"مجله علوم زراعی ایران"
جلد هیجدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

اثر نوع و میزان کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)

Effect of source and rate of nitogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.)

عادل پشت دار[۱]، علیرضا ابدالی مشهدی[۲]، فواد مرادی[۳]، سیدعطاء اله سیادت[۴] و عبدالمهدی بخشنده[۵]

چکیده

پشت دار، ع.، ع.ر. ابدالی مشهدی، ف. مرادی، س. ع. سیادت و ع. بخشنده. ۱۳۹۵. اثر نوع و میزان کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن در نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) . **مجله علوم زراعی ایران. ۱۸(۱): ۳۱-۱٤.**

به‌منظور مقایسه نوع و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد، میزان اسانس و کارایی مصرف آب گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳ در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا گردید. کودهای نیتروژنی شامل اوره، سولفات آمونیوم و اوره آمونیوم نیترات (UAN) در سطوح صفر، ۷۰، ۱٤۰، ۲۱۰ و ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به عنوان تیمار مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملکرد تر نعناع فلفلی به ازای هر کیلوگرم نیتروژن در سال دوم آزمایش (۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سال اول (۸۸ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. عملکرد ماده خشک با افزایش مقدار نیتروژن از منبع کودی اوره آمونیوم نیترات (با ۲۵ کیلوگرم در هکتار)، نسبت به اوره (۱۸ کیلوگرم در هکتار) و سولفات آمونیوم (۱٦ کیلوگرم در هکتار)، بیشتر بود. در هر دو سال آزمایش، کود اوره آمونیوم نیترات عملکرد اسانس بیشتری داشت و حداکثر عملکرد نسبی اسانس در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب از ۲۸۰ و ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد. محتوای نیتروژن ساقه با افزایش میزان کود نیتروژن افزایش یافته و کودهای اوره و اوره آمونیوم نیترات، باعث انباشته شدن نیتروژن بیشتری در برگ شدند. کارایی بیولوژیک مصرف آب به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی در کود اوره آمونیوم نیترات (۱/۹ گرم بر مترمکعب)، نسبت به اوره (۱/٤ گرم بر مترمکعب) و سولفات آمونیوم (۱/۳ گرم بر مترمکعب) بیشتر بود. حداکثر کارایی اقتصادی و بهره‌وری آب در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب از مقادیر ۲۸۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمدند. با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن، کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سال دوم (با شیب ۰/۳٤گرم بر گرم) نسبت به سال اول (با شیب ۰/۱۷ گرم بر گرم)، کاهش نشان داد و کارایی جذب اوره و سولفات آمونیوم با افزایش مصرف، کاهش یافتند، اما در کود اوره آمونیوم نیترات، تا سطح ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش کارایی جذب شده و سپس کاهش یافت. کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در کود سولفات آمونیوم در هر دو سال آزمایش مشابه بود و نسبت به اوره و کود اوره آمونیوم نیترات برتری جزئی نشان داد. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که مصرف مقادیر بالای کود اوره آمونیوم نیترات در زراعت نعناع فلفلی در خوزستان نسبت به کودهای اوره و سولفات آمونیوم کارایی بهتری داشته باشد، در حالی که در سطوح پایین، کارایی تولید اوره و پس از آن سولفات آمونیوم بهتر بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اوره آمونیوم نیترات، کارایی زراعی مصرف نیتروژن و نعناع فلفلی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۸ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجو دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده)
(پست الکترونیک: adelposhtdar@gmail.com)
۲- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۳- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران
۴- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
۵- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]
[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

مقدمه

تولید جهانی اسانس از مجموعه گیاهان اسانس‌دار بر اثر افزایش روز افزون نیاز دارویی دنیا و به دنبال آن افزایش سطح زیر کشت گیاهان دارویی، بالغ بر ۵۰ هزار تن در سال است (Omidbeigi, 2011). نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) از جمله گیاهان مهم دارویی است که به واسطه اثرات دارویی ضد سرطانی (Kumar *et al.*, 2004) و استفاده غذایی آن، از دیرباز مورد توجه محققان بوده است. استفاده فراوان از این گیاه در صنایع دارویی، غذایی، بهداشتی و آرایشی در داخل کشور و همچنین نیاز بازارهای خارجی، لزوم کشت انبوه آنرا در مناطق مستعد کشور ضروری می‌سازد. استان خوزستان به دلیل دارا بودن اراضی مسطح و انرژی تابشی زیاد، مناسب کاشت انواع گیاهان زراعی، خصوصا گیاهان دارویی است.

در تولید گیاهان دارویی، استفاده مناسب از روش‌ها و عوامل زراعی به‌منظور افزایش میزان مواد موثره آنها بدیهی است. یکی از عوامل مهم زراعی، عنصر نیتروژن است که در تمام دوره‌های رشد گیاه برای آن ضروری بوده و در بسیاری از فرآیندهای متابولیکی گیاه نقش اساسی دارد (Saxena, 2004). اثر قابل توجه نیتروژن در افزایش میزان محصول از یک سو و کاهش میزان آن در خاک از سوی دیگر، باعث شده که محققان به طور فزاینده‌ای به مطالعه اثر کودهای نیتروژنی در انواع گیاهان زراعی روی آورند. این موضوع در باره گیاه نعناع فلفلی نیز صادق بوده و در این زمینه می‌توان به گزارش ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2010) اشاره نمود. در خصوص مناسب‌ترین مقدار کود نیتروژن جهت افزایش عملکرد و اسانس در نعناع فلفلی گزارش‌های متعددی از مناطقی با زیست بوم‌های متفاوت ارائه شده است. کاسول (Kasual, 1999) مقادیر بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را جهت افزایش اسانس و عملکرد در نعناع فلفلی توصیه نموده است. تعدادی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که در این گیاه زیست‌توده و عملکرد اسانس بالا در شرایطی بدست می‌آید که نیتروژن زیاد مصرف شود. در آزمایش گولدر و وانگلدر (Golder and Vangelder, 1998) در مورد تاثیر سطوح کود نیتروژن (۵۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر نعناع فلفلی مشخص گردید که مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد گیاه نعناع فلفلی می‌شود. ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2010) گزارش کردند که اثر افزایش کود نیتروژن بر تعداد برگ به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تامین می‌کند و باعث افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی و در نتیجه افزایش رشد رویشی و تعداد و سطح برگ‌ها می‌شود. ژائو (Zhao, 2006) دلایل اثر مثبت نیتروژن بر افزایش وزن تر و خشک را به شرکت این عنصر در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک نسبت داد.

مقدار نیتروژن مورد نیاز برای گیاه، تحت تاثیر ویژگی‌های خاک قرار می‌گیرد. این ویژگی‌های با سایر متغیرهای مدیریتی اثر متقابل دارند (Auschcol *et al.*, 1994). از آنجایی که هزینه تولید کودهای شیمیایی بسیار بالا بوده و روز به روز در حال افزایش است، تعیین بهترین مقدار و مناسب‌ترین کود نیتروژنی که حداکثر محصول با کارایی بالای کود را تولید کند، یکی از اهداف کشاورزان و محققان می‌باشد (Broadbent *et al.*, 1987). ساترماچر و همکاران (Sattelmacher *et al.*, 1994) استفاده از مقادیر کم نیتروژن را برای افزایش کارآیی مصرف نیتروژن توصیه کردند. در حالی که برخی معتقدند چون درصدی از نیتروژن مصرف شده به دلیل نیترات‌زدایی، آبشویی و تصعید آمونیوم از دسترس گیاه خارج می‌شود، بهتر است کود نیتروژن با مقادیر بیشتری مصرف شود (Taghizade and Seyed-Sharifi, 2011).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

کارایی مصرف نیتروژن در کودهای اوره، نیترات آمونیوم و سولفات آمونیوم بدلیل حلالیت زیاد آنها پایین است، زیرا مقدار زیادی از نیتروژن کود بر اثر شستشو، نیترات زدایی، تبخیر و مصرف لوکس تلف می‌شود (Nowsher *et al.*, 1998). از این‌رو، در خاک‌های آهکی و قلیایی جایگذاری کودهای آمونیومی و اوره در عمق مناسب باعث کاهش اتلاف نیتروژن به صورت گاز آمونیاک می‌شود (Malakouti *et al.*, 2008). امروزه تاثیر منبع و میزان مصرف کود بر میزان اتلاف نیتروژن مورد توجه بسیار قرار گرفته و بسیاری از پژوهشگران نشان داده‌اند که استفاده از کودهای نیتروژن‌دار کُند رها شونده، باعث افزایش راندمان مصرف نیتروژن و کاهش هزینه توزیع کود می‌شود (Kandil *et al.*, 2010). افزایش کارایی مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی نشان دهنده این است که چگونه این گیاهان به شکلی موثر این عنصر در دسترس را به عملکرد اقتصادی تبدیل می‌کنند. برای بررسی اثرات عملیات کشاورزی روی این شاخص، ارزیابی اجزای تشکیل دهنده آن شامل کارایی جذب یا بازیافت (نسبت نیتروژن جذب شده به نیتروژن مصرف شده) و کارایی فیزیولوژیک یا درونی (نسبت عملکرد اقتصادی به نیتروژن جذب شده) می‌تواند مفید باشد. کارایی مصرف نیتروژن در گیاهان ممکن است با تغییر هر عامل موثر بر تولید تغییر کند (Salvagiotti *et al.*, 2009). کارایی بازیافت یا جذب بر حسب مقدار عنصر غذایی جذب شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده تعریف می‌شود، ولی کارایی فیزیولوژیک میزان ماده خشک تولیدی به ازای هر واحد عنصر غذایی جذب شده تعریف می‌شود (Moll *et al.*, 1982).

