نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۹۶
۶۰-۴۵
http://ejcp.gau.ac.ir

برآورد اقتصادی تأثیر کود پتاسیم و زئولیت کلینوپتیلولیت برای تولید گندم

سید علیرضا موحدی‌نائینی[۱]، مرضیه خوراشاهی[۲]، *مهدی حسینی[۳] و کامبیز مشایخی[۴]

[۱]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشجوی دکتری گروه علوم خاک، دانشگاه تربیت مدرس تهران، [۴]دانشیار گروه باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۰

چکیده

مقدمه: نظر به اهمیت و نقش گندم در تغذیه جمعیت در حال رشد، نیل به خودکفایی در تولید آن یکی از اهداف استراتژیک دولت به‌شمار می‌آید و به‌همین دلیل نیز در سال‌های گذشته بیشترین سطح زیرکشت را در بین محصولات زراعی کشور به خود اختصاص داده است. لیکن وجود نارسائی‌های مختلف از جمله به‌کارگیری غیراصولی عوامل تولید نظیر میزان آب مصرفی، سطح زیر کشت، کود، سم و بذر باعث شده است که گندم‌کاران به‌طور متوسط کارایی مناسبی نداشته باشند. برای افزایش عملکرد تولید و درآمد کشاورزان از طریق به‌کارگیری صحیح و مطلوب عوامل تولید موجود، مناسب‌ترین راه حل، بهبود کارایی مزارع و بهره‌وری عوامل تولید است. بی‌توجهی به مصرف صحیح نهاده‌های محدود از سوی گندم‌کاران و پایین بودن بهره‌وری آن‌ها، توسعه کمی و کیفی این محصول را با مشکل مواجه کرده است.

مواد و روش‌ها: به‌منظور برآورد اقتصادی تأثیر زئولیت در افزایش عملکرد گندم پژوهشی در قالب تجزیه مرکب بر پایه دو طرح بلوک‌های کامل تصادفی که هر کدام شامل ۵ تیمار و ٤ تکرار بود و در اراضی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کودهای اوره، سولفات پتاسیم و دی‌آمونیوم فسفات به‌صورت الف- ۰، ۰، ۰، ب- ۲۰۰، ۰، ۲۵۰، ج- ۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰، د- ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰، کیلوگرم در هکتار و ه- یک تیمار کودی اوره مخلوط با یک بازدارنده دنیتریفیکاسیون (DCD) + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات به‌صورت ۲۰۰، ۱۵، ۲۰۰، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. یک طرح شامل زئولیت (زئولیت به میزان ۲۰ تن در هکتار) و تیمارهای کودی ذکر شده و طرح دیگر فقط شامل تیمارهای کودی بود. عملکرد و اجزاء عملکرد، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم دانه و کاه در زمان برداشت اندازه‌گیری شدند. همین عناصر در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی نیز اندازه‌گیری شد.

نتایج: توابع زیست اقتصادی نشان می‌دهد که مقدار آمونیوم، نیترات، پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک باعث افزایش و فسفر خاک باعث کاهش عملکرد دانه و کاه شدند. با مصرف کودهای پتاسیمی کارایی مصرف کود نیتروژن افزایش و تلفات آن کاهش یافت و با مصرف زئولیت کارایی مصرف کودهای نیتروژن و پتاسیم افزایش و تلفات آن‌ها کاهش

*مسئول مکاتبه: Mehdi.h.2009@gmail.com

یافت. زئولیت و همچنین کودهای شیمیایی مصرفی موجب افزایش تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، هزینه کود و زئولیت، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید.

نتیجه‌گیری: مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم به‌همراه زئولیت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و موجب افزایش درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید. با توجه به دوام زئولیت در خاک برای مدت طولانی، بهره‌وری اقتصادی مصرف زئولیت با گذشت زمان طی سال‌های متمادی افزایش می‌یابد. کاربرد زئولیت یک سرمایه‌گذاری طولانی مدت محسوب می‌شود و حتی مصرف آن در سال اول هم مقرون به‌صرفه است. هزینه مصرف زئولیت با گذشت زمان و طی سال‌های متمادی بیشتر مستهلک می‌شود (مثلاً دوره‌های ۲۰ ساله یا بیشتر) و صرفه اقتصادی کاربرد آن با افزایش سنوات افزایش می‌یابد. اگرچه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و دی سیانو دی آمید هم موجب افزایش تولید دانه و کاه گردید، اما قیمت بالای دی سیانو دی آمید موجب درآمد خالص کمتر و منفی شدن اضافه درآمد نسبت به شاهد گردید.

