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

محمدرضا دلفیه[۱]، سید علی محمد مدرس ثانوی[۲*] و روزبه فرهودی[۳]

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 دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۲۶

چکیده

به‌منظور بررسی اثر سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن اعم از شیمیایی، آلی و زیستی و هم‌چنین تراکم‌های مختلف بر عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ٤ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر به انجام رسید. در کرت‌های اصلی، تیمارهای مختلف نیتروژن شامل N_1 پخش یکنواخت کود اوره نیمی در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی، N_2 نیمی از کود اوره در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی به‌صورت محلول‌پاشی، N_3 کود گاوی، N_4 تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، N_5 ۵۰ درصد نیتروژن از کود گاوی + ۵۰ درصد از منبع اوره، N_6 ۵۰ درصد نیتروژن از کود گاوی + تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم قرار گرفتند. در کرت‌های فرعی تراکم رازیانه شامل FD_1 ٦۰ بوته در مترمربع، FD_2 ۸۰ بوته در مترمربع و FD_3 ۱۰۰ بوته در مترمربع اعمال گردید. بر اساس نتایج حاصله، استفاده از تیمار تلفیقی ۱ که شامل کودگاوی و کود شیمیایی نیتروژنه با نسبت ۵۰:۵۰ بود در کنار به‌کارگیری تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع، توانست عملکرد دانه معادل ۹٤/۵۷۵ 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 محیط‌زیست دارد.

کلید واژه‌ها: تراکم، سیستم تغذیه‌ای، کود آلی، کود زیستی، کود شیمیایی.

مقدمه

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

در اکوسیستم‌های زراعی، نیتروژن به‌عنوان مهم‌ترین عنصری که در چرخه غذایی شرکت می‌کند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. کودهای شیمیایی حاوی این عنصر به‌طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد را در گیاهان زراعی افزایش می‌دهند، اما نگرانی‌های عمده‌ای در خصوص مخاطرات زیست‌محیطی فراوان آن‌ها از جمله آبشویی و آلودگی آب‌های زیرزمینی وجود دارد (Jamshidi *et al.*, 2011). توسعه یک سیستم پیشرفته کشاورزی نه‌تنها به افزایش بازده، بلکه به مدیریت

Archive of SID

www.SID.ir

صحیح 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 می‌توانند 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 سانتی‌متری 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 به‌منظور 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 به‌خصوص در تیمار تلفیقی آزوسپیریلیوم + 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 مطلوب بوته تراکمی است که در نتیجه آن کلیه عوامل محیطی به‌طور 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 به‌دست آید (Khajehpour, 1999). Lebaschy و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی تراکم‌های مختلف رازیانه در شرایط دیم، مشاهده نمودند که تفاوت‌های معنی‌داری 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 به‌منظور 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 ۱۳۹۳-۱۳۹۲ 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 به‌صورت اسپلیت 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

Archive of SID

www.SID.ir

کرت‌های اصلی، تیمارهای مختلف نیتروژن شامل N_1 پخش یکنواخت کود اوره نیمی در زمان کاشت و بقیه در ابتدای ساقه روی، N_2 پخش نیمی از کود اوره در زمان کاشت و بقیه به‌صورت محلول‌پاشی در ابتدای ساقه روی، N_3 کود گاوی، N_4 تلقیح بذر با باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم، N_5 نیمی از کود نیتروژن از منبع کود گاوی و بقیه از منبع اوره، N_6 نیمی از نیتروژن از منبع کود گاوی + تلقیح بذر 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_1 ۶۰ بوته در مترمربع، FD_2 ۸۰ بوته در مترمربع و FD_3 ۱۰۰ 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 (Ehsanipour *et al.*, 2012؛ Akbarinia *et al.*, 2005؛ Mirshekari and Farahvash, 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 بذر 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 به‌ترتیب برای حصول تراکم ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع انجام شد.

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^{-1})	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

Archive of SID

www.SID.ir

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

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	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

مساحت هر کرت (با احتساب حواشی) حدود ۸ مترمربع (۴×۲) بود. پیش از کاشت نیز بر اساس آزمون خاک و بسته به نیاز، کودهای فسفره (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 فسفره 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 بوده است (جدول ۴).

بر اساس جدول (۵) مقایسه میانگین‌ها بیشترین مقدار عملکرد دانه به‌ترتیب در تیمارهای N_2FD_3 (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_5FD_3 (تیمار تلفیقی ۱ با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) و N_1FD_3 (سیستم تغذیه نیتروژن شاهد با تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع) به‌ترتیب 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_4F_2 (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 هزاردانه 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.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- 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 اسانس دانه Seed essential oil yield	درصد اسانس دانه Seed essential oil %	وزن هزاردانه 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^{ns}	0.244^{ns}	5.354^{ns}	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 ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح ۵ درصد و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار.

