

# بررسی اثر تراکم بوته، تلقیح بذر با باکتری و روش های مختلف کوددهی نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

محمد رضا دلفیه<sup>۱</sup>، سید علی محمد مدرس ثانوی<sup>۲\*</sup> و روزبه فرهودی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲- نویسنده مسئول: استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس تهران (modaresa@modares.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵

## چکیده

به منظور بررسی اثر سیستم های مختلف تغذیه نیتروژن اعم از شیمیایی، آلی و زیستی و هم چنین تراکم های مختلف بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ۴ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر به انجام رسید. در کرت های اصلی، تیمارهای مختلف نیتروژن شامل N<sub>1</sub> پخش یکنواخت کود اوره نیمه در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی، N<sub>2</sub> نیمه از کود اوره در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی به صورت محلول پاشی، N<sub>3</sub> کود گاوی، N<sub>4</sub> تلقیح بذر با باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، N<sub>5</sub> ۵۰ درصد نیتروژن از کود گاوی + ۵۰ درصد از منبع اوره، N<sub>6</sub> ۵۰ درصد نیتروژن از کود گاوی + تلقیح بذر با باکتری های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم قرار گرفتند. در کرت های فرعی تراکم رازیانه شامل FD<sub>1</sub> ۶۰ بوته در مترمربع، FD<sub>2</sub> ۸۰ بوته در مترمربع و FD<sub>3</sub> ۱۰۰ بوته در مترمربع اعمال گردید. بر اساس نتایج حاصله، استفاده از تیمار تلفیقی ۱ که شامل کود گاوی و کود شیمیایی نیتروژنه با نسبت ۵۰:۵۰ بود در کنار به کارگیری تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع، توانست عملکرد دانه معادل ۹۴/۵۷۵ گرم در مترمربع و اسانسی به میزان ۳/۳۷۵ درصد تولید نماید. این ترکیب تیماری علاوه بر حصول کمیت و کیفیت مطلوب در این آزمایش، سازگاری بیشتری نیز با محیط زیست دارد.

**کلید واژه ها:** تراکم، سیستم تغذیه ای، کود آلی، کود زیستی، کود شیمیایی.

## مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) از خانواده چتریان (Apiaceae) و از قدیمی ترین گیاهان دارویی و ادویه ای ایران و جهان است که امروزه از آن در صنایع غذایی، دارویی، آرایشی و بهداشتی استفاده فراوانی می شود (Omidbeigi, 2009). این گیاه بومی جنوب اروپا و منطقه مدیترانه بوده و در فرانسه، اسپانیا، پرتغال و شمال آفریقا به حالت خودرو رشد می کند (Lim, 2013).

در اکوسیستم های زراعی، نیتروژن به عنوان مهم ترین عنصری که در چرخه غذایی شرکت می کند از اهمیت ویژه ای برخوردار است. کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به طور قابل ملاحظه ای عملکرد را در گیاهان زراعی افزایش می دهند، اما نگرانی های عمده ای در خصوص مخاطرات زیست محیطی فراوان آنها از جمله آبشویی و آلودگی آب های زیرزمینی وجود دارد (Jamshidi et al., 2011). توسعه یک سیستم پیشرفته کشاورزی نه تنها به افزایش بازده، بلکه به مدیریت

مطلوب بوته تراکمی است که در نتیجه آن کلیه عوامل محیطی به طور نسبتاً کامل مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در عین حال، رقابت‌های درون بوته‌ای و برون بوته‌ای در حداقل باشند تا حداکثر عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب به دست آید (Khajehpour, 1999). Lebaschy و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تراکم‌های مختلف رازیانه در شرایط دیم، مشاهده نمودند که تفاوت‌های معنی داری بین تیمارهای مختلف از لحاظ صفات مؤثری همانند ماده خشک، دانه، ارتفاع گیاه، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه دیده می‌شود. طبق گزارش Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) افزایش تراکم بوته باعث کاهش در تعداد چتر و چترک گردید، ولی با این حال موجب افزایش عملکرد دانه گردید. این محققین با اعلام تراکم‌پذیر بودن گیاه رازیانه، استفاده از تراکم‌های بالا را در آن توصیه نمودند.

با توجه به اهمیت حرکت به سوی سیستم‌های پایدار تولید در کشاورزی و لزوم توجه به منابع کودی سازگار با محیط‌زیست و هم‌چنین به منظور حصول حداکثر عملکرد کمی و کیفی از گیاه دارویی رازیانه، این پژوهش با هدف بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن شامل استفاده از کودهای شیمیایی، آلی، زیستی و تلفیقی در کنار به کارگیری تراکم‌های مختلف این گیاه دارویی طرح‌ریزی و اجرا گردیده است.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مزرعه گیاهان دارویی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. اطلاعات هواشناسی منطقه‌ای که آزمایش در آن انجام شده در جدول (۱) آورده شده است. هم‌چنین بنابر نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی مورد بحث، بافت خاک رسی لومی تشخیص داده شد (جدول ۲).

در این آزمایش که به صورت اسپلینت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار اجرا گردید، ۶ تیمار سیستم‌های تغذیه نیتروژن (N) در کرت‌های اصلی و ۳ تیمار تراکم بوته (FD) در کرت‌های فرعی جمعاً ۱۸ تیمار مورد ارزیابی قرار گرفتند. در

