تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمّی و کیفی علوفه کلزای پاییزه

مجید غلامحسینی[۱]، مجید آقاعلیخانی[۱*] و محمدجعفر ملکوتی[۲]

(تاریخ دریافت: ۸۶/۸/۲۷ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۲/۲۱)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و زئولیت طبیعی ایرانی بر عملکرد کمی و کیفی علوفه کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) در خاک‌هایی با بافت سبک، آزمایشی در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی از فاکتوریل سطوح مختلف زئولیت (۰، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار) و مقدار کود نیتروژن در سه سطح (۹۰، ۱۸۰ و۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره حاصل شدند. بذور کلزا (رقم OKAPI) در دهم مهرماه کشت و ۱۷۰ روز بعد، مصادف با ابتدای مرحله غلاف‌دهی، محصول علوفه سبز آن برداشت شد. نتایج نشان داد اثر نیتروژن و زئولیت بر صفات کمّی علوفه شامل عملکرد ماده خشک، وزن خشک برگ و ساقه و شاخص سطح برگ معنی‌دار بود. به علاوه صفات کیفی علوفه (درصد پروتئین خام و درصد کلسیم در توده گیاهی) تحت تأثیر اثرات اصلی نیتروژن و زئولیت قرار گرفت. با افزایش مصرف کود نیتروژن شستشوی نیتروژن افزایش و با افزایش مصرف زئولیت به طور معنی‌داری شستشوی نیتروژن کاهش یافت. اثر متقابل دو فاکتور بر هیچ‌کدام از صفات مورد بررسی معنی‌دار نشد. کاربرد ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در تلفیق با ۹ تن زئولیت در هکتار بیشترین افزایش در صفات کمّی و کیفی علوفه کلزا را ایجاد کرد. انجام بررسی‌های بیشتر به منظور کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با زئولیت‌های طبیعی توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: کلزا (*Brassica napus* L.)، نیتروژن، زئولیت، عملکرد کمّی و کیفی علوفه

مقدمه

اهمیت گیاهان علوفه‌ای در تعلیف دام، و در نتیجه تأمین نیاز انسان به فرآورده‌های دامی، غیر قابل انکار است. با این وجود متاسفانه در کشور ما به تولید، مدیریت و شناسایی گیاهان علوفه‌ای، در مقایسه با سایر محصولات زراعی کمتر توجه شده است (۲). به طور معمول از دیرباز گیاهان متعددی همچون یونجه، ذرت، سورگوم و انواع شبدر برای تولید علوفه در کشور کشت می‌شوند. با این وجود شرایط آب و هوایی کشور و برخی محدودیت‌های اقلیمی نظیر کم آبی از یکسو و نیازمندی‌های خاص هر یک از گیاهان مزبور باعث می‌شود تا مزیت نسبی آنها برای تولید علوفه در سیستم‌های کشاورزی کشور مورد تردید قرار گیرد. این در حالی است که با کاشت گونه‌هایی از جنس کلزا (*Brassica* spp.) که فصل رشدی مشابه غلات زمستانه دارند، علاوه بر تولید مقادیر قابل توجهی از علوفه سبز در زمانی از سال که سایر منابع تولید علوفه در طبیعت هنوز به بهره‌برداری نرسیده‌اند، آزادی عمل بیشتری

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
۲. استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maghaalikhani@modares.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

در مدیریت الگوی کشت و تناوب زراعی برای کشاورز فراهم می‌گردد. مهم‌ترین مزایای کشت کلزا با هدف تولید علوفه، عبارت‌اند از: ۱) درصد پروتئین خام مناسب ،۲) خوشخوراکی خوب به ویژه برای نشخوارکنندگان، ۳) برتری قابلیت هضم مواد آلی در علوفه کلزا و۴) پتانسیل بالای تولید عسل از مزرعه کلزا (۲).

یکی از نهاده‌های تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت علوفه در گیاهان زراعی نیتروژن است. گیاه کلزا برای رشد مناسب خود به نیتروژن زیادی نیاز دارد (۲۲)، از این رو تعیین مقدار بهینه نیتروژن و واکنش کمّی و کیفی گیاه به این نهاده پر مصرف در اکوسیستم‌های زراعی کشور بسیار مهم است. با توجه به نیاز بالای گیاه کلزا به نیتروژن، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی نیتروژن، در زراعت این گیاه معمول است. مصرف کود شیمیایی بیشتر منجر به افزایش هدرروی آن و سرانجام آلودگی منابع زیست محیطی می‌شود. بنابراین ارائه روش‌هایی به منظور کنترل مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن‌دار و افزایش تأثیرگذاری آنها در کنار حصول به عملکرد مناسب به ویژه در زمین‌های زراعی دارای بافت سبک (به دلیل پتانسیل ذاتی این خاک‌ها در هدرروی عناصر غذایی) مهم می‌باشد.

از جمله راه‌کارهای جدیدی که برای افزایش تأثیرگذاری و جلوگیری از هدرروی کودهای شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته، به کارگیری ترکیبات طبیعی چون کانی‌های زئولیت در مزارع کشاورزی می‌باشد (۱۹). استفاده از این ترکیبات در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آنها برای جذب و نگه‌داری آمونیوم، می‌تواند نقش موثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن داشته باشند. زئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور بعضی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (۱۶). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی از زئولیت باعث می‌شود در صورت انتخاب صحیح نوع زئولیت مصرفی، هنگامی که این مواد به عنوان اصلاح کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی به بهبود رشد گیاه کمک کنند (۱۹). با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد زئولیت‌ها از قبیل قابلیت تبادل کاتیونی بالا (۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی اکی والان در ۱۰۰ گرم (۱۶)، جذب انتخابی کاتیون‌های مفید مانند آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آنها (۱۶) ثبات چارچوب ساختمانی در دراز مدت (برخلاف کانی‌های معمول رسی) (۲۴) وفور قابل توجه زئولیت‌های طبیعی در کشور (۱۲ و ۱۶) استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، بکارگیری این ترکیبات همراه با کودهای شیمیایی می‌تواند تأثیرکودهای شیمیایی را بیشتر کرده باعث مصرف بهینه این دسته از نهاده‌ها شوند. هدف از اجرای این آزمایش بررسی کاربرد تلفیقی نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمّی و کیفی علوفه کلزا در یک خاک دارای بافت سبک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، به اجرا درآمد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۱۳۵۲ متر و مختصات جغرافیایی آن به ترتیب ۵۱°/۱۰` طول شرقی و ۳۵°/۴۴` عرض شمالی است. قبل از اجرای آزمایش، نمونه‌ایی مرکب از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش تهیه شد که نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی آن در جدول ۱ ارائه گردیده است. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. ترکیب سطوح مختلف زئولیت شامل ۰، ۳، ۶ و ۹ تن در هکتار و نیتروژن خالص بر اساس نیاز گیاه و آزمون خاک، به مقدار ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره، تیمارهای آزمایشی را تشکیل دادند. نتیجه آنالیز شیمیایی زئولیت مورد استفاده در این تحقیق که توسط شرکت افران توسکا از معادن شهر میانه تهیه گردید، در جدول ۲ ارایه شده است. پس از اجرای عملیات شخم و دیسک اولیه در مزرعه، تمام زئولیت و یک‌سوم نیتروژن هر تیمار، به طور یکنواخت در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