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

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 معدود 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 کابرد همزمان کمپوست ضایعات نیشکر و کود شیمیایی NPK به نسبت ۹۶-۱۲۰-۱۲۰ منجر به تولید بالاترین عملکرد رازیانه گردیده است (Movaghatian *et al.*, 2014). Mirshekari 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، به‌دست آوردند. در پژوهش حاضر، کمترین عملکرد دانه در تیمار تلقیح بذر رازیانه با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیلیوم و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع به‌دست 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 به‌دست آمد. این در حالی است که برخی پژوهش‌ها که در مناطق معتدل‌تر به انجام رسیده‌اند، به عملکرد قابل قبولی از کاربرد این نوع کودها دست یافته‌اند (Ghorbani *et al.*, 2013؛ Moradi *et al.*, 2009). از این رو و با توجه به این‌که عوامل زیستی برای تأثیرگذاری مناسب و کمک به تأمین نیازهای غذایی گیاه، لازم است در میکروکلیمای مناسبی تکثیر یافته و به فعالیت بپردازند، شاید بتوان عدم تأثیرگذاری مناسب آن‌ها را در این پژوهش، به شرایط اقلیمی بسیار گرم و خشک منطقه نسبت داد.

Archive of SID

www.SID.ir

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 ($g\ m^{-2}$)	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 ($g\ m^{-2}$)	تیمار Treatment	
2.59583^{b}	3.26667^{ab}	3.7083^{b}	12.525^{a}	80.03^{b}*	N_1	سیستم‌های تغذیه نیتروژن Nitrogen nutritional systems
2.72667^{a}	3.2^{b}	3.6417^{b}	7.45^{cd}	85.39^{a}	N_2	
1.50417^{c}	2.35833^{c}	3.35^{c}	7.1583^{d}	64.37^{c}	N_3	
0.82667^{e}	2.13333^{d}	2.825^{d}	6.3667^{e}	38.27^{e}	N_4	
2.725^{a}	3.35^{a}	4.0583^{a}	12.0417^{b}	81.42^{b}	N_5	
1.14083^{d}	2.30833^{c}	2.55^{d}	7.7083^{c}	49.35^{d}	N_6	
1.78^{b}	2.921^{a}	3.912^{a}	9.887^{a}	59.9^{c}	FD_1	تراکم Density
1.97^{a}	2.713^{b}	3.463^{b}	9.058^{b}	68.67^{b}	FD_2	
2.01^{a}	2.675^{b}	2.692^{c}	7.679^{c}	70.84^{a}	FD_3	
2.2225^{f}	3.425^{a}	4.275^{b}	14.2^{a}	64.9^{e}	$N_1 \times FD_1$	سیستم‌های تغذیه نیتروژن × تراکم Nitrogen nutritional systems × density
2.6125^{d}	3.175^{cd}	3.375^{def}	12.3^{b}	82.6^{c}	$N_1 \times FD_2$	
2.9525^{b}	3.2^{bcd}	3.475^{de}	11.075^{c}	92.575^{a}	$N_1 \times FD_3$	
2.455^{e}	3.275^{abcd}	4.025^{bc}	8.475^{de}	74.925^{d}	$N_2 \times FD_1$	
2.775^{c}	3.225^{bcd}	3.8^{cd}	7.275^{ghi}	86.075^{b}	$N_2 \times FD_2$	
2.95^{b}	3.1^{d}	3.1^{efg}	6.6^{ij}	95.175^{a}	$N_2 \times FD_3$	
1.515^{h}	2.725^{e}	3.575^{cd}	8.275^{ef}	55.875^{f}	$N_3 \times FD_1$	
1.78^{g}	2.45^{f}	3.475^{de}	7.525^{fg}	72.9^{d}	$N_3 \times FD_2$	
1.2175^{i}	1.9^{h}	3^{fgh}	5.675^{kl}	64.325^{e}	$N_3 \times FD_3$	
1.06^{j}	2.4^{f}	3.1^{efg}	6.675^{hij}	44.5^{g}	$N_4 \times FD_1$	
0.54^{l}	1.7^{i}	3.1^{efg}	7.4^{ghi}	31.725^{i}	$N_4 \times FD_2$	
0.88^{k}	2.3^{fg}	2.275^{i}	5.025^{l}	38.575^{h}	$N_4 \times FD_3$	
2.1425^{f}	3.35^{abc}	5.025^{a}	12.425^{b}	64.075^{e}	$N_5 \times FD_1$	
2.8375^{bc}	3.325^{abc}	4.425^{b}	12.425^{b}	85.6^{b}	$N_5 \times FD_2$	
3.195^{a}	3.375^{ab}	2.725^{ghi}	11.275^{c}	94.575^{a}	$N_5 \times FD_3$	
1.2875^{i}	2.35^{fg}	3.475^{de}	9.275^{d}	55.115^{f}	$N_6 \times FD_1$	
1.2725^{i}	2.4^{f}	2.6^{hi}	7.425^{gh}	53.125^{f}	$N_6 \times FD_2$	
0.8625^{k}	2.175^{g}	1.575^{j}	6.425^{jk}	39.825^{h}	$N_6 \times FD_3$	

* 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.