چهار اصل نظارتی مصرف کودها شامل مقدار صحیح، زمان صحیح، جایگذاری صحیح و منبع صحیح کود هستند (Terry, 2007) و مقادیر و منابع مناسب نیتروژن بخش مهمی از مدیریت کودهای نیتروژن را تشکیل می‌دهند، بر این اساس تعیین مقادیر و منابع مناسب کود نیتروژن، به طوری که بالاترین کارایی تولید گیاه سودآور نعناع فلفلی را در خاک‌های خوزستان تأمین کند، از اهداف مهم این تحقیق بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا شد. این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و طول ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی اهواز ۱۶۶ میلی‌متر (آمار بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی مبنای وزارت نیرو) است و از مناطق خشک و نیمه خشک به‌شمار می‌آید. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. جهت بررسی پاسخ نعناع فلفلی به نیتروژن، دامنه وسیعی از کود انتخاب گردید تا تعداد سطوح و فواصل آن برای کمّی کردن واکنش گیاه و محاسبه کارایی مصرف آب و نیتروژن کافی باشد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج سطح نیتروژن (صفر، ۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰ و ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) به عنوان عامل اول و نوع کود (اوره، اوره آمونیوم نیترات (UAN) و سولفات آمونیوم) به عنوان عامل دوم در نظر گرفته شدند. محتوای نیتروژن اوره، سولفات آمونیوم و اوره آمونیوم نیترات به ترتیب ۴۶، ۲۱ و ۳۳ درصد است. در هر تیمار کودی، ۲۰ درصد کود پس از استقرار گیاه و مابقی آن با توجه به اینکه دفعات آبیاری نعناع فلفلی زیاد بوده و جهت کاهش تلفات آبشویی، تعداد تقسیط کود بیشتر در نظر گرفته شد، در چهار مرحله به همراه آب آبیاری به زمین داده شد. آماده‌سازی زمین در دو سال آزمایش و توزیع کود فسفر بر اساس آزمون خاک و با توجه به چند ساله بودن گیاه، به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

کود سوپر فسفات تریپل قبل از کاشت مصرف شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به عرض دو و به طول دو متر بود. جهت جلوگیری از ورود کود نیتروژن همراه آبیاری بین کرت‌های مجاور دو متر و بین بلوک‌های مجاور یک جوی آبیاری و یک کانال زه‌کشی فاصله گذاشته شد. در سال اول در اول اسفندماه و سال دوم در اواسط بهمن ماه با آماده شدن زمین، ریزوم‌های نعناع فلفلی دارای چهار جوانه فعال به صورت دستی و با فواصل ردیف ۳۰ سانتی‌متر در عمق شش سانتی‌متری خاک کشت شدند. در طول مدت رشد گیاه بر اساس شرایط محیطی محل آزمایش، آبیاری انجام شد. به منظور اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری از سیفون مستغرق استفاده شد. برای هدایت آب از نهر آبیاری به کرت‌های آزمایشی از سیفون پلاستیکی به قطر یک اینچ استفاده شد. بار هیدرولیکی موثر آب در این روش به کمک خط کش مدرج ۵۰ سانتی‌متری تراز شده در بالادست و پایین دست سیفون، اندازه‌گیری شد. برای تعیین حجم آب وارد شده به کرت‌ها، در طول مدت زمان آبیاری در بازه‌های زمانی مشخص، دبی سنجی انجام شده و با حاصلضرب مدت زمان در متوسط دبی در هر بازه زمانی، حجم آب در هر بازه زمانی تعیین و حجم کل آب مصرفی (در سال اول با میانگین ۱۲۸۸۰ و سال دوم با میانگین ۱۳۷۰۰ متر مکعب آب در هکتار) از مجموع حجم‌های جزئی به دست آمد. میزان دبی عبوری از سیفون با معلوم بودن بار هیدرولیکی و قطر سیفون از منحنی پیشنهادی موسسه اداره (United states Bureaus of Reclamation; USBR) به دست آمد (USBR, 1984). خصوصیات خاک مزرعه محل آزمایش در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of soil in the experimental site

عمق Soil depth	رس Clay %	سیلت Silt %	شن Sand %	بافت خاک Soil texture	نیتروژن Total N (%)	کربن‌آلی O.C (%)	هدایت‌الکتریکی Ec ($dS.m^{-1}$)	pH	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)
0-30	30	54	16	Silty-Clay	0.079	0.71	2.23	7.5	127.6	7.03

برداشت محصول در اوایل غنچه‌دهی (در اواسط تیرماه هر سال) با حذف حاشیه از یک متر مربع هر کرت انجام گرفت. وزن تر و پس از سایه‌خشک کردن نمونه‌ها، وزن خشک کل اندازه‌گیری شدند. کارایی مصرف آب از نسبت ماده خشک (کیلوگرم) بر میزان آب مصرف شده (مترمکعب) محاسبه شد. میزان بارندگی موثر در این آزمایش صفر در نظر گرفته شد (سازمان هواشناسی کشور؛ www.irimo.ir). کارایی بیولوژیکی، اقتصادی و بهره‌وری مصرف آب با استفاده از رابطه‌های (۱)، (۲) و (۳) محاسبه شدند (Mojadam and Modhej, 2012):

رابطه (۱)

حجم کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) / عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) = کارایی بیولوژیک مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)

رابطه (۲)

حجم کل آب مصرفی (مترمکعب در هکتار) / عملکرد اسانس (کیلوگرم) = کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

رابطه (۳)

(ریال) ۱۰/۰۰۰/۰۰۰ × کارایی اقتصادی مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب) = بهره وری آب (ریال بر مترمکعب)

پس از خشکاندن گیاهان برداشت شده در سایه، ۴۰ گرم نمونه به روش تقطیر با آب، با استفاده از دستگاه کلونجر به‌مدت سه ساعت بعد از جوش آمدن در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اسانس‌گیری شد و بازده اسانس بر اساس وزن خشک نمونه محاسبه گردید:

رابطه (۴) میزان اسانس: ۱۰۰ × (وزن خشک گیاه (۴۰ گرم)/ وزن اسانس) = میزان اسانس (درصد)

رابطه (۵) درصد اسانس × ماده خشک برگ (گرم در متر مربع) = عملکرد اسانس (گرم در متر مربع)

رابطه (۶)

۱۰۰ × حداکثر عملکرد اسانس همان سطح کود نیتروژن/عملکرد اسانس در هر سطح کود نیتروژن = عملکرد نسبی اسانس (درصد)

نیتروژن کل برگ و ساقه با دستگاه کجلدال اندازه‌گیری و با استفاده از وزن خشک برگ و ساقه، محتوی نیتروژن برگ و محتوی نیتروژن ساقه محاسبه گردید. جهت تعیین کارایی جذب (بازیافت)، کارایی فیزیولوژیک (درونی) و کارایی مصرف (زراعی) نیتروژن به ترتیب از رابطه‌های ۷ تا ۹ استفاده شد (Timsina *et al.*, 2001):

رابطه (۷) کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن:

$$NRE\ (\%) = LNY_f \times 100/N_f$$

NRE: کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن (درصد)، LNY_f: میزان نیتروژن در برگ گیاهان کرت کود داده شده (گرم در مترمربع)، و N_f: میزان کود نیتروژن استفاده شده (گرم در مترمربع) می‌باشند.