واژه‌های کلیدی: اقتصاد، پتاسیم، دی سیانو آمید، زئولیت، گندم

مقدمه

نظر به اهمیت و نقش گندم در تغذیه جمعیت در حال رشد، نیل به خودکفایی در تولید آن یکی از اهداف استراتژیک دولت‌مردان به شمار می‌آید و به همین دلیل نیز در سال‌های گذشته بیشترین سطح زیرکشت را در بین محصولات زراعی کشور به خود اختصاص داده است (۵). لیکن وجود نارسائی‌های مختلف از جمله به‌کارگیری غیراصولی عوامل تولید نظیر میزان آب مصرفی، سطح زیر کشت، کود، سم و بذر باعث شده است که گندم‌کاران به‌طور متوسط کارایی مناسبی نداشته باشند. برای افزایش عملکرد تولید و درآمد کشاورزان از طریق به‌کارگیری صحیح و مطلوب عوامل تولید موجود، مناسب‌ترین راه حل، بهبود کارایی مزارع و بهره‌وری عوامل تولید است. بی توجهی به مصرف صحیح نهاده‌های محدود از سوی گندم‌کاران و پایین بودن بهره‌وری آن‌ها، توسعه کمی و کیفی این محصول را با مشکل مواجه کرده است (۲). در ایران نیز استان گلستان با داشتن آب و هوای معتدل مدیترانه‌ای سالانه در حدود ٤۰۰ هزار هکتار از اراضی زراعی این استان به زیر کشت گندم می‌رود و در نتیجه از قطب‌های تولید گندم محسوب می‌شود. حاصلخیزی خاک، شرایط آب و هوایی، خرید دولت با قیمت مناسب، کشت مناسب پاییزه و کاهش نیاز آبی با باران‌های پاییزه و زمستان و سهولت کاشت، داشت و برداشت، رغبت کشاورزان را برای افزایش سطح زیر کشت این محصول استراتژیک را افزایش داده است (۹). در زمینه تخصیص بهینه عوامل تولید به‌عنوان معیاری از کارایی تخصیصی نهاده‌ها در بخش کشاورزی مطالعات زیادی در داخل و خارج از کشور انجام شده‌است. هژبر کیانی (۱۹۹۹) در مطالعه مقادیر بهینه اقتصادی نهاده‌ها در زراعت گندم برای استان‌های کشور، با به‌کارگیری فرم‌های تابعی مختلف نتیجه گرفت که بهره‌برداران با مصرف بیشتر نهاده، بذر و جانشینی بیشتر ماشین‌افزار به جای نیروی کار و استفاده کمتر از نهاده کود شیمیایی به تولید بیشتر و در نتیجه سود بیشتر دست خواهند یافت (۱۲).

