مقاله پژوهشی

# بهبود رشد، عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن تحت رژیم‌های مختلف نیتروژن در گیاه دارویی مریم‌گلی با کاربرد زئولیت

سعید حضرتی[1*]، سارا خوری‌زاده[1] و امیررضا صادقی بختوری[1]

[1] گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۰، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۸/۱۲)

## چکیده

هدررفت نیتروژن از طریق آبشویی، ضمن اینکه موجب آلودگی محیط زیست می‌شود، سبب کاهش کارآیی مصرف این عنصر نیز می‌گردد. از این نظر، لازم است روش مدیریتی مناسبی برای مصرف کودهای نیتروژنی به¬منظور کاهش هدر¬رفت از طریق آبشویی بکار برده شود. مریم‌گلی از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی در بسیاری از کشورهای دنیا است. به‌منظور بررسی کاربرد زئولیت جهت بهبود رشد، عملکرد و افزایش کارآیی مصرف نیتروژن در گیاه دارویی مریم‌گلی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل کود نیتروژن (از منبع اوره) در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و زئولیت در دو سطح (بدون زئولیت و ۱۰ تن زئولیت در هکتار) مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین میزان ارتفاع به میزان ۱۹/۹۰ سانتی‌متر، تعداد شاخه جانبی به میزان ۱۹/۸۷ در هر بوته و سطح برگ ۱/۳۸ سانتی‌متر مربع در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت مشاهده شد. کاربرد زئولیت توانست به افزایش عملکرد مریم‌گلی توسط نیتروژن کمک کند، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد تر و خشک شاخساره در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌ترتیب به میزان ۱۱۱٤٤ و ۲۹۵۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. بیشترین میزان نیتروژن خاک و غلظت نیتروژن گیاه به میزان ۰/۱٤ و ۲/۸۲ درصد در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد. بیشترین میزان جذب نیتروژن نیز به میزان ۸٦/۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و بیشترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن به میزان ۱۱/۵۳ کیلوگرم به‌ازای هر کیلوگرم در کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن زئولیت به‌دست آمد. صفات درصد و عملکرد اسانس نیز در اثر متقابل نیتروژن و زئولیت معنی‌دار شدند و بیشترین میزان درصد اسانس ۰/۸٤ درصد و بیشترین میزان عملکرد اسانس ۲۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار هر دو در کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت کاربرد زئولیت توانست با جلوگیری از شستشوی نیتروژن خاک و افزایش جذب آن میزان رشد، عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن را در گیاه دارویی مریم‌گلی افزایش و از آلودگی آب‌های زیرزمینی جلوگیری و همچنین مصرف انرژی را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: اسانس، نیتروژن، زئولیت، مریم‌گلی

[*] نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

**مقدمه**

کشور ایران با اقلیم‌های متفاوت دارای تنوع گیاهان دارویی زیادی است. یکی از این گیاهان دارویی مهم، مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) بوده که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار است. با توجه به نیاز صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی به این گیاه دارویی به‌عنوان مواد اولیه، تولید آن در کشور در حال گسترش است و در این رابطه، تحقیقات و مطالعات بیشتری به منظور بهبود در عملکرد این گیاه مورد نیاز است (امیدبیگی، ۱۳۸٤؛ Jakovljevic *et al*., 2019). خاک‌های ایران به‌علت کمبود فعالیت‌های زیستی و ماده آلی، قادر به تأمین نیاز غذایی گیاهان نیستند و به‌منظور رسیدن به میزان عملکرد بهینه معمولاً سالیانه مقدار قابل توجهی عناصر غذایی مصرف می‌شود (Melero *et al*., 2008). در میان مواد غذایی، نیتروژن عمده‌ترین عنصری است که رشدونمو را در سراسر جهان محدود می‌کند و تقاضا برای آن به‌منظور بهبود در رشد و عملکرد گیاهان در حال افزایش است (Mokhtassi *et al*., 2013). هدرروی نیتروژن علاوه بر آثار منفی بر محیط زیست، به‌ویژه تهدید سلامتی انسان، و تحمیل مشکلات اقتصادی ناشی از افزایش شدید هزینه کودهای شیمیایی به کشاورزان، سبب شده است که کارآیی این نهاده ارزشمند نیز کاهش یابد (Moll *et al*., 1982; Good and Beatty, 2011; Badr *et al*., 2012). تعیین مقدار بهینه منابع در اکوسیستم‌های کشاورزی، علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید و حفظ منابع باعث کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه این منابع می‌شود و دستیابی به کشاورزی پایدار تسهیل می‌کند (Mahajan *et al*., 2012).

تکنیک‌های مختلفی به‌منظور کاهش آب‌شویی و افزایش کارآیی مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن مورد ارزیابی قرار گرفته که از آن جمله می‌توان به زئولیت اشاره کرد که با توجه به خصوصیات منحصر به فردشان می‌توانند به‌طور مؤثری در کشاورزی مورد استفاده قرار بگیرند (Jakkula and Wani, 2018; Kennedy, 2020). زئولیت‌ها یا غربال‌های مولکولی، بلورهای سه بعدی آلومیناسیلیکات با ساختمان داخلی متخلخل هستند که قابلیت تبادل و جذب کاتیونی دارند. پدیده تبادل یونی بدون تغییر در ساختار زئولیت انجام می‌گردد؛ زیرا اسکلت ساختاری زئولیت شامل کانال‌ها و حفره‌هایی است که کاتیون‌ها و مولکول‌های آب در آن‌ها جای گرفته و تحرک این کاتیون‌ها هیچ گونه تغییری در شبکه ساختاری آن ایجاد نمی‌کند (Margeta *et al*., 2013؛ خاشعی‌سیوکی و احمدی، ۱۳۹٤). زئولیت‌ها قادر هستند تا ٦۰ درصد حجم خود، آب جذب کنند. این توانایی ناشی از تخلخل بالای آن‌هاست که از ساختمان بلوری آن‌ها نشأت می‌گیرد. مشخص شده است که کاربرد زئولیت، ثابت‌ماندن مخزن آب در منطقهٔ ریشه در طول دوران خشکی را تضمین کرده و به انتشار افقی آب در خاک کمک می‌کند (Jakkula and Wani, 2018; Kennedy, 2020).

جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب نوع صحیح زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند (Ahmed *et al*., 2010). زئولیت علاوه بر بهبود تعادل آب در خاک، در بهینه‌سازی مصرف نیتروژن و کاهش مصرف کودهای نیتروژنه در تولید محصولات زراعی نقش دارد. همچنین کاهش میزان آب‌شویی نیتروژن، در حفظ محیط‌زیست بسیار حائز اهمیت است (Nur Aainaa *et al*., 2018).

مطالعات متعددی در زمینه کاربرد زئولیت در خاک به منظور بهبود کارآیی مصرف نیتروژن صورت گرفته است، در بررسی روی برنج، کاربرد نیتروژن به‌همراه زئولیت منجر به افزایش محتوای پروتئین دانه و کارآیی بازیافت نیتروژن شده است. براساس این نتایج که منجر به نگهداشت بیشتر نیتروژن در خاک تحت کاربرد زئولیت شده، کیفیت عملکرد دانه، کارآیی مصرف نیتروژن و کارآیی بازیافت نیتروژن در کاربرد ۸ تن زئولیت در هکتار و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بیشتر بهبود یافته بود (Sepaskhah and Barzegar, 2010). نتایج تحقیقی نشان داد که مخلوط‌کردن کامل زئولیت با خاک در

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

گیاه ذرت می‌تواند به حفظ $NH_4^+$ کمک کرده و کارآیی مصرف نیتروژن را بهبود بخشد (Anthony Ippolito *et al*., 2011). نتایج مطالعاتی روی گیاه برنج نشان داد که کاربرد زئولیت به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه، کارآیی مصرف آب و جذب نیتروژن کل را افزایش و به‌مقدار ناچیزی مصرف آب را کاهش داد (Zheng *et al*., 2018). مطالعات غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد که برای تولید آفتابگردان در خاک‌های شنی فقیر کاربرد ترکیبی از زئولیت، کود کمپوست و کود شیمیایی نیتروژن برای اطمینان از عملکرد دانه (اهمیت زراعتی) و برای حفاظت از خاک و آب از آبشویی نیتروژن (اهمیت اقتصادی و محیطی) توصیه شده است و نتیجه گرفتند که آبشویی نیتروژن با کاربرد زئولیت کاهش و نیتروژن در دسترس گیاه افزایش یافته است و درنهایت باعث افزایش کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود.

