور رسمی به عنوان یک گیاه دارویی معرفی شد. در تمام فارماکوپه‌های معتبر از شاخساره آویشن به عنوان دارو یاد شده و خواص درمانی آن مورد تاکید قرار گرفته است (۲). اسانس آویشن باغی خاصیت ضد باکتری، قارچی و ویروسی دارد (۲، ۱۵، ۲۷، ۲۸) و

۱- تاریخ دریافت: ۸۷/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۲۳

۲- به ترتیب دانش آموخته دکتری علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، استاد بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و استاد دانشکده داروسازی و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات شیمی دارویی و گیاهی دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، جمهوری اسلامی ایران.

۳- Green herb ٤- Drug herb ٥- Drug leaves ٦- Thymol ۷- Carvacrol ۸- Lamiaceae

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

همچنین، به دلیل وجود ترکیب های فنلی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و محافظت کننده می‌باشد (۱۸، ۲۰، ۳۲). از اسانس این گیاه در صنایع دارویی، غذایی، کنسروسازی، بهداشتی و آرایشی استفاده می‌گردد. مواد موثره آویشن باغی خلط‌آور بوده و از آن در معالجه سرفه استفاده می‌شود (۲). مهم‌ترین ترکیب های موجود در اسانس این گیاه عبارتند از تیمول، کارواکرول، پارا-سیمن[۱] و لینالول[۲]. اسانس حاصل از آویشن باغی بیشتر از گروه مونوترپن‌ها[۳] بوده و مشتقات اکسیژنه شده[٤] بیشترین مقدار را دارند (۱، ۲، ۱۹، ۲۱، ۲۲، ۳۰). با توجه به کاربردهای وسیع آویشن باغی در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی لازم است آزمایش‌هایی در جهت افزایش عملکرد گیاه و نیز افزایش درصد اسانس و کیفیت آن انجام شود. از زمانی که اثر کودهای معدنی بر افزایش عملکرد گیاهان دارویی مشخص شده (۲۶)، اثر این شاخص‌ها بر عملکرد گیاهان دارویی مختلف (۸، ۹، ۱۰) و آویشن (۲۱، ۲۲) مورد بررسی قرار گرفته است. نیتروژن، فسفر و پتاسیم عناصر غذایی پُر مصرف بوده و در رشد و نمو، تولید مثل، تولید پروتئین، واکنش‌های آنزیمی، تولید ترکیب های پُر انرژی و همچنین رشد شاخساره و ریشه نقش دارند (۳) بنابراین، لازم است اثر این عناصر بر رشد و درصد اسانس تولید شده و همچنین، اجزای تشکیل دهنده اسانس به ویژه تیمول و کارواکرول مورد بررسی قرار گیرد. امیدبیگی و ارجمندی (۲۱) اثر نیتروژن و فسفر را بر عملکرد و ترکیب های موثره یک جمعیت سه ساله آویشن باغی مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، شش سطح نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفر (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) به کار رفت. قسمت‌های هوایی خشک گیاه توسط کلونجر اسانس‌گیری شد. بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ۱۵۰ نیتروژن و ۱۰۰ فسفر به دست آمد. بیشترین عملکرد گیاه در تیمارهای ۲۰۰ نیتروژن و ۱۵۰ فسفر و همچنین، ۲۵۰ نیتروژن و ۲۰۰ فسفر به دست آمد. بیشترین درصد اسانس ۱/۱٪ بود. تیمول به دست آمده از اسانس تفاوت معنی‌داری نشان نداد و ۳۸/۷٪ از کل اسانس ها را تشکیل می داد. امیدبیگی و رضایی‌نژاد (۲۲) اثر کود نیتروژنی و زمان برداشت را بر محصول آویشن مورد بررسی قرار دادند. در این آزمایش بیشترین عملکرد گیاه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به شکل اوره به دست آمد. تیمارهای کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر درصد اسانس نداشتند و بیشترین اسانس به دست آمده از قسمت‌های هوایی گیاه ۰/۶۱٪ بود. عملکرد اسانس در تیمار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به بیشترین مقدار رسید. درصد تیمول در تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری نشان نداد و بیشترین مقدار آن ۴۱/۱۳٪ از کل اسانس ها را تشکیل می داد. در این آزمایش بهترین زمان برداشت برای به دست آوردن بیشترین اسانس، شروع تشکیل میوه گزارش گردید. اوداگاوا[٥] (۳۱) آویشن را در محیط آبکشت[٦] پرورش داد و نتیجه گرفت که با افزایش غلظت کل عناصر غذایی، وزن تر و خشک برگ، جذب عناصر و درصد اسانس برگ افزایش یافت. ازکان و چالچات[۷] (۲۳) اسانس آویشن پرورش یافته در ترکیه در شرایط مزرعه را توسط تقطیر با آب استخراج نموده و سپس توسط GC/MS تجزیه کردند. تیمول به دست آمده۴۶/۲٪ بود. هودائیب و همکاران[۸] (۱۶) ترکیب های اسانس آویشن را مورد ارزیابی قرار دادند. اسانس به دست آمده به مقدار زیادی دارای مونوترپن‌های فنلی (تیمول و کارواکرول) و مونوترپن‌های هیدروکربنی (پارا-سیمن و گاما-ترپینن) بود.

ازگوون و تانسی[۹] (۲۴) اثر شرایط محیطی و مراحل مختلف رشد را بر محصول و اسانس آویشن مورد بررسی قرار دادند. در این پژوهش، اسانس استخراج شده از برگ‌ها تجزیه گردید و مشخص شد که شرایط

۱- *P*-cymene ۲- Linalool ۳- Monoterpenes ٤- Oxygenated derivatives ٥- Udagawa
۶- Hydroponic ۷- Ozcan and Chalchat ۸- Hudaib *et al.* ۹- Ozguven and Tansi

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

محیطی و سن به طور معنی‌داری عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد به طوری که میزان اسانس به دست آمده از ۰/۳۲ تا ۰/۸۳٪ متغیر بود. بنابراین در این پژوهش، اثر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و مود کامل آگریهانزا بر رشد و مواد موثره آویشن باغی بررسی می شود.