کشاورزان برای به‌دست آوردن عملکرد بالا بایستی از مدیریت‌هایی استفاده کنند که متناسب با شرایط آب و هوایی و خاک منطقه باشد مثلاً مقاومت مکانیکی در خاک‌های منطقه گلستان بالا و وضعیت دانه‌بندی خاک‌های این منطقه نامناسب می‌باشد (١٤) و کشاورزان برای به‌دست آوردن عملکرد، درآمد و سود زیاد بایستی از شخم با گاوآهن برگردان‌دار استفاده کنند چون شخم با گاوآهن برگردان‌دار نسبت به سایر روش‌های خاک‌ورزی عملکرد، درآمد و سود را به صورت معنی‌داری افزایش داده است (١٣). از دیگر مدیریت‌ها برای بالا بردن میزان عملکرد و سود حاصل از کشت گندم استفاده از روش‌های مناسب آبیاری می‌باشد (١٦). نعلبندی اقدم و همکاران (٢٠١٣) بیان کردند که نهاده‌های سطح زیرکشت، آب، بذر و کود شیمیایی در تولید گندم منطقه مؤثر می‌باشند و به‌کارگیری این نهاده‌ها در حد بهینه اقتصادی نمی‌باشد. به‌طوری که از نهاده‌های آب و کود شیمیایی در ناحیه غیر اقتصادی بهره گرفته می‌شود و همچنین بیان کردند که معنی‌دار بودن اثر مصرف کود شیمیایی بر میزان تولید گندم از طرفی و نیز به‌کارگیری غیراصولی از طرف دیگر ایجاب می‌نماید که با تعیین مقدار بهینه مصرف این نهاده به اقتصادی‌تر شدن فرایند تولید گندم در منطقه مورد مطالعه کمک گردد. با توجه به محدودیت پتاسیم در خاک‌های منطقه گلستان، استفاده از اصلاح‌کننده‌هایی که پتاسیم را به مرور در اختیار گیاه قرار می‌دهد الزامی است تا عملکرد و سود بیشتری نصیب کشاورزان منطقه شود. یکی از این اصلاح کننده‌ها، زئولیت می‌باشد و هدف از این پژوهش برآورد اقتصادی کودها، زئولیت و یک بازدارنده نیتریفیکاسیون (DCD) بر روی عملکرد گندم در خاک‌های استان گلستان می‌باشد. همچنین بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون ممکن است با جلوگیری از تبدیل آمونیوم حاصل از اوره به نیترات و در نتیجه تلفات نیترات در اثر آبشویی یا دنیتریفیکاسیون از تلفات نیتروژن خاک ممانعت و راندمان استفاده از اوره و یا کودها آمونیومی مانند دی فسفات آمونیوم را افزایش دهند. در این تحقیق هزینه کارگری، آبیاری، سموم دفع آفات نباتی و ماشین‌های کشاورزی در محاسبات اقتصادی و درآمد خالص منظور نشدند. بر خلاف کودهای شیمیایی و بازدارنده‌های نیتریفیکاسیون که استفاده از آن‌ها در هر فصل زراعی تکرار می‌شود، استفاده مجدد از زئولیت به‌دلیل دوام زیاد آن در خاک معمولاً کمتر از ٢٠ سال نیست (٣) و بنابراین در محاسبات اقتصادی نباید هزینه استفاده از زئولیت فقط درسال اول منظور شود. در این تحقیق، محاسبات با فرض استهلاک هزینه استفاده از زئولیت طی یک، دو و سه سال انجام شد. چون اثر زئولیت برای سال‌های زیاد در خاک باقی می‌ماند بنابراین محاسبات اقتصادی چند ساله انجام شد. در این محاسبات فرض بر این است که عملکرد، هزینه‌ها و قیمت فروش گندم در سال‌های آتی نیز مشابه سال آزمایش است و به‌عبارت دیگر اثر تغییرات آب و هوایی بر عملکرد و تورم اقتصادی و اثر آن بر هزینه‌های تولید مثل کاشت، داشت و برداشت و درآمد فروش گندم محاسبه نشد. معمولاً هر چند سال یک‌بار محاسبات اقتصادی تجدید نظر می‌شود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با روش تجزیه مرکب بر پایه دو طرح بلوک کامل تصادفی که هر کدام شامل ٥ تیمار و ٤ تکرار بوده و در اراضی زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. ارتفاع محل از سطح دریا ١٣٢ متر می‌باشد. پس از انتخاب قطعه زمین موردنظر و انجام شخم و دیسک، یک نمونه خاک مرکب از عمق ٣٠ سانتی‌متری تهیه و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی بر روی آن انجام شد.

تیمارهای آزمایشی شامل کودهای اوره، سولفات پتاسیم و دی‌آمونیوم فسفات به صورت الف- ۰، ۰، ۰ (C)، ب- ۲۰۰، ۰، ۲۵۰ (K_0)، ج- ۲۰۰، ۱۰۰، ۲۵۰ (K_1)، د- ۲۰۰، ۲۰۰، ۲۵۰ (K_2)، کیلوگرم در هکتار و ه- یک تیمار کودی اوره مخلوط با (دی سیانو دی آمید) DCD + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات به‌صورت ۲۰۰، ۱۵، ۲۰۰، ۲۵۰ (K_2D) کیلوگرم در هکتاربود (دی سیانو دی آمید یک بازدارنده نیتریفیکاسیون است). یک طرح شامل زئولیت (Z_1) به میزان ۲۰ تن در هکتار و و تیمارهای کودی ذکر شده و طرح دیگر فقط شامل تیمارهای کودی بود (Z_2). تیمار زئولیت و تیمارهای کودی در زمان کشت اعمال شدند، به‌جز تیمار اوره که یک‌سوم آن هنگام کشت و دوسوم دیگر آن به‌صورت سرک در دو مرحله (پنجه-زنی و قبل از خوشه‌دهی) اضافه شد. تیمارها پیش از کاشت تا عمق ۲۰ سانتی‌متری توسط دیسک با خاک مخلوط شد. بدلیل شرایط نامناسب آب و هوایی از لحاظ بارندگی در ماه‌های معمول کشت و خشک بودن زمین، گندم رقم مروارید (N-81-18) در کرت‌های آزمایشی به صورت دستی کشت گردید. اندازه کرت‌ها ۲٤ مترمربع، فاصله بین کرت‌ها ۲ متر، فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۳ متر، فاصله ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر بود. بعد از کشت، با علف‌های هرز به‌ویژه خردل وحشی و پیچک صحرایی توسط علف‌کش‌های گرانستار و تاپیک مبارزه شد. کشت به‌صورت دیم بود. در پایان فصل رشد، در تاریخ ۲۵ خرداد ماه، برداشت محصول از دو مترمربع از وسط کرت‌ها انجام شد و میزان عملکرد دانه و کاه تعیین شد و پس از جدا کردن دانه‌ها از کاه و کلش و خشک کردن در آون و آسیاب، مقدار فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیتروژن در کل اندام هوایی گیاه یعنی دانه و کاه و کلش تعیین گردید (٦). همچنین در مرحله قبل خوشه‌دهی، نمونه خاک از هر کرت گرفته شد و برای اندازه‌گیری فسفر قابل جذب به روش اولسن (۱۷)، پتاسیم عصاره‌گیری شده با ترافنیل بوران سدیم (٤)، کلسیم و منیزیم تبادلی (۱) در خاک تجزیه شد. لازم به توضیح است که مدت عصاره-گیری پتاسیم با ترافنیل بران سدیم یک دقیقه بود. در مرحله قبل خوشه‌دهی برای اندازه‌گیری نیتروژن نیتراته به روش ولتامتری و آمونیومی خاک به روش رنگ‌سنجی (۱۸)، نمونه‌های برداشت شده بدون خشک کردن بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و آزمایش‌های لازم روی آن انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه گردید. میزان تلفات کود در مزرعه (کیلوگرم بر هکتار) از رابطه زیر به‌دست آمده است:

$$X= (B*C) – (D-A)$$

X= میزان تلفات کود در مزرعه (کیلوگرم بر هکتار)

B= مقدار کود مصرفی در مزرعه (کیلوگرم بر هکتار)

C= درصد خالص ازت، فسفر و پتاسیم در کود (مقدار ازت خالص در کودهای اوره و دی آمونیوم فسفات به‌ترتیب ٤٦ و ۲۰ درصد، مقدار فسفر خالص در کود دی آمونیوم فسفات ۲۱ درصد و همچنین مقدار پتاسیم خالص در کود سولفات پتاسیم ٤۲/۳۳ درصد است.

D= مقدار برداشت عناصر غذایی به‌وسیله گیاه (کیلوگرم بر هکتار)

A= مقدار برداشت عناصر غذایی به‌وسیله گیاه شاهد (کیلوگرم بر هکتار)

نتایج و بحث

تابع زیست اقتصادی: جدول (۱) نشان می‌دهد که در مرحله قبل از خوشه‌دهی میزان آمونیوم، نیترات و پتاسیم موجود در خاک به‌عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد دانه و کاه شناسایی شده‌اند که در سطح

یک درصد معنی‌دار بوده‌اند در صورتی‌که میزان کلسیم و منیزیم موجود در خاک نیز تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و کاه داشتند؛ اما تأثیرشان نسبت به آمونیوم، نیترات و پتاسیم کمتر بود (در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند) و میزان فسفر موجود در خاک نیز تأثیر معنی‌داری در کاهش میزان عملکرد داشت که ممکن است به‌دلیل رسوب کلسیم با فسفر در خاک‌های آهکی یا با اسیدیته خنثی باشد. نتایج جدول (۲) و همچنین نتایج یوسفی و همکاران (۲۰۱۷)، طالبی‌زاده (۲۰۰۹)، وفاخواه (۲۰۱۱) و سبطی و همکاران (۲۰۰۹) نشان می‌دهد پتاسیم همبستگی بالا و معنی‌داری با عملکرد دانه و کاه داشته که نشاندهنده این مطلب هست که پتاسیم عامل محدودکننده عملکرد گندم در این منطقه می‌باشد و بنابراین استفاده از مدیریت‌هایی مانند کاربرد زئولیت که حاوی مقادیر معتنابهی پتاسیم است یا مدیریت کود می‌تواند باعث افزایش جذب پتاسیم به‌وسیله گیاه شود (۲۲، ۲۱، ۱۹). حسینی (۲۰۱۵) با استفاده از توابع زیست اقتصادی نشان داد که عامل مؤثر در رشد و عملکرد گندم دیم در برخی خاک‌های استان گلستان پتاسیم بود که در سطح یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و کاه داشت. زمانی که از زئولابت استفاده شد غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم و منیزیم در کاه و دانه و عملکرد افزایش یافت (۱۳). در این تحقیق، جدول (۳) نشان می‌دهد که زئولیت کارایی ظاهری مصرف کود پتاسیم برای جذب دانه را افزایش، ولی کاه را کاهش داد. کاهش کارایی مصرف کود پتاسیم در کاه با زئولیت به‌دلیل جذب زیاد پتاسیم توسط کاه با زئولیت و تأثیر کم بر عملکرد نسبت به دانه است، زیرا در دانه با مصرف زئولیت کارایی مصرف کود پتاسیم افزایش می‌یابد.