در مطالعه‌ای توسط Wu و همکاران در سال (a۲۰۱۹) روی برنج مشاهده شد کاربرد نیتروژن به‌طور قابل توجهی میزان عملکرد دانه و جذب نیتروژن را افزایش داد و منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش تولید شد، در مطالعه دیگری کاربرد زئولیت تحت تنش خشکی میزان مقاومت به تنش خشکی، و جذب و کارآیی مصرف نیتروژن را به‌طور معنی‌داری افزایش داد (Wu *et al*., 2019b). در مطالعه‌ای کاربرد زئولیت در خاک‌های اسیدی توانست خصوصیات فیزیکی خاک را بهبود و کارآیی مصرف عناصر غذایی در گیاه ذرت را افزایش داد (Nur Aainaa *et al*., 2018). در بررسی دیگری در گیاه برنج که توسط Wulandari و همکاران (۲۰۱۹) نشان داده شده که ترکیبی از اوره و زئولیت باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی شده اما تفات معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشته است. در حالیکه تأثیر معنی‌داری روی ارتفاع گیاه، تعداد پنجه‌ها و وزن خشک کانوپی گذاشته است. استفاده از کود اوره و زئولیت همراه با هم تأثیر بیشتری نسبت به کاربرد کود اوره بدون زئولیت گذاشته است.

با توجه به اینکه تا به حال تحقیقی در زمینه کاربرد زئولیت در کاهش آبشویی نیتروژن و افزایش کارآیی مصرف نیتروژن روی گیاه دارویی مریم‌گلی صورت نگرفته است و از طرفی با توجه به مصرف بی‌رویه کود نیتروژن در کشاورزی ایران و افزایش آلودگی آب و خاک هدف از مطالعه حاضر ارزیابی کاربرد زئولیت به‌منظور بهبود رشد، عملکرد و افزایش بهره‌وری نیتروژن گیاه دارویی مریم‌گلی در خاک‌های نسبتاً فقیر است.

## مواد و روش‌ها

آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید مدنی آذربایجان با با عرض جغرافیایی۳۷ درجه و ۸۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ۹۳ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳۱۸/۸ متری از سطح دریای آزاد در سال ۱۳۹۷ اجرا شد. براساس مطالعات هواشناسی محل اجرای آزمایش از نظر اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام گرفت که فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل کود نیتروژن (از منبع اوره) در سه سطح (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و زئولیت در دو سطح (بدون زئولیت و ۱۰ تن زئولیت در هکتار) بودند.

عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ایجاد نهرها و کرت‌بندی در اواخر فروردین‌ماه صورت پذیرفت و زمین مورد استفاده در این مطالعه در پاییز فصل قبل به‌صورت آیش بود. هر کرت دارای چهار ردیف کاشت به فاصله ردیف ٦٠ سانتی‌متر، فاصله بین هر بوته ۳۰ سانتی‌متر و به طول سه متر بود. علاوه بر این بین هر کرت با کرت مجاور یک پشته به‌صورت نکاشت در نظر گرفته شد. آنالیز خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و زئولیت مورد استفاده در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. با توجه به میزان فسفر و پتاسیم بالاتر از حد مطلوب براساس آنالیز خاک قبل از آزمایش، کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم به خاک اضافه نگردید.

یک روز قبل از تاریخ کاشت پس از ایجاد جوی و پشته‌ها، زئولیت توزین و به میزان مورد نظر در کرت‌ها پخش گردید و

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

**جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش**

| بافت خاک | هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) | ازت کل (%) | درصد کربن آلی | فسفر | پتاسیم | روی | مس | آهن | منگنز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | قابل جذب ($mg.kg^{-1}$) | | | | | |
| لومی-شنی | ۵/۵۵ | ۰/۱۰ | ۱/۱۵ | ۲۸/۵۰ | ۸۲۰ | ۰/۵۲ | ۰/۵٤ | ۱/۲۰ | ۳ |

**جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی زئولیت مورد استفاده**

| $TiO_2$ | MnO | $Fe_2O_3$ | Cl | $SO_3$ | $P_2O_5$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | MgO | CaO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ٪ | | | | | | | | | | | |
| ۰/۰۳ | ۰/۰٤ | ۱/۵ | – | – | ۰/۰۱ | ٦۵ | ۱۲/۰۲ | ۳ | ۱/۰۸ | ۰/۱ | ۲/۳ |

**CEC= 200 meq/100 g**

تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. جهت اعمال تیمار نیتروژن برای کرت‌های مربوطه با توجه به نیاز کودی گیاه مریم‌گلی (به مقدار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) محاسبه که در سه مرحله پس از کاشت اعمال شد.

آبیاری مزرعه به روش کرتی انجام شد. جدول زمان‌بندی آبیاری واحدهای آزمایشی براساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه انجام گرفت. در این آزمایش آبیاری زمانی صورت گرفت که ۳۰ درصد رطوبت قابل استفاده در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک توسط گیاه و یا در اثر تبخیر از سطح خاک تخلیه گردید.

نشاهای مریم‌گلی (تهیه‌شده از شرکت زرین گیاه ارومیه) در تاریخ ۱۵ اردیبهشت به‌صورت جوی و پشته کشت شدند. عملیات وجین علف‌های هرز در سه مرحله و به‌صورت دستی انجام شد. قبل از برداشت نهایی برای سنجش صفات فیزیولوژیکی نمونه‌برداری انجام شد. به‌منظور تعیین اثر تیمار-های مورد بررسی بر درصد و عملکرد اسانس در هر کرت دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای چهار ردیف کاشت در هر واحد آزمایش به‌عنوان حاشیه کنار گذاشته شدند. همچنین بوته‌های مریم‌گلی در تاریخ ۲۰ شهریور برداشت شده و در سایه به‌مدت دو هفته خشک شدند.

**اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و عملکرد ماده خشک:** برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک با درنظرگرفتن اثر حاشیه در مرحله برداشت ۱۰ گیاه به‌صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شده، تعداد شاخه جانبی شمارش و ارتفاع گیاه، قطر گیاه و طول و عرض برگ با استفاده از خط‌کش و سطح برگ به روش (اندازه‌گیری شاخص سطح‌برگ به روش وزنی) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک پس از اینکه گیاهان از سطح خاک کف‌بر شدند، در داخل پلاستیک‌هایی قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از توزین عملکرد ماده تر، نمونه‌ها در سایه و هوای آزاد در شرایط سایه خشک شده و عملکرد ماده خشک گیاه نیز مورد محاسبه قرار گرفت.

**اندازه‌گیری اسانس:** برای استخراج اسانس ۵۰ گرم نمونه خشک شده (شاخساره) با استفاده از روش تقطیر با آب و توسط کلونجر صورت گرفت. اسانس به‌دست‌آمده توسط سولفات سدیم خشک و به‌دقت توزین گردید در پایان اندازه‌گیری درصد اسانس انجام گردید. عملکرد اسانس نیز براساس حاصلضرب درصد اسانس و عملکرد ماده خشک شاخساره محاسبه شد.

**اندازه‌گیری نیتروژن گیاه و خاک:** برای اندازه‌گیری عنصر نیتروژن موجود در پیکره گیاه و خاک نمونه‌های گیاهی و خاک از هر کرت به‌طور تصادفی تهیه شد. نمونه‌ها را پس از خشک کردن، نهایتاً توسط روش هضم با اسید سولفوریک، سالیسیلیک اسید، و آب اکسیژنه عصاره آن‌ها تهیه و برای اندازه‌گیری

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

نیتروژن مورد استفاده قرار گرفت و میزان نیتروژن کل با استفاده از تیتراسیون بعد از تقطیر به کمک دستگاه کجلدال مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Novozamsky *et al*., 1974).