صحيح چرخه عناصر غذایی نیز برای حفظ و بقای آن وابسته است. در این رابطه یکی از راه‌های مناسب جهت حاصلخیزی مطلوب در یک اکوسیستم زراعی پایدار، استفاده از کودهایی نظیر کودهای آلی است که دارای ویژگی آزادسازی آهسته نیتروژن می‌باشند (Kolata *et al.*, 1992). هم‌چنین استفاده از کودهای زیستی نظیر انواع باکتری‌های همزیست می‌تواند از ارکان اصلی کشاورزی پایدار به حساب آید (Sharma, 2002). Hati و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقات خود نشان دادند که افزودن ۱۰ تن کود دامی در هکتار به مدت سه سال در مزرعه سویا باعث افزایش مواد آلی در سطح خاک (۱۵-۰ سانتی متری خاک) از ۴/۴ به ۶/۲ گرم در کیلوگرم، افزایش عملکرد دانه و هم‌چنین افزایش کارایی مصرف آب تا ۱۰۳ درصد تیمار شاهد (مصرف کود شیمیایی) گردید. Sharifi Ashoorabadi و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی به منظور بررسی روش‌های حاصلخیزی خاک بر فیزیولوژی رشد رازیانه در منطقه کرج، گزارش کردند که روش تغذیه‌ی تلفیقی (۲۰ تن کود دامی به همراه ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) نسبت به سایر روش‌ها وضعیت بهتری را ایجاد می‌کند. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود افزایش معنی‌داری را در عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و هم‌چنین عملکرد اسانس رازیانه با کاربرد کودهای بیولوژیک به خصوص در تیمار تلفیقی آزوپیرویلوم + میکوریزا مشاهده نمودند. با همه این‌ها و علیرغم تمام فوایدی که برای سیستم‌های تغذیه‌ای تلفیقی ذکر می‌شود، پاره‌ای از گزارش‌های علمی نشان می‌دهند که در دوره زمانی تغییر از سیستم رایج به سیستم کاهش مواد شیمیایی، ممکن است قابلیت استفاده از نیتروژن و در نتیجه عملکرد محصولات دچار افت گردد (Sharifi Ashoorabadi *et al.*, 2003).

رعایت تراکم مناسب گیاهی موضوعی است که در زراعت گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. جهت استفاده مطلوب‌تر از عوامل محیطی نظیر نور، آب، مواد غذایی و نیز جلوگیری از بروز رقابت شدید، تعداد بوته در واحد سطح می‌بایست در حد مطلوب باشد. تراکم

؛Ehsanipour *et al.*, 2012؛Akbarinia *et al.*, 2005)

(Mirshekari and Faravash, 2011).

کود زیستی مصرف شده شامل مخلوطی از باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم به نسبت ۵۰:۵۰ بود که از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. هم‌چنین بذور گیاه رازیانه از شرکت پاکان بذور اصفهان تهیه گردید که دارای درصد جوانه‌زنی معادل ۸۰ درصد بود. خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده در جدول (۳) آورده شده است. آماده‌سازی زمین با اجرای عملیات شخم، دیسک‌زنی برای خردکردن کلوخه‌ها و تسطیح انجام گردید. به‌منظور اعمال صحیح تیمارها، پس از تعیین ابعاد هر کرت، تیمارها به‌طور تصادفی به واحدهای آزمایشی تعلق گرفتند. هر واحد آزمایشی شامل ۵ خط کشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و به طول ۴ متر بود. کشت بر روی خطوط با فواصل ۵/۵، ۴/۵ و ۳/۵ سانتی‌متری به ترتیب برای حصول تراکم ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع انجام شد.

کرت‌های اصلی، تیمارهای مختلف نیتروژن شامل N<sub>1</sub> پخش یکنواخت کود اوره نیمی در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی، N<sub>2</sub> پخش نیمی از کود اوره در زمان کاشت و بقیه به‌صورت محلول‌پاشی در ابتدای ساقه روی، N<sub>3</sub> کود گاوی، N<sub>4</sub> تلقیح بذور با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، N<sub>5</sub> نیمی از کود نیتروژن از منبع کود گاوی و بقیه از منبع اوره، N<sub>6</sub> نیمی از نیتروژن از منبع کود گاوی + تلقیح بذور با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم قرار گرفتند. مقدار کود گاوی مورد استفاده ۷ تن در هکتار بود که این مقدار بر اساس تجزیه شیمیایی و محاسبه ۳۰ درصد آزادسازی سالیانه و به‌منظور تأمین ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار تعیین گردیده و یک هفته قبل از کاشت به زمین داده شد. در کرت‌های فرعی نیز تراکم رازیانه شامل FD<sub>1</sub> ۶۰ بوته در مترمربع، FD<sub>2</sub> ۸۰ بوته در مترمربع و FD<sub>3</sub> ۱۰۰ بوته در مترمربع اعمال گردید. میزان نیتروژن خالص مورد نیاز و بهینه رازیانه جهت حصول بهترین تعادل بین عملکرد دانه و اسانس، بر اساس پژوهش‌های پیشین مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید

جدول ۱- میانگین دما و بارندگی طی ماه‌های اجرای آزمایش در فصل زراعی

Table 1. Precipitation and temperature means along the experiment months

May	Apr	Mar	Feb	Jan	Dec	Nov	
20.8	6.6	7.8	3	5	1.6	12	دمای کمینه (سانتی‌گراد) Min. Temperature (°C)
44.4	40.8	32	28.6	23.2	28	31.2	دمای بیشینه (سانتی‌گراد) Max. Temperature (°C)
0.1	32.3	72.3	2.7	124.7	53	50.5	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه

Table 2. Physicochemical characteristics of farm soil

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m <sup>-1</sup> )	واکنش خاک pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (قسمت در میلیون) P (ava.) (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (قسمت در میلیون) K (ava.) (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	بافت Texture
2.1	7.4	0.53	7.6	165	0.73	رسی لومی Clay loam

جدول ۳- خصوصیات شیمیایی کود گاوی مورد استفاده  
Table 3. Chemical characteristics of utilized cow manure

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS m <sup>-1</sup> )	کربن آلی (درصد) Organic C (%)	کربن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	pH
5.26	25.3	2.33	0.71	1.1	7.95

بوده است (جدول ۴).