زئولیت می‌تواند با جذب کلسیم و منیزیم از محلول خاک، یون آمونیوم و پتاسیم موجود در خود را به‌صورت انتشار آزاد نماید. این ماده اصلاح کننده موجب جذب آمونیوم حاصل از کود و آزادسازی تدریجی آن می‌گردد. بنابراین ممکن است احتمال آبشویی نیترات و تلفات نیتروژن را کاهش دهد. با کودهای پتاسیمی کارایی مصرف کود نیتروژن نیز افزایش یافت. پتاسیم حرکت شیره پرورده را در گیاه کنترل می‌کند. در خاک‌های با سطح ویژه بالا، با کودهای پتاسیمی و زئولیت جذب بیشتر پتاسیم توسط گیاه موجب افزایش سرعت شیره پرورده و انتقال مواد ساخته شده در برگ به سایر اندام‌های گیاهی و افزایش فتوسنتز و عملکرد می‌شود. کاهش تجمع مواد حاصل از فتوسنتز در برگ‌ها و در نتیجه ریشه گیاه، موجب افزایش جذب عناصر غذایی خاک از جمله نیتروژن می‌شود و بدین ترتیب پتاسیم کارایی مصرف نیتروژن را افزایش می‌دهد. زئولیت کارایی مصرف فسفر را نیز افزایش داد. این در حالی است که بدون مصرف کود پتاسیمی، کاربرد کود نیتروژن به تنهایی جذب نیتروژن و عملکرد را به میزان قابل توجهی افزایش نمی‌دهد. با توجه به اجرای طرح تحوّل اقتصادی و هدف‌مندی یارانه‌ها، هزینه‌های عوامل تولید افزایش یافته‌است (۸ و ۱۵) که در این خصوص، دولت می‌بایست مابه‌التفاوت قیمت تمام‌شده را متقبّل شود و یا از طریق بهره‌گیری از پدیده صرفه‌های ناشی از مقیاس، استفاده از کود و اصلاح کننده‌ها در مقیاس وسیع و یکپارچه انجام شود تا ضمن دستیابی به عملکرد بالا، بهای تمام‌شده محصول از طریق کاهش هزینه‌ها (عمدتاً هزینه‌های مربوط به کود) تعدیل گردد.

جدول ۱- نتایج برآورد توابع زیست- اقتصادی عملکرد دانه و کاه گندم.

Table 1. Results of bio-economic function in grain and wheat straw.

متغیرها Treatments	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg/ha)			عملکرد کاه (کیلوگرم بر هکتار) Straw yield (kg/ha)		
	ضریب Coefficient	آماره t t	سطح معنی‌داری Sig.	ضریب Coefficient	آماره t t	سطح معنی‌داری Sig.
آمونیوم NH_4	153.84	6.86	0.0001	529.07	5.54	0.0002
نیترات NO_3	79.27	7.13	0.0001	206.85	4.37	0.0014
فسفر P	-1321.21	-4.43	0.0013	-4910.88	-3.86	0.0031
پتاسیم K	6.73	4.73	0.0008	57.36	3.92	0.0016
کلسیم Ca	10.66	4.35	0.0140	45.62	3.37	0.0140
منیزیم Mg	10.58	3.08	0.0117	42.83	2.92	0.0150
ضریب ثابت Coefficient	-14138	-4.58	0.0010	-53916	-4.10	0.0021

(واحد آمونیوم، نیترات، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم خاک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد).

(Units of soil ammonium, nitrate, phosphorous, potassium, calcium and magnesium is milligrams per kilogram).

جدول ۲- ضریب همبستگی بین غلظت عناصر غذایی در خاک در مرحله قبل از خوشه‌دهی با عملکرد دانه و کاه.

Table 2. Correlation coefficients between nutrient concentration in soil before heading stage with grain and straw yield at harvest.

		1	2	3	4	5	6	7	8
1	پتاسیم k	1							
2	کلسیم Ca	-0.44 ns	1						
3	منیزیم Mg	0.45 ns	-0.68**	1					
4	فسفر P	0.36 ns	-0.15 ns	-0.23 ns	۱				
5	ازت آمونیومی NH_4^+	0.25 ns	0.05 ns	0.22 ns	-0.13 ns	1			
6	ازت نیتراتی NO_3^-	0.46 ns	-0.09 ns	0.11 ns	-0.06 ns	0.69**	1		
7	عملکرد دانه grain yeild	0.84**	-0.54*	0.33 ns	0.38 ns	0.74**	0.38 ns	1	
8	عملکرد کاه strew yeild	0.86**	-0.61**	0.45 ns	0.52*	0.73**	0.32 ns	0.89**	1

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵، ns اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

**significant differences at 1% level; *significant differences at 5% level; ns: no significant differences.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین کارایی ظاهری مصرف کود برای تولید دانه و کاه.