رابطه (۸) کارایی مصرف نیتروژن (کارایی فیزیولوژیک):

$$NUTE\ (g_f g_n^{-1}) = LYLD_f / LNY_f$$

NUTE: کارایی مصرف نیتروژن (گرم برگ خشک بر گرم نیتروژن)، $LYLD_f$: عملکرد برگ در کرت کود داده شده (گرم بر مترمربع)، LNY_f: میزان نیتروژن در برگ گیاهان کرت کود داده شده (گرم بر مترمربع) می باشد.

رابطه (۹) کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی):

$$NUE\ (g_f g_n^{-1}) = LYLD_f / N_f$$

NUE: کارایی استفاده از نیتروژن (گرم برگ خشک بر گرم نیتروژن)، $LYLD_f$: عملکرد برگ در کرت کود داده شده (گرم در مترمربع) و N_f: میزان کود نیتروژن استفاده شده (گرم در مترمربع) می‌باشند.

پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و برش‌دهی اثرات متقابل روی چهار سطح کود نیتروژن (۷۰، ۱۴۰، ۲۱۰ و ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در هر نوع کود با سه تکرار به‌صورت تجزیه مرکب داده‌های دو سال آزمایش انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD انجام شد. جهت تجزیه رگرسیون از میانگین داده‌ها و سطح صفر به عنوان سطح اول هر سه نوع کود استفاده شد. با توجه به ضرایب تبیین تعدیل شده، معنی‌داری تجزیه رگرسیون و ضرایب بتا، نوع معادله به‌صورت خطی یا دوجمله‌ای انتخاب شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Minitab و SAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه مرکب سال‌های آزمایش مشخص گردید که اثر اصلی سال و اثر دوگانه

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

سال در سطوح نیتروژن بر عملکرد تر گیاه معنی‌دار بودند. بررسی اثر متقابل سال در سطوح نیتروژن نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد تر گیاه در دو سال بصورت خطی افزایش یافت، ولی در سال دوم شیب افزایش عملکرد تر (۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی)، بیشتر از شیب آن در سال اول (۸۸/۴ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۱- A). کمترین عملکرد تر در تیمار عدم مصرف نیتروژن (۱۱۵۰۰ و ۱۵۰۷۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال اول و دوم) بدست آمد و به ۳۵۵۰۶ و ۴۰۶۵۴ کیلوگرم در هکتار در سطح ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب در سال اول و دوم رسید. با توجه به اثر عوامل محیطی بر تظاهر ژن‌های کنترل کننده صفات کمّی نظیر عملکرد تر، بدیهی است که این صفت تحت تأثیر اثر یگانه و چندگانه زمان قرار دارد. افزایش بیشتر وزن تر گیاه در سال دوم ممکن است به دلیل تغییرات دمایی دوره رشد بوده باشد. طبق نتایج ایزدی و همکاران (Izadi *et al.*, 2010)، افزایش کود نیتروژن باعث افزایش تعداد برگ نعناع فلفلی شده که به نقش نیتروژن در متابولیسم گیاه مربوط می‌شود، زیرا نیاز گیاه را از لحاظ نیتروژن تامین کرده و باعث افزایش فرآورده‌های فتوسنتزی، افزایش رشد رویشی و افزایش زیست توده گیاه می‌شود. زینلی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2014) در بررسی اثر سطوح ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر وزن تر اندام هوایی نعناع فلفلی گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن تا ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، عملکرد تر افزایش یافت و کمترین عملکرد تر در سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد.

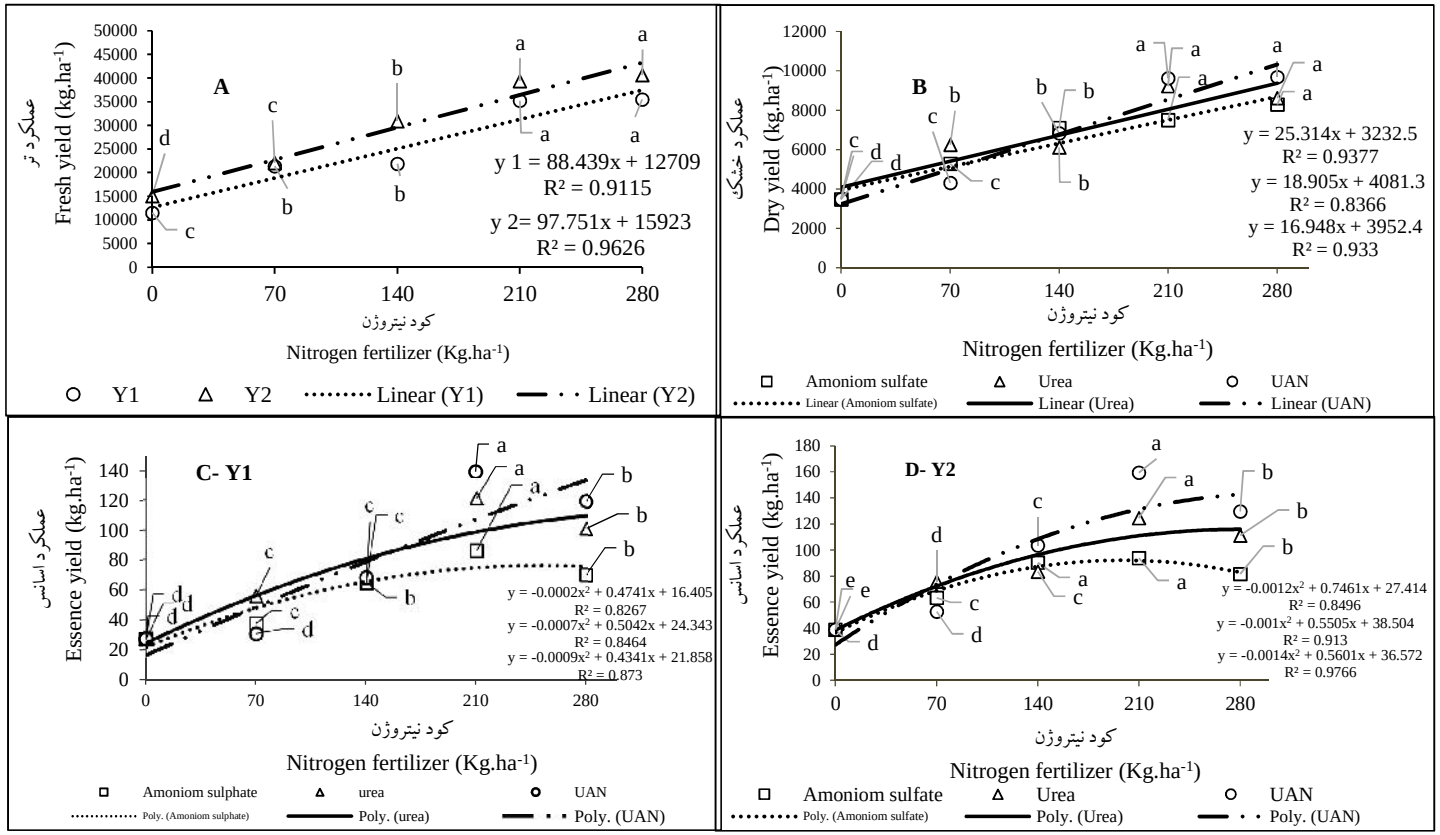
نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد خشک نعناع فلفلی نشان داد که اثرات اصلی سال، سطوح نیتروژن و اثر متقابل نوع کود در سطوح نیتروژن بر عملکرد خشک بسیار معنی‌دار بود. مقایسه میانگین دوساله اثرات متقابل سطوح در نوع کود بر عملکرد خشک نشان داد که منابع نیتروژنی به صورت متفاوتی در سطوح نیتروژن واکنش نشان دادند. نمودار پراکنش داده‌ها (عملکرد خشک در مقابل سطوح نیتروژن) نشان داد که واکنش به سطوح نیتروژن حالت خطی دارد (با حدود اطمینان ۹۳، ۸۳ و ۹۳ درصد به ترتیب برای اوره آمونیوم نیترات، اوره و سولفات آمونیوم) (شکل ۱- B). در سطح ۷۰ کیلوگرم، کودهای اوره و سولفات آمونیوم واکنش بهتری داشتند و نسبت به اوره آمونیوم نیترات به ترتیب رشد ۷/۹ و ۲/۶ درصدی داشتند، اما از سطح ۷۰ کیلوگرم به بعد، نرخ رشد وزن خشک در هر سه نوع کود تغییر کرد، به طوری که کود اوره آمونیوم نیترات به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی، ۲۵/۳ کیلوگرم در هکتار به عملکرد خشک اضافه کرد، در صورتی که این مقدار برای اوره (۱۸/۹ کیلوگرم در هکتار) و سولفات آمونیوم (۱۶/۹کیلوگرم در هکتار)، کمتر بود (شکل ۱- B).