بر اساس جدول (۵) مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای N<sub>2</sub>FD<sub>3</sub> (۵۰ درصد کود نیتروژن با منبع اوره هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد باقی‌مانده از طریق محلول‌پاشی اوره در ابتدای ساقه‌روی با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع)، N<sub>5</sub>FD<sub>3</sub> (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) و N<sub>1</sub>FD<sub>3</sub> (سیستم تغذیه نیتروژن شاهد با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) به ترتیب با مقادیر ۹۵/۱۷۵، ۹۴/۵۷۵ و ۹۲/۵۷۵ گرم در مترمربع به‌دست آمده که بین آن‌ها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کمترین مقدار عملکرد دانه در تیمار N<sub>4</sub>F<sub>2</sub> (تلقیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع) با میانگین ۳۱/۷۲۵ گرم در مترمربع حاصل گردیده است. در خصوص تأثیر بسیار مناسب تیمار تلفیقی ۱ بر روی عملکرد دانه رازیانه، می‌توان اظهار کرد که افزایش مقادیر کود دامی با بهبود و افزایش مواد آلی و هم‌چنین فعالیت‌های میکروبی خاک، از طریق تأثیر بر قدرت جذب، نگهداری و فراهمی مناسب رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم سبب افزایش میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی گردیده و بر روی افزایش اجزاء عملکرد این گیاه مانند تعداد چتر، وزن هزارانه و بیوماس اثر گذاشته و درنهایت موجب بهبود عملکرد دانه گردیده است (Darzi *et al.*, 2012). هم‌چنین به‌کارگیری ۵۰ درصد کود نیتروژن مورد نیاز به‌صورت سرک در این تیمار، احتمالاً به دلیل آزادسازی سریع نیتروژن مورد نیاز توانسته به موقع و در مرحله حساس گلدهی توسط رازیانه مورد استفاده قرار گرفته و تأثیر کارآمدی بر تولید عملکرد و اجزای آن داشته باشد.

مساحت هر کرت (با احتساب حواشی) حدود ۸ مترمربع (۲×۴) بود. پیش از کاشت نیز بر اساس آزمون خاک و بسته به نیاز، کودهای فسفوره (سوپر فسفات تریپل-فسفر ۴۶ درصد) و پتاسه (سولفات پتاسیم-پتاس ۵۰ درصد) به خاک اضافه شدند. هدف از این کار، تصحیح ترکیب تغذیه‌ای خاک و رساندن مقدار هر یک از این عناصر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار (Ehsanipour *et al.*, 2012؛ Mirshekari and Farahvash, 2011) بود. در تیمارهای مربوط به کودهای حیوانی نیز، تجزیه این کودها برای تعیین میزان کودهای فسفوره و پتاسه مورد نیاز خاک در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت دستی و با عمق ۲ سانتی‌متر انجام گردیده و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت مکانیکی و با استفاده از نیروی انسانی انجام شد. آبیاری به شیوه بارانی و به‌طور یکنواخت اجرا شد. در پایان فصل کشت و با رسیدگی گیاه، برداشت انجام گردیده و صفات مرتبط با عملکرد و اجزای آن اندازه‌گیری شدند. برای استخراج اسانس بذرها از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. بدین منظور ۵۰ گرم بذر خشک شده از هر تیمار توزین و آسیاب شده و سپس به مدت چهار ساعت در ۴۰۰ میلی‌لیتر آب در دستگاه کلونجر قرار داده شد تا اسانس آن استخراج گردد سپس درصد و عملکرد اسانس محاسبه گردید (Omidbeigi, 2009). داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و مقایسه میانگین‌های صفات به روش LSD انجام گردید.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد اثر برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر میزان عملکرد دانه رازیانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه تحت سیستم‌های تغذیه نیتروژن و تراکم‌های متفاوت رازیانه  
 Table 4. Analysis of variance of studied traits under different nitrogen nutritional systems and densities of fennel

عملکرد اساس دانه Seed essential oil yield	درصد اساس دانه Seed essential oil %	وزن هزار دانه 1000 seed weight	تعداد چتر No. of umbels	عملکرد دانه Seed yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
0.068**	0.152*	0.007 <sup>ns</sup>	0.244 <sup>ns</sup>	5.354 <sup>ns</sup>	3	تکرار Replication
8.954**	3.734**	3.914**	86.35**	4459.07**	5	سیستم تغذیه نیتروژن Nitrogen nutritional system
0.012	0.028	0.104	0.229	5.837	15	خطای a Error a
0.36**	0.421**	9.148**	29.87**	805.703**	2	تراکم Density
0.48**	0.205**	0.67**	1.375**	420.815**	10	سیستم تغذیه نیتروژن × تراکم Nitrogen nutritional system × Density
0.006	0.012	0.093	0.353	2.808	36	خطای b Error b
4.19	3.97	9.07	6.69	2.52		ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variations (%)

\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیر معنی دار.

\* and \*\* mean significant at 5% and 1%, respectively and ns means non-significant.

بیمار تلقیح بذر رازیانه با مخلوط باکتری‌های از توپاکتر و آروسپیلیوم و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به دست آمد. تولید عملکرد دانه این تیمار تنها حدود ۳۳ درصد بهترین تیمار این آزمایش بود. در پژوهش Movaghatian و همکاران (۲۰۱۴) که در شرایط آب و هوایی گرم و خشکی شبیه به این تحقیق انجام شده بود، نتایج مشابهی از کاربرد کودهای زیستی به دست آمد. این در حالی است که برخی پژوهش‌ها که در مناطق معتدل تر به انجام رسیده‌اند، به عملکرد قابل قبولی از کاربرد این نوع کودها دست یافته‌اند (Ghorbani et al., 2013). از این رو و با توجه به این که عوامل زیستی برای تأثیرگذاری مناسب و کمک به تأمین نیازهای غذایی گیاه، لازم است در میکروکلیمای مناسبی تکثیر یافته و به فعالیت پردازند، شاید بتوان عدم تأثیرگذاری مناسب آن‌ها را در این پژوهش، به شرایط اقلیمی بسیار گرم و خشک منطقه نسبت داد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که پژوهش‌های مختلفی به بهبود عملکرد دانه رازیانه با افزایش سطوح نیتروژن اشاره نموده‌اند، ولی در خصوص ترکیب و اختلاط روش‌های مختلف تغذیه نیتروژن، تحقیقات بسیار محدود است (Ehsanipour et al., 2012؛ Mousavi et al., 2012؛ Mousavi et al., 2014؛ Shabahang et al., 2013). در این خصوص نتایج یک پژوهش نشان می‌دهد که کاربرد همزمان کمپوست ضایعات نیشکر و کود شیمیایی NPK به نسبت ۹۶-۱۲۰-۱۲۰ منجر به تولید بالاترین عملکرد رازیانه گردیده است (Mirshekari (Movaghatian et al., 2014) and Farahvash (۲۰۱۱) در پژوهشی که نتایج آن موید مطالعه حاضر است، بالاترین عملکرد رازیانه را از تیماری که در آن ۵۰ درصد کود اوره در زمان کاشت و ۵۰ درصد آن در زمان ساقه روی به کار رفته بود، به دست آوردند. در پژوهش حاضر، کمترین عملکرد دانه در