Table 3. Mean values of fertilizer use efficiency for grain and straw production.

تیمار Treatments	دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain (kg/ha)			کاه و کلش (کیلوگرم بر هکتار) Straw (kg/ha)		
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K
زئولیت Zeolite						
با زئولیت (Z_1) With Zeolite	13.94[a]	4.10[a]	7.18[a]	12.42[a]	1.37[a]	19.75[b]
بدون زئولیت (Z_0) No Zeolite	10.73[b]	1.36[b]	5.64[b]	10.46[b]	0.92[b]	26.69[a]
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار) Urea + Potassium Sulphate + Di Ammonium Phosphate (kg per hectare)						
K_0 (250,0,200)	8.11[c]	1.75[c]	0	5.41[c]	0.45[c]	0
K_1 (250,100,200)	18.07[b]	4.32[b]	7.43[a]	15.79[b]	1.50[b]	32.29[a]
K_2 (250,200,200)	22.26[a]	5.93[a]	7.13[a]	19.13[a]	2.28[a]	28.01[b]
K_2D (250,200,200)	23.14[a]	5.85[a]	7.12[a]	20.10[a]	2.15[a]	28.52[b]
C (0,0,0)	0	0	0	0	0	0
اثرات متقابل Interaction between zeolite and fertilizers						
$K_0 \times Z_1$	9.90[de]	1.80[d]	0	6.46[e]	0.60[d]	0
$K_1 \times Z_1$	23.65[bc]	5.13[b]	8.57[a]	17.72[c]	1.82[b]	27.94[d]
$K_2 \times Z_1$	27.97[a]	7.01[a]	8.33[a]	20.60[a]	2.57[a]	24.91[e]
$K_2D \times Z_1$	28.72[a]	6.68[a]	8.31[a]	20.82[a]	2.45[a]	25.00[e]
$C \times Z_1$	0	0	0	0	0	0
$K_0 \times Z_0$	6.66[e]	1.53[d]	0	4.42[f]	0.31[e]	0
$K_1 \times Z_0$	13.58[cd]	3.50[c]	6.47[b]	13.97[d]	1.20[c]	36.00[a]
$K_2 \times Z_0$	17.25[bc]	4.88[b]	6.43[b]	17.68[c]	2.03[b]	30.01[c]
$K_2D \times Z_0$	18.05[b]	4.92[b]	6.62[b]	19.36[b]	1.87[b]	30.55[b]
$C \times Z_0$	0	0	0	0	0	0

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Values in the same letter(s) are not significantly different at $p<0.05$.

برداشت عناصر غذایی توسط گندم و میزان تلفات کود نیتروژنه، فسفره و پتاسه: جدول (٤) نشان می‌دهد که با تیمار K_2 و K_2D مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم موجب افزایش جذب فسفر، پتاسیم و نیتروژن دانه و کاه و کلش نسبت به تیمار K_1 و این تیمارها نسبت به تیمار K_0 گردید و کمترین میزان جذب این عناصر با تیمار شاهد بدون مصرف کودهای پتاسیم و نیتروژن حاصل شد. زئولیت موجب افزایش جذب عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن گندم گردید. این افزایش برای تمام تیمارها معنی‌دار بود. این نتایج با نتایج فائزنیا (۲۰۰٤) مطابقت داشت (۷).

حمیدپور و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که بین مقدار نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم و کلسیم در تیمار زئولیت نسبت به تیمار شاهد در اندام‌های هوایی گیاه اختلاف معنی‌داری وجود داشت و مقدار این عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه در تیمار زئولیت نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود (۱۱). گال و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که استفاده از زئولیت موجب افزایش نیتروژن و پتاسیم در بافت‌های گیاهی می‌شود (۱۰).