مواد و روش ها

بذرهای اصلاح شده آویشن از شرکت گیاه افزای شیراز تهیه گردید و اوایل آذر ماه ۱۳۸۵ در گلخانه‌ای شیشه‌ای واقع در فیروزآباد کشت گردید. عرض جغرافیایی محل ′۳۵ °۲۸، طول جغرافیایی ′۴۰ °۵۲ و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۷ متر بود.

به منظور کشت بذرها، بستری شامل یک سوم خاک، یک سوم ماسه و یک سوم پیت تهیه شد. برای کشت یکنواخت، بذرها با مقداری ماسه مخلوط شدند و سپس در سطح بستر پخش گردیده و با یک لایه بسیار نازک پیت پوشیده شدند. آبیاری به صورت روزانه انجام گرفت. پس از ۵ روز بذرهای آویشن شروع به تندیدن کردند. دانهال‌ها در مرحله ۶-۴ برگی به گلدان‌هایی پلاستیکی که از قبل تهیه شده و حاوی ۳/۶ کیلوگرم مخلوط خاکی همانند مخلوط بستر فوق بودند، منتقل شدند. چند نمونه از مخلوط خاکی گلدان‌ها پیش از دریافت تیمارها و انتقال دانهال‌ها تجزیه شده و مشخص شد که دارای هدایت الکتریکی ۱/۹۴ دسی زیمنس بر متر، اسیدیته ۷/۷۳، کربن آلی ۲/۲۷٪، نیتروژن کل ۰/۲۲٪، فسفر و پتاسیم قابل جذب به ترتیب ۲۰/۱۹ و ۱۷۶/۷ میلی گرم بر کیلوگرم، آهن، روی، منگنز و مس به ترتیب ۱۴/۰۷، ۰/۹۲، ۱۹/۱۳ و ۰/۸۹ میلی گرم بر کیلوگرم با بافت شنی لومی بود.

تیمارهای به کار رفته در این پژوهش شامل نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، نیتروژن و فسفر (NP)، نیتروژن و پتاسیم (NK)، فسفر و پتاسیم (PK)، نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) و کود کامل آگریهانزا بودند که با شاهد مقایسه گردیدند. ترکیبات آگریهانزا در جدول ۱ نشان داده شده است. مقادیر به کار رفته از این تیمارها شامل ۵۰ میلی‌گرم N، P_2O_5 و K_2O در هر کیلوگرم از خاک گلدان (معادل تقریبی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. برای مثال تیمار NK شامل ۵۰ میلی‌گرم N و ۵۰ میلی‌گرم K_2O در هر کیلو گرم از خاک گلدان بود. کودهای مورد استفاده در این پژوهش از منابع نیترات‌آمونیوم (دارای ۳۳٪ نیتروژن)، سوپرفسفات‌تریپل (دارای ٤٦٪ P_2O_5)، سولفات‌پتاسیم (دارای ۵۰٪ K_2O) و آگریهانزا بودند. مقادیر به کار رفته از این کودها به ترتیب ۱۵۱/۵، ۱۰۸/۷، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم از خاک گلدان و برای ۳/۶ کیلوگرم خاک گلدان مقادیر به کار رفته به ترتیب ۵۴۵/۴، ۳۹۱/۳، ۳۶۰ و ۹۰۰ میلی‌گرم بود.

جدول۱- ویژگی شیمیایی کود آگریهانزا.

Table 1. Composition of Agrihansa fertilizer.

Total N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	MgO (%)	S (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	B (ppm)	Mo (ppm)
20	20	20	0.3	0.28	1000	275	225	375	10	100	10

نیترات‌آمونیوم به مقدار مساوی در دو قسمت، یکی دو هفته پس از انتقال نشاءها و دیگری شش هفته پس از انتقال نشاءها به خاک گلدان داده شد. سایر کودها قبل از انتقال نشاءها با خاک گلدان مخلوط گردید.

گیاهان در گلخانه در دمای روزانه ۳±۲۷ درجه سلسیوس و دمای شبانه ۳±۱۷ درجه سلسیوس پرورش یافتند. برای گرم کردن گلخانه از بخاری‌های گازی استفاده شد. به منظور اندازه‌گیری دما از دماسنج‌های ماکزیمم مینیمم استفاده گردید. همه گلدان‌ها دارای زیرگلدانی بوده و آبیاری به طور منظم و دقیق هر دو روز یک بار انجام

شد. آبیاری گلدان‌ها باید به صورتی انجام می‌گرفت که تا حد ممکن آب از گلدان‌ها خارج نگردد. بدین جهت آبیاری گلدان‌ها با کمک ظروف مدرج و با دقت انجام شد. با این وجود، اگر آب از گلدان خارج می‌شد، به کمک زیرگلدانی به گلدان باز گردانده می‌شد. برای کنترل بهتر دما، از اوایل فروردین ماه توری‌های پلاستیکی سبز رنگ مخصوصی که حدود ۳۰٪ شدت نور را کاهش می‌داد روی سقف گلخانه کشیده شد و از اواخر فروردین ماه برای خنک کردن گلخانه از یک دستگاه کولر آبی استفاده گردید. گیاهان به تدریج رشد کرده و از فروردین ماه رشد آن‌ها با سرعت بیشتری انجام شد. به منظور تهویه و کنترل رطوبت گلخانه از هواکش استفاده شد. کنترل علف‌های هرز گلدان‌ها به صورت روزانه و با دست انجام می‌گرفت. در سراسر مدت پرورش گیاهان، کارشناس آفات و بیماری‌ها به طور منظم گیاهان را کنترل کردند. مگس سفید توسط نوارهای جاذب زرد رنگ کنترل گردید و شپشک نیز در اوایل دوره فعالیتش توسط پنس و با دست کنترل شد. در مدت رشد گیاهان هیچ نوع بیماری مشاهده نشد. گل‌های آویشن از یازدهم فروردین ماه ۱۳۸۶ شروع به باز شدن کردند. گلدهی آویشن به کُندی صورت گرفت و تعدادی از گل‌ها به مرور ریزش کردند. گیاهان تا اواسط تیر ماه در گلخانه پرورش یافتند.