جدول۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق cm	شن	لای	رس	بافت	هدایت الکتریکی (dS/m)
		درصد			
۰-۳۰	۶۵	۲۳	۱۲	لوم شنی	۱/۵۰
درصد حجمی رطوبت در F.C	درصد حجمی رطوبت در C.E.W	درصد رطوبت قابل دسترس A.W	وزن مخصوص ظاهری(g/cm^3)	واکنش گل اشباع	درصد مواد آلی
۲۱	۹	۱۲	۱/۴۵	۷/۷	۰/۸
درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن	روی	مس
		(mg/kg)			
۰/۰۹	>۱۲	>۳۵۰	۷/۶	۱	۰/۷

C.E.W. = Crop Extractable Water , F.C. = Field Capacity, A.W. = Available Water,
C. E. C.(Cation Exchange Capacity) = ۶/۴ meq/۱۰۰gr .

جدول ۲. درصد ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده (زئولیت مصرفی از نوع کلینوپتیلولیت و از معادن شهر میانه تهیه شد و قبل از مصرف از الک ۴ میلی‌متر عبور داده شد).

SiO_2	AL_2O_3	K_2O	Na_2O	MgO	CaO
۶۵/۰	۱۲/۰۰	۳/۰	۱/۱	۰/۱	۲/۳
Fe_2O_3	MnO	TiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl
۱/۵	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۱	–	–

C. E. C. = ۲۰۰ meq/۱۰۰g

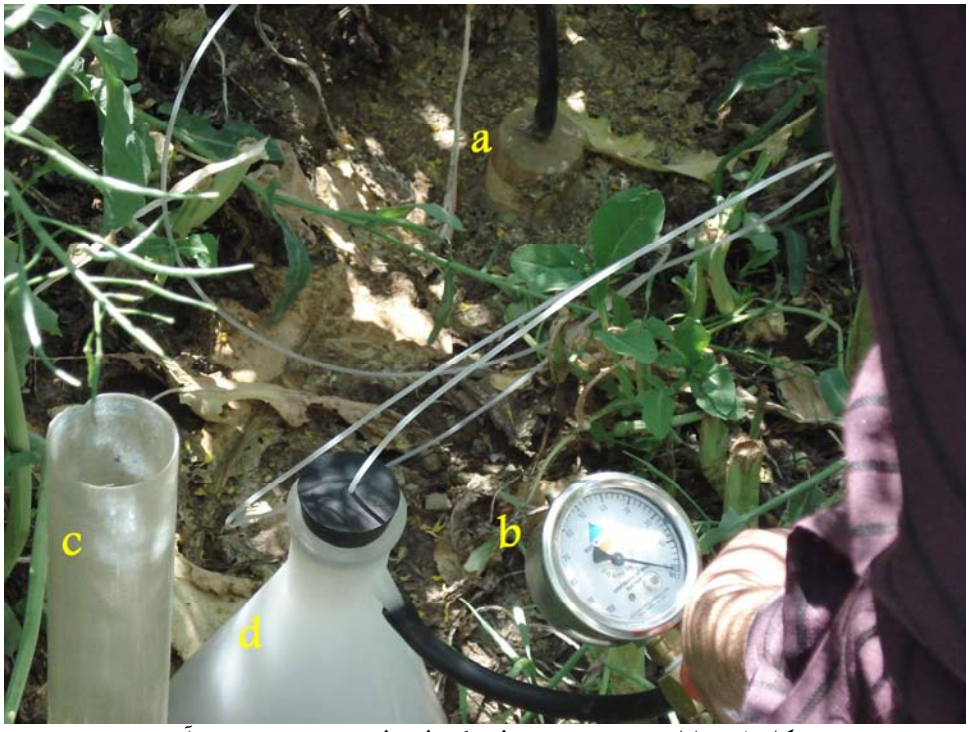
سطح خاک پاشیده شد و سپس به وسیله دیسک و فاروئر با خاک مخلوط گردید. هم‌چنین در این مرحله به منظور کنترل علف‌های هرز، مزرعه با علفکش تری‌فلورالین به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار تیمار شد. سپس کرت‌هایی با ۱۰ خط کاشت به طول ۴ متر به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از هم ایجاد شد. بذور کلزا رقم (OKAPI) در تاریخ دهم مهر ماه سال ۸۵ به صورت متراکم با دست کاشته شد. در دو مرحله شامل ۳ و ۵ برگی گیاهان به فاصله ۴ سانتی‌متر از هم تنک شدند و به این ترتیب تراکم ۸۳ بوته در مترمربع حاصل گردید (۲). برای آبیاری واحدهای آزمایشی از لوله‌های پلی‌اتیلن همراه با یک کنتور حجمی استفاده شد. دو قسط باقی‌مانده از کود نیتروژنی به صورت مساوی به ترتیب در مراحل خروج از روزت و ابتدای گل‌دهی به کار برده شد. با توجه به کافی بودن مقادیر پتاسیم، فسفر و سایر عناصر ریز مغذی قابل دسترس خاک (جدول۱) هیچ‌گونه کود دیگری مصرف نشد. به منظور اندازه‌گیری تغییرات رطوبتی خاک (ΔSW) برای تعیین زمان دقیق آبیاری و مقدار نفوذ عمقی آب، در یک کرت از هر تکرار از لوله‌های دستگاه T.D.R (Time-Domain Reflectometry). مدل Trime-FM در عمق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری خاک (که با توجه به نتایج تحقیقات کجلستروم (۱۳) و آلموند و همکاران (۶) که نشان دادند بیشترین فعالیت ریشه کلزا در عمق ۰ تا ۴۰ سانتی‌متری خاک است و از طرفی عمق اندک خاک محل آزمایش، عمق توسعه ریشه ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد) استفاده شد. تغییرات رطوبتی خاک به طور روزانه و در فصل زمستان هر هفته یک‌بار اندازه‌گیری شد. آبیاری مزرعه بلافاصله پس از مصرف ۵۰٪ رطوبت قابل استفاده،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