**کارآیی مصرف نیتروژن:** جهت تعیین کارآیی مصرف نیتروژن از رابطه NUTE (g fgn $^{-1}$) = LYLDf / LNYf استفاده شد (Chen *et al*., 2010).

NUTE، LYLDf و LNYf به‌ترتیب کارآیی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بوته خشک بر کیلوگرم نیتروژن، تفاوت عملکرد محصول در کرت کود داده شده و کرت شاهد و میـزان نیتـروژن مورد استفاده در هکتار هستند.

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از برنامه آماری SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد. قبل از تجزیه و تحلیل و نرمال‌کردن داده‌ها، نسبت به تجزیه و تحلیل آن‌ها اقدام گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

## نتایج و بحث

**صفات مورفولوژیک:** تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که صفت ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و شاخص سطح برگ تحت تأثیر اثر متقابل نیتروژن و زئولیت قرار گرفتند ولی صفت قطر تاج فقط تحت تأثیر اثرات اصلی نیتروژن و زئولیت قرار گرفت.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین و کمترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و زئولیت، به‌ترتیب به میزان ۱۹/۹۰ و ۱۵/۲۳ سانتی‌متر به‌دست آمد، در هر سطح نیتروژن کاربرد و عدم‌کاربرد زئولیت تأثیری بر ارتفاع گیاه نداشت اما با تغییر در مقدار نیتروژن تفاوت‌ها معنی‌دار شد (جدول ٤). نتایج نشان داد با افزایش میزان نیتروژن و زئولیت بر تعداد شاخه‌های جانبی افزوده شد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه جانبی به میزان ۱۹/۸۷ و ١٤ در هر بوته به‌ترتیب در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و زئولیت به‌دست آمد، اما بیشترین تأثیر زئولیت روی تعداد شاخه‌های جانبی در کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن حاصل شد (جدول ٤). همچنین نتایج نشان داد کاربرد همزمان نیتروژن و زئولیت تأثیر قابل توجهی در شاخص سطح برگ گیاه دارویی مریم‌گلی داشت، به‌طوری‌که با افزایش میزان نیتروژن و کاربرد زئولیت افزایش چشمگیری در سطح برگ رخ داد براساس نتایج بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ به میزان ۱/۳۸ و ۰/٥٦ سانتی‌مترمربع به‌ترتیب در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و زئولیت به‌دست آمد (جدول ٤).

در تیمار نیتروژن بیشترین قطر تاج ۲۳/۵۵ و کمترین ۲۱ سانتی‌متر به‌ترتیب در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و عدم کاربرد نیتروژن به‌دست آمد اما بین ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱)، در تیمار زئولیت بیشترین و کمترین قطر تاج ۲۳/۱۰ و ۲۱/۹٤ سانتی‌متر به ترتیب در سطح ۱۰ تن در هکتار و بدون کاربرد زئولیت به دست آمد (شکل ۱).

فراوانی نیتروژن تا زمانی که سایر عوامل محیطی و گیاهی محدودکننده نباشند، منجر به تحریک رشد رویشی گیاه می‌شود (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱). نیازهای کودی به‌خصوص نیتروژن، از جمله مهم‌ترین عواملی بوده که بر رشد و تولید اثر می‌گذارند. عدم کاربرد کود نیتروژن، نمو فیزیولوژیکی مراحل رویشی را به تأخیر انداخته و نیز سرعت گسترش و دوام سطح‌برگ را کاهش می‌دهد که در این شرایط راندمان استفاده از نور خورشید نیز کاهش می‌یابد ولی استفاده از نیتروژن به مقدار مناسب عکس نتایج فوق را شامل می‌شود (جباری و همکاران، ۱۳۸۸). از نتایج این بررسی می‌توان چنین استنباط کرد که با فراهم‌نمودن بهتر نیتروژن در محیط ریشه در طول فصل رشد گیاه توسط زئولیت، منجر به بهبود رشدونمو و درنتیجه افزایش صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و سطح برگ شده است. در تحقیقی روی نعناع کاربرد نیتروژن شاخص سطح برگ را افزایش داده است (Singh *et al*., 1989). در بررسی دیگری روی دو گونه نعناع

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

**جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک مریم‌گلی تحت تأثیر نیتروژن و زئولیت**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | تعداد شاخه جانبی | ارتفاع بوته | قطر تاج | شاخص سطح برگ |
| بلوک | ۲ | ۱۱/۲۶$^{**}$ | ۰/۳۵$^{ns}$ | ۰/۲۸$^{ns}$ | ۰/۱۲$^{ns}$ |
| نیتروژن | ۲ | ۹/۸٤$^{**}$ | ۲٤/٦۰$^{**}$ | ۳/۵۸$^{*}$ | ۰/۸۲$^{**}$ |
| زئولیت | ۱ | ۱۱/٦٤$^{*}$ | ۲٤/۹٦$^{**}$ | ۰/۵۳$^{*}$ | ۰/٦٦$^{*}$ |
| نیتروژن × زئولیت | ۲ | ٤/۹۲$^{*}$ | ۰/۹٤$^{*}$ | ۰/۸۳$^{ns}$ | ۰/۱۹$^{*}$ |
| خطا | ۱۰ | ۱/٤۲ | ۰/۸۹ | ۰/۵۱ | ۰/۰٦ |
| ضریب تغییرات (درصد) | – | ٦/۱۹ | ٤/٤٦ | ۹/۵٤ | ۲٤/۸٦ |

**ns، * و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

**جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورفولوژی مریم‌گلی تحت تأثیر نیتروژن و زئولیت**

| تیمار | سطوح | تعداد شاخه جانبی در هر بوته | ارتفاع (سانتی‌متر) | قطر تاج (سانتی‌متر) | شاخص سطح برگ |
|---|---|---|---|---|---|
| نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | زئولیت (تن در هکتار) | | | | |
| صفر | صفر | ۱٤/۰۰$^{d}$ | ۱۵/۲۳$^{e}$ | ۱۹/۷۸$^{ab}$ | ۰/۵٦$^{c}$ |
| | ۱۰ | ۱۵/۸۰$^{c}$ | ۱٦/٤۰$^{ed}$ | ۲۲/۲۲$^{a}$ | ۰/۷۵$^{bc}$ |
| ۷۵ | صفر | ۱٦/۲۷$^{c}$ | ۱۷/۱۳$^{cd}$ | ۲۲/۳۳$^{a}$ | ۱/۰۸$^{ab}$ |
| | ۱۰ | ۱۸/۱۰$^{b}$ | ۱۸/۲۷$^{bc}$ | ۲۳/٦۳$^{a}$ | ۱/۳۳$^{a}$ |
| ۱۵۰ | صفر | ۱۹/۳۳$^{ab}$ | ۱۸/٦۳$^{ab}$ | ۲۳/۷۲$^{a}$ | ۰/۹۲$^{b}$ |
| | ۱۰ | ۱۹/۸۷$^{a}$ | ۱۹/۹۰$^{a}$ | ۲۳/۳۸$^{a}$ | ۱/۳۸$^{a}$ |

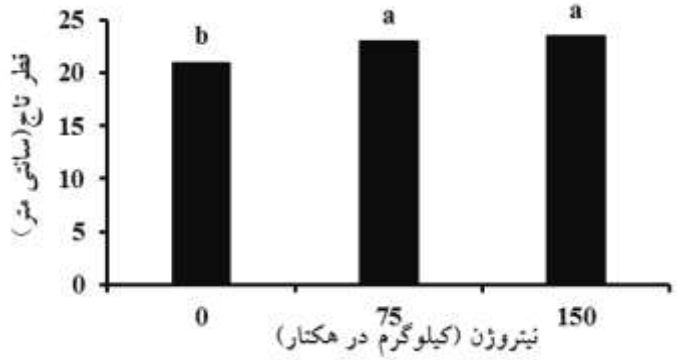
**میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد براساس آزمون LSD است.**

گیاهان تیمارشده با ترکیبی از سطوح مختلف نیتروژن+ ورمی کمپوست بیشترین ارتفاع را داشتند (Keshavarz and Modarres sanavy, 2018).