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه تحت سیستم‌های تغذیه نیتروژن و تراکم‌های متفاوت رازیانه  
Table 5. Mean comparison of studied traits under different nitrogen nutritional systems and densities of fennel

عملکرد اسانس دانه (گرم بر متر مربع) Seed essential oil yield (g m <sup>-2</sup> )	درصد اسانس دانه (%) Seed essential oil (%)	وزن هزاردانه (گرم) 1000 seed weight (g)	تعداد چتر No. of umbels	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Seed yield (g m <sup>-2</sup> )	تیمار Treatment
2.59583 <sup>b</sup>	3.26667 <sup>ab</sup>	3.7083 <sup>b</sup>	12.525 <sup>a</sup>	80.03 <sup>b*</sup>	N <sub>1</sub>
2.72667 <sup>a</sup>	3.2 <sup>b</sup>	3.6417 <sup>b</sup>	7.45 <sup>cd</sup>	85.39 <sup>a</sup>	N <sub>2</sub>
1.50417 <sup>c</sup>	2.35833 <sup>c</sup>	3.35 <sup>c</sup>	7.1583 <sup>d</sup>	64.37 <sup>c</sup>	N <sub>3</sub>
0.82667 <sup>e</sup>	2.13333 <sup>d</sup>	2.825 <sup>d</sup>	6.3667 <sup>e</sup>	38.27 <sup>e</sup>	N <sub>4</sub>
2.725 <sup>a</sup>	3.35 <sup>a</sup>	4.0583 <sup>a</sup>	12.0417 <sup>b</sup>	81.42 <sup>b</sup>	N <sub>5</sub>
1.14083 <sup>d</sup>	2.30833 <sup>c</sup>	2.55 <sup>d</sup>	7.7083 <sup>c</sup>	49.35 <sup>d</sup>	N <sub>6</sub>
1.78 <sup>b</sup>	2.921 <sup>a</sup>	3.912 <sup>a</sup>	9.887 <sup>a</sup>	59.9 <sup>c</sup>	FD <sub>1</sub>
1.97 <sup>a</sup>	2.713 <sup>b</sup>	3.463 <sup>b</sup>	9.058 <sup>b</sup>	68.67 <sup>b</sup>	FD <sub>2</sub>
2.01 <sup>a</sup>	2.675 <sup>b</sup>	2.692 <sup>c</sup>	7.679 <sup>c</sup>	70.84 <sup>a</sup>	FD <sub>3</sub>
2.2225 <sup>f</sup>	3.425 <sup>a</sup>	4.275 <sup>b</sup>	14.2 <sup>a</sup>	64.9 <sup>e</sup>	N <sub>1</sub> × FD <sub>1</sub>
2.6125 <sup>d</sup>	3.175 <sup>cd</sup>	3.375 <sup>def</sup>	12.3 <sup>b</sup>	82.6 <sup>c</sup>	N <sub>1</sub> × FD <sub>2</sub>
2.9525 <sup>b</sup>	3.2 <sup>bcd</sup>	3.475 <sup>de</sup>	11.075 <sup>c</sup>	92.575 <sup>a</sup>	N <sub>1</sub> × FD <sub>3</sub>
2.455 <sup>e</sup>	3.275 <sup>abcd</sup>	4.025 <sup>bc</sup>	8.475 <sup>de</sup>	74.925 <sup>d</sup>	N <sub>2</sub> × FD <sub>1</sub>
2.775 <sup>c</sup>	3.225 <sup>bcd</sup>	3.8 <sup>cd</sup>	7.275 <sup>ghi</sup>	86.075 <sup>b</sup>	N <sub>2</sub> × FD <sub>2</sub>
2.95 <sup>b</sup>	3.1 <sup>d</sup>	3.1 <sup>efg</sup>	6.6 <sup>ij</sup>	95.175 <sup>a</sup>	N <sub>2</sub> × FD <sub>3</sub>
1.515 <sup>h</sup>	2.725 <sup>e</sup>	3.575 <sup>cd</sup>	8.275 <sup>ef</sup>	55.875 <sup>f</sup>	N <sub>3</sub> × FD <sub>1</sub>
1.78 <sup>g</sup>	2.45 <sup>f</sup>	3.475 <sup>de</sup>	7.525 <sup>fg</sup>	72.9 <sup>d</sup>	N <sub>3</sub> × FD <sub>2</sub>
1.2175 <sup>i</sup>	1.9 <sup>h</sup>	3 <sup>fgh</sup>	5.675 <sup>kl</sup>	64.325 <sup>e</sup>	N <sub>3</sub> × FD <sub>3</sub>
1.06 <sup>j</sup>	2.4 <sup>f</sup>	3.1 <sup>efg</sup>	6.675 <sup>hij</sup>	44.5 <sup>g</sup>	N <sub>4</sub> × FD <sub>1</sub>
0.54 <sup>l</sup>	1.7 <sup>i</sup>	3.1 <sup>efg</sup>	7.4 <sup>ghi</sup>	31.725 <sup>i</sup>	N <sub>4</sub> × FD <sub>2</sub>
0.88 <sup>k</sup>	2.3 <sup>fg</sup>	2.275 <sup>i</sup>	5.025 <sup>l</sup>	38.575 <sup>h</sup>	N <sub>4</sub> × FD <sub>3</sub>
2.1425 <sup>f</sup>	3.35 <sup>abc</sup>	5.025 <sup>a</sup>	12.425 <sup>b</sup>	64.075 <sup>e</sup>	N <sub>5</sub> × FD <sub>1</sub>
2.8375 <sup>bc</sup>	3.325 <sup>abc</sup>	4.425 <sup>b</sup>	12.425 <sup>b</sup>	85.6 <sup>b</sup>	N <sub>5</sub> × FD <sub>2</sub>
3.195 <sup>a</sup>	3.375 <sup>ab</sup>	2.725 <sup>ghi</sup>	11.275 <sup>c</sup>	94.575 <sup>a</sup>	N <sub>5</sub> × FD <sub>3</sub>
1.2875 <sup>i</sup>	2.35 <sup>fg</sup>	3.475 <sup>de</sup>	9.275 <sup>d</sup>	55.115 <sup>f</sup>	N <sub>6</sub> × FD <sub>1</sub>
1.2725 <sup>i</sup>	2.4 <sup>f</sup>	2.6 <sup>hi</sup>	7.425 <sup>gh</sup>	53.125 <sup>f</sup>	N <sub>6</sub> × FD <sub>2</sub>
0.8625 <sup>k</sup>	2.175 <sup>g</sup>	1.575 <sup>j</sup>	6.425 <sup>jk</sup>	39.825 <sup>h</sup>	N <sub>6</sub> × FD <sub>3</sub>

\* حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح ۵ درصد می‌باشد.

\* Same letters in each column imply non-significant difference between treatments at 5% level.

پژوهشگران اشاره داشته‌اند که هر چند با افزایش میزان تراکم، وزن و اندازه تک بوته و در نتیجه تولید دانه آن کاهش می‌یابد، ولی تا آستانه مشخصی از تراکم، افزایش تعداد بوته در واحد سطح، جبران کاهش عملکرد تک بوته را کرده و در نتیجه عملکرد دانه در واحد سطح افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2006). نتایج

در خصوص اثر تراکم روی عملکرد دانه رازیانه، نتایج پژوهش انجام شده توسط Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد که بالاترین عملکرد دانه در تراکم ۱۰۰ بوته در هکتار حاصل می‌شود. هم‌چنین Lebaschy و همکاران (۲۰۱۰) بهترین عملکرد دانه رازیانه را تحت شرایط دیم در تراکم متوسط به‌دست آوردند.

تک بوته‌ها گردد. هم‌چنین پژوهش Kafi (۱۹۹۰)، Bianco and Damato (۱۹۹۴) و همکاران Damato و همکاران (۱۹۹۴) به نتایج مشابهی منتهی گردید.

### وزن هزاردانه

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس نشان داد اثر برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر وزن هزاردانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزاردانه در تیمارهای  $N_3FD_1$  (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع) با مقدار ۵/۰۲۵ گرم به‌دست آمده است. کمترین مقدار عملکرد دانه نیز در تیمار  $N_6FD_3$  (تیمار تلفیقی ۲ با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) و با مقدار ۱/۵۷۵ گرم حاصل گردیده است (جدول ۵).

تحقیقات گذشته نتایج متفاوتی را در این خصوص نشان می‌دهند. Shabahang و همکاران (۲۰۱۳) و Ehsanipour و همکاران (۲۰۱۲) افزایش وزن هزار دانه رازیانه را به دنبال افزایش کود شیمیایی نیتروژنه گزارش نموده‌اند، ولی Mousavi و همکاران (۲۰۱۲) تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مختلف این کود بر صفت ذکر شده مشاهده نمودند. نتایج پژوهش Darzi و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که کاربرد ۲۰ تن کود دامی به همراه ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم در گشنیز، بیشترین وزن هزار دانه را تولید می‌کند ولی کاربرد کود بیشتر تفاوت معنی‌داری ایجاد نمی‌کند. این محققین برتری وزن هزار دانه گشنیز به دنبال مصرف کود دامی را، ناشی از بهبود میزان فتوسنتز و تولید بیوماس گیاهی دانسته‌اند (Darzi et al., 2012). با این حال در پژوهش Moradi و همکاران (۲۰۰۹) تفاوتی بین تیمارهای مختلف کود آلی و زیستی از نظر تأثیر بر وزن هزار دانه رازیانه مشاهده نشد.

در خصوص اثرات تراکم بر وزن هزاردانه رازیانه، Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف گزارش نکرده‌اند و در نتایج به‌دست آمده از تحقیق Lebaschy و همکاران (۲۰۱۰) بیشترین مقدار این صفت در تراکم‌های بالا ولی بدون تفاوت

مطالعه Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) نیز حاکی از بهبود عملکرد دانه زیره به دنبال افزایش تراکم این گیاه است.

### تعداد چتر در بوته

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد نظر نشان داد که اثر برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر تعداد چتر نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین تعداد چتر در بوته در تیمار  $N_1FD_1$  (سیستم تغذیه نیتروژن شاهد با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع) با میانگین ۱۴/۲ عدد بود. هم‌چنین کمترین مقدار آن در تیمار  $N_4F_3$  (تلقیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) با میانگین ۵/۰۲۵ عدد به‌دست آمد (جدول ۵).