اواسط تیر ماه گلدان‌هایی از هر تکرار به صورت تصادفی گزیده شد و پس از بیرون آوردن گیاه از گلدان و شستشوی کامل ریشه، طول شاخساره و ریشه، وزن تر شاخساره و ریشه، و قطر ساقه اندازه‌گیری شد. وزن تر شاخساره و ریشه توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. طول شاخساره و ریشه با خط‌کش و قطر ساقه در فاصله یک سانتی‌متری بالای پاهنگ (طوقه) با کولیس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول ریشه، به صورت تصادفی پنج ریشه از هر گیاه انتخاب و میانگین طول آن‌ها ثبت گردید. پس از آن، نمونه‌ها در پاکت کاغذی قرار گرفته و به منظور اندازه‌گیری وزن خشک شاخساره و ریشه، به مدت ٤-۳ روز در دمای ٤٠ درجه سلسیوس در آون خشک شدند.

برای اندازه‌گیری وزن سبزشاخساره، داروشاخساره و داروبرگ‌ها، گلدان‌های دیگری به صورت تصادفی انتخاب شدند. بوته‌های آویشن از ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری از سطح گلدان توسط یک قیچی تیز جدا شدند و بی درنگ به منظور اندازه‌گیری وزن سبزشاخساره توسط ترازوی دیجیتالی وزن شدند. پس از آن، گیاهان به مدت ۱۰ روز در دمای ۳±۲۵ درجه سلسیوس در سایه خشک شدند و برای اندازه‌گیری داروشاخساره توزین گردیدند. پس از آن، برگ‌های هر بوته با دست جدا شده و وزن داروبرگ‌ها اندازه‌گیری شد.

آب[۱] توسط دستگاه کلونجر انجام شد. برای این منظور، ۲۰ گرم از داروبرگ‌ها از هر تکرار وزن گردیده و توسط آسیاب برقی پودر شد و سپس همراه با ۲۵۰ میلی لیتر آب در یک بالن نیم لیتری کلونجر ریخته شد. مقداری آب در لوله کلونجر ریخته و سپس مقداری ان-هگزان[۲] روی آب ریخته شد (به منظور حل شدن اسانس استخراج شده در هگزان). پس از آن، جریان آب سرد در کلونجر برقرار شده و گرم‌کن برقی روشن گردید. حدود ٤ ساعت پس از جوش آمدن آب، اسانس‌گیری پایان یافت. هگزان و اسانس حل شده در آن به یک بشر منتقل گردید و سپس به کمک سولفات‌سدیم آب‌گیری شد. اسانس حل شده در هگزان در ظروف کوچکی جمع‌آوری شده و به کمک گاز نیتروژن، حلال هگزان تبخیر شد. برای اندازه‌گیری میزان اسانس، ابتدا ظروف خالی توسط ترازوی دیجیتالی تا چهار رقم اعشار وزن شد و پس از جمع‌آوری اسانس، ظروف دوباره توزین شدند که اختلاف وزن آن‌ها میزان اسانس را به صورت وزنی نشان داد و با یک تناسب میزان اسانس به صورت درصد وزنی اندازه‌گیری شد. اسانس‌ها تا زمان تجزیه در فریزر نگهداری شدند.

۱- Hydrodistillation ۲- N-hexan

دستگاه GC استفاده شده در این پژوهش از نوع Agilent 6890 بود که دمای محل تزریق آن ۲۴۰ درجه سلسیوس، دمای آون از ٦٠ تا ۲۳۰ درجه سلسیوس (افزایش دمای ۳ درجه سلسیوس در دقیقه) و دمای آشکارساز آن ۲٤٠ درجه سلسیوس تنظیم گردید. نسبت اسپلیت[۱] ۱:۵۰ بود. ستون مورد استفاده از نوع HP5 (۰/۲۵ mm × ۳۰m)، فاز متحرک گاز نیتروژن و میزان جریان[۲] برابر با ۰/۹ میلی‌لیتر در دقیقه بود.قسمت GC در GC/MS از نوع Agilent 6890 و قسمت MS از نوع HP 6890 بود. فاز متحرک گاز هلیوم و سایر مشخصات مانند دستگاه GC تنظیم گردید. حجم تزریق اسانس به دستگاه، ۰/۲ میکرولیتر بود.

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD)[۳] با نُه تیمار و چهار تکرار انجام شد. هر تیمار در هر تکرار شامل پنج گلدان بود و در هر گلدان یک گیاه پرورش یافت. تعداد کل گلدان ها در این آزمایش ۱۸۰ عدد بود. برای ثبت و تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای Minitab و SAS استفاده شد. میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن (DNMRT)[٤] مقایسه شدند.

نتایج

وزن تر و خشک شاخساره

عناصر غذایی مختلف تفاوت‌های معنی‌داری در وزن تر و خشک شاخساره آویشن به وجود آوردند (شکل ۱). بیشترین وزن تر شاخساره (۸۲/۲۹ گرم) در تیمار NPK به دست آمد که به غیر از تیمارهای P، NP و شاهد با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین وزن تر شاخساره (۵۳/۴ گرم) در تیمار P به دست آمد. بیشترین وزن خشک شاخساره (۲۲/۸۸ گرم) در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای K، NK، PK و آگریهانزا تفاوت معنی‌داری نشان نداد و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. کمترین وزن خشک شاخساره (۱۴/۵۷ گرم) در تیمار شاهد به دست آمد.

وزن تر و خشک ریشه

تیمارهای مختلف کودی تفاوت‌های معنی‌داری در وزن تر و خشک ریشه به وجود آوردند (شکل ۲). بیشترین وزن تر ریشه (۲۸/۰۹ گرم) در تیمار PK به دست آمد که با تیمارهای NP و شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. کمترین وزن تر ریشه (۱۳/۱۲ گرم) در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمار NP تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد. بیشترین وزن خشک ریشه (۴/۰۱ گرم) در تیمار P به دست آمد که با شاهد و تیمار NP تفاوت معنی‌دار نشان داد. کمترین وزن خشک ریشه (۱/۹۸ گرم) در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمارهای N و NP تفاوت معنی‌داری نداشت.

ارتفاع شاخساره، طول ریشه و قطر ساقه

تیمارها اثر معنی داری بر ارتفاع شاخساره نداشتند. بیشترین ارتفاع شاخساره (۴۶/۳۸ سانتی‌متر) در تیمار NP و کمترین ارتفاع شاخساره (۴۰/۹۳ سانتی‌متر) در تیمار NPK به دست آمد. عناصر غذایی مختلف تفاوت‌های معنی‌داری در طول ریشه آویشن به وجود آوردند (شکل ۳). بیشترین طول ریشه (۴۲/۷۵ سانتی‌متر) در تیمار K به دست آمد که با تیمار PK تفاوت معنی‌داری نداشت، اما با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نشان داد.