در تحقیقی روی گیاه دارویی بادرشبی (*Moldavian dragonhead*)، مصرف زئولیت بر ارتفاع بوته تأثیر معنی‌داری داشته است (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در بررسی حضرتی (۱۳۹٤) مصرف زئولیت منجر به افزایش مقدار صفات مورفولوژیک در تمام مراحل رشد گیاه صبر زرد شده است. از نتایج این بررسی می‌توان چنین استنباط کرد که با فراهم‌نمودن نیتروژن در محیط ریشه در طول فصل رشد گیاه توسط زئولیت، منجر به بهبود رشدونمو و درنتیجه افزایش برخی صفات مورفولوژیک مانند ارتفاع و قطر تاج شده است.

**وزن تر و خشک شاخساره:** نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که صفات وزن تر و خشک شاخساره مریم‌گلی تحت تأثیر اثر متقابل نیتروژن و زئولیت قرار گرفت (جدول ۵). براساس جدول مقایسه میانگین بیشترین عملکرد تر و خشک اندام هوایی گیاه مریم‌گلی در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن با ۱۰ تن زئولیت به‌ترتیب ۱۱۱٤٤ و ۲۹۵۱ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد به‌ترتیب ٤۸ و٤۰ درصد بیشتر بود. در همه سطوح نیتروژن کاربرد زئولیت توانست به بهبود عملکرد کمک کند به‌طوری که در تیمار بدون نیتروژن کاربرد زئولیت توانست میزان عملکرد تر و خشک اندام هوایی به‌ترتیب ۱۹ و ۲۲ درصد افزیش دهد، همچنین در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مقدار افزایش عملکرد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]




**شکل ۱- تأثیر کاربرد نیتروژن روی قطر تاج گیاه دارویی مریم‌گلی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر-اساس آزمون LSD است.**

**جدول ۵- تجزیه واریانس درصد و عملکرد اسانس، وزن تر و خشک شاخساره مریم‌گلی تحت تأثیر کاربرد نیتروژن و زئولیت**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد اسانس | عملکرد اسانس | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره |
| بلوک | ۲ | ۰/۰۸$^{**}$ | ۹۸/۹۰$^{ns}$ | ۷۸۵۱۴۱/۵$^{ns}$ | ٦٧٢٥٩/٩٥$^{ns}$ |
| نیتروژن | ۲ | ۰/۰۲$^{**}$ | ۷۳/۸۵$^{**}$ | ۱۸۸۲۹۷۳۳/۵٤$^{**}$ | ٣٤٤٢٢١/٢٠$^{**}$ |
| زئولیت | ۱ | ۰/۰۳$^{**}$ | ۱۲/۵۳$^{ns}$ | ۱٦۱۲۷۹۸۱/٤۹/۰$^{**}$ | ٧٤١١٥٣/١٢$^{**}$ |
| نیتروژن × زئولیت | ۲ | ۰/۰۵$^{*}$ | ۳٤/۵٦$^{*}$ | ۳۳۲۵۱۱٤/٤۳$^{**}$ | ٢٤٩٠٨٧/٤٧$^{*}$ |
| خطا | ۱۰ | ۰/۰۱ | ۳۲/۹۸ | ۵۵۷۱۷۳/۰ | ۳۱۵۵۲/۰۲ |
| ضریب تغییرات (درصد) | – | ۱٤/۳۸ | ٤/٤٨ | ٦/٠١ | ٤/٤٦ |

**ns، * و**: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

تر و خشک شاخساره با کاربرد زئولیت افزایش قابل‌توجهی نسبت به ۷۵ کیلوگرم در هکتار داشت (جدول ٦).

دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به‌خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر تقسیم و بزرگ‌شدن سلول‌ها که درنتیجه در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر است. همچنین به‌نظر می‌رسد با افزایش نیتروژن مصرفی، آسمیلاسیون آمونیاک باعث افزایش رشد برگ و سپس افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. افزایش شاخص سطح برگ با افزایش فتوسنتز خالص مرتبط است که درنهایت باعث افزایش وزن تر و خشک گیاه می‌شود. اساساً بین تأمین نیتروژن و افزایش تولید ماده تر و خشک گیاهی رابطه نزدیکی وجود دارد (راهداری، ۱۳۹۰). تحقیقات نشان داده ترکیب زئولیت‌های طبیعی با کودهای شیمیایی می‌تواند به‌وسیله افزایش قابلیت نگه‌داری عناصرحاصلخیزی خاک را بهبود بخشیده، افزون بر فراهمی عناصری مانند نیتروژن در نگه‌داری و در اختیار گذاشتن کاتیون‌هایی مانند کلسیم، منیزیم و عناصر کم مصرف مؤثر باشند. براساس نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که مصرف کانی زئولیت با نگه‌داری آب و نیتروژن و آزادسازی تدریجی آن‌ها در طول دوره رشد مریم‌گلی باعث افزایش عملکرد این گیاه گردیده است (Bernardi *et al*., 2016).

در آزمایشی روی گیاه بادرشبی میزان وزن تر در تیمارهای چهارگانه زئولیت افزایش یافته که این افزایش نسبت به سایر تیمارها معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که با افزایش میزان زئولیت

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

**جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد مریم‌گلی تحت تأثیر تیمار نیتروژن و زئولیت**

| تیمار | سطوح | وزن تر شاخساره | وزن خشک شاخساره | عملکرد اسانس |
|---|---|---|---|---|
| نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | زئولیت (تن در هکتار) | کیلوگرم در هکتار | | |
| صفر | صفر | ٥٧٨٤$^{c}$ | ١٧٥٤/٧$^{c}$ | ٧/٧٦$^{c}$ |
| | ١٠ | ٧٤٥٢$^{bc}$ | ٢١٦٨$^{bc}$ | ١٠/٤٦$^{bc}$ |
| ٧٥ | صفر | ٨٣٦١$^{b}$ | ٢٤٤١/١$^{ab}$ | ١٥/٢٣$^{ab}$ |
| | ١٠ | ٩٠٧١$^{ab}$ | ٢٤٦٩/٦$^{ab}$ | ١٣/١٠$^{bc}$ |
| ١٥٠ | صفر | ٩٣٤٥$^{ab}$ | ٢٥٦٥/١$^{ab}$ | ١٦/٣٥$^{ab}$ |
| | ١٠ | ١١١٤٤$^{a}$ | ٢٩٥١/٢$^{a}$ | ٢١/٠٢$^{a}$ |

**میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف بین تیمارها بر اساس آزمون LSD می‌باشد.**

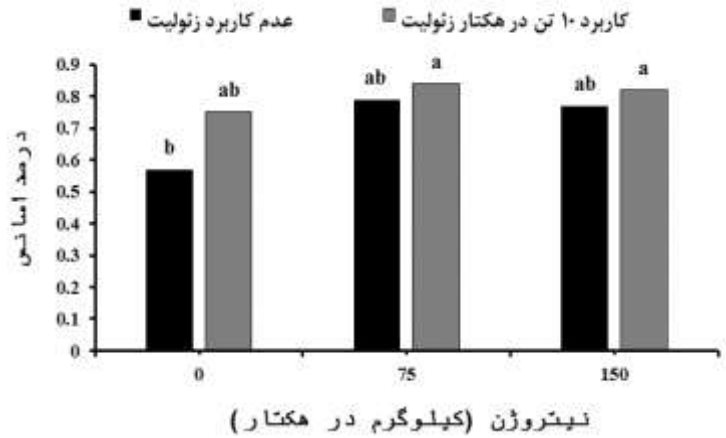
به حداکثر مقدار، وزن تر هر بوته به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (قلی‌زاده، ۱۳۸۳). در تحقیقی دیگر، اثر متقابل زئولیت و تنش کم آبی گیاه بادرشبی بالاترین ماده خشک در کاربرد ۲ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک توأم با ۵۰ درصد تخلیه رطوبت به‌دست آمده است (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). در تحقیقات دیگری توسط صالحی (۱۳۸۹) روی گیاه بابونه، غلامحسینی و همکاران (۱۳۸۸) روی گیاه ذرت، محراب و همکاران (۱۳۹۳) روی گیاه گندم، Wu و همکاران (a۲۰۱۹) روی گیاه برنج و Karami و همکاران (۲۰۲۰) روی گیاه تاج خروس انجام شده افزایش عملکرد در این گیاهان را در اثر کاربرد همزمان زئولیت و نیتروژن گزارش کردند.