در خصوص ترکیب روش‌های مختلف تغذیه‌ای، Moradi و همکاران (۲۰۰۹) بیشترین تعداد چتر را با استفاده از مخلوط کمپوست و ورمی‌کمپوست و Movaghathian و همکاران (۲۰۱۴) نیز با به‌کارگیری کمپوست ضایعات نیشکر به‌دست آوردند. Jamshidi و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی که در آن کودهای آلی و شیمیایی با یکدیگر مقایسه شده بودند، بیشترین تعداد چتر را در تیمار کود شیمیایی به‌دست آوردند. این محققین دلیل این موضوع را به سرعت بیشتر گیاه در جذب نیتروژن از منابع شیمیایی نسبت به منابع آلی نسبت داده و بیان نمودند که این صفت در سال‌های بعد می‌تواند در تیمارهای کود آلی و به دلیل حاصلخیز شدن خاک و برجای ماندن عناصر غذایی وضعیت بهتری نسبت به کودهای شیمیایی نشان دهد.

در خصوص اثر تراکم بر صفت تعداد چتر در بوته، Koocheki و همکاران (۲۰۰۶) تفاوت معنی‌داری بین تیمارها یافتند. طبق مشاهده آن‌ها، با افزایش تراکم از ۴۰ بوته در مترمربع تا ۱۰۰ بوته در مترمربع، تعداد چتر کاهش یافت و دلیل احتمالی آن به محدود شدن فضا برای تک بوته‌ها و افزایش رقابت درون گونه‌ای عنوان گردید که می‌تواند منجر به کاهش رشد رویشی و زایشی

معنی دار با سایر تیمارها به دست آمده است. این محققین مشاهده نمودند که افزایش تراکم موجب کاهش وزن دانه در هر بوته می شود و این امر به نظر می رسد به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح و ایجاد رقابت بین تک بوته ها باشد.

### درصد اسانس دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهمکنش سیستم های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر درصد اسانس دانه رازیانه در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین، بیشترین مقدار درصد اسانس دانه به ترتیب در تیمارهای  $N_1FD_1$  (سیستم تغذیه نیتروژن شاهد با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع)،  $N_5FD_3$  (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع)،  $N_5FD_1$  (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع)،  $N_5FD_2$  (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع) و بالاخره  $N_2FD_1$  (۵۰ درصد کود نیتروژن با منبع اوره هم زمان با کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده از طریق محلول پاشی اوره در ابتدای ساقه روی با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع) با مقادیر ۳/۴۲۵، ۳/۳۷۵، ۳/۳۵، ۳/۳۲۵ و ۳/۲۷۵ درصد به دست آمده که بین آن ها از لحاظ آماری تفاوت معنی داری مشاهده نشد. هم چنین کمترین مقدار درصد اسانس دانه رازیانه در تیمار  $N_4F_2$  (تلقیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری های ازتوباکتر و آروسپیریلیوم با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع) با مقدار ۱/۷ درصد حاصل گردیده است (جدول ۵).

در رابطه با کاربرد سیستم های مختلف تغذیه نیتروژن، Moradi و همکاران (۲۰۰۹) تفاوت معنی داری در درصد اسانس رازیانه بین کاربرد سودوموناس، ازتوباکتر، کمپوست، ورمی کمپوست و ترکیب های مختلف آن ها مشاهده نکردند. هم چنین Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه مشابهی از به کارگیری ازتوباکتر، آروسپیریلیوم، میکوریزا و ترکیب آن ها با یکدیگر در همین گیاه به دست آوردند. در پژوهشی که Younesian و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از کود شیمیایی نیتروژنه، کود گاوی، دو گونه میکوریزا و ترکیبات آن ها انجام دادند، بیشترین درصد

اسانس در تیمار بدون کوددهی به دست آمد و ذکر شد که دلیل کسب چنین نتیجه ای، احتمالاً پاسخ متابولیک گیاه به تنش کمبود مواد غذایی ایجاد شده می باشد (Moradi et al., 2009). با این حال Mona و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که استفاده از کمپوست بر روی افزایش میزان اسانس گیاه رازیانه مؤثرتر از کود شیمیایی بوده و با افزایش مقدار کمپوست اعمال شده، درصد اسانس بهبود می یابد. مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می شوند ولی کمیت و کیفیت آن ها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر آب، اقلیم، نور و خاک قرار می گیرند به طوری که این عوامل سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن ها می شوند (Omidbeigi, 1995). در همین راستا عدم به دست آمدن نتیجه مطلوب از کودهای زیستی را در تولید کمی و کیفی عملکرد رازیانه در این پژوهش شاید بتوان از نبود شرایط آب و هوایی مناسب برای فعالیت این باکتری ها و آزادسازی مطلوب عنصر ضروری نیتروژن برای گیاه رازیانه دانست. در رابطه با تأثیرات تراکم گیاهی، نتایج پژوهش Khorshidi و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که با افزایش تراکم بوته در رازیانه، درصد اسانس کاهش می یابد. این محققین با کاهش فاصله گیاهان روی خطوط کشت از ۳۰ به ۱۰ سانتی متر حدود ۱۳ درصد کاهش در صفت درصد اسانس مشاهده نمودند. ولی نتایج پژوهش Badran و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که با افزایش تراکم بوته از طریق کاربرد بذر بیشتر هنگام کشت، بین درصد اسانس تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری حاصل نمی شود. هم چنین نتایج مطالعه Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزایش تراکم تأثیر معنی داری بر درصد اسانس زیره ندارد.

### عملکرد اسانس دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد اثر برهمکنش سیستم های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر درصد اسانس دانه رازیانه در سطح ۱ درصد معنی دار است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین ها بیشترین



نتایج پژوهش Badran و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که با افزایش میزان بذر استفاده شده هنگام کشت از ۴ به ۶ کیلوگرم و در نتیجه افزایش تراکم گیاهی، میزان عملکرد اسانس رازیانه افزایش می‌یابد. یافته‌های مطالعه Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داد که افزایش تراکم باعث بهبود معنی‌دار عملکرد اسانس دانه زیره می‌گردد. این افزایش به تأثیر احتمالی بهبودهای ایجاد شده در عملکرد و اجزای عملکرد نسبت داده شد.