ژائو (Zhao, 2006) اثر نیتروژن بر افزایش وزن خشک گیاه را به شرکت این عنصر در ساختار مولکول‌های بزرگ نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک نسبت داد. سعیدی قرقانی و همکاران (Saiedi-Gragani *et al.*, 2014) در واکنش گیاه جعفری به مقادیر صفر، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۵۰ کیلوگرم منابع مختلف نیتروژن گزارش کردند که بیشترین وزن خشک بوته در سطح ۱۵۰ و از منبع نیترات کلسیم بدست آمد و سطوح اوره از بین تمام منابع کودی، افزایش وزن خشک کمتری را باعث گردید. ایشان همچنین بیان داشتند که استفاده از منابع نیتراتی و آمونیومی باعث افزایش وزن خشک گیاه جعفری گردیده و اوره تاثیر چندانی بر وزن خشک آن نداشت.

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد اسانس بوته نشان داد که زمان عامل تأثیرگذار مهمی بر اسانس گیاه بود، به‌طوریکه اثر اصلی، دوگانه و سه‌گانه سال، سطوح نیتروژن و نوع کود معنی‌دار بودند. بررسی اثر متقابل نوع کود در سطوح نیتروژن بر عملکرد اسانس نشان داد

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]



شکل ۱- عملکرد تر (A)، خشک (B) و اسانس (C و D) نعناع فلفلی در نوع و میزان کودهای نیتروژنی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Fig 1. Fresh (A), dry (B) and essence content (C and D) of peppermint in nitrogen source and rate treatments (2014 and 2015)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

در سال اول و دوم آزمایش با افزایش مقدار کود نیتروژن در هر سه نوع کود، عملکرد اسانس به‌صورت یک رابطه درجه ۲ افزایش یافت و عملکرد اسانس در سال دوم بیشتر از سال اول در تیمارهای مشابه بود.

بر اساس نتایج دوساله، در سطوح پایین نیتروژن، کود اوره و سولفات آمونیوم نسبت به کود اوره آمونیوم نیترات، اسانس بیشتری تولید شد، اما با افزایش میزان نیتروژن جهت دستیابی به عملکرد بیشتر، کود اوره آمونیوم نیترات نسبت به اوره و سولفات آمونیوم شیب افزایش عملکرد اسانس بهتری داشت (شکل‌های ۱- C و D). کوتاری و همکاران (Kothari *et al.*, 2000) حداکثر تولید اسانس در گونه *Mentha arvensis* L. را در مقدار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند. گزارش شده است که که عملکرد بالای اسانس در نعناع فلفلی در صورت مصرف نیتروژن زیاد تحقق می‌یابد (Clark *et al.*, 1999).

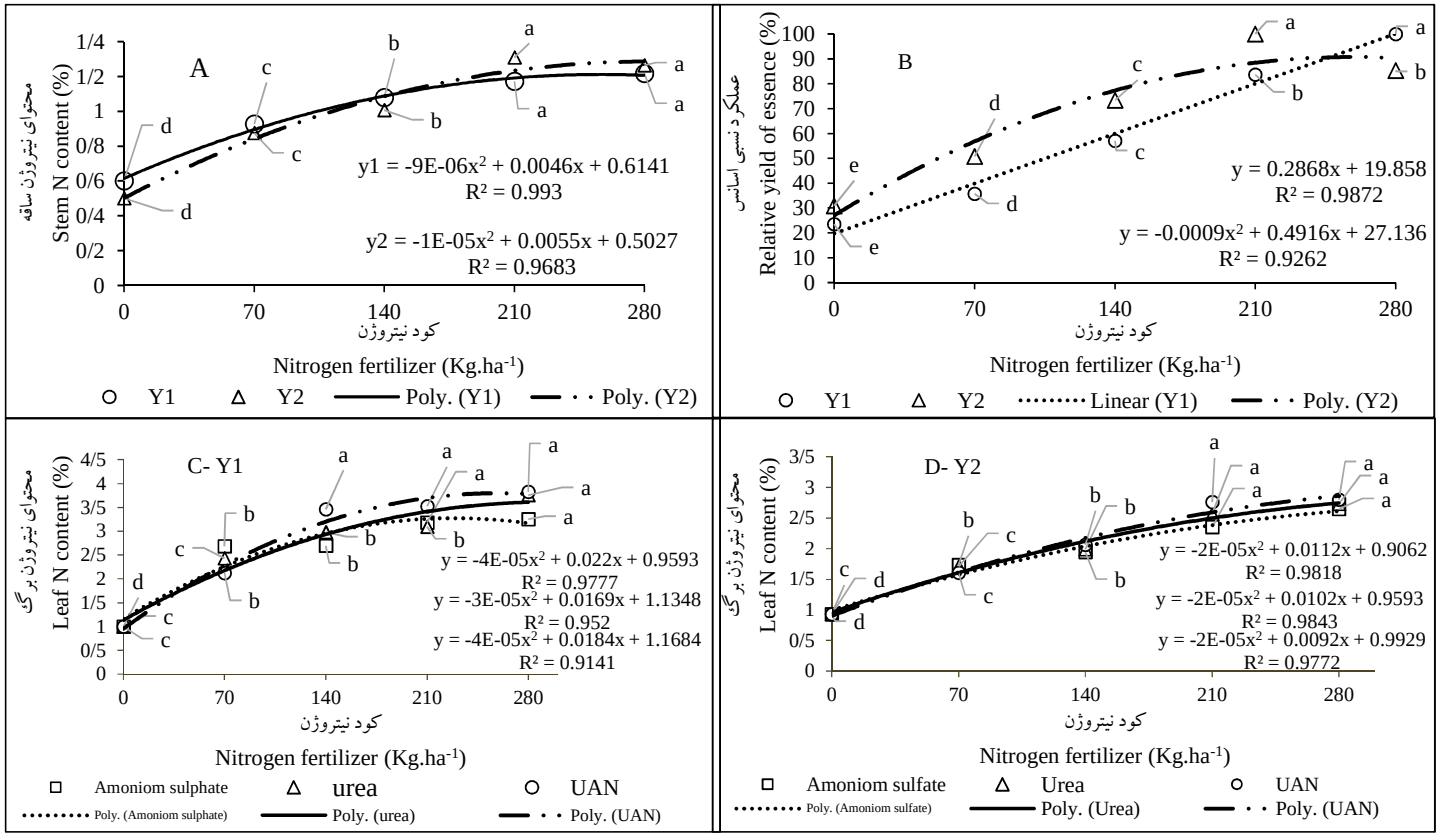
بیشترین نوع جذب نیتروژن توسط اغلب گیاهان از خاک، نیترات است و کود اوره آمونیوم نیترات نیز یک کود نیتراته به شمار می‌رود که در مقادیر پایین، احتمال آبشویی آن طی آبیاری بیشتر از اوره و سولفات آمونیوم می‌باشد، در صورتی که در سطوح بالاتر این کود، احتمالاً بوته‌های نعناع فلفلی نیترات کافی جهت جذب در اختیار داشته و میزان جذب نیتروژن آنها از این منبع بیشتر از اوره و سولفات آمونیوم بوده است. همچنین بدلیل اینکه عملکرد اسانس حاصل میزان اسانس در عملکرد ماده خشک است و با توجه به اینکه کود اوره آمونیوم نیترات در سطوح بالاتر، عملکرد خشک بیشتری تولید نمود، می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد اسانس به تبعیت از آن نسبت به کود اوره و سولفات آمونیوم در هر دوسال بهتر بوده است. ماروتی و همکاران (Marotti *et al.*, 2004) نشان داد که اگرچه در ساختمان اسانس نعناع فلفلی نیتروژن وجود ندارد، اما مصرف آن از طریق مصرف مواد فتوسنتزی برای افزایش سطح برگ و تولید بیشتر ترکیبات اولیه و افزایش تعداد غدد ترشحی اسانس کمک می‌کند. نتایج آزمایش زینلی و همکاران (Zeinali *et al.*, 2014) نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد.