۱- Split ratio ۲- Flow rate ۳- Randomized complete block design ٤- Duncan’s new multiple range test

کمترین طول ریشه (۳۰/۲۵) در تیمار شاهد به دست آمد. بیشترین قطر ساقه (۶/۱۵ میلی‌متر) در تیمار NP به دست آمد که با تیمار N تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین قطر ساقه (۴/۸۳ میلی‌متر) در تیمار شاهد به دست آمد که به جز تیمار NP با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

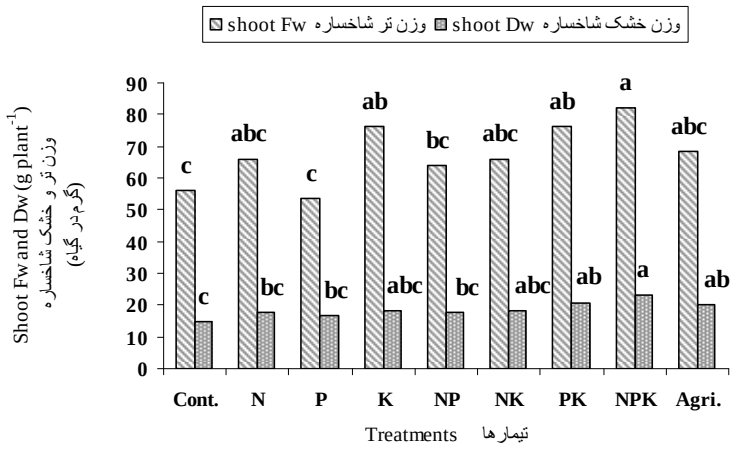

Fig. 1. Effect of various fertilizer treatments on shoot fresh and dry weights in thyme. Columns with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن تر و خشک شاخساره در آویشن. ستون‌هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

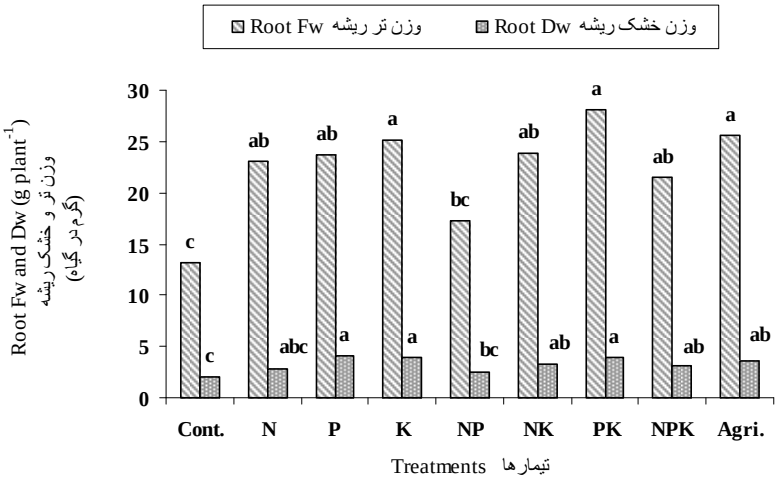

Fig. 2. Effect of various fertilizer treatments on root fresh and dry weights in thyme. Columns with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۲- اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن تر و خشک ریشه در آویشن. ستون‌هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

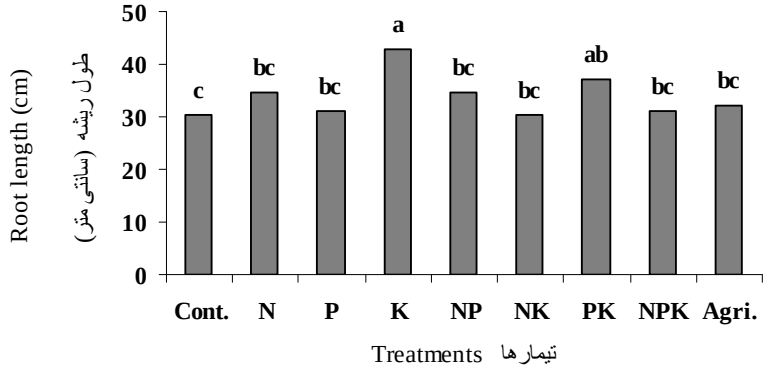

Fig. 3. Effect of various fertilizer treatments on root length in thyme. Columns with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف کودی بر طول ریشه در آویشن. ستون‌هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

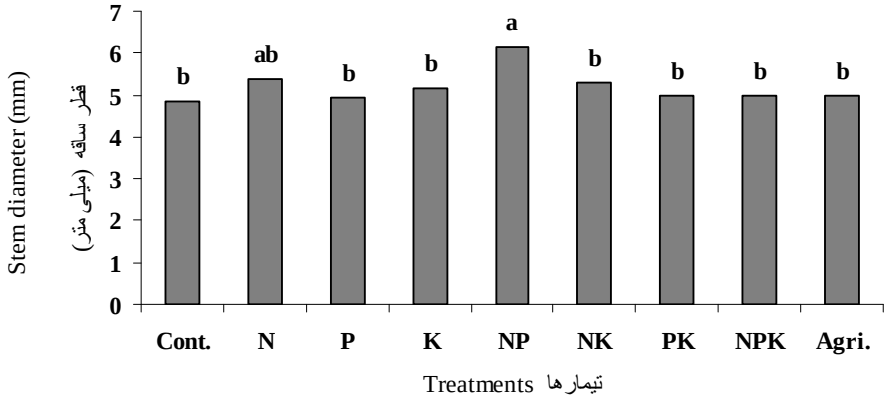

Fig. 4. Effect of various fertilizer treatments on stem diameter in thyme. Columns with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

شکل ۴- اثر تیمارهای مختلف کودی بر قطر ساقه در آویشن. ستون‌هایی که دارای حروف یکسان هستند، در سطح ۵٪ آزمون چند دامنه‌ای جدید دانکن دارای تفاوت معنی‌دار نیستند.