**درصد و عملکرد اسانس:** جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل نیتروژن و زئولیت بر درصد و عملکرد اسانس مریم‌گلی معنی‌دار بود (جدول ۵). جدول مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین درصد اسانس در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم کاربرد نیتروژن و بدون زئولیت به‌ترتیب ۰/۸٤ و ۰/۵۷ درصد به‌دست آمد، درصد اسانس با کاربرد زئولیت نسبت به کاربرد نیتروژن بیشتر تحت تأثیر قرار گرفت به‌طوری‌که با کاربرد ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن تفاوت معنی‌داری در درصد اسانس مشاهده نشد (شکل ۲). همچنین بیشترین و کمترین عملکرد اسانس در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و بدون زئولیت به‌ترتیب ۲۱/۰۲ و ۷/۷٦ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد، در تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت معنی‌داری با کاربرد زئولیت در عملکرد اسانس مشاهده نشد اما در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کاربرد زئولیت عملکرد اسانس را ۲۳ درصد افزایش داد (جدول ٦). زئولیت با افزایش نگهداشت نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در فتوسنتز و تولید سطح سبز نقش به‌سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به‌دنبال خواهد داشت (Nakhli *et al.*, 2017). در این میان کاربرد زئولیت باعث نگهداشت آب و نیتروژن و در اختیار گذاشتن تدریجی آن در طول فصل رشد به گیاه بوده درنتیجه باعث افزایش ماده خشک و متعاقبا اسانس بوته شده است.

در سایر مطالعات نیز کاربرد نیتروژن روی درصد و عملکرد اسانس تأثیر مثبتی داشته است. در تحقیقی روی گیاه نعنای دشتی (*Mentha spicata* L.) عملکرد اسانس در کاربرد۲۲۵ میلی‌گرم در لیتر نیتروژن افزایش یافته است (Chrysargyris *et al.*, 2017). در بررسی دیگری روی شوید کاربرد ٤۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای دستیابی به حداکثر اسانس مؤثر بوده است (مددی بناب و همکاران، ۱۳۹۱). در تحقیقی روی گیاه ریحان بیشترین درصد اسانس و عملکرد اسانس تحت تأثیر کابرد مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]




**شکل ۲- تأثیر کاربرد همزمان نیتروژن و زئولیت روی درصد اسانس گیاه دارویی مریم‌گلی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD است.**

نیتروژن در هکتار قرار گرفته است (پازکی و همکاران، ۱۳۹۰). در اثر متقابل آبیاری و نیتروژن در گیاه شوید بر درصد اسانس بذر، بیشترین درصد اسانس بذر در کاربرد ٤ درصد وزنی ورمی‌کمپوست و هر ٤ روز آبیاری و کمترین درصد در هر ٤ روز آبیاری و کاربرد ۰/۲۵ درصد وزنی زئولیت مشاهده شده است (نجف‌زاده، ۱۳۹۳). در تحقیقی روی گیاه بادرشبی درصد اسانس با کاربرد زئولیت افزایش معنی‌داری یافته است (قلی‌زاده، ۱۳۸۳). البته می‌توان گفت مصرف نیتروژن از طریق تولید مواد فتوسنتزی برای افزایش سطح برگ و تولید بیشتر ترکیبات اولیه و افزایش تعداد غدد ترشحی اسانس کمک می‌کند (Marotti *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای که توسط قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۵) روی بادرشبی انجام شد، مصرف زئولیت بر درصد اسانس تأثیر معنی‌داری داشت. مصرف ۲ گرم زئولیت در کیلوگرم خاک توأم با ۵۰ درصد تخلیه رطوبت خاک بالاترین درصد اسانس (۲ درصد) را حاصل نموده است. در تحقیقی روی شوید کمترین عملکرد اسانس در ۰/۲۵ درصد وزنی زئولیت مشاهده شده است (نجف‌زاده، ۱۳۹۳).

اگر چه تولید اسانس گیاهی تحت تأثیر فرآیندهای ژنتیکی است، ولی سنتز آن‌ها به‌طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. عوامل محیطی مختلفی چون نوع خاک و میزان و نوع تغذیه معدنی بر درصد و عملکرد اسانس گیاهان داوریی اثر دارند (Barra *et al.*, 2009). دراین آزمایش نیز مشخص شد که کابرد کود نیتروژن و زئولیت باعث افزایش میزان اسانس خواهد شد به‌طوری‌که کاربرد زئولیت در همه سطوح نیتروژن حتی در تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن باعث افزایش درصد اسانس شد اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای بدون زئولیت با کاربرد نیتروژن مشاهده نشد، ممکن است کود نیتروژن و زئولیت با تأثیر مستقیم و غیرمستقیم که بر فرآیند فتوسنتز دارد در جهت تأمین اسکلت کربنی و سوبسترای مورد نیاز برای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه فعالیت کرده و به‌طبع آن افزایش درصد اسانس و عملکرد را در پی خواهد داشت.

اما افزایش درصد و عملکرد اسانس در این پژوهش ممکن است به‌دلیل تغییر در بیوسنتز اسانس تحت شرایط تیماری خاص و افزایش سطح برگ‌ها باشد که می‌تواند دلیل تجمع بیشتر غدد ترشحی اسانس در مقایسه با برگ‌های سایر گروه‌های تیماری باشد و به‌دلیل افزایش بیوماس و درصد اسانس در واحد سطح، منجر به افزایش میزان اسانس در هکتار شد. زئولیت با افزایش نگهداشت نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در شرایط فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش به‌سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به‌دنبال خواهد داشت (Nakhli *et al.*, 2017). در این میان کاربرد زئولیت باعث نگهداشت آب و نیتروژن و در اختیارگذاشتن تدریجی آن در طول فصل رشد به گیاه بوده درنتیجه باعث افزایش ماده خشک

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

و متعاقباً محتوی اسانس شده است. از آنجا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد بخش هوایی گیاه است و مهم‌ترین جز عملکرد اسانس عملکرد پیکره رویشی گیاه است، بنابراین اگر چه در شرایط نیتروژن بهینه درصد اسانس افزایش یافته است، با افزایش عملکرد بخش هوایی، عملکرد اسانس افزایش یافت.

**غلظت، جذب و کارآیی مصرف نیتروژن:** جدول تجزیه واریانس (جدول ۷) نشان داد که نیتروژن خاک، غلظت نیتروژن گیاه، جذب و کارآیی مصرف نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل نیتروژن و زئولیت قرار گرفتند. جدول مقایسه میانگین نشان داد که در اثر متقابل نیتروژن و زئولیت بیشترین غلظت نیتروژن خاک در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و کمترین نیتروژن خاک در تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و زئولیت به‌ترتیب ۰/۱٤ و ۰/۱۱ درصد به‌دست آمد (جدول ۸). بیشترین و کمترین غلظت نیتروژن گیاه ۲/۸۲ و ۲/٤٤ درصد به‌ترتیب در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار عدم‌کاربرد نیتروژن و زئولیت مشاهده شد. در جذب نیتروژن از خاک بیشترین و کمترین میزان ۸٦/۳۰ و ۳۵/۸۷ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب در تیمار کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار کاربرد بدون نیتروژن و زئولیت به‌دست آمد. در کارایی مصرف نیتروژن نیز بیشترین و کمترین میزان ۱۱/۵٦ و ٦/۵۳ کیلوگرم به‌ازای هر کیلوگرم در تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت و تیمار کاربرد نیتروژن و بدون زئولیت مشاهده شد، در هر دو سطوح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن کاربرد زئولیت منجر به افزایش کارآیی مصرف نیتروژن شد اما میزان افزایش در تیمار ۷۵ کیلوگرم در مقایسه با ۱۵۰ کیلوگرم ۲۰ درصد بیشتر بود (جدول ۸).