عملکرد محصول اگرچه تخمین مستقیمی از بازده اقتصادی را در شرایط مشخصی از نیتروژن مصرفی میسر می‌سازد، اما تصمیم درباره انتخاب نوع کودی که قرار است در یک خاک مصرف شود براساس مقایسه عملکرد آن‌ها نسبت به حداکثر عملکرد تولیدی و صرفه اقتصادی مصرف کود است. تجزیه واریانس مرکب عملکرد نسبی اسانس نشان داد که اثرات اصلی سال، سطوح نیتروژن و نوع کود و اثر دوگانه سال در سطوح نیتروژن معنی‌دار بود. در سال اول آزمایش کمترین عملکرد نسبی اسانس در سطح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن (۲۳/۵ درصد) بدست آمد که با افزایش سطوح نیتروژن، عملکرد نسبی اسانس نیز با یک رابطه خطی ساده افزایش یافت و حداکثر آن در سطح ۲۸۰ کیلوگرم مشاهده شد، در صورتی که در سال دوم کمترین عملکرد نسبی اسانس از سطح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن (۳۰/۸ درصد) بدست آمد که با افزایش نیتروژن تا سطح ۲۱۰ کیلوگرم، به حداکثر عملکرد نسبی رسید و پس از آن ثابت ماند (شکل ۲ – B). تفاوت‌های بین مقادیر عملکرد نسبی اسانس در دو سال آزمایش می‌تواند به دلیل ژنتیکی و یا میزان سازگاری گیاه به شرایط اقلیمی و تغذیه‌ای باشد. با توجه به وجود برهمکنش میان سطوح نیتروژن و کود و سال در سطوح نیتروژن، می‌توان اظهار کرد که عملکرد نسبی اسانس به شدت تابع شرایط اقلیمی و نحوه اجرای آزمایش می‌باشد.

تجزیه مرکب محتوای نیتروژن ساقه نشان داد که تفاوت معنی‌داری در اثر دوگانه سال در سطوح نیتروژن وجود داشت. تجزیه رگرسیون محتوای نیتروژن ساقه نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن، محتوای نیتروژن ساقه به‌صورت یک رابطه درجه ۲ افزایش یافت، به

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]



شکل۲- محتوای نیتروژن ساقه (A)، برگ (C و D) و عملکرد نسبی اسانس (B) نعناع فلفلی در نوع و میزان کودهای نیتروژنی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Fig 2. Stem nitrogen content (A), relative yield of essence (B) and leaf nitrogen content (C and D) of peppermint in nitrogen source and rate treatments (2014 and 2015)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

طوری که حداکثر محتوای نیتروژن ساقه از سطح ۲۵۰ و ۲۷۵ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بدست آمد (شکل۲- A). با توجه به تفاوت حجم آب آبیاری و شرایط اقلیمی متفاوت دو سال آزمایش، ممکن است فراهمی نیتروژن تحت تاثیر مقادیر آبشویی در دو سال آزمایش قرار گرفته باشد و باعث تفاوت در محتوای نیتروژن ساقه در سطوح کود نیتروژن باشد.

نتایج اثرات متقابل دوگانه سال در سطوح نیتروژن و اثر سه گانه سال در سطوح نیتروژن و کود بر محتوای نیتروژن برگ نعناع فلفلی معنی‌دار بود. تجزیه رگرسیون داده‌ها نشان داد که محتوای نیتروژن برگ در سال اول بیشتر از سال دوم بود و در هر دو سال در سطوح کودهای نیتروژنی به‌صورت تابع دوجمله‌ای افزایش یافت. اوره آمونیوم نیترات و اوره واکنش نزدیک بهم داشته و نسبت به سولفات آمونیوم واکنش بهتری داشتند. بر اساس توابع رگرسیونی هر کود، حداکثر نیتروژن برگ در کود اوره آمونیوم نیترات (۳/۹ و ۲/۴۷ درصد)، اوره (۳/۵ و ۲/۲۵ درصد) و سولفات آمونیوم (۳/۲ و ۲/۰۵ درصد) به ترتیب از سطح ۲۷۵، ۲۵۱ و ۲۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بدست آمد (شکل های ۲- C و D). با توجه به اینکه در سال دوم آزمایش عملکرد ماده خشک نسبت به سال اول بالاتر بود، می‌توان احتمال داد که رشد بیشتر گیاه و تولید تعداد برگ بیشتر در سال دوم آزمایش، عامل کاهش سهم نیتروژن هر برگ نسبت به سال اول باشد. در آزمایش نورقلی پور و همکاران (Noorgholipour *et al.*, 2008) مشاهده شد که با مصرف کودهای نیتروژن در گندم، جذب نیتروژن به صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت و از لحاظ محتوای نیتروژن گیاه، بیشترین مقدار مربوط به نیترات آمونیوم بود که با تیمارهای اوره و اوره با پوشش گوگردی تفاوت معنی‌داری داشت.

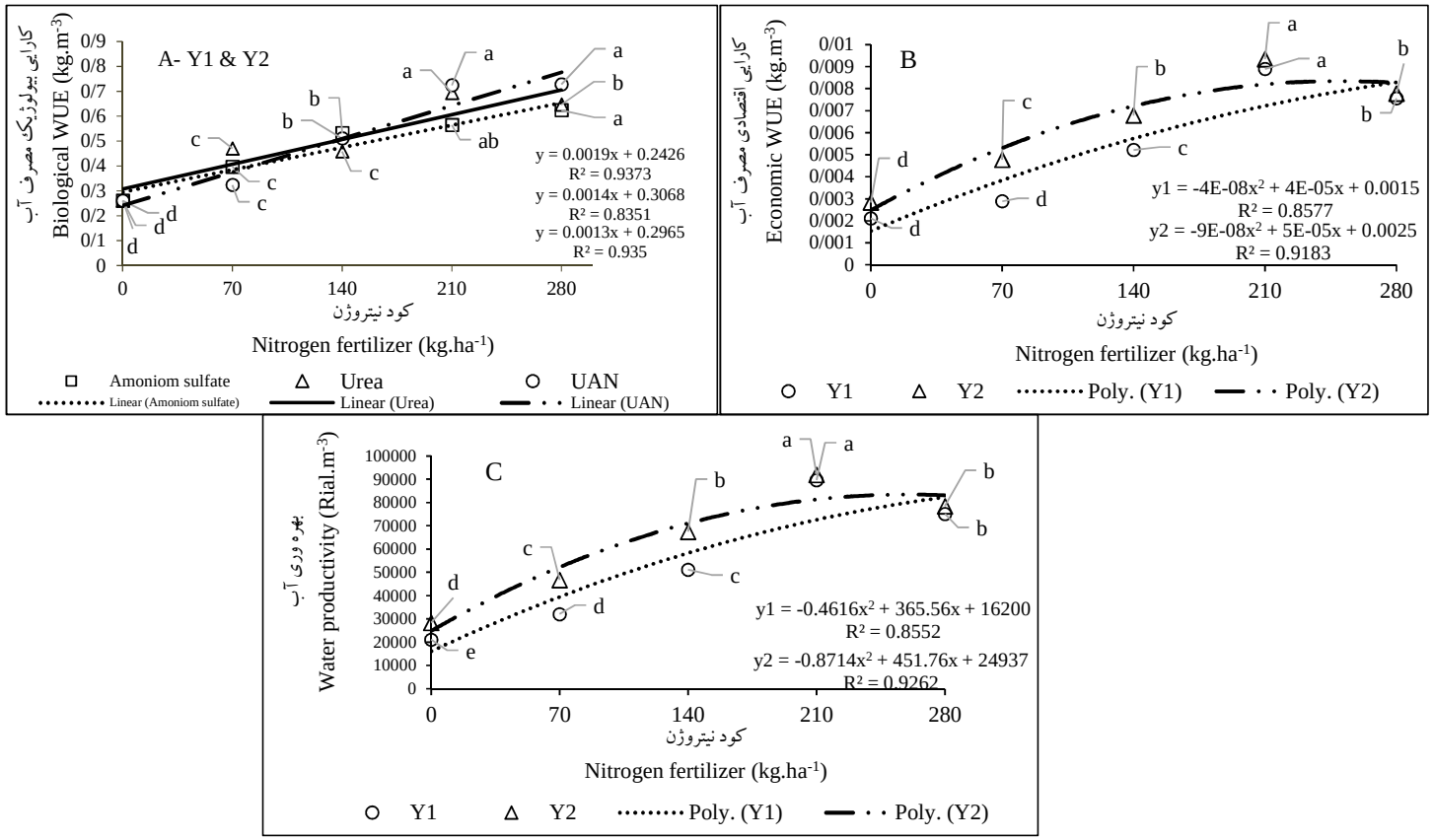
در تجزیه مرکب کارایی بیولوژیک مصرف آب، اثر دوگانه سال در سطوح نیتروژن، سال در کود و اثر سه گانه سال در سطوح نیتروژن و کود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما اثر متقابل تیمارهای نوع و میزان کود اثر معنی‌داری داشت. نتایج برش‌دهی اثرات متقابل و توابع رگرسیون (با حدود اطمینان ۹۳، ۸۳ و ۹۳ درصد برای اوره آمونیوم نیترات، اوره و سولفات آمونیوم) نشان داد که افزایش میزان نیتروژن در هر سه نوع کود بصورت خطی کارایی بیولوژیک مصرف آب را افزایش داد.