نسبت‌های وزنی

تیمارهای مختلف عناصر غذایی تفاوت‌های معنی‌داری در نسبت وزن تر به وزن خشک کل گیاه و شاخساره و همچنین، نسبت وزن تر شاخساره به ریشه و وزن خشک شاخساره به ریشه، به وجود آوردند (جدول ۲). تیمارها تفاوت معنی‌داری در نسبت وزن تر به وزن خشک ریشه به وجود نیاوردند. بیشترین نسبت وزن تر به وزن خشک کل گیاه (۴/۶۷) در تیمار K به دست آمد که با تیمارهای N و PK تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین نسبت وزن تر به وزن خشک کل گیاه (۳/۶۹) در تیمار P به دست آمد. بیشترین نسبت وزن تر به وزن خشک شاخساره (۴/۲۹) در تیمار K به دست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با سایر تیمارها

تفاوت معنی‌دار نشان داد. بیشترین نسبت وزن تر شاخساره به ریشه (۴/۳۲) در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمارهای K، NP و NPK تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه (۷/۶۵) در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمارهای P، K و PK تفاوت معنی‌دار نشان داد.

وزن سبزشاخساره، داروشاخساره و داروبرگ‌ها

تیمارهای مختلف تفاوت‌های معنی‌داری در وزن سبزشاخساره، داروشاخساره و داروبرگ‌ها به وجود آوردند (جدول ۳). بیشترین وزن سبزشاخساره (۶۸/۴۵ گرم) در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای P و شاهد تفاوت معنی‌داری نشان داد. کمترین مقدار وزن سبزشاخساره (۴۲/۷۶ گرم) در تیمار P به دست آمد. بیشترین وزن داروشاخساره (۱۸/۴۸ گرم) در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای K، NK، PK و آگریهانزا تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین مقدار داروشاخساره (۱۱/۶۴ گرم) در تیمار شاهد به دست آمد. بیشترین وزن داروبرگ‌ها (۹/۶۸ گرم) در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای K، NP، PK و آگریهانزا تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین وزن داروبرگ‌ها (۵/۹۸ گرم) در تیمار شاهد به دست آمد.

درصد و مقدار اسانس

تیمارهای عناصر غذایی تفاوت‌های معنی‌داری در درصد اسانس استخراج شده از داروبرگ‌ها به وجود آوردند. بیشترین درصد اسانس (۱/۷۷٪) در تیمار آگریهانزا به دست آمد که با تیمارهای N و NP تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین درصد اسانس (۱/۰۳٪) در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای P و PK تفاوت معنی‌داری نداشت. تیمارهای مختلف، مقدار اسانس تولید شده توسط داروبرگ‌های گیاه را به طور معنی‌داری تغییر دادند. بیشترین مقدار اسانس (۱۶۲/۷۴ میلی‌گرم) در تیمار آگریهانزا به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. کمترین مقدار اسانس (۷۷/۹۸ میلی‌گرم) در تیمار P به دست آمد که با تیمارهای NP و آگریهانزا تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول ۳).

درصد تیمول و کارواکرول

عناصر غذایی مختلف، درصد تیمول و کارواکرول را به طور معنی‌داری تغییر دادند (جدول ۳). بیشترین درصد تیمول (۶۹/۸۸٪) در تیمار آگریهانزا به دست آمد که با تیمارهای NK، PK و NPK تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین درصد تیمول (۵۵/۴۸٪) در تیمار NP به دست آمد که با تیمارهای P، NK، PK، NPK و آگریهانزا تفاوت معنی‌داری نشان داد. بیشترین درصد کارواکرول (۱۰/۹۵٪) در تیمار NP به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. کمترین درصد کارواکرول (۳/۴۵٪) در تیمار K به دست آمد که با تیمارهای NP و PK تفاوت معنی‌داری داشت.

بحث

در این پژوهش بیشترین وزن تر شاخساره آویشن در تیمار NPK به دست آمد که با تیمارهای N، K، NK، PK و آگریهانزا تفاوت معنی داری نداشت و بیشترین وزن خشک شاخساره نیز در تیمار NPK به دست

جدول ۲ – اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن تر و خشک کل گیاه و نسبت های وزن تر و خشک شاخساره، ریشه، کل گیاه و نسبت های وزن تر و خشک شاخساره به ریشه در آویشن.

Table 2. Effects of various fertilizer treatments on total fresh and dry weight, fresh and dry weight ratios of shoot, root and plant in thyme.

نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه Shoot/Root Dw	نسبت وزن تر شاخساره به ریشه Shoot/Root Fw	نسبت وزن تر به وزن خشک ریشه Root Fw/Dw	نسبت وزن تر به وزن خشک شاخساره Shoot Fw/Dw	نسبت وزن تر به وزن خشک تک گیاه Plant Fw/Dw	وزن خشک کل گیاه (گرم در گیاه) Total dry weight (g plant^{-1})	وزن تر کل گیاه (گرم در گیاه) Total fresh weight (g plant^{-1})	تیمارها
7.64a	4.32a	6.79a	3.85ab	4.19b	16.55c	68.99c†	Cont.
6.57abc	3bc	8.44a	3.68bc	4.34ab	20.65abc	89.16ab	N
4.36d	2.3c	5.97a	3.16c	3.69c	20.95abc	77.08bc	P
4.91cd	3.2abc	6.59a	4.29a	4.67a	21.95abc	101.18a	K
6.98abc	3.75ab	6.8a	3.65bc	4.03bc	20.16bc	81.16bc	NP
5.74abcd	2.92bc	7.12a	3.6bc	4.14bc	21.74abc	89.96ab	NK
5.43bcd	2.73bc	7.35a	3.7bc	4.29ab	24.29ab	104.15a	PK
7.17ab	3.81ab	6.7a	3.57bc	3.95bc	26.09a	103.86a	NPK
5.57abcd	2.67bc	7.2a	3.42bc	4.01bc	23.76ab	94.05ab	Agri.

† Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

† در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف یکسان می باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای جدید دانکن تفاوت معنی داری با هم ندارند.

جدول ۳– اثر تیمارهای مختلف کودی بر وزن سبزشاخساره، داروشاخساره و داروبرگ ها و درصد اسانس، مقدار اسانس و درصد تیمول و کارواکرول داروبرگ ها در آویشن.

Table 3. Effects of various fertilizer treatments on green herb, drug herb and drug leaves weights and on essential oil percentage, essential oil content and thymol and carvacrol percentage of drug leaves in thyme.