فراهمی و جذب نیتروژن در خاک می‌تواند تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله، خصوصیات خاک، میزان نیتروژن خاک و میزان رطوبت خاک قرار بگیرد (Asibi *et al*., 2019) بنابراین شرایط خاک بر جذب و کارآیی مصرف نیتروژن بسیار تأثیرگذار است. جذب و کارآیی مصرف نیتروژن در خاک‌های خشک و با آبشویی بالا کاهش پیدا می‌کند (Nakhli *et al*., 2017). در مطالعات نشان داده شده که کاربرد زئولیت باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک، افزایش میزان رطوبت قابل دسترس و درنتیجه باعث افزایش جذب و کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود (Rakshit *et al*., 2015). در آزمایش حاضر مشاهده شد کاربرد زئولیت باعث کاهش میزان آبشویی نیتروژن خاک شده است که این کاهش آبشویی باعث افزایش میزان جذب توسط گیاه و درنتیجه افزایش کارآیی مصرف نیتروژن گردید. در مطالعه‌ای که روی برنج انجام شده استفاده از زئولیت جذب نیتروژن کل را افزایش داده است (Zheng *et al*., 2018). در تحقیقی روی گندم کاربرد زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار کارآیی مصرف نیتروژن را افزایش داده است (خوراشاهی، ۱۳۹۵). کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن قابل دسترس در خاک بوده که شامل دو جز عمده جذب نیتروژن و بهره‌وری نیتروژن می‌شود. کارآیی جذب نیتروژن، نسبت میان نیتروژن موجود در زیست‌توده به نیتروژن موجود در خاک است و توانایی گیاه را در جذب نیتروژن قابل دسترس خاک نشان می‌دهد. بهره‌وری میزان عملکرد محصول زراعی به‌ازای هر واحد نیتروژن جذب‌شده است (اکبری و همکاران، ۱۳۹۷). در تحقیق دیگری روی برنج کاربرد زئولیت، نگهداری نیتروژن را در سطح خاک افزایش داده و مانع از آبشویی آن به لایه‌های پایینی خاک شده است (Zheng *et al*., 2019). در بررسی روی ذرت کاربرد ۷/۵ تن در هکتار زئولیت همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری جذب نیتروژن را نسبت به شاهد افزایش داده است (Ravali *et al*., 2019).

در آزمایش حاضر آنالیز نیتروژن خاک پس از برداشت محصول نشان داد که کاربرد زئولیت منجر به کاهش آبشویی نیتروژن از طریق ایجاد باند موقت با نیتروژن شده و در زمان بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌دهد و از طرفی چون میزان نیاز گیاه به نیتروژن در اوایل دوره رشد گیاه کمتر است درنتیجه با رهاسازی کنترل‌شده میزان جذب را افزایش و آبشویی را

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

**جدول ۷- تجزیه واریانس کارآیی و جذب نیتروژن مریم‌گلی تحت تأثیر کاربرد نیتروژن و زئولیت**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | غلظت نیتروژن گیاه | درصد نیتروژن خاک | جذب نیتروژن | کارآیی مصرف نیتروژن |
| بلوک | ۲ | ۰/۰۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۵$^{*}$ | ۳٤/۱۱$^{ns}$ | ۰/۲٦$^{ns}$ |
| نیتروژن | ۲ | ۰/۰۹$^{**}$ | ۰/۰۰۰۹$^{**}$ | ۱۰٥٤/۰۷$^{**}$ | ٤/٤۸$^{*}$ |
| زئولیت | ۱ | ۰/۱۹$^{**}$ | ۰/۰۰۰۷$^{**}$ | ۱۰۲۱/۳٦$^{**}$ | ۲٥/۱۷$^{**}$ |
| نیتروژن × زئولیت | ۲ | ۰/۰۰۹$^{*}$ | ۰/۰۰۰۱$^{*}$ | ٤٤/۷۳$^{*}$ | ۱/۰۱$^{*}$ |
| خطا | ۱۰ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۰۰۱ | ٤/۸۰ | ۱/۰٦ |
| ضریب تغییرات (درصد) | _ | ۱/۹۸ | ۳/۱۷ | ۳/۲۰ | ۱٤/٥٦ |

**ns، * و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد**

**جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل نیتروژن و زئولیت بر کارآیی و جذب نیتروژن مریم‌گلی**

| تیمار | سطوح | غلظت نیتروژن گیاه | نیتروژن خاک | جذب نیتروژن | کارآیی مصرف نیتروژن |
|---|---|---|---|---|---|
| نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) | زئولیت (تن در هکتار) | درصد | | (کیلوگرم در هکتار) | (کیلوگرم به ازای هر کیلوگرم) |
| صفر | صفر | ۲/٤٤$^{d}$ | ۰/۱۱$^{d}$ | ۳٥/۸۷$^{d}$ | – |
| | ۱۰ | ۲/٥۹$^{bc}$ | ۰/۱۲$^{cd}$ | ٥۲/۷٤$^{c}$ | - |
| ۷٥ | صفر | ۲/٥۳$^{cd}$ | ۰/۱۸$^{ab}$ | ٥٤/۱۰$^{c}$ | ٦/٥۳$^{b}$ |
| | ۱۰ | ۲/۷۱$^{ab}$ | ۰/۱۳$^{ab}$ | ٦۸/٦۲$^{b}$ | ۱۱/٥٦$^{a}$ |
| ۱٥۰ | صفر | ۲/٦۸$^{b}$ | ۰/۱۳$^{bc}$ | ۷٤/٤۲$^{b}$ | ۷/٤٤$^{b}$ |
| | ۱۰ | ۲/۸۲$^{a}$ | ۰/۱٤$^{a}$ | ۸٦/۳۰$^{a}$ | ۹/۲۸$^{ab}$ |

**میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون LSD است.**

کاهش می‌دهد (Malekian *et al*., 2011; Gholamhoseini *et al*., 2012). کاربرد زئولیت به‌دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن‌ها (به‌خصوص کلینوپتیلولایت که یکی از کانی‌های گروه زئولیت است) برای جذب و نگهداری نیتروژن می‌تواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی نیتروژن و کاهش تصعید آمونیاک داشته باشد (پسندیده، ۱۳۹۲). در بررسی بیان شده که اگر خاک به لحاظ نیتروژن آلی و بیوماس میکروبی غنی باشد، بدون کاربرد نیتروژن عملکرد بالایی به‌دست می‌آید، یا با مصرف مقدار اندکی کود شیمیایی نیتروژن، کارآیی بالایی در مصرف نیتروژن مشاهده خواهد شد. در این حالت کاربرد بیشتر کود شیمیایی نیتروژن منجر به کاهش میزان کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود. در واقع علت این پدیده به این دلیل نیست که گیاه زراعی کود نیتروژن را با کارآیی کمتری مصرف می‌کند، بلکه علت این است که نقش نیتروژن در حصول عملکرد ماده خشک کم‌رنگ دیده شده است (السادات‌حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود از طریق افزایش فراهمی طولانی‌مدت آب و عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک می‌کنند (Bernardi *et al*., 2016). ریشه گیاه مهم‌ترین اندام در جذب آب و مواد غذایی است که باعث تظیم میزان رشد و به‌طور مستقیم روی عملکرد اندام هوایی و کارآیی مصرف نیتروژن می‌شود. در آزمایش حاضر مشاهده

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

شد که افزودن زئولیت به خاک باعث بهبود خصوصیات خاک و درنتیجه بهبود رشد ریشه و رهاسازی کنترل‌شده نیتروژن گردید و افزایش جذب نیتروژن که به‌طور قابل توجهی باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاه دارویی مریم‌گلی شد که در نتیجه منجر به افزایش کارآیی مصرف نیتروژن گردید. افزایش کارآیی مصرف نیتروژن در گیاهان زراعی نشان‌دهنده این است که چگونه این گیاهان به شکلی مؤثر این عنصر در دسترس را به عملکرد اقتصادی تبدیل می‌کنند.