در سطوح پایین نیتروژن، کودهای اوره و سولفات آمونیوم نسبت به کود اوره آمونیوم نیترات کارایی مصرف آب بالاتری داشتند، اما با افزایش مصرف نیتروژن، شیب افزایش کارایی مصرف آب برای اوره و سولفات آمونیوم نزدیک به هم بوده (به ترتیب ۱/۴ و ۱/۳ گرم بر مترمکعب آب)، اما اوره آمونیوم نیترات با شیب تندتر (۱/۹ گرم بر مترمکعب آب)، کارایی بیشتری داشت (شکل ۳- A). مجیدیان و همکاران (Majidian *et al.*, 2008) گزارش کردند که مصرف کود نیتروژن، عملکرد ذرت را بدون آنکه بر مصرف آب تاثیر زیادی داشته باشد، افزایش داد. بعلاوه نیتروژن باعث توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه طی فصل رشد و افزایش بهره‌وری آب شد.

برازش داده‌های سال اول و دوم کارایی اقتصادی مصرف آب در برابر سطوح کود نیتروژن نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی اقتصادی آب افزایش یافته و حداقل آن ۲ و ۲/۸ (گرم اسانس به ازای هر مترمکعب آب) در سطح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب در سال اول و دوم بدست آمد و حداکثر آن در سال اول (۸/۱ گرم اسانس به ازای هر مترمکعب آب) و سال دوم (۹ گرم اسانس به ازای هر مترمکعب آب) از سطح ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (شکل ۳- B). بالابودن عملکرد و عملکرد نسبی اسانس سال دوم می‌تواند دلیلی بر افزایش کارایی اقتصادی آب در سال

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]



شکل۳- کارایی بیولوژیک (A)، اقتصادی (B) و بهره‌وری (C) مصرف آب نعناع فلفلی در نوع و میزان کودهای نیتروژنی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Fig 3. Biological (A), economic (B) and productivity (C) of water use efficiency of peppermint in nitrogen source and rate treatments (2014 and 2015)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

دوم نسبت به سال اول باشد. موسوی و همکاران (Mousavi *et al*., 2012) در بررسی سطوح کود نیتروژن بر کارایی آب گیاه دارویی همیشه بهار اظهار داشتند که کارایی مصرف آب برای تولید دانه و وزن خشک با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی را می‌توان به افزایش عملکرد دانه و وزن خشک گیاه نسبت داد، زیرا میزان آب مصرفی برای تمام سطوح کودی یکسان بود. افزایش نیتروژن مصرفی از طریق افزایش مقدار فتوسنتز خالص، افزایش وزن خشک را بدنبال داشت، اگر چه افزایش نیتروژن مصرفی احتمالاً افزایش در تعرق را نیز به همراه داشته است، اما به دلیل تولید دانه بیشتر، در نهایت کارایی مصرف آب نیز افزایش یافت.

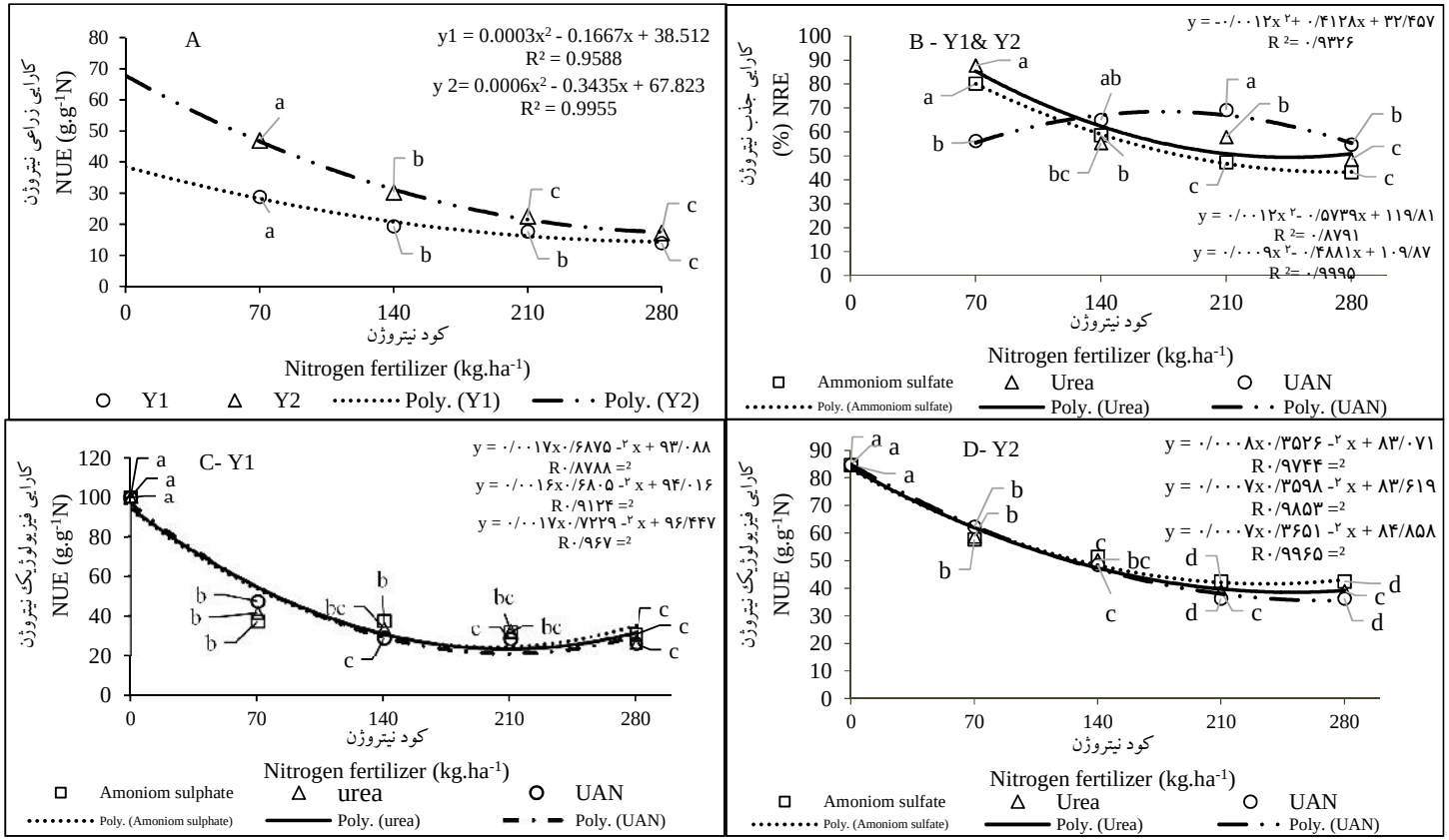
اثر متقابل سال در سطوح نیتروژن بر بهره‌وری آب معنی‌دار بود. کمترین میزان بهره‌وری آب در سال اول (۲۱۱۱۸ ریال به ازای هر مترمکعب آب) و سال دوم (۲۸۳۵۳ ریال به ازای هر مترمکعب آب) در شرایط عدم مصرف نیتروژن بدست آمد، ولی با افزایش کود نیتروژن، بهره‌وری آب در دوسال آزمایش افزایش یافت، به‌طوری که در سال اول به ازای هر مترمکعب آب، حداکثر بهره‌وری (۸۸۵۷۵ ریال) در سطح ۳۶۵ کیلوگرم نیتروژن و در سال دوم (۸۳۴۸۸ ریال) از سطح ۲۵۹ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (شکل ۳- C). با توجه به افزایش عملکرد اسانس در سطوح نیتروژن می‌توان انتظار داشت که با افزایش نیتروژن، بهره‌وری آب نیز افزایش یابد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی زراعی) تحت تاثیر سطوح نیتروژن، منابع کودی، اثر متقابل آنها و اثر دوگانه سال در سطوح نیتروژن، معنی‌دار بود. بررسی توابع برازش یافته نشان داد که حداکثر کارایی زراعی نیتروژن در سال اول (۲۸/۷ گرم برگ برگرم نیتروژن مصرفی) و در سال دوم (۴۶/۹ گرم برگ برگرم نیتروژن مصرفی) در شرایطی بدست آمد که ۷۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک داده شد، اما با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن کاهش یافته و کمترین مقدار آن بر اساس تابع رگرسیونی، در سال اول (۱۵/۳۵ گرم برگ برگرم نیتروژن مصرفی) از سطح ۲۷۷ و در سال دوم (۱۸/۶۵ گرم برگ بر گرم نیتروژن مصرفی) از سطح ۲۸۶ کیلوگرم نیتروژن بدست آمد (شکل ۴- A). بیشتر بودن کارایی زراعی نیتروژن در سال دوم ممکن است به دلیل شرایط اقلیمی و بهبود عملکرد بوته باشد. عامری و همکاران (Ameri *et al*., 2007) گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن، کارایی زراعی نیتروژن در گل همیشه بهار کاهش یافته و از ۱۴ گرم گل خشک بر گرم نیتروژن در سطح ۵۰ به ۶ گرم گل خشک در گرم نیتروژن در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کاهش یافت.