درصد کارواکرول (٪) Carvacrol (%)	درصد تیمول (٪) Thymol (%)	مقدار اسانس (میلی گرم در گیاه) Essential oil content (mg plant^{-1})	درصد اسانس (٪) Essential oil percentage	وزن داروبرگ ها (گرم در گیاه) Drug leaves weight (g plant^{-1})	وزن داروشاخساره (گرم در گیاه) Drug herb weight (g plant^{-1})	وزن سبزشاخساره (گرم در گیاه) Green herb weight (g plant^{-1})	تیمارها
5.08bc	60.40cd	90.55bc	1.51bc	5.98c	11.64c	46.91bc†	Cont.
3.55c	59.00cd	101.27bc	1.62ab	6.52c	13.57bc	52.51abc	N
3.63c	62.58bc	77.98c	1.12d	7.06bc	13.39bc	42.76c	P
3.45c	58.63cd	103.82bc	1.42c	7.45abc	14.92abc	51.95abc	K
10.95a	55.48d	119.64b	1.62ab	7.42abc	13.95bc	53.44abc	NP
4.38bc	66.25ab	105.45bc	1.41c	7.09bc	14.73abc	55.37abc	NK
5.90b	66.70ab	87.65bc	1.05d	8.39abc	16.34ab	63.23ab	PK
3.75c	67.38ab	100.02bc	1.03d	9.68a	18.48a	68.45a	NPK
4.20bc	69.88a	162.74a	1.77a	9.14ab	16.52ab	57.63abc	Agri.

† Means in each column with the same letters are not significantly different at 5% level of probability using DNMRT.

† در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف یکسان می باشند، در سطح احتمال ۵٪ آزمون چند دامنه ای جدید دانکن تفاوت معنی داری با هم ندارند.

آمد که با تیمارهای N، P، NP و شاهد تفاوت معنی‌داری نشـان داد. امیـدبیگی و ارجمنـدی (۲۱) وجـود کودهـای نیتروژنی و فسفری را برای به دست آوردن بیشترین عملکرد در گیاه لازم دانستند.

اوداگاوا (۳۱) نشان داد که با افـزایش غلظـت عناصـر غـذایی در محـیط کشـت آبـی، وزن تـر و خشـک برگ‌های آویشن افزایش می‌یابد. در این پژوهش به نظر می‌رسد که عنصر پتاسیم در رشد آویشن نقـش ویـژه‌ای داشته است. تیمارهایی که پتاسیم در آن‌ها وجود داشت، از لحاظ آماری یکسان و دارای وزن خشک بالایی بودند. پتاسیم یکی از کاتیون‌های یک ظرفیتی مناسب برای فعال کردن آنزیم‌های گیاهی است. این عنصر بـه طـور ویـژه آنزیم‌هایی را فعال می‌کند که تولید مولکول‌های بزرگ ماننـد نشاسـته و پـروتئین مـی‌کننـد. آنـزیم‌هـای ATPase موجود در غشای یاخته‌ای برای فعالیت خود به پتاسیم نیاز دارند. ایـن عنصـر آنـزیم نیتـرات ردوکتـاز را کـه در احیای نیترات به آمونیوم در گیاه نقش دارد فعال می‌کند و به احتمال زیاد برای ساختن این آنزیم نیـز لازم اسـت. در کمبود پتاسیم تولید آنزیم Rubisco[1] که از مهم‌ترین آنزیم‌های گیاهی بوده و در فرآینـد فتوسـنتز نقـش دارد، کاهش می‌یابد. در فتوسنتز برای جابجایی پروتون در غشای تیلاکوئیدها و در نتیجه، ساخته شدن ATP نیاز بـه پتاسیم می‌باشد. احتمال دارد این عنصر در چسبیدن tRNA به ریبوزوم‌ها و در نتیجه، ساخته شدن پـروتئین‌هـا نقش داشته باشد. در جابجایی آنیون‌ها، انتقال مواد ساخته شده در برگ به نقاط دیگر و تنفس یاخته‌ای نقش دارد. در کمبود پتاسیم، پروتئین‌ها تجزیه شده و غلظت آمینواسیدها افزایش می‌یابد. با افزایش پتاسیم، میزان اسـیدهای آلی مانند سیتریک‌اسید و مالئیک‌اسید و ترکیب های نیتروژنی غیر پروتئینی کاهش می‌یابد و تعادل غذایی بیشتری در گیاه برقرار می‌شود. به دلیل نقش پتاسیم در ساختن کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها در تقسیم یاخته‌ای و رشد و نمو نقش زیادی دارد. این عنصر در ایجاد مقاومت نسبت به شرایط نامساعد محیطـی ماننـد سـرما و گرمـا مـوثر است و همچنین، در مقاومت گیاهان نسبت به کم آبی بسیار موثر است کـه بـه دلیـل نقـش ایـن عنصـر در تنظـیم حرکت های روزنه، ایجاد فشار اسمزی و حفظ آب و به احتمال زیاد افزایش میزان آمینواسید پرولین می‌باشد (۳، ۵، ۶). یکی از نکته های قابل توجه این است که در این پژوهش پتاسیم به صورت سولفات‌پتاسیم به خاک گلدان‌هـا اضافه شد. بنابراین، توجه به گوگرد به عنوان یـک عنصـر مغـذی بـرای گیـاه را بایـد در نظـر گرفـت. گـوگرد در ساختار آمینواسیدهایی مانند سیستین و متیونین وجود دارد. این عنصر در ساختار تیامین، بیوتین و کوآنزیم A شرکت می‌کند. گوگرد در تنظیم و ساخت پروتئین، قند، نشاسته و همی‌سلولز نقـش دارد. ایـن عنصـر در سـاختار کلروفیل وجود ندارد، اما در کمبود آن کلروفیل برگ کاهش می‌یابد (۳). از سوی دیگـر، سـولفات‌پتاسـیم بـه علـت وجود بنیان سولفات می‌تواند موجب کاهش اسیدیته خاک شده و به جذب برخی عناصر غذایی دیگر کمک کند.

بیشترین وزن تر ریشه آویشن در تیمار PK به دست آمد و بیشترین وزن خشک ریشـه در تیمـار P بـه دست آمد. فسفر باعث رشد ریشه و پتاسیم نیز به دلیل افزایش سریع سـطح بـرگ در ابتـدای نمـو گیـاه و انتقـال ترکیب های ساخته شده از برگ به ریشه باعث رشد ریشه می‌گردد. نیتـروژن موجـب افـزایش مقـدار اکسـین در ریشه شده و مانع رشد طولی ریشه می‌گردد (۳). بنـابراین، عـدم وجـود نیتـروژن در تیمارهـای K و PK، رشـد طولی بیشتر ریشه را نسبت به تیمارهایی که دارای نیتروژن هستند، ایجاد کرده است.