اگر چه با افزایش کاربرد کود نیتروژن عملکرد افزایش یافت ولی توانایی گیاه در جذب نیتروژن هم راستا با افزایش در میزان مصرف کود نمی‌باشد، درحقیقت در سطوح بالای کاربرد نیتروژن، نیتروژن تجمع‌یافته دراندام‌ها هم راستا با مصرف آن نیست، در مقابل زئولیت در بین تیمارهای مورد مطالعه می‌تواند تفاوت موجود در کارآیی مصرف نیتروژن را بین آن‌ها توجیه کند. در آزمایش حاضر در بالاترین سطح نیتروژن کارآیی مصرف نیتروژن نسبت به سطح ۷۵ کیلوگرم کاهش یافت، دیگر محققان هم نیز به کاهش کارآیی مصرف نیتروژن در سطوح بالای نیتروژن در محصولات مختلف اشاره نمودند (Karami *et al*., 2020). در آزمایش حاضر افزایش کارآیی مصرف نیتروژن با کاربرد زئولیت در تیمار ۷۵ کیلوگرم نیتروژن ٤۳ درصد و در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن ۲۰ درصد نسبت به تیمار عدم‌کاربرد زئولیت مشاهد شده، سایر محققان هم افزایش کارآیی مصرف نیتروژن با کاربرد زئولیت تا ٦۵ درصد را گزارش کردند (Kavoosi, 2007). به‌نظر می‌رسد دلیل افزایش کارآیی مصرف نیتروژن با کاربرد زئولیت می‌تواند به‌دلیل کاهش هدروری نیتروژن و بهبود شرایط خاک برای جذب آن و افزایش عملکرد باشد.

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد بیشترین میزان ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، عملکرد تر و خشک شاخساره و عملکرد اسانس در گیاه دارویی مریم‌گلی با کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد، به‌طوری‌که با کابرد زئولیت میزان رشد و عملکرد در همه سطوح نیتروژن افزایش قابل توجهی داشت. همچنین کاربرد زئولیت باعث افزایش کارآیی مصرف نیتروژن گردید به‌طوری‌که بیشترین میزان ۱۱/۵٦ کیلوگرم به‌ازای هر کیلوگرم در تیمار کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار زئولیت مشاهده شد. زئولیت توانسته با نگهداری آب و کود نیتروژن و آزادسازی تدریجی آن‌ها در طول فصل رشد در اطراف ریشه، شرایط مناسبی را برای تغذیه و رشد مناسب گیاه دارویی مریم‌گلی فراهم کرده و باعث افزایش جذب و کارآیی مصرف نیتروژن شود. بنابراین می‌توان با استفاده از زئولیت به‌عنوان یک کانی طبیعی ارزان که در اکثر مناطق کشور به‌وفور یافت می‌شود در خاک‌های مناطق فقیر و همچنین خاک‌هایی که میزان آبشویی عنصر نیتروژن بالاست میزان کارآیی مصرف نیتروژن را افزایش و همچنین از آلودگی آب‌های زیرزمینی کاست.

## منابع


اکبری، ف.، دهمرده، م.، مرشدی، ع.، قنبری، ا. و خرم‌دل، س. (۱۳۹۷) تأثیر سیستم‌های خاکورزی و بقایای گیاهی بر کارآیی جذب و مصرف نیتروژن در کشت مخلوط ذرت و لوبیا. به‌زراعی کشاورزی ۲۰: ۷۹۹-۷۸۵.

السادات‌حسینی، ر.، گاشی، س.، سلطانی، ا.، کلاته، م. و زاهد، م. (۱۳۹۲) اثر کود نیتروژن بر شاخص‌های کارآیی مصرف نیتروژن در ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۱۱: ۳۰٦-۳۰۰.

امیدبیگی، ر. (۱۳۸٤) تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم، انتشارات طراحان نشر.

پازکی، ع.، قاضی پیرکوهی، م.، شیرانی راد، ا. ح.، بیگدلی، م. و حبیبی، د. (۱۳۹۰) تغییرات درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر کاربرد مقادیر نیتروژن، منیزیم و منگنز. یافته‌های نوین کشاورزی ٦: ۱٦-۵.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

پسندیده، م. (۱۳۹۲) تأثیر کاربرد زئولیت در راندمان مصرف کودهای نیتروژنه در کشت ذرت. تحقیقات کاربردی خاک ۱: ۵۹-۴۹.

جباری، ر.، امینی‌دهقی، م.، مدرس‌ثانوی، س. ع. م. و کردنائیج، ع. ا. (۱۳۸۸) بررسی روش کاربرد نیتروژن در شرایط نیمه‌خشک و معتدل سرد بر صفات رویشی و ترکیب‌های اسانس گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.). پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی ۱: ۹۴-۷۸.

حضرتی، س. (۱۳۹٤) ارزیابی شدت نور و تنش کم آبی با کاربرد زئولیت بر فرآیندهای فیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه دارویی صبر زرد (*Aloe vera* L.). رساله دکتری ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران.

خاشعی‌سیوکی، ع. و احمدی، م. (۱۳۹٤) زئولیت‌ها (معرفی، خواص و کاربرد آن). انتشارات دانشگاه بیرجند.

خوراشاهی، م. (۱۳۹۵) تأثیر زئولیت بر جذب پتاسیم و کارآیی مصرف ازت و پتاسیم توسط گندم در یک خاک با محدودیت پتاسیم قابل استفاده. نشریه زراعت ۱۱۱: ۱۳-٦.

راهداری، پ. (۱۳۹۰) بررسی اثر کمبود عناصر معدنی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم) بر میزان وزن خشک، وزن تر، طول ریشه و اندام هوایی، RWC (میزان آب نسبی برگ) در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*). فصلنامه علمی پژوهشی اکوسیستم‌های طبیعی ایران ۲: ۱۰-۱.

غلامحسینی، م.، آقاعلیخانی، م. و ملکوتی، م. ج. (۱۳۸۸) تأثیر زئولیت در کاهش آبشوئی نیتروژن در یک خاک شنی تحت کشت کلزای علوفه‌ای. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۳: ٦۰-۴۹.

قاسمی، ا.، توکلو، م. ر. و ذبیحی، ح. ر. (۱۳۹۱) تأثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم در مینی‌تیوبر سیب‌زمینی تحت شرایط گلخانه‌ای. مجله زراعت و اصلاح نباتات ۸: ۵٦-۳۹.

قلی‌زاده، آ.، اصفهانی، م. و عزیزی، م. (۱۳۸۵) مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی. مجله پژوهش‌های کاربردی زراعی-زراعت ۷۳: ۱۰۲-۹٦.

قلی‌زاده، آ. (۱۳۸۳) تأثیر تنش خشکی و مصرف زئولیت طبیعی بر خصوصیات فیزیومورفولوژیکی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*). رساله دکتری زراعت، دانشگاه گیلان، ایران.

محراب، ن.، چرم، م. و حجتی، س. (۱۳۹۳) اثر زئولیت غنی‌شده با آمونیوم بر خصوصیات رشدی گیاه گندم و کارآیی مصرف آب در دو نوع بافت خاک. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی) ۳۷: ۱۱-۱.

مددی بناب، س.، زهتاب سلماسی، س. و قاسمی گلعذانی، ک. (۱۳۹۱) تأثیر آبیاری و کود نیتروژنی بر خصوصیات مورفولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.). نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار ۲۲:۱۰۰-۹۱.

نجف‌زاده، س. (۱۳۹۳) بررسی اثر زئولیت و ورمی‌کمپوست بر روی خصوصیات مورفولوژیکی و میزان اسانس گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens* L.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

صالحی، ا. (۱۳۸۹) بررسی تأثیر کودهای زیستی، ورمی‌کمپوست و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی در راستای دستیابی به یک سیستم کشاورزی پایدار. رساله دکتری زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ایران.

Ahmed, O. H., Sumalatha, G. and ik Muhamad, A. M. (2010) Use of zeolite in maize (*Zea mays*) cultivation on nitrogen, potassium and phosphorus uptake and use efficiency. International Journal of the Physical Sciences 5: 2393-2401.

Anthony Ippolito, J. D., Tarkalson, D. A. and Lehrsch, G. (2011) Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. Soil Science 176: 136-142.

Asibi, A. E., Chai, Q. and A Coulter, J. (2019) Mechanisms of nitrogen use in Maize. Agronomy 9: 775.

Badr, M. A., El-Tohamy, W. A. and Zaghloul, A. M. (2012) Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agricultural Water Management 110: 9-15.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

Barra, A. (2009) Factors affecting chemical variability of essential oils: A review of recent developments. Natural Product Communications 4.