### نتیجه‌گیری

در مجموع با توجه به بررسی‌های انجام شده و نتایج حاصله از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که به کارگیری تلفیقی کود گاوی به صورت پایه و کود شیمیایی نیتروژنه به صورت سرک با نسبت ۵۰:۵۰ پس از آن که میزان دقیق نیتروژن قابل آزادسازی از کود گاوی برای تامین این عنصر ضروری در گیاه دارویی رازیانه تعیین شد در کنار به کارگیری تدابیر مناسب زراعی از طریق کاربرد تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع، می‌تواند ضمن تولید عملکرد دانه مطلوب، کیفیت این گیاه دارویی را نیز به دلیل ایجاد درصد اسانس بیشتر، بالا ببرد. اتخاذ چنین راهبردی برای تولید این گیاه دارویی مهم، قادر است با تعدیل مصرف کودهای شیمیایی، گام مهمی در راستای حفاظت از محیط‌زیست و منابع مرتبط برداشته و کشت و کار گیاهان دارویی را به کشاورزی پایدار نزدیک‌تر گرداند.

مقدار عملکرد اسانس دانه در تیمار  $N_5FD_3$  (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) با مقدار ۳/۱۹۵ گرم در مترمربع و کمترین مقدار آن در تیمار  $N_4F_2$  (تلفیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع) با مقدار ۰/۵۴ گرم در مترمربع حاصل گردیده است (جدول ۵).

در خصوص به کارگیری سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، نتیجه تحقیق Younesian و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس از کاربرد ۸ تن در هکتار کود گاوی حاصل گردید و بین این تیمار با ترکیب کود گاوی و میکوریزا و هم‌چنین کاربرد یکباره ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در پژوهشی دیگر که به منظور مقایسه اثر کودهای آلی، زیستی و ترکیبات مختلف آن‌ها انجام شد، استفاده از کود آلی مخلوط کمپوست و ورمی کمپوست توانست عملکرد اسانس رازیانه را به میزان ۴۹ درصد نسبت به شرایط بدون کوددهی افزایش دهد و دلیل آن، بالاتر بودن عملکرد دانه و درصد اسانس این تیمار نسبت به بقیه تیمارها ذکر شد (Moradi *et al.*, 2009). به نظر می‌رسد اختلاف‌هایی که در نتایج پژوهش‌های مختلف حاصل می‌شود، علاوه بر ناشی شدن از اکوتیپ‌های گیاهی و هم‌چنین میزان و نوع سیستم تغذیه نیتروژن، به دلیل تفاوت‌های خاک، شرایط اقلیمی مناطق، آبیاری و تکنیک‌های زراعی باشد (Ehsanipour *et al.*, 2012).

### References

- Akbarinia, A., Khosravifard, M., Rezaee, M.B., and Sharifi Ashoorabadi, E. (2005). Comparison of fall and spring cultivation of fennel, caraway, anise and black cumin under irrigation and no-irrigation conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 21(3): 319-334. [In Farsi]
- Badran, F., Abdalla, N., Aly, M., and Ibrahim, S. (2007). Response of fennel plants to seeding rate and partial replacement of mineral NPK by biofertilization treatments. *African Crop Science Conference Proceedings*, 8: 417-422.
- Bianco, V.V., Damato, G., and Girardi, A. (1994). Sowing dates, plant density and 'crown' cutting on yield and quality of florence fennel seed. *Acta Horticulture*, 362: 59-66.
- Damato, G., Bianco, V.A., and Laterza, M. (1994). First results of plant density and

- nitrogen rate on yield and quality of Florence fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. Var. *azoricum*) seeds. *Acta Horticulture*, 362: 67-73.
- Darzi, M.T., Hadj Seyedhadi, M.R., and Rejali, F. (2012). Effects of cattle manure and plant growth promoter bacteria application on some morphological traits and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 28(3): 434-446. [In Farsi]
- Ehsanipour, A., Razmjoo, J., and Zeinali, H. (2012). Effect of nitrogen rates on yield and quality of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions. *Industrial Crops and Products* 35: 121-125.
- Ghilavizadeh, A., Darzi, M., and Haj Seyed Hadi, M. (2013). Effects of biofertilizer and plant density on essential oil content and yield traits of ajowan (*Carum copticum*). *Middle-East Journal of Scientific Research* 14(11): 1508-1512.
- Ghorbani, S., Paknejad, F., Oroujnia, S., Mirzaei, M., and Babaei, B. (2013). Effect of biofertilizers on grain yield, biological yield and essential oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under ecological cropping system. *Agronomy and Plant Breeding*, 9(1): 63-73. [In Farsi]
- Hati, K.M., Mandal, K.G., Misra, A.K., Ghosh, P.K., and Bandyopadhyay, K.K. (2006). Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water use efficiency of soybean in Vertisols of central India. *Bioresource Technology*, 97: 2182-2188.
- Jamshidi, E., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Mohammadi Goltapeh, E. (2011). Effects of different nutrition systems (organic, chemical, biologic and integrated) on yield and nutrients concentrations in fennel seed and foliage. *Environmental Sciences*, 8(4): 59-72. [In Farsi]
- Kafi, M. (1990). Studying the effect of weed control frequencies, row width and density on cumin growth and yield. M.Sc dissertation, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. [In Farsi]
- Khajepour, M.R. (1999). Principles and foundations of agronomy. Esfahan Industrial University. Esfahan. [In Farsi]
- Khorshidi, J., Fakhr Tabatabaei, M., Omidbaigi, R., and Sefidkon, F. (2009). Effect of densities of planting on yield and essential oil components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill Var. *Soroksary*). *Journal of Agricultural Science*, 1(1): 152-157.
- Kolata, E., Bresnieewicz, A., Nowosielski, L., and Slow, O. (1992). Slow release fertilizers on organic carriers as the source of N for vegetable crops production in the open field. *Acta Horticulture*, 339: 241-249.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Azizi, G. (2006). The effect of different irrigation intervals and plant densities on yield and yield components of two fennel (*Foeniculum vulgare*) landraces. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(1): 131-140. [In Farsi]
- Lebaschy, M.H., Sharifi Ashoorabadi, E., and Bakhtiary, M. (2010). The effects of plant densities on yields of *Foeniculum vulgare* Mill. under dry farming. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 26(1): 121-132. [In Farsi]