M.A.D (Management Allowed Depletion) برابر ۰/۵ که با دستگاه .T.D.R کنترل می‌گردید، انجام شد. به موازات گرم شدن هوا در اواخر اسفند ماه برای جلوگیری از خسارت شته، مزرعه با سم دیازینون به مقدار ۲ لیتر در هکتار، سمپاشی شد. حدود ۱۷۰ روز بعد از کاشت مصادف با ابتدای مرحله غلاف‌دهی(۲)، با رعایت اثر حاشیه‌ای، ۴ مترمربع از هر کرت برای تعیین عملکرد علوفه برداشت گردید. علوفه برداشت شده بلافاصله توزین و وزن تر کل به دست آمد. سپس نمونه‌ها سه روز در هوای آزاد قرار گرفت تا وزن خشک طبیعی آنها حاصل شود. از نمونه‌های گیاهی مربوط به هر واحد آزمایشی ۸ بوته به طور تصادفی انتخاب و شاخص سطح برگ، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، نسبت برگ به ساقه اندازه‌گیری شدند. به منظور بررسی غلظت عناصر در توده گیاهی، نمونه‌ها به روش هضم تر، حل و سپس سدیم کل به روش نشر شعله‌ای (A.E.P.) و با دستگاه فلیم فتومتر (Model PFP7, JenWAY)، کلسیم به روش نیترات لانتانیوم با دستگاه جذب اتمی (Model, GBC 932) ، خاکستر و ماده آلی به روش AOAC (۸) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد پروتئین، ابتدا درصد نیتروژن توده گیاهی به روش تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از دستگاه Kjeltec Auto 1030 Analyzer,Tecator اندازه‌گیری شد سپس از حاصل‌ضرب درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ درصد پروتئین خام علوفه به دست آمد (۸) و از حاصل‌ضرب درصد پروتئین خام علوفه در عملکرد ماده خشک، عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن غیر آلی شسته شده به صورت کیلوگرم در هکتار، تعیین دو عامل الزامی می‌باشد. ۱) غلظت نیتروژن غیر آلی در نمونه زه‌آب در عمق پایین‌تر از توسعه ریشه و ۲) میزان نفوذ عمقی آب. در این آزمایش برای تهیه نمونه زه‌آب از زیر منطقه توسعه ریشه، از دستگاه Soil Water Sampler (S.W.S.) (Model 1900, Soil Moisture Equipment Co.) استفاده شد (شکل ۱). بدین منظور در قسمت مرکزی کرت‌ها، به وسیله اوگر دستی حفره‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر و عمق ۶۵ سانتی‌متر ایجاد شد. سپس خاک بیرون آورده شده الک گردید مقداری از آن با آب مخلوط شد تا حالت خمیری پیدا کند، که از آن برای ارتباط بهتر قسمت سرامیکی لوله (Ceramic Cup) با خاک، در انتهای حفره استفاده شد. سپس فضای مابین لوله دستگاه و حفره با مابقی خاک پر شد. از آنجا که آبشویی نیتروژن از خاک هنگامی اتفاق می‌افتد که رطوبت خاک در قسمت بالایی یک نقطه در عمق معین خاک، بیش از ظرفیت زراعی باشد (۹) و در غیر این‌صورت آبشویی نیتروژن ناشی از شیب غلظت بسیار ناچیز است (۴)، در هر زمان از اجرای آزمایش که رطوبت خاک بیش از ظرفیت زراعی قرار داشت، به‌وسیله پمپ خلاء دستی (Model 2005G2, Soil Moisture Equipment Co.)، مکشی به میزان ۳۰ سانتی‌بار به لوله‌های دستگاه .S.W.S اعمال گردید. سپس بعد از رسیدن رطوبت خاک به کمتر از ظرفیت زراعی (کنترل رطوبت خاک برای تعیین زمان مکش به وسیله دستگاه .T.D.R انجام شد و این زمان بین ۴ تا ۶ روز متغیر بود)، زه‌آب جمع شده از لوله .S.W.S ، خارج و در ظروف پلاستیکی ریخته شد (شکل ۱). به منظور جلوگیری از تغییر در ترکیب شیمیایی نمونه‌ها از اسید سولفوریک غلیظ به میزان ۱ سی‌سی در لیتر استفاده شد. نمونه‌ها تا زمان تجزیه شیمیایی در دمای زیر ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. در هر مرحله نمونه‌ها به روش Cadmium Reduction Method 8039 (Hach Co.) برای اندازه‌گیری نیترات و Salicylate Method (Hach Co.) برای اندازه‌گیری آمونیوم، به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (Model dr/2500, Hach Co.) تجزیه شدند و مجموع نیترات و آمونیوم اندازه‌گیری شده به عنوان غلظت نیتروژن معدنی زه‌آب در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری نفوذ عمقی آب، از رابطه ۱، بیلان آبی $DPR = I + P + \Delta SW(z) - ETC - R$ استفاده شد(۱۴). در این فرمول، DPR نفوذ عمقی آب به میلی‌متر، I آبیاری به میلی متر، P بارندگی به میلی‌متر، $\Delta SW(z)$ تغییرات رطوبت ذخیره شده خاک در عمق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متری (اندازه‌گیری شده توسط .T.D.R بر اساس رطوبت حجمی و تبدیل شده به میلی‌متر)، ETC تبخیر و تعرق روزانه مزرعه به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]