Bernardi, A. D. C., Polidoro, J. C., Monte, M. D. M., Pereira, E. I., de Oliveira, C. R. and Ramesh, K. (2016) Enhancing nutrient use efficiency using zeolites minerals: A review. Embrapa Pecuaria Sudeste-Artigo em periódico indexado (ALICE) 6.

Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y. and Wei, C. (2010) Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. Plant and Soil 326: 61-67.

Gholamhoseini, M., AghaAlikhani, M., Dolatabadian, A., Khodaei-Joghan, A. and Zakikhani, H. (2012) Decreasing nitrogen leaching and increasing canola forage yield in a sandy soil by application of natural zeolite. Agronomy Journal 104: 1467-1475.

Chrysargyris, A., Laoutari, S., Litskas, V. D., Stavrinides, M. C. and Tzortzakis, N. (2017) Vegetative, physiological, nutritional and antioxidant behavior of spearmint (*Mentha spicata* L.) in response to different nitrogen supply in hydroponics. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants 6: 52-61.

Good, A. G. and Beatty, P. H. (2011) Fertilizing nature: A tragedy of excess in the commons. PloS Biology 9: e1001124.

Jakkula, V. S. and Wani, S. P. (2018) Zeolites: Potential soil amendments for improving nutrient and water use efficiency and agriculture productivity. Scientific Reviews and Chemical Communications 8: 1-15.

Jakovljevic, M., Jokic, S., Molnar, M., Jasic, M., Babic, J., Jukic, H. and Banjari, I. (2019) Bioactive profile of various *Salvia officinalis* L. preparations. Plants 8: 55: 1-30.

Kavoosi, M. (2007) Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 69-76.

Karami, S., Hadi, H., Tajbaksh, M. and Modarres-Sanavy, S. A. M. (2020) Effect of zeolite on nitrogen use efficiency and physiological and biomass traits of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) under water-deficit stress conditions. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 20: 1427-1441.

Keshavarz, H. and Modarres sanavy, S. A. M. (2018) Yield and oil content of mint under different nitrogen fertilizer treatments. Notulae Scientia Biologicae 10: 92-96.

Kennedy, D. (2020) Cation Exchange Modification of Clinoptilolite Zeolite for Applications in Nitrogen Rejection PhD Thesis, University of Ottawa.

Mahajan, G., Chauhan, B. S., Timsina, J., Singh, P. P. and Singh, K. (2012) Crop performance and water-and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Research 134: 59-70.

Malekian, R., Abedi-Koupai, J. and Eslamian, S. S. (2011) Influences of clinoptilolite and surfactant-modified clinoptilolite zeolite on nitrate leaching and plant growth. Journal of Hazardous Materials 185: 970-976.

Margeta, K., Logar, N. Z., Siljeg, M. and Farkas, A. (2013) Natural zeolites in water treatment–how effective is their use. Water Treatment 5: 81-112.

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

Melero, M., Vanderlinden, K., Ruiz, J. C. and Madejon, E. (2008) Long-term effect on soil biochemical status of a vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. European Journal of Soil Biology 44: 437-442.

Mokhtassi, A., AghaAlikhani, M., Nassiri-Mahallati, M., Zand, E., Gonzalez-Andujar, J. L. and Azari, A. (2013) Agronomic performance, seed quality and nitrogen uptake of *Descurania Sophia* in response to different nitrogen rates and water regimes. Industrial Crops and Products 44: 583-292.

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

Nakhli, S. A. A., Delkash, M., Ebrazi Bakhshayesh, B. and Kazemian, H. (2017) Application of zeolites for sustainable agriculture: A review on water and nutrient retention. Water, Air, and Soil Pollution 228: 464.

Novozamsky, I., Eck, R. V., Schouwenburg, J. C. and Walinga, I. (1974) Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. Netherlands Journal of Agricultural Science 22: 3-5.

Nur Aainaa, H., Haruna Ahmed, O. and Ab Majid, N. M. (2018) Effects of clinoptilolite zeolite on phosphorus dynamics and yield of *Zea mays* L. cultivated on an acid soil. Plos One 13: e0204401.

Ravali, C. H., Rao, K. J., Srilatha, M. and Suresh, K. (2019) Effect of different levels of zeolite and nitrogen on grain yield and nutrient uptake of maize grown in red soil. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 8: 248-258.

Rakshit, A., Bahadur Singh, H. and Sen, A. (2015) Nutrient and water use efficiency in soil: The influence of geological mineral amendments. In: Nutrient use efficiency: from Basics to Advances (eds. Sarkar, B. and Naidu, R.) Pp. 29-44. Springer, New Delhi.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

Sepaskhah, A. R. and Barzegar, M. (2010) Yield, water and nitrogen-use response of rice to zeolite and nitrogen fertilization in a semi-arid environment. Agricultural Water Management 98: 38-44.

Singh, V. P., Chatterjee, B. N. and Singh, D. V. (1989) Response of mint spicies to nitrogen fertilization. Journal of Agriculture Science 113: 267-271.

Wu, Q., Chen, T., Chi, D., Xia, G., Sun, Y. and Song, Y. (2019a) Increasing nitrogen use efficiency with lower nitrogen application frequencies using zeolite in rice paddy fields. International Agrophysics 33: 263-269.

Wu, Q., Chi, D., Xia, G., Chen, T., Sun, Y. and Song, Y. (2019b) Effects of zeolite on drought resistance and water–nitrogen use efficiency in paddy Rice. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 145: 04019024.

Wulandari, R., Hanum, H. and Hasanah, Y. (2019) The effect of nitrogen fertilizer, zeolite and fresh straw to increase total-N, cation exchange capacity (CEC) of rice crop. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 260: 012157

Zheng, J., Chen, T., Chi, D., Xia, G., Wu, Q., Liu, G. and Siddique, K. H. (2019) Influence of zeolite and phosphorus applications on water use, P uptake and yield in rice under different irrigation managements. Agronomy 9: 537.

Zheng, J., Chen, T., Xia, G., Chen, W., Liu, G. and Chi, D. (2018) Effects of zeolite application on grain yield, water use and nitrogen uptake of rice under alternate wetting and drying irrigation. International Journal of Agricultural and Biological Engineering 11: 157-164.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]

# Growth improvement, yield and nitrogen use efficiency under different nitrogen regimes in sage with zeolite application

**Saeid Hazrati[1*] Sara Khoorizadeh[1] and Amir Reza Sadeghi Bakhtouri[1]**
**[1] Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Madani University of Azerbaijan, Tabriz**
**(Received: 09/05/2020, Accepted: 02/11/2020)**

## Abstract
## Abstract
Losses of nitrogen (N) through leaching which causes the environmental pollution, also reduces the efficiency of this nutrient. In this regard, it is necessary to use a suitable managing practices for N fertilizer application to minimize N losses through leaching. Sage is one of the most important and economical medicinal plants in the world. In order to investigate the application of zeolite to improve growth, yield and N use efficiency in Sage, an experiment was laid out as a factorial, randomized complete-block design with three replicates in 2018. Experimental treatments included N fertilizer (from urea source) at three levels (zero, 75 and 150 kg N $ha^{-1}$) and zeolite at two levels (without zeolite and 10 t $ha^{-1}$). The highest plant height 19.90 cm, the number of lateral branches 19.87 per plant and the leaf area 1.38 cm were observed with the application of 150 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$ of zeolite. The results showed that the zeolite application was able to increase the yield of sage by N so the highest fresh and dry yield were observed of 150 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$ of zeolite, 11144 and 2951 kg/ha, respectively. The highest soil and plant N concentration were 0.14 and 2.82 % in the treatment of 150 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$ of zeolite. The highest N uptake was 86.30 kg/ha in application of 150 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$zeolite, and the highest N use efficiency was 11.53 kg/kg in the application of 75 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$ zeolite. The highest essential oil content and yield were 0.84% and 21.02 kg/ha, in the application of 150 kg N $ha^{-1}$ and 10 t $ha^{-1}$ zeolite. Based on the results, it can be concluded that the application of zeolite was able to prevent the growth, yield of soil N and efficiency of N consumption in the *Salvia officinalis* by preventing the leaching because of its absorption and preventing the contamination of groundwater, and also reduction of energy consumption.
**Keywords**: Essential oil, Nitrogen, Sage, Zeolite

Corresponding author: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-13 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.39.15.4 ]