- Lim, T.K. (2013). Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 5, Fruits. Springer Science+Business Media Dordrecht. 38 P.
- Mirshekari<sup>1</sup>, B. and Farahvash, F. (2011). Management of irrigation and nitrogen fertilizing in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) as a medicinal plant under semi-arid conditions. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 27(4): 541-550. [In Farsi]
- Mona, Y., Kandil, A.M., and Swaefy Hend, M.F. (2008). Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. Biological Sciences. 4: 34-39.
- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A. (2009). The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research, 7(2): 625-635. [In Farsi]
- Mousavi, S.G., Seghatoleslami, M.J., and Mousavi, S.M. (2012). Effect of drought stress and nitrogen amounts on yield and water use efficiency of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Environmental Stresses in Crop Sciences, 5(2): 135-145. [In Farsi]
- Mousavi, S.M., Mousavi, S.G., and Seghatoleslami, M.J. (2014). Effect of low water stress and nitrogen amounts on growth and seed and essential oil yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 30(3): 453-462. [In Farsi]
- Movaghatian, A., Fateh, E., Ayenehband, A., and Siahpoosh, A. (2014). Investigation of integrated mineral nutrient management son yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare*). Plant Production, 37(2): 113-126. [In Farsi]
- Omidbeigi, R. (1995). Approaches for production and processing of medicine herbs. Fekre Rooz Publications, Tehran, Iran. 423 P. [In Farsi]
- Omidbeigi, R. (2009). Producing and processing of medicinal plant. Astan e Ghodas e Razavi Publications, Mashhad, Iran. 378 P. [In Farsi]
- Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. (2013). Evaluation of symbiosis with mycorrhizal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Agroecology, 5(3): 289-298. [In Farsi]
- Sharifi Ashoorabadi, E., Matin, A., and Abbaszadeh, B. (2003). Effect of organic and chemical fertilizers on absorption ability and nitrogen efficiency in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 19(3): 313-330. [In Farsi]
- Sharma, A.K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 P.
- Younesian, A., Rezvani Moghaddam, P., and Gholami, A. (2013). The effect of organic, biological and chemical fertilizers application on the quantity and quality of essential oil of *foeniculum vulgare* (Fennel). Plant Production Technology, 13(2): 63-72. [In Farsi]

## Investigating the Effects of Plant Density, Seed Inoculation with Bacteria and Different Nitrogen Fertilizing Methods on Yield, Yield Components and Essential Oil of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.)

M. Delfieh<sup>1</sup>, S.A.M. Modarres-Sanavy<sup>2\*</sup> and R. Farhoudi<sup>3</sup>

- 1- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
- 2- \***Corresponding Author:** Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (modaresa@modares.ac.ir)
- 3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

Received: 5 March, 2016

Accepted: 16 November, 2016

### Abstract

#### Background and Objectives

Fennel is one the most important medicinal and aromatic plants which is widely used in food, medicine and cosmetic industries worldwide. This study was carried out in order to investigate the effects of different nitrogen nutritional systems including chemical, organic and biologic ones at different plant densities on yield, yield components and seed essential oil content and yield of fennel in south western Iran climatic conditions.

#### Materials and Methods

To do this research, a field experiment was carried out in 2013-2014 agricultural season at Islamic Azad University of Shoushtar agricultural college in split plot design with 18 treatments in 4 replications based on completely randomized blocks design. Different nitrogen system treatments consisting of N<sub>1</sub>: Uniformly spreading urea fertilizer in the plot, half at planting time and other at stem elongation, N<sub>2</sub>: Uniformly spreading half of urea fertilizer in the plot at planting time and spraying the other half at stem elongation on fennel foliage, N<sub>3</sub>: cow manure, N<sub>4</sub>: Inoculation of fennel seeds with *Azotobacter* and *Azospirillum*, N<sub>5</sub>: Applying half of required nitrogen fertilizer from cow manure and other half from urea, N<sub>6</sub>: Applying half of required nitrogen fertilizer from cow manure + inoculation of fennel seeds with *Azotobacter* and *Azospirillum* were applied to the main plots. Three fennel densities consisting of FD<sub>1</sub>: 60 plant/m<sup>2</sup>, FD<sub>2</sub>: 80 plant/m<sup>2</sup> and FD<sub>3</sub>: 100 plant/m<sup>2</sup> were applied to subplots.

#### Results

Based on the results, utilization of the first integrated treatment which consisted of cow manure and urea as chemical fertilizer at 50:50 percent, along with using 100 plant per m<sup>2</sup> as a proper crop density achieved production of 94.575 g/m<sup>2</sup> seed yield containing 3.375 percent of essential oil. Other findings showed that *Azotobacter*+ *Azospirillum* had no positive effect on plant seed yield and essential oil.

#### Discussions

The findings of our study showed that replacing 50 percent of required nitrogen with cow manure in fennel could lead to a favorable quantitative and qualitative seed production as well as the treatments which use 100 percent of nitrogen as chemical fertilizers. It seems that nitrogen application with manure probably through increasing organic matter mineralization and mineral absorption, improved the effectiveness of manure. Therefore application of such a combination not only could lead to a desirable fennel quantity and quality, but also is more consistent with environment. Other findings of the present study showed that seed inoculation with bio-fertilizers (*Azotobacter* + *Azospirillum*) had no positive effects on plant seed yield and essential oil. For such a result, it could be said that climate and soil conditions and also plant species and varieties are important in bio-fertilizers usefulness and also in determining suitable bacteria species for application.

**Keywords:** Bio-fertilizer, Chemical fertilizer, Density, Nutritional system, Organic fertilizer.