با بررسی اثرات متقابل بین کود و زئولیت بیشترین مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم مربوط به تیمار K_2DZ_1 و بیشترین مقدار جذب فسفر مربوط به تیمار K_2Z_1 و کمترین مقدار جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم مربوط به تیمار CZ_0 بود. همچنین جدول ٤ نشان می‌دهد که بیشترین میزان تلفات کودهای نیتروژنه و فسفره به‌ترتیب مربوط به K_0، K_1 و K_2 و با کود فسفره مربوط به K_1 و K_2 بود اما زمانی که از زئولیت استفاده می‌کنیم نسبت به تیمارهای بدون زئولیت میزان تلفات کود کاهش می‌یابد و در نتیجه ضرر اقتصادی کشاورز از مصرف کودهای نیتروژنه، فسفره و علی‌الخصوص پتاسه کاهش می‌یابد. در سال ۱۳۹۱ قیمت هر ۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم ۳۷۵۰۰ تومان بود و چون تلفات پتاسیم در تیمارهای K_2Z_1 و K_2Z_0 به‌ترتیب ٤۳/۹۱ و ٤٤/۲۹ بود ضرری که با تلفات کود پتاسیم در اثر استفاده نکردن از زئولیت محاسبه می‌شود ۲۸۵ تومان است. جذب عناصر توسط گیاه از حاصلضرب عملکرد در غلظت عناصر غذایی محاسبه می‌شود. زئولیت به‌صورت یک کود کند رها برای عناصر پتاسیم و آمونیوم عمل می‌کند که می‌تواند آن‌ها را در زمان پیک مصرف باندازه کافی در اختیار گیاه قرار دهد و موجب افزایش عملکرد در واحد سطح، افزایش جذب عناصر غذایی و کاهش تلفات آن‌ها شود. امکان مصرف پتاسیم که یک عنصر غیرمتحرک است به‌صورت سرک نیست و چون باید قبل از کشت با خاک مخلوط شود میزان قابل جذب آن در خاک‌های محل آزمایش در زمان پیک مصرف گیاه که قبل از خوشه‌دهی در اواخر اسفند ماه است با مصرف کودهای شیمیایی کافی نیست.

جدول ٤- مقایسه میانگین جذب عناصر توسط گندم در مرحله برداشت (کیلوگرم بر هکتار) و میزان تلفات کودها (کیلوگرم بر هکتار).

Table 4. Nutrient uptake by wheat at harvest (kg per hectare) and the loss rate of fertilizers (kg per hectare).

تیمار	برداشت عناصر غذایی توسط گندم (کیلوگرم در هکتار)			میزان تلفات کودها (کیلوگرم در هکتار)		
Treatments	Uptake of nutrients by plants (kg/ha)			The loss rate of fertilizers (kg/ha)		
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K
Z_1	103.63	11.40	72.68	97.87	48.33	-
Z_0	82.08	9.06	56.54	119.42	50.67	-
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار)						
Urea + Potassium Sulphate + Di Ammonium Phosphate (kg per hectare)						
K_0	78.50	8.37	50.69	123.40	51.36	0
K_1	106.46	10.96	68.79	95.44	48.77	15.21
K_2	116.82	12.48	82.18	85.08	47.25	44.15
K_2D	119.37	12.36	82.93	82.53	47.37	43.04
C	59.90	7.23	41.67	0	0	0
اثرات متقابل کود و زئولیت						
The interaction between fertilizer and zeolite						
K_0Z_1	89.87	9.46	60.61	119.49	50.93	0
K_1Z_1	124.26	12.34	76.96	85.10	48.05	15.04
K_2Z_1	134.15	14.02	90.42	75.21	46.37	43.91
K_2DZ_1	135.50	13.72	90.48	73.86	46.67	43.85
CZ_1	67.36	7.89	49.67	0	0	0
K_0Z_0	68.19	7.76	42.05	126.74	51. 33	0
K_1Z_0	90.81	9.58	61.08	104.12	49.51	15.62
K_2Z_0	100.98	10.99	74.74	93.95	48.10	44.29
K_2DZ_0	104.37	10.94	75.39	90.56	48.15	43.64
CZ_0	52.93	6.59	34.37	0	0	0

با دو مقدار متفاوت مصرف کود پتاسیم برای تیمارهای Z_0 و Z_1 تلفات محاسبه نشد.

Note: Values in the same letter(s) are not significantly different at $p< 0.05$.

جدول ۵- تجزیه واریانس برآورد اقتصادی کاربرد تیمارهای کودی و زئولیت.

Table 5. ANOVA results of the economic estimates of fertilizer and zeolite application.