شکل ۱. وسایل نصب شده به منظور کنترل رطوبت و تهیه نمونه زه‌آب

a: دستگاه نمونه‌برداری زه‌آب b: تلمبه خلاء دستی c: لوله T.D.R d: استوانه جمع‌آوری زه‌آب

میلی‌متر و R روان آب سطحی به میلی‌متر، می‌باشد. در مجموع ۴۹۰ مترمکعب برابر۳۵۰ میلی‌متر آب، در مزرعه آزمایشی به مساحت ۱۴۰۰ مترمربع به صورت آبیاری در این آزمایش مصرف شد، کل بارندگی نازل شده در مدت زمان اجرای آزمایش ۲۶۳ میلی‌متر بود. برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق از رابطه۲، ETCROP= ETO × KC استفاده شد (۲۵) در این رابطه، ETCROP تبخیر و تعرق گیاه، ETO تبخیر و تعرق پتانسیل اندازه‌گیری شده با جمع‌آوری داده‌های هواشناسی ایستگاه چیتگر وابسته به سازمان هواشناسی کشور (در فاصله کمتر از ۵۰۰ متری از محل آزمایش) و به روش فائو- پنمن- مانتیث (۵) و KC ضریب گیاهی مراحل مختلف رشد گیاه کلزا به دست آمده از نشریه FAO-56 (۵) می‌باشند. با توجه به سیکل بسته آبیاری هر کرت مقدار R در رابطه ۱، بیلان آب، صفر فرض شد. بعد از تعیین غلظت نیتروژن معدنی در نمونه زه‌آب و تعیین میزان نفوذ عمقی، از حاصل‌ضرب این دو عامل مقدار کیلوگرم نیتروژن شسته شده در هکتار تعیین شد. در نهایت داده‌های به دست آمده توسط نرم افزار SAS تجزیه آماری شد و برای مقایسه میانگین‌ها از روش چند دامنه‌ایی دانکن در سطح آماری ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

۱. بررسی اثر زئولیت و نیتروژن بر صفات کمّی علوفه کلزا

الف) عملکرد علوفه

اثر مقدار نیتروژن برعملکرد علوفه بر مبنای وزن خشک بسیار معنی دار بود($P<۰/۰۱$) ، بالاترین وزن خشک به مقدار ۱۱/۳۱ تن در هکتار از تیمار ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار(N3) و کمترین آن به مقدار ۷/۵۹ تن در هکتار از تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار(N1) به دست آمد (جدول ۴). کاهش در فراهمی نیتروژن برای گیاهان موجب کاهش سرعت رشد گیاه، مساحت برگ، وزن خشک و فتوسنتز برگ‌ها شده در نهایت تثبیت کربن را به شکل معنی‌داری کاهش می‌دهد (۱). با افزایش مصرف نیتروژن، تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد که

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

نشان دهنده تأثیر نیتروژن بر رشد رویشی گیاه و افزایش عملکرد علوفه گیاه می‌باشد(۲). همان طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود با افزایش سطح نیتروژن مصرفی، روند افزایش تجمع ماده خشک با سرعت کمتری دنبال می‌شود (افزایش ۲۹ درصدی ماده خشک از N1 به N2 در مقابل افزایش ۱۶ درصدی از N2 به N3). شواهد زیادی مبنی بر اثر نیتروژن بر روند تجمع وزن خشک کل گیاه کلزا وجود دارد (۷، ۱۱ و ۱۷).

وزن خشک کل به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف زئولیت قرار گرفت (جدول ۳). تیمارهای کاربرد ۶ و ۹ تن زئولیت در هکتار در گروه آماری برتر و تیمارهای بدون مصرف زئولیت و ۳ تن زئولیت در هکتار در گروه آماری پایین‌تر قرار داشتند (جدول ۴). به کارگیری ترکیباتی با خصوصیات زئولیت‌ها از طریق جلوگیری از هدر روی عناصر غذایی باعث افزایش کارایی کودها شده و در نهایت موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند (۱۹).

ب) شاخص سطح برگ

مقدار شاخص سطح برگ در سطوح مختلف نیتروژن به طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۳). به طوری که کلزا در تیمار ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با شاخص سطح برگ ۴/۰۹ نسبت به سطوح دیگر نیتروژن به سطح برگ بیشتری دست یافت و توانست پوشش بیشتری را در سطح زمین به وجود آورد، پس از آن سطوح کودی ۱۸۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب با شاخص سطح برگ ۳/۲۹ و ۲/۳۳ قرار گرفتند (جدول ۴). اثر میزان نیتروژن بر سطح برگ کلزا در مطالعات چندی بررسی شده است (۷ و ۲۱). نیتروژن به طور متفاوتی بر اجزائ سطح برگ گیاه اثر می‌گذارد. افزایش شاخص سطح برگ در سطوح بالاتر نیتروژن به دلیل افزایش تعداد، اندازه و دوام طول عمر برگ‌ها می‌باشد. هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری (**۷۰/ = r2) بین شاخص سطح برگ و وزن خشک کل به دست آمد، قانع (۲) به نقل از هورست (Horst) بررسی تغییرات LAI (Leaf area index) را به عنوان معیاری برای قضاوت در مورد نحوه تأثیر نیتروژن در رشد گیاه مورد استفاده قرار داد. بر اساس گزارش وی هنگامی که نیتروژن در حد مطلوب برای گیاه فراهم شود فرآوری آمونیاک باعث افزایش رشد برگ و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. با توجه به رابطه مستقیمی که بین شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه وجود دارد، می‌توان انتظار داشت با افزایش تأمین نیتروژن برای کلزا، شاخص سطح برگ و در نتیجه کل ماده خشک افزایش یابد.