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. 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 می یابد (Koocheki *et al.*, 2006). نتایج

Archive of SID

www.SID.ir

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 Movaghatian 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 تک بوته‌ها گردد. هم‌چنین پژوهش Kafi (۱۹۹۰)، Bianco and Damato (۱۹۹۴) و 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_5FD_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 ننمودند. نتایج پژوهش Darzi و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که کاربرد ۲۰ تن کود دامی به همراه ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم 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 دانسته اند (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

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌دار با سایر تیمارها به دست آمده است. این محققین مشاهده نمودند که افزایش تراکم موجب کاهش وزن دانه در هر بوته می‌شود و این امر به نظر می‌رسد به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح و ایجاد رقابت بین تک بوته‌ها باشد.

درصد اسانس دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر درصد اسانس دانه رازیانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار 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 هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد باقیمانده از طریق محلول‌پاشی اوره در ابتدای ساقه‌روی با تراکم ۶۰ بوته در مترمربع) با مقادیر ۳/۴۲۵، ۳/۳۷۵، ۳/۳۵، ۳/۳۲۵ و ۳/۲۷۵ درصد به‌دست آمده که بین آن‌ها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. هم‌چنین کمترین مقدار درصد اسانس دانه رازیانه در تیمار N_4F_2 (تلقیح بذر رازیانه با ترکیب باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع) با مقدار ۱/۷ درصد حاصل گردیده است (جدول ۵).

در رابطه با کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن، Moradi و همکاران (۲۰۰۹) تفاوت معنی‌داری در درصد اسانس رازیانه بین کاربرد سودوموناس، ازتوباکتر، کمپوست، ورمی کمپوست و ترکیب‌های مختلف آن‌ها مشاهده نکردند. هم‌چنین Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه مشابهی از به کارگیری ازتوباکتر، آزوسپیریلیوم، میکوریزا و ترکیب آن‌ها با یکدیگر در همین گیاه به‌دست آوردند. در پژوهشی که Younesian و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از کود شیمیایی نیتروژنه، کود گاوی، دو گونه میکوریزا و ترکیبات آن‌ها انجام دادند، بیشترین درصد اسانس در تیمار بدون کوددهی به‌دست آمد و ذکر شد که دلیل کسب چنین نتیجه‌ای، احتمالاً پاسخ متابولیک گیاه به تنش کمبود مواد غذایی ایجاد شده می‌باشد (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 می‌یابد. مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرایندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند ولی کمیت و کیفیت آن‌ها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی نظیر آب، اقلیم، نور و خاک قرار می‌گیرند به‌طوری‌که این عوامل سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌شوند (Omidbeigi, 1995). در همین راستا عدم به‌دست 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 باکتری‌ها 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 می‌یابد. این محققین با کاهش فاصله گیاهان روی خطوط کشت از ۳۰ به ۱۰ سانتی متر حدود ۱۳ درصد کاهش در صفت درصد اسانس مشاهد 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 معنی‌داری حاصل نمی‌شود. هم‌چنین نتایج مطالعه Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که افزایش تراکم تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس زیره ندارد.

عملکرد اسانس دانه

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نشان داد اثر برهمکنش سیستم‌های مختلف تغذیه نیتروژن و تراکم بر درصد اسانس دانه رازیانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها بیشترین

Archive of SID

www.SID.ir

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 (تلقیح 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 به‌کارگیری 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 به‌منظور مقایسه اثر کودهای آلی، زیستی و ترکیبات مختلف آن‌ها انجام شد، استفاده از کودآلی 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).

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 کودگاوی 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 به‌کارگیری 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.

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

Archive of SID

www.SID.ir

nitrogen rate on yield and quality of Florence fennel (Foeniculunm 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 essntial 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 soilphysical properties, root distribution, and wateruse 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]

Khajehpour, 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 (Foenicolum 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]

Archive of SID

www.SID.ir

Lim, T.K. (2013). Edible medicinal and non-medicinal plants: Volume 5, Fruits. Springer Science+Business Media Dordrecht. 38 P.

Mirshekari1, 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. Fekr e 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 mycorhizzal 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]

Archive of SID

www.SID.ir

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[1], S.A.M. Modarres-Sanavy[2]* and R. Farhoudi[3]

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_1: Uniformly spreading urea fertilizer in the plot, half at planting time and other at stem elongation, N_2: Uniformly spreading half of urea fertilizer in the plot at planting time and spraying the other half at stem elongation on fennel foliage, N_3: cow manure, N_4: Inoculation of fennel seeds with *Azotobacter* and *Azospirillum*, N_5: Applying half of required nitrogen fertilizer from cow manure and other half from urea, N_6: 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_1: 60 plant/m^2, FD_2: 80 plant/m^2 and FD_3: 100 plant/m^2 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^2 as a proper crop density achieved production of 94.575 g/m^2 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.

Archive of SID

www.SID.ir