نتایج تجزیه مرکب کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن نشان داد که اثر متقابل نوع کود در سطوح نیتروژن معنی‌دار بود. بررسی توابع رگرسیونی میانگین دوساله کارایی جذب نیتروژن نشان داد که کارایی بازیافت نیتروژن با مقدار کودهای نیتروژن به کار رفته نسبت عکس داشت، به گونه‌ای که با افزایش میزان کود، کارایی بازیافت نیتروژن کاهش یافت و برای کود اوره و سولفات آمونیوم به ترتیب از ۸۵ و ۸۰ درصد در سطح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن به ۵۳ و ۴۳ درصد در سطح ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار رسید، اما واکنش کود اوره آمونیوم نیترات نسبت به کود اوره و سولفات آمونیوم متفاوت بود، به نحوی که بر عکس آن دو، در سطوح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن، کارایی بازیافت نیتروژن حدود ۳۷ درصد بوده، ولی با افزایش مقدار کود، کارایی جذب نیتروژن به‌صورت یک رابطه درجه ۲ تا سطح ۱۷۲ کیلوگرم نیتروژن به ۶۷ درصد رسید و پس از آن ثابت شده و مجدداً در سطح ۲۸۰ کیلوگرم نیتروژن، به ۶۰ درصد کاهش یافت (شکل۴- B). این وضعیت ممکن است به دلیل عملکرد بسیار پایین کود اوره آمونیوم نیترات در سطح ۷۰ کیلوگرم نیتروژن و سپس عملکرد بالای آن در سطح بالاتر نیتروژن بوده

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]



شکل۴- کارایی استفاده (زراعی) (A)، جذب (B) و مصرف (C و D) نیتروژن نعناع فلفلی در نوع و میزان کودهای نیتروژنی (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Fig 4. Nitrogen Use Efficiency (A), Recovery Efficiency (B) and Utilization Efficiency (C, D) of peppermint in nitrogen source and rate treatments (2014 and 2015)

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

باشد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش جذب نیتروژن، از کارایی هر واحد نیتروژن برای تولید گیاه کاسته شده باشد (Gerdon *et al.*, 1993). عامری و همکاران (Ameri *et al.*, 2007) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن، کارایی بازیافت نیتروژن در گل همیشه بهار کاهش یافت و از ۷۷ درصد در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به ۵۵ درصد در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کاهش یافت.

کارایی مصرف (فیزیولوژیک) نیتروژن، میزان محصول تولیدی (برگ) به ازای میزان نیتروژن موجود در برگ است. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که کارایی مصرف نیتروژن تحت تاثیر سال و اثر دوگانه سال در سطوح نیتروژن و اثر سه‌گانه سال در نوع کود و سطوح نیتروژن قرار گرفت. برش‌دهی اثرات متقابل سطوح نیتروژن در نوع کود سال اول و دوم اجرای آزمایش نشان داد که در سه نوع کود بین سطوح نیتروژن تفاوت وجود داشت، به طوری که افزایش سطوح نیتروژن کودها به‌صورت یک رابطه درجه ۲ باعث کاهش کارایی مصرف نیتروژن نعناع فلفلی گردید و در سال دوم کارایی مصرف بالاتر از سال اول بدست آمد. کارایی مصرف نیتروژن نعناع فلفلی در کود اوره آمونیوم نیترات، سولفات آمونیوم و اوره به ترتیب در سطح ۲۱۳ (۱۹/۶ گرم برگرم نیتروژن برگ)، ۲۰۲ (۲۳ گرم برگرم نیتروژن برگ) و ۲۱۲ (۲۱ گرم برگرم نیتروژن برگ) کیلوگرم نیتروژن در سال اول و ۲۶۰ (۳۷/۲ گرم برگرم نیتروژن برگ) ، ۲۲۰ (۴۴ گرم برگرم نیتروژن برگ) و ۲۵۷ (۳۷/۴ گرم برگرم نیتروژن برگ) کیلوگرم نیتروژن در سال دوم، به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۴- C و D). در واقع در سطوح بالاتر کود سولفات آمونیوم نسبت به دو نوع دیگر، به ازای هر واحد مصرف کود نیتروژن، افزایش بیشتری در تجمع ماده خشک برگ حاصل می‌شود. نورقلی‌پور و همکاران (Noorgholipour *et al.*, 2008) گزارش کردند که کارایی مصرف کود نیترات آمونیوم بیشتر از دو منبع دیگر بود. عامری و همکاران (Ameri *et al.*, 2007) گزارش کردند که کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مقدار نیتروژن از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بصورت خطی کاهش یافت. جیانگ و هول (Jiang and Hull, 1998) گزارش کردند که در گیاه بلوگراس، کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد. آنان نتیجه گرفتند که مصرف زیاد کود نیتروژن از طریق تحریک افزایش جذب نیترات و اشباع فرآیندهای متابولیسم نیتروژن باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن شده و کاهش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. نورقلی پور و همکاران (Noorgholipour *et al.*, 2008) گزارش کردند که بیشترین کارایی جذب و کارایی فیزیولوژیک نیتروژن در گندم در تیمار نیترات آمونیوم مشاهده شد که می‌تواند به دلیل جذب بیشتر نیتروژن و مقدار بازیافت بیشتر آن در تیمار نیترات آمونیوم نسبت به اوره و اوره با پوشش گوگردی باشد.

نتیجه‌گیری

با در نظر گرفتن چهار اصل نظارتی در مصرف کودها (مقدار صحیح، زمان صحیح، جایگذاری صحیح و منبع صحیح)، مصرف مقدار صحیح از منبع مناسب کود در طول دوره رشد گیاه نعناع فلفلی، نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد و کارایی مصرف (آب و نیتروژن) دارد. نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش مصرف نیتروژن از هر سه منبع، اثر چشمگیری بر عملکرد، اسانس و کارایی آب نعناع فلفلی داشته است، به طوری‌که مصرف ۲۱۰ کیلوگرم نیتروژن از هر سه منبع نیتروژن نتیجه بهتری داشت. افزایش میزان نیتروژن در کودهای اوره و سولفات آمونیوم، کارایی نیتروژن را کاهش داد، اما در کود اوره آمونیوم نیترات در سطوح بالاتر نیتروژن (بر خلاف سطوح پایین آن)، کارایی نیتروژن نسبتاً ثابت ماند، بنابراین کود اوره آمونیوم نیترات با توجه به ماهیت نیتراتی- آمونیومی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

آن، واکنش عملکردی، کارایی مصرف آب و نیتروژن بهتری در سطوح بالای نیتروژن داشت در حالی که کودهای اوره و سولفات آمونیوم در سطوح پایین نیتروژن نسبت به سطوح بالاتر، کارایی مصرف آب و نیتروژن بالاتری از کود اوره آمونیوم نیترات داشتند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که برای تولید عملکرد مناسب گیاه نعناع فلفلی با کارایی بالاتر کود و آب، سطوح بالای کود اوره آمونیوم نیترات مناسب‌تر باشد.

منابع مورد استفاده

References

Ameri, A., M. Nassiri and P. Rezvani. 2007. Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). Iran. J. Field. Crops Res. 5 (2): 15-325. (In Persian with English abstract).

Auschcol. B., R. Roys and A. G. Hornsby. 1994. Nitrogen management in irrigated agriculture. Oxford University Press.

Broadbent, F. E., S. K. DeDatta and E. V. Laureles. 1987. Measurement of nitrogen utilization efficiency in rice genotype. Agron. J. 79: 786-791.

Clark, R. J. and R. Menary. 1999. The effect of irrigation and nitrogen on yield and composition of peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Appl. Plant Sci. 62(2): 68-71.

Gerdon, W. B., B. A. Whitney and R. J. Raney. 1993. Nitrogen management in furrow irrigated, ridge- tilled corn. J. Prod. Agric. (6): 213-217.