اثر سطوح مختلف زئولیت بر شاخص سطح برگ کلزا معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین وکمترین آن به ترتیب از تیمارهای مصرف ۹ تن زئولیت در هکتار و بدون مصرف زئولیت، به مقدار ۳/۸۶ و ۲/۳۶ به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد به کارگیری زئولیت مانع از شستشوی نیتروژن شده و افزایش فراهمی نیتروژن در طول دوره رشد گیاه باعث افزایش شاخص سطح برگ در تیمار Z3 شده است.

ج) وزن خشک برگ و ساقه

اثر تیمارهای نیتروژنی بر وزن خشک برگ و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد افزایش هر سطح کود نیتروژن‌دار باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ شد، به طوری که تیمارهای ۲۷۰ و ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب بیشترین (۲۷۰۱/۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۵۸۴/۴ کیلوگرم در هکتار) مقدار وزن خشک برگ را تولید کردند (جدول ۴). با توجه به این نکته که، گیاهان در شرایط فراهمی بیشتر نیتروژن رشد سریع‌تری داشته و تأمین مقدار نیتروژن مورد نیاز در هر گیاه افزایش رشد، وزن و شادابی برگ‌ها را به همراه دارد نتایج فوق توجیه پذیر به نظر می‌رسد. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد افزایش مقدار کود تا سطح ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار وزن خشک ساقه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد اگرچه سطح بالاتر نیتروژن مصرفی (۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) باعث افزایش وزن خشک ساقه شد ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول ۳. تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد بررسی در علوفه کلزا تحت تاثیر مقادیر نیتروژن و زئولیت طبیعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد ماده خشک	شاخص سطح برگ	وزن شک برگ	وزن خشک ساقه	نسبت برگ به ساقه	عملکرد پروتئین علوفه	غلظت کلسیم در توده گیاهی	غلظت سدیم در توده گیاهی	ماده آلی علوفه	خاکستر خام علوفه	نیتروژن شسته شده
تکرار	۲	۲۹۸۸۴۹/۵۵**	۰/۴^{ns}	۳۵۱۵/۱۶^{ns}	۲۱۶۵۲۷/۰۲**	۰/۰۱^{ns}	۸۹۸۳۹۴/۴۷**	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۰۰۳^{ns}	۲۶/۷۰^{ns}
نیتروژن	۲	۴۱۹۶۲۳/۷۴**	۹/۳۴**	۳۷۸۲۹/۱۴**	۲۲۸۴۴۰/۵۹**	۰/۰۰۴^{ns}	۳۴۰۳۵۳۰/۹۴**	۰/۱۱۷**	۰/۰۴۷**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۱۶۴۱/۹۲**
زئولیت	۳	۲۲۲۵۰۳/۰۶**	۴/۷۵**	۱۰۳۳۰/۷۵**	۱۴۹۶۰۸/۳۵**	۰/۰۰۵^{ns}	۱۹۹۴۰۱/۳۷^{ns}	۰/۱۶۳**	۰/۰۶۷**	۰/۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۲۸۰/۸۳**
اثر متقابل	۶	۷۵۵۷/۰۷^{ns}	۰/۲۵۱^{ns}	۵۵۳/۴۴^{ns}	۷۲۶۵/۹۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۱۲۳۶۳/۱۴^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۵۰/۰۷^{ns}
خطای آزمایشی	۲۲	۲۳۵۸۷/۶۲	۰/۳۸۰	۱۲۵۴/۸۹	۱۷۵۹۲/۳۹	۰/۰۰۳	۱۴۸۱۰۵/۵۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۲	۴۴/۲۰
ضریب تغییرات	٪	۱۶/۰۶	۱۹/۰۱	۱۶/۷۸	۱۷/۷۳	۲۱/۴۱	۱۸/۶۷	۲۰/۹۱	۹/۶۵	۲/۵	۱۵/۱۸	۲۳/۲۱

Ns، * و ** : به ترتیب بدون اثر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

جدول۴. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر مقدار نیتروژن و زئولیت مصرفی

عوامل مورد بررسی / صفات	عملکرد ماده خشک (t/ha)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (g/m^2)	وزن خشک ساقه (g/m^2)	نسبت برگ به ساقه	عملکرد پروتئین (kg/ha)	غلظت کلسیم در ماده خشک (%)	غلظت سدیم در ماده خشک (%)	ماده آلی علوفه (%)	خاکستر خام علوفه (%)	نیتروژن شسته شده (kg/ha)
مقدار نیتروژن (kg/ha)											
۹۰ (N_1)	۷/۵۹^{c}	۲/۳۳^{c}	۱۵۸/۴۴^{c}	۶۰۱/۲۴^{b}	۰/۲۷۶^{a}	۱۴۸۷/۰۰ ^{c}	۰/۷۱ ^{a}	۰/۵۸ ^{b}	۸۶/۵۳ ^{a}	۱۱/۰۲ ^{a}	۱۷/۷۸^{c}
۱۸۰ (N_2)	۹/۷۷^{b}	۳/۲۹^{b}	۲۰۴/۶^{b}	۷۶۷/۵۷^{a}	۰/۲۷۹^{a}	۲۱۵۳/۹۰^{b}	۰/۶۰^{ab}	۰/۶۳ ^{b}	۸۶/۷۳ ^{a}	۱۰/۷۰ ^{a}	۲۷/۱۰^{b}
۲۷۰ (N_3)	۱۱/۳۱^{a}	۴/۰۹^{a}	۲۷۰/۱۸^{a}	۸۷۵/۰۸^{a}	۰/۳۱۲^{a}	۲۵۳۹/۷۰^{a}	۰/۵۰^{b}	۰/۷۱ ^{a}	۸۷/۲۷^{a}	۱۰/۲۲^{a}	۴۱/۰۲^{a}
مقدار زئولیت(t/ha)											
۰ (Z_0)	۸/۰۲^{b}	۲/۳۶^{b}	۱۶۹/۲۵^{c}	۶۲۸/۹۲^{b}	۰/۲۶۰^{a}	۲۰۹۱/۷ ^{a}	۰/۴۱ ^{b}	۰/۵۳ ^{c}	۸۶/۱۰ ^{a}	۱۰/۶۰ ^{a}	۳۲/۹۰^{a}
۳ (Z_1)	۸/۴۲^{b}	۲/۹۳^{b}	۱۹۸/۷^{bc}	۶۴۸/۴۷^{b}	۰/۳۲۰^{a}	۱۸۵۰/۰ ^{a}	۰/۶۰ ^{a}	۰/۶۱ ^{b}	۸۶/۰۰ ^{a}	۱۰/۶۰ ^{a}	۳۳/۰۵^{a}
۶ (Z_2)	۱۰/۵۸^{a}	۳/۸۱^{a}	۲۳۲/۳۷^{ab}	۸۲۶/۲۹^{a}	۰/۲۸۰^{a}	۲۲۰۱/۲۰ ^{a}	۰/۶۸ ^{a}	۰/۶۸ ^{a}	۸۷/۴۰ ^{a}	۱۰/۹۰ ^{a}	۲۷/۳۰^{ab}
۹ (Z_3)	۱۱/۲۱^{a}	۳/۸۶^{a}	۲۴۴^{a}	۸۸۸/۱۹^{a}	۰/۲۷۰^{a}	۲۰۹۷/۹۰ ^{a}	۰/۷۰ ^{a}	۰/۷۳ ^{a}	۸۷/۸۰ ^{a}	۱۰/۵۰ ^{a}	۲۱/۲۸^{b}

* : میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد، توسط آزمون چند دامنه‌ایی دانکن می‌باشند.

نظر می‌رسد با افزایش نیتروژن به کار برده شده از کارایی تبدیل آن به بیوماس کاسته می‌شود به علاوه احتمالاً روابط مبداء-مقصد از طریق ایجاد مقاصد قوی‌تر، مانع از تجمع کربوهیدرات‌ها در ساقه گیاه می‌شود (جدول ۴).

بین سطوح مختلف زئولیت از نظر وزن خشک برگ و ساقه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). در هر دو این صفات تیمار ۹ تن زئولیت در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۴). با توجه به تأثیر مثبت زئولیت بر افزایش قابلیت تبادل کاتیونی خاک (۲۴) و از طرفی تأثیر مستقیم نیتروژن بر افزایش وزن خشک برگ و ساقه (۱۱) چنین به نظر می‌رسد در تیمارهای حاوی سطوح بالاتر زئولیت (Z2, Z3) از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی و به ویژه نیتروژن در طول دوره رشد گیاه، وزن خشک برگ و ساقه افزایش یافته است. هم‌بستگی مستقیم و معنی‌داری بین وزن خشک برگ و وزن خشک کل (r2 = ۰/۸۰**) به دست آمد. با توجه به اثر مطلوب برگ‌ها بر خوشخوراکی علوفه، می‌توان تیمارهای حاوی وزن خشک برگ بالاتر را به عنوان تیمارهای مطلوب دسته‌بندی کرد.

د) نسبت برگ به ساقه

همان طور که از جدول تجزیه واریانس مشخص می‌شود، اثر تیمارهای آزمایشی بر نسبت برگ به ساقه معنی‌دار نبوده است (جدول۳). هم‌بستگی مستقیمی بین وزن خشک برگ و ساقه (r2 = ۰/ ۷۴**) در این آزمایش به دست آمد، به نظر می‌رسد با توجه به این نکته که وزن خشک ساقه حاصل از مجموع شاخه‌های اصلی و فرعی بوده و افزایش تعداد شاخه باعث افزایش تعداد برگ و وزن آن در کلزا می‌شود نسبت وزن خشک برگ به ساقه در تیمارهای مختلف تا حدودی ثابت بوده است و افزایش یا کاهش نیتروژن مصرفی اثر نسبتاً مشابهی را بر وزن خشک ساقه و برگ داشته است و کاهش وزن خشک ساقه یا افزایش آن به طور تنگاتنگی با وزن خشک برگ همراه بوده است. اگرچه قانع (۲) نشان داد با افزایش نیتروژن مصرفی نسبت برگ به ساقه افزایش می‌یابد که احتمالاً تفاوت در ارقام مورد استفاده و عادت رشدی آنها، باعث ایجاد تفاوت در نتایج حاصله گردیده است.

۲. بررسی اثر نیتروژن و زئولیت بر صفات کیفی علوفه کلزا

الف) عملکرد پروتئین

اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار) معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد پروتئین از کاربرد بالاترین مقدار نیتروژن (N3) به میزان ۲۵۳۹/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین آن از پایین‌ترین سطح نیتروژن (N1) به مقدار ۱۴۸۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴). افزایش ۴۱ درصدی عملکرد پروتئین در تیمار N3 در مقابل N1 ناشی از افزایش ۱۳ درصدی پروتئین خام علوفه (داده‌ها ارائه نشده) و افزایش ۲۳ درصدی عملکرد ماده خشک آن (جدول ۴) می‌باشد. با توجه به این که پروتئین خام از مهم‌ترین ترکیبات مغذی مورد نیاز حیوان است و کمبود آن در جیره غذایی باعث کاهش عملکرد و تولید دام می‌گردد، اولاً سودمندی علوفه کلزا به دلیل بالا بودن درصد پروتئین خام آن و ثانیاً مرغوبیت و افزایش عملکرد پروتئین علوفه ناشی از به کارگیری سطوح بالاتر نیتروژن قابل توجه می‌باشد. بررسی‌های پوزت (۲۰) نیز نشان داد که با افزایش نیتروژن مصرفی، درصد نیتروژن و در نتیجه درصد پروتئین خام و در نهایت عملکرد پروتئین در قسمت‌های هوایی گیاه کلزا افزایش می‌یابد.

عملکرد پروتئین به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای زئولیتی قرار نگرفت (جدول ۳). هر چند درصد پروتئین خام علوفه (داده‌ها ارائه نشده) به طور معنی‌داری با افزایش زئولیت مصرفی کاهش یافت، به این ترتیب که تیمار بدون مصرف زئولیت (Z0) افزایشی ۲۷ درصدی را نسبت به تیمار کاربرد ۹ تن زئولیت در هکتار نشان داد، که ناشی از بلوکه شدن نیتروژن توسط زئولیت در هنگام فراهمی آن (ناشی از مصرف کود) در خاک می‌باشد (۲۳)، اما این کاهش درصد پروتئین خام علوفه در تیمارهای زئولیتی اولا با عنایت به کاهش ۳۵ درصدی شستشوی نیتروژن در تیمار Z3 در مقایسه با Z0 (جدول ۴) و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

ثانیا با توجه به عدم اختلاف معنی‌دار بین عملکرد پروتئین علوفه تیمارهای زئولیتی (جدول ۴)، قابل اغماض است. کاهش درصد پروتئین خام علوفه در تیمار Z3، توسط عملکرد ماده خشک بالاتر این تیمار جبران شده و نهایتاً موجب عدم اختلاف معنی‌دار با تیمار Z0 (دارای بیشترین درصد پروتئین خام) شده است.