بیشترین وزن خشک شاخساره به ریشه که یکی از معیارهای فتوسنتز است (۴)، در تیمارهایی به دسـت آمـد کـه نیتروژن داشتند. ممکن است افزایش میزان کلروفیل در این تیمارها، موجب افزایش این نسبت شده باشد. در تیمار شاهد رشد خیلی کم ریشه نسبت به تیمارهای دیگر باعث افزایش این نسبت شده است.

۱- RUBP carboxylase oxygenase

درصد اسانس در تیمارهای مختلف از ۱/۰۳ تا ۱/۷۷٪ متغیر بود. بیشترین مقدار اسانس تولید شده توسط داروبرگ‌های گیاه در تیمار آگریهانزا به دست آمد که علت آن بالا بودن درصد اسانس و وزن داروبرگ‌ها در این تیمار می‌باشد. امیدبیگی و ارجمندی (۲۱) بیشترین درصد اسانس استخراج شده از قسمت‌های هوایی آویشن را ۱/۱٪ در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و بدون فسفر گزارش کردند. امیدبیگی و رضایی‌نژاد (۲۲) بیشترین درصد اسانس حاصل از قسمت‌های هوایی آویشن را ۰/۶۱٪ گزارش کرده و نشان دادند که کود نیتروژنی اثری بر درصد اسانس ندارد. این پژوهش‌ها در مزرعه انجام گرفته، از گیاهان سه ساله استفاده شده و کل سرشاخه برای استخراج اسانس مورد استفاده قرار گرفته است بنابراین، تفاوت‌های ایجاد شده با پژوهش حاضر ممکن است در اثر این عوامل باشد.

آگریهانزا یک کود کامل است که افزون بر نیتروژن، فسفر و پتاسیم دارای سایر عناصر ضروری نیز می‌باشد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم در رشد گیاه و بیوسنتز اسانس نقش دارند. افزون بر تاثیر در فتوسنتز و تنفس برای تولید اسکلت‌های کربنی (Pyruvate) لازم جهت بیوسنتز اسانس، در ساختار سه کوآنزیم مهم به نام‌های ATP، NADP/NADPH و کوآنزیم آ (CoA) که در بیوسنتز ترپنوئیدها نقش اساسی دارند، شرکت می‌کنند (۲۹). ممکن است پتاسیم به عنوان کوآنزیم برای آنزیم‌های مختلفی در مسیر بیوسنتز ترپنوئیدها نقش داشته باشد. در گزارشی تاکید شده است که بیوسنتز اسانس‌ها وابسته به غلظت فسفر غیر آلی در گیاه است (۱۷). تبدیل IPP به DMAPP که یکی از ترکیبات لازم برای بیوسنتز ترپنوئید ها می باشد، نیاز به Mg^{2+} یا Mn^{2+} دارد (۲۹). یکی از آنزیم های مسیر پلاستیدی بیوسنتز اسانس ها به نام DOXP synthase برای فعالیتش وابسته به تیامین‌دی‌فسفات و یک کاتیون دو ظرفیتی مانند Mg^{2+} یا Mn^{2+} می‌باشد و آنزیم CDP-ME synthase[1] نیاز به یک کاتیون دو ظرفیتی دارد (۱۴). Mg^{2+} یک رابط بین MVAP و ATP در مسیر سیتوزولی بیوسنتز ترپنوئید ها می‌باشد (۱۳). آنزیم Limonene synthase نیاز به Mg^{2+} یا Mn^{2+} دارد (۱۳). آنزیم α-pinene synthase برای فعالیت بهینه نیاز به K^{+} دارد (۲۵). Mg^{2+} فعال کننده آنزیم GPP synthase می‌باشد (۱۱). برای تولید گاما-کادینن از FPP نیاز به حضور یک کاتیون دو ظرفیتی است (۱۳). در پژوهشی (۱۲) مشخص شد که افزایش منیزیم در محیط کشت آبی باعث افزایش کلروفیل و اسانس گیاه مرزنجوش می شود.

مونوترپن‌های فنلی که شامل تیمول و کارواکرول می‌باشند، بیشترین درصد ترکیب های اسانس را تشکیل دادند. تیمول به دست آمده در تیمارهای مختلف از ۵۵/۵ تا ۶۹/۹٪ و کارواکرول از ۳/۵ تا ۱۰/۹٪ متغیر بود. امیدبیگی و ارجمندی (۲۱) بیشترین تیمول به دست آمده از اسانس قسمت‌های هوایی آویشن را ۳۸/۷٪ گزارش کردند. امیدبیگی و رضایی‌نژاد (۲۲) بیشترین مقدار تیمول را ۴۱/۱۳٪ گزارش کردند. در مقایسه با پژوهش حاضر ممکن است تفاوت بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش، تفاوت در ارقام و سن گیاه، دلیل به وجود آمدن این تفاوت‌ها باشد. بیوسنتز ترکیب های اصلی اسانس آویشن باغی توسط یک سری اپیستاتیکی از پنج جایگاه ژنی که همه متعلق به یک مسیر بیوسنتزی هستند، کنترل می‌گردد (۷) بنابراین، تفاوت‌های مشاهده شده بین نژادگان های مختلف آویشن دور از انتظار نیست.

بیشترین درصد کارواکرول در تیمار NP به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. با توجه به این که تیمول و کارواکرول با هم ایزومرند، ممکن است بالا بودن درصد کارواکرول در تیمار NP به علت پایین بودن درصد تیمول در این تیمار باشد. عناصر کم مصرف نقش ویژه‌ای در فعال کردن آنزیم‌ها دارند و ممکن

۱- 4-(CDP)-2-C-methyl-D-erythriol

است افزایش درصد تیمول در تیمار آگریهانزا که دارای عناصر کم مصرف است و افزایش درصد کارواکرول در تیمار NP که فاقد ریزمغذی ها است به دلیل تغییر فعالیت آنزیم‌ها در مسیر بیوسنتز تیمول و کارواکرول باشد.
از آنجا که در این پژوهش عناصر کم مصرف بر مواد موثره آویشن اثر داشتند، لازم است پژوهش های تکمیلی در مورد نقش این عناصر انجام شود.