Golder, H. V. and H. M. Vangelder. 1998. Influence of nitrogen fertilizer application level on oil production and quality in (*Mentha piperita* L.). Appl. Plant Sci. 82: 68.71.

Izadi, Z., G. Ahmadvand, M. Asna Ashri and J. Piri. 2010. Effect of nitrogen and plant density on some growth characteristic, yield and essence in peppermint. Iran. J. Field. Crops Res. 824-836. (In Persian with English abstract).

Jiang, Z. and R. J. Hull. 1998. Interrelationships of nitrate uptake, nitrate reductase, and nitrogen use efficiency in selected Kentucky bluegrass cultivars. Crop Sci. 38: 1623-1632.

Kandil, E. A., M.I.F. Fawzi and M.I.F. Shahin. 2010. The effect of some slow release nitrogen fertilizers on growth, nutrient status and fruiting of Mit Ghamr peach trees. J. Am. Sci. 6(12): 195-201.

Kasual, S. 1999. The effect of nitrogen fertilizer in peppermint. J. Essential Oil Res. 7: 279-289.

Kumar, A., R. M. Samarth and S. Yasmeen. 2004. Anticancer and radio protective potentials of *Mentha piperita* L. BioFactors. 22 (1-4): 87 - 91.

Kothari, S., V. P. Singh, M. Wheelerand and C. Stephens. 2000. The effect of row spacing and nitrogen fertilization on (*Mentha arvensis* L.). J. Essential Oil. Res. 7(1): 279-289

Majidian, M., A. Ghalavand, A. A. Kamgar Haghighi and N. Karimian. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. Iran. J. Crop Sci. 10(3): 303-330 (in Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

Malakouti, Mj., A. Bordi, M. Lotfollahi, A. A. Shahabi, K. Siavoshi, R. Vakil, J. Ghaderi, J. Shahabifar, A. Majidi, A. Jafarnejadi, F. Dehghani, M. H. Keshavarz, M. Ghasemzadah, R. Ghanbarpouri, M. Dashadi, M. Babaakbari and N. Zaynalifard. 2008. Comparison of complete and sulfur coated urea fertilizers with pre-plant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. J. Agric. Sci. Tec. 10: 173-183.

Marotti, M., R. Piccaglia, W. Crout, K. Craufutd and S. Deans. 2004. Effect of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. Flav. Frag. J. 9(3): 125-129.

Mojadam, M. and A. Modhej. 2012. Effect of nitrogen level on water use efficiency, yield and seed yield of grain maize at drought stress. Iran. J. Field. Crops Res. **10 (3): 546-554.** (In Persian with English abstract).

Moll, R. H., E. J. Kamprath and W. A. Jackson. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron. J. 74: 562-564.

Mousavi, S. GR, M. J. Seghatoleslami, E. Ansarinia and H. Javadi. 2012. The effect of water deficit stress and nitrogen fertilizer on yield and water use efficiency of *Calendula officinalis* L. Iran. J. Medic. Aroma. Plant. 28 (3). 493-508. (In Persian with English abstract).

Noorgholipour. F., Y. R. Bagheri and M. Lotfolahi. 2008. Effect of nitrogen sources on wheat yield and quality. Res. Agric. Sci. 14(2). 120-129. (In Persian with English abstract).

Nowsher, A., A. M. Sarder, N. H. Shamsuddin and N. H. Khan. 1998. Yield and yield component of wetland rice under various sources and levels of nitrogen. Philippine J. Crop Sci. 13 (3): 155-158.

Omidbeigi, R. 2011. Production and Processing of Medicinal Plants. Behnashr Press. (In Persian).

Saiedi-Gragani. H., R. Yazdani Bloki, N. Saiedi-Gragani and H. Sodaiezadeh. 2014. Effect of sources and levels of nitrogen fertilizer on *Petroselinum crispum* Mill at Jiroft. Iran. J. Field Crops Res. 12 (2). 316-327. (In Persian with English abstract).

Salvagiotti, F., J. M. Castellarín, D. J. Miralles and H. M. Pedrol. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. Field Crops Res. 113: 170-177.

Sattelmacher, B., W. J. Horst and H. C. Becker. 1994. Factors that contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants. Z. Pflanzenern. Bodenk. 157: 215-224.

Saxena, A. 2004. Effect of nitrogen levels and harvesting management on quality of essential oil in peppermint cultivars. Indian. Perf. 33(3): 182-185.

Singh, V. P., B. N. Chatterjee and P. Singh. 2003. Response of mint species to nitrogen fertilization. J. Agric. Sci. 113(2): 267-271.

Terry, L. R. 2007. Right product, right rate, right time, and right place. The Foundation of BMPs for fertilizer. Better Crops. 91 (4):14-15.

Timsina J., U. Singh, M. Badaruddin, C. Meisner and M. R. Amin. 2001. Cultivar, nitrogen and water

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

effects on productivity and nitrogen-use efficiency and balance for rice-wheat sequences of Bangladesh. Field Crops Res. 72: 43-161.

USBR. 1984. Water measurement manual. Denver. Revised Reprinted. Pp. 327.

Zhao, J. 2006. The effect of nitrogen fertilization on spearmint. J. Essential oil Res. 18: 452-455.

Zeinali. H., H. Hosseini and M. H. Shirzadi. 2014. Effects of nitrogen fertilizer and harvest time on agronomy, essential oil and menthol of *Mentha piperita* L. Iran. J. Medic. Aroma. Plant. 30(3): 486-495. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]

Effect of source and rate of nitogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.)

Poshtdar, A. [1], A.R. Abdali Mashhadie[2], F. Moradi[3], S.A. Siadat[4] and A. Bakhshandeh[5]

ABSTRACT

Poshtdar, A., A.R. Abdali Mashhadie, F. Moradi, S.A. Siadat and A. Bakhshandeh. 2016. Effect of source and rate of nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency of peppermint (*Mentha piperita* L.)**. Iranian Journal of Crop Sciences. 18(1): 13-31. (In Persian).**

To investigate the effect of source and rate of nitrogen fertilizer on yield, water use efficiency and essential oil of peppermint (*Mentha piperita* L.), an experiment with factorial arrangement in randomized complete block design with three replications was carried out in 2014 and 2015 growing season at the Ramin University of Agriculture and Natural Resources of Khuzestan, Ahvaz, Iran. Nitrogen fertilizer sources including; Urea, Ammonium Sulfate and Urea Ammonium Nitrate (UAN) at the rates; 0, 70, 140, 210 and 280 kg $N.ha^{-1}$ were applied. Results showed that fresh yield of peppermint increased in the second year (97.7 $kg.ha^{-1}$) was more than the first year (88 $kg.ha^{-1}$). Dry yield of peppermint was greater in UAN (25 $kg.ha^{-1}$) than Urea (18 $kg.ha^{-1}$) and Ammonium Sulfate (16 $kg.ha^{-1}$). Genrally, application of UAN fertilizer led to higher essential oil yield and maximum relative essential oil yield in the first and second years in 280 and 210 kg $N.ha^{-1}$ treatments. With increasing nitrogen levels, stem nitrogen content increased and in Urea and UAN treatments more nitrogen accumulated in leaves. Water use efficiency was greater in UAN (1.9 $g.m^{-3}$) folloewe by Urea (1.4 $g.m^{-3}$) and Ammonium Sulfate (1.3 $g.m^{-3}$). Maximum economic use efficiency and water productivity in the first and second years were obtained in 280 and 250 kg Nha^{-1}, respectively. With increasing nitrogen levels, nitrogen use efficiency in the second year (0.34 $g.g^{-1}$) was higher than the first year (0.17 $g.g^{-1}$). Recovery efficiency of Urea and Ammonium Sulfate decreased, however, application of UAN fertilizer up to 170 $kg.ha^{-1}$ increased the recovery efficiency. Physiological efficiency of nitrogen in the Ammonium Sulfate fertilizer was similar in the two years and showed slightly higher than Urea and UAN fertilizers. Results of this experiment showed that application of higher rates of UAN fertilizer in peppermint in Khouzestan had higher efficiency, while nitrogen use efficiency in Urea and Ammonium Sulfate fertilizers was greater at the lower rates.

Key word: Essential oil yield, Nitrogen use efficiency, peppermint and Urea Ammonium Nitrate.

Received: 15 October, 2015 Accepted: 28 May, 2016

1- PhD Student, Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran. (Corresponding author)
(Email: adelposhtdar@gmail.com)
2- Assistant Prof., Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
3- Faculty member, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran
4 and 5- Professor, Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2026-06-08]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1395.18.1.2.1]