ب) غلظت کلسیم در گیاه

اثر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت بر غلظت کلسیم در توده گیاهی معنی‌دار بود (جدول۳). بیشترین غلظت کلسیم به مقدار ۰/۷ درصد ماده خشک در پایین‌ترین سطح کود نیتروژن و کمترین آن در بالاترین سطح کودی به مقدار ۰/۵ درصد ماده خشک به دست آمد (جدول۴). با توجه به روابط آنتاگونیسمی کلسیم و نیتروژن (۴) روند کاهش غلظت کلسیم با افزایش نیتروژن مصرفی توجیه پذیر است.

تیمارهای زئولیتی از نظر غلظت کلسیم در توده گیاهی به ۲ گروه آماری تقسیم شدند، تیمارهای حاوی زئولیت (Z1, Z2, Z3) در گروه آماری برتر و تیمار بدون مصرف زئولیت (Z0) در گروه آماری پایین‌تر قرار گرفتند (جدول۴). احتمالاً با توجه به کاهش جذب سریع نیتروژن توسط گیاه در حضور زئولیت، جذب کلسیم در این تیمارها افزایش یافته و باعث بالا بودن غلظت کلسیم در توده گیاهی شده است. ملکوتی و کشاورز (۳) نیز تاکید کردند فراهی نیتروژن به خصوص به فرم آمونیوم در محیط ریشه از جذب کلسیم توسط گیاه جلوگیری می‌کند و باعث کاهش غلظت آن در گیاه می‌شود. هم‌بستگی منفی به دست آمده بین درصد پروتئین خام علوفه و غلظت کلسیم در توده گیاهی (r2 = – ۰/۶۶**) موید این یافته می‌باشد.

ج) غلظت سدیم در گیاه

تیمارهای آزمایشی تأثیر معنی‌داری بر غلظت سدیم در توده گیاهی داشتند (جدول۳). بیشترین غلظت سدیم از بالاترین سطح کود نیتروژن‌دار (۰/۷۱۱ درصد ماده خشک) و کمترین آن (۰/۵۸۷ درصد ماده خشک) از پایین‌ترین سطح کود نیتروژن‌دار به دست آمد (جدول ۴). یافته‌های پژوهشی ملکوتی و همایی (۴) موید این نکته است که با افزایش مصرف نیتروژن به ویژه از منبع اوره، جذب و غلظت سدیم در توده گیاهی افزایش می‌یابد. هم‌چنین بیشترین و کمترین غلظت سدیم در توده گیاهی به ترتیب از بالاترین و پایین‌تری سطح زئولیت مصرفی حاصل شد (جدول ۴). با توجه به این که سدیم یکی از اجزائ اصلی انواع زئولیت‌ها می‌باشد (۱۶) احتمال افزایش تجمع سدیم ناشی از کاربرد زئولیت در خاک وجود دارد. بنابراین هرچند در این آزمایش افزایش غلظت سدیم در توده گیاهی ناشی از مصرف زئولیت به حدی نبود که باعث مختل شدن رشد گیاه شود ولی لزوم بررسی دقیق زئولیت مصرفی از نظر نسبت سدیم به پتاسیم آن را یادآور می‌شود.

د) درصد ماده آلی و خاکستر خام علوفه

این دو صفت تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفتند (جدول۳). در جداول استاندارد درصد ماده آلی و خاکستر خام علوفه کلزا به ترتیب ۸۸/۶ و ۱۱/۴ درصد گزارش شده است MAFF (۱۵) که با میانگین‌های به دست آمده در این آزمایش (۸۷/۳ و ۱۰/۶ درصد به ترتیب برای ماده آلی و خاکستر) مطابقت دارد.

۳. بررسی اثر نیتروژن و زئولیت بر آبشویی نیتروژن

اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر آبشویی نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین مقدار نیتروژن شسته شده (۴۱/۰۲ کیلوگرم در هکتار) از بالاترین سطح نیتروژن (N3) و کمترین آن (۱۷/۷۸ کیلوگرم در هکتار) از پایین‌ترین سطح نیتروژن (N1) به دست آمد (جدول ۴). با افزایش مصرف کود اوره، به دلیل تجمع بیشتر نیتروژن به صورت نیترات در خاک، افزایش شستشوی نیتروژن اتفاق می‌افتد. نتایج تحقیقات نیامانگارا و همکاران (۱۸) با این قسمت از یافته‌های آزمایشی مطابقت دارد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