منابع REFERENCES

۱. امیدبیگی، ر. ۱۳۷۶. بررسی جنبه‌های تولید آویشن و فرآوری مواد مؤثره آن. فصلنامه پژوهش و سازندگی. ۷۱-۶۷: ۳۶.
۲. امیدبیگی، ر. ۱۳۸۳. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد سوم. چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۹۷ صفحه.
۳. سالاردینی، ع. الف. ۱۳۸۴. حاصلخیزی خاک. چاپ هفتم. انتشارات دانشگاه تهران. ۴۳۴ صفحه.
۴. علیزاده، الف. ۱۳۸۱. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ سوم. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۵۳ صفحه.
۵. گالستون، الف. و.، پ. ج. دیویس و ر. ل. ساتر. ۱۳۸۱. برگردان توسط مسعود مجتهدی و حسین لسانی. زندگی گیاه سبز. چاپ چهارم. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۸۵ صفحه.
۶. مارشنر، هـ ۱۳۸۰. برگردان توسط بهمن خلدبرین و طاهره اسلام زاده. تغذیه معدنی گیاهان عالی. جلد اول. چاپ اول. انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۹۵ صفحه.

7. Amiot, J., Y. Salmon, C. Collin and J.D. Thompson. 2005. Differential resistans to freezing and spatial distribution in a chemically polymorphic plant *Thymus vulgaris*. Ecol. Let. 8:370-377.
8. Azizi, M. and R. Omidbaigi. 2002. Effect of NP supply on herb yield, hypericin content and cadmium accumulation of st. John's Wort (*Hypericum perforatum* L.). Acta Hort. 56:267-21.
9. Baier, C., J. Erich, M. Grun, D. Wagenbreth and R. Zimmermann. 2005. Artichoke leaves used for herbal drug production: Influence of nitrogen fertilization on yield and on pharmaceutical quality. Acta Hort. 681:545-554.
10. Bernath, J., D. Foldesi and Z.S. Lassanyi. 1973. Effect of nutrition supply and soil type on *Valeriana officinalis* L. subsp. collina (Wallr.) changes in root organization growth and yield of the plant. Herba Hungarica 12:45.
11. Burke, C. and R. Croteau. 2002. Geranyl diphosphate synthase from *Abies grandis*: cDNA isolation, functional expression, and characterization. Arch. Biochem. Biophys. 405:130-136.
12. Cheolwook, N., L. Moonjeong and P. Kuenwoo. 2001. Effect of magnesium ion content in nutrient solution on the growth and quality of marjoram. Acta Hort. 548:485-490.
13. Dewick, P.M. 1999. The biosynthesis of C_5-C_{25} terpenoid compounds. Nat. Prod. Rep. 16: 97-130.
14. Dubey, V.S., R. Bhalla and R. Luthra. 2003. An overview of the non mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. J. Biosci. 28:637-646.
15. Faleiro, M.L., M.G. Miguel, F. Ladeiro, F. Venancio, R. Tavares, J.C. Brito, A.C. Figueiredo, J.G. Barroso and L.G. Pedro. 2003. Antimicrobial activity of essential oils isolated from Portuguese endemic species of *Thymus*. Let. App. Microbiol. 36:35-40.

16. Hudaib, M., E. Speroni, A.M. Dipietar and V. Cavrini. 2002. GC/MS evaluation of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil composition and variations during the vegetative cycle. J. Pharm. Biomed. Annal. 29:691-700.
17. Kapoor, R., B. Giri and K.G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Biores. Technol. 93:307-311.
18. Manou, I., L. Bouillard, M.J. Devleeschouwer and A.O. Barel. 1998. Evaluation of the preservative properties of *Thymus vulgaris* essential oil in topically applied formulations under a challenge test. J. Appl. Microbiol. 84:368-376.
19. Naghdi Badi, H., D. Yazdani, S. Mohammad Ali and F. Nazari. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Indust. Crops Prod. 19:231-236.
20. Ninfali, P., G. Mea, S. Giorgini, M. Rocchi and M. Bacchiocca. 2005. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. British J. Nut. 93:257-266.
21. Omidbaigi, R. and A. Arjmandi. 2002. Effects of NP supply on growth, development, yields and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). Acta Hort. 576:263-265.
22. Omidbaigi, R. and A. Rezaei Nejad. 2000. The influence of nitrogen fertilizer and harvest time on the productivity of *Thymus vulgaris*. Int. J. Hort. Sci. 6: 43-46.
23. Ozcan, M. and J.C. Chalchat. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. Bulg. J. Plant Physiol. 30:68-73.
24. Ozguven, M. and S. Tansi. 1998. Drug yield and essential oil and ontogenetical variation. Tr. J. Agric. Forest. 22:537-542.
25. Phillips, M.A., M.R. Wildung, D.C. Williams, D.C. Hyatt and R. Croteau. 2003. cDNA isolation, functional expression, and characterization of (+)-α-pinene synthase and (-)-α-pinene synthase from loblolly pine (*Pinus taeda*): stereocontrol in pinene biosynthesis. Arch. Biochem. Biophys. 411:267-276.
26. Ruminska, A. 1978. Influence of fertilizers on the content of active compound in spice crops and medicinal plants. Acta Hort. 73:143-164.
27. Sartoratto, A., A.L.M. Machado, C. Delarmelina, G.M. Figueira, M.C.T. Duarte and V.L.G. Rehder. 2004. Composition and antimicrobial activity of essential oils from aromatic plants used in Brazil. Brazilian J. of Microbiol. 35:275-280.
28. Segvic Klaric, M., I. Kosalec, J. Mastelic, E. Pieckova and S. Pepeljnak. 2007. Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. Let. App. Microbiol. 44:36-42.
29. Sell, C.S. 2003. A Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry. The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House, Science Park, Milton Road, Cambridge, UK. 410 p.
30. Torras. J., M. Dolors Grau, J.F. Lopez and F.X.C. Heras. 2007. Analysis of essential oils from chemotypes of *Thymus vulgaris* in Catalonia. J. Sci. Food Agr. 87:2327-2333.
31. Udagawa, Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*) grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. Acta Hort. 396:203-210.
32. Wojdylo, A., J. Oszmianski and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chem. 105:940-949.