تیمارهای زئولیتی اثر معنی‌داری بر شستشوی نیتروژن داشتند (جدول ۳). تیمار به کارگیری ۹ تن زئولیت در هکتار (Z3) با کاهشی ۳۵ درصدی در مقایسه با تیمار بدون مصرف زئولیت (Z0) ، کمترین مقدار شستشوی نیتروژن را نشان داد (جدول ۴). کاهش شستشوی نیتروژن از طریق کاربرد زئولیت، ناشی از خصوصیات منحصر به فرد شیمیایی و ساختمانی این مواد طبیعی می‌باشد. زئولیت کلینوپتیلولیت به‌وسیله قابلیت تبادل کاتیونی مناسب و از طرفی جذب انتخابی یون آمونیوم، باعث قرار گیری این یون در حفرات و کانال‌های زئولیت می‌شود، کانال‌ها و حفرات زئولیت به اندازه کافی برای قرارگیری آمونیوم باز می‌باشند ولی اندازه این حفرات و کانال‌ها به گونه‌ای است که مانع از ورود باکتری‌های نیتریفیکاسیون کننده به داخل ساختمان زئولیت می‌شود، بنابراین در حضور زئولیت کلینوپتیلولیت در خاک، نرخ تبدیل آمونیوم به نیترات کاهش پیدا می‌کند و این موجب کاهش در شستشوی نیتروژن می‌گردد. تحقیقات هانگ و پتروویچ (۱۰) نیز نشان داد با استفاده از زئولیت‌ها می‌توان شستشوی نیتروژن را مخصوصا در اراضی سبک کنترل نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد در اکثر صفات کمی علوفه کلزا، تیمارهای حاوی زئولیت (به ویژه کاربرد ۶ و ۹ تن زئولیت در هکتار) برتری قابل ملاحظه‌ای را نسبت به عدم مصرف زئولیت نشان دادند. به علاوه کاربرد سطوح بالاتر از ۹۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش معنی‌دار صفات کمی و کیفی علوفه کلزا شد. به کارگیری زئولیت در سطوح ۶ و ۹ تن در هکتار باعث کاهش شستشوی نیتروژن شد. در مجموع می‌توان با تلفیق ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص با ۹ تن زئولیت در هکتار علاوه بر دست‌یابی به عملکرد کمّی و کیفی مناسب از علوفه کلزا، مانع آلودگی منابع زیست محیطی در اثر مصرف کودهای نیتروژن‌دار شد. تحقیقات بیشتر در مورد تلفیق کودهای شیمیایی با زئولیت‌ها بر عملکرد گیاهان زراعی مورد انتظار است.

منابع مورد استفاده

۱. پوستینی، ک.، ع. سی و سه مرده، م. زواره و ش. مداح حسینی. ۱۳۸۴. *عملکرد گیاهان زراعی فیزیولوژی و فرایندها*. چاپ اول، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران.

۲. قانع، م. ر. ۱۳۸۳. تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد علوفه کلزا و جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. ملکوتی، م. ج. و پ. کشاورز. ۱۳۸۴. *نگرشی بر حاصلخیزی خاک‌های ایران (شناسایی و بهره‌برداری)*. چاپ اول، انتشارات سنا، تهران.

۴. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۸۳. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک. چاپ دوم. دفتر نشر آثار علمی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

5. Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evaportranspiration guidelines for computing crop water requirement. FAO irrigation and Drainage Paper, NO. 56, Rome, Italy.
6. Almond, J.A., T.C.K. Dawkins, C.J. Done and D.J. Ivans. 1984. Cultivations for winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Aspects of Appl. Biol. 6: 67-79.
7. Anonymous. 2004. Effect of nitrogen on canola plant growth. Available on the url: http://www.canola-council.org.
8. AOAC. 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical, Chemists, Arlington, Virginia, USA.
9. Hermanson, R., W. Pan, C. Perillo, R. Stevens and C. Stockle. 1998. Nitrogen use by crop and the fate of nitrogen in the soil and vadose zone. Washington State University and Washington Department of Ecology Interagency

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]

Agreement No. C9600177. Washington State University.
10. Hung, Z.T. and A.M. Petrovic. 1994. Clinoptilolite influence on nitrate leaching and nitrogen use efficiency in simulated sand based golf greens. J. Environ. Qual. 23: 1190-1194.
11. Jankowski, K., T. Ojczyk, C. Z. Musnicki and A. Kotecki. 1995. Response to nitrogen of the oilseed rape protected and unprotected against insects. Proceeding of the 9th International Rapeseed Congress Cambridge. 1: 259-261.
12. Kazemian, H. 2000. Recent research on the Iranian natural zeolite resource (A review). Access in Nanoporous Materials-II. Banff, Alberta, Canada.
13. Kjellstrom, C. 1991. Growth and distribution of the root system in *Brassica napus*. PP: 722-726. *In*: McGregor, D.I. (Ed.), Proceeding of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon.
14. Li, X., C. HU., J.A. Delgado, Y. Zhang and Z. Ouyang. 2007. Increased nitrogen use efficiencies as a key mitigation alternative to reduce nitrate leaching in north china plain. Agric. Water Manag. 89:137-147.
15. MAFF. 1990. Tables of nutritive value and chemical composition of feeding stuffs for farm animals. Summary of the recommendations of a working party sponsored by the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. MAFF Pub., Landon.
16. Mumpton, F. 1999. La roca magica: Uses of natural zeolite in agriculture and industry. National Acad. Sci. 96: 3467-3470.
17. Nuttal, W. F. and S. S. Malhi. 1991. The effect of lime and rate of N application on the yield and N uptake of wheat, barely, flax and four cultivars of rapeseed. Can. J. Soil Sci. 71: 227- 238.
18. Nyamangara, J., L.F. Bergstrom, M.I. Piha and K.E. Giller. 2003. Fertilizer use efficiency and nitrate leaching in a tropical sandy soil. J. Environ. Qual. 32: 599-606.
19. Polat, E., M. Karaca, H. Demir and A. Naci Onus. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. J. Fruit Ornam. Plant Res. 12:183-189.
20. Pouzet, A., A.Estragenta, J. M. Gill, J. Raimbault and G. Sauzet. 1994. Factors for determining nitrogen fertilizer requirements of winter rape in autumn. Inform. Technic. 84: 3-19.
21. Rathke, G. W., O. Christen and W. Diepenbrock. 2005. Effect of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape grown in different crop rotation. Field Crops Res. 94: 103-113.
22. Rehm, M. S., J. Lamb and R. Eliason. 2002. Fertilization suggestion for Canola. Available on the url: http://www.extension .emn.edu.
23. Rehakova, M., S. Cuvanova, M. Dzivak, J. Rimar and Z. Gavalova. 2004. Agricultural and agrochemical uses of natural zeolite of the clinoptilolite type. Current Opinion in Solid State and Mat. Sci. 8: 397-404.
24. Shaw. J.W. and R. Andrews. 2001. Cation exchange capacity affects greens' truf growth. Golf Course Manag. 73-77.
25. Vazquez, N., A. Pardo, M.L. Suso and M. Quemada. 2005. A methodology for measuring drainage and nitrate leaching in unevenly irrigated vegetable crops. Plant and Soil 269: 297-308.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-23]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.45.44.6]