منابع تغییرات Variables	درجه آزادی df	تولید دانه Grain yield	تولید کاه Straw yield	درآمد دانه Income from grain	درآمد کاه Income from Straw	مجموع درآمد دانه و کاه Total income from grain and straw	هزینه کود Fertilizer cost	هزینه زئولیت بدون هزینه حمل و نقل zeolite cost without haulage	هزینه کود و زئولیت سال اول Fertilizer cost and zeolite in the first year	درآمد خالص سال اول Net income in the first year	اضافه درآمد نسبت به شاهد سال اول Additional income relative to control in the first year
زئولیت Zeolite	1	7783596.80^{**}	4060650.68^{**}	$1.64*10^{12**}$	649704159597^{**}	$4.36*10^{12**}$	0	$1.02*10^{12**}$	$1.02*10^{12**}$	$1.16*10^{12**}$	$1.22*10^{12**}$
کود Fertilizers	4	3818457.44^{**}	14666784.60^{**}	807985685364^{**}	$2.34*10^{12**}$	$5.9*10^{12**}$	$6.45*10^{12**}$	0	$6.45*10^{12**}$	$4.57*10^{12**}$	$4.51*10^{12**}$
اشتباه ۱ Error 1	15	32641.92^{ns}	29950.56^{ns}	4792091588^{ns}	4792091588^{ns}	17190914078^{ns}	0	0	0	17190914078^{ns}	25809457200^{ns}
کود×زئولیت Fertilizer*Zeolite	4	119772.32^{**}	548162.20^{**}	25343877891^{**}	87705854484^{**}	22469346759^{**}	0	0	0	22469346759^{**}	21587499513^{**}
اشتباه ۲ Error 2	15	8178.49	6208.61	1730570289	993381289	1438455865	0	0	0	1438455865	2927932762

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست.

Note: Df indicates the degree of freedom; ** Significant at the 1% level; * Significant at the 5% level; ns Not significant.

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس برآورد اقتصادی کاربرد تیمارهای کودی و زئولیت.

Table 5. ANOVA results of the economic estimates of fertilizer and zeolite application.

منابع تغییرات Variables	درجه آزادی df	هزینه کود و زئولیت سال دوم Total cost of fertilizer and zeolite in the second year	مجموع درآمد خالص سال دوم Total net income in the second year	متوسط درآمد خالص سال دوم The average annual net income after two years	اضافه درآمد نسبت به شاهدسال دوم Additional income relative to cotrol in the second year	هزینه کود و زئولیت سال سوم Total fertilizers and zeolite cost in the third year	مجموع درآمد خالص سال سوم Total net income in the third year	متوسط درآمد خالص سالانه پس از سال سوم The average of annual net income after 3 years	اضافه درآمد نسبت به شاهد بعد از سال سوم Additional income relative to control after three years
زئولیت Zeolite	1	$1.02* 10^{12}$**	10^{13}**	$2.5*10^{12}$**	$4.57*10^{12}$**	$1.02*10^{12}$**	$5.63* 10^{13}$**	$3.06*10^{12}$**	$3.06*10^{12}$**
کود Fertilizers	4	$2.58 * 10^{13}$**	$1.82 * 10^{13}$**	$4.57*10^{12}$**	$2.5*10^{12}$**	$5.8* 10^{13}$**	$1.03* 10^{14}$ns	$4.57*10^{12}$**	$4.57*10^{12}$**
اشتباه ۱ Error 1	15	0	68763831866^{ns}	17190907303^{ns}	244025543078ns	0	$5.63* 10^{13}$ ns	17190927192^{ns}	24402563110^{ns}
کود×زئولیت Fertilizer*Zeolite	4	0	89877279766**	22469302463**	22469333540**	0	$1.7* 10^{14}$ns	22469355535**	22469326848**
اشتباه ۲ Error 2	15	0	5753819384	1438456579	1438453173	0	$1.63* 10^{14}$ns	1438452646	1438452623

* در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، ** در سطح ۱ درصد معنی‌دار است، ns معنی‌دار نیست.

Note: Df indicates the degree of freedom; * Significant at the 10% level; ** Significant at the 5% level; ns Not significant

جدول ٦- مقایسه میانگین برآورد اقتصادی کاربرد تیمارهای کودی و زئولیت.

Table 6. Economic estimates of fertilizer and zeolite applications.

تیمار Treatments	تولید دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain Yield (Kg/ha)	تولید کاه (کیلوگرم بر هکتار) Straw yield (Kg/ha)	درآمد دانه (تومان در هکتار) Grain Income (toman/ha)	درآمد کاه (تومان در هکتار) Straw Income (toman/ha)	مجموع درآمد دانه و کاه (تومان در هکتار) Total grain and straw income (toman/ha)	هزینه کود (تومان در هکتار) Fertilizer cost (toman/ha)	هزینه زئولیت بدون هزینه حمل و نقل (تومان در هکتار) zeolite costs without haulage (toman/ha)	مجموع هزینه کود و زئولیت سال اول (تومان در هکتار) Fertilizer cost and zeolite in the first year (toman/ha)	درآمد خالص سال اول (تومان در هکتار) Net income in the first year (toman/ha)	اضافه درآمد نسبت به شاهد سال اول (تومان در هکتار) Additional income relative to control in the first year (toman/ha)
زئولیت Zeolite										
با زئولیت (Z_1) With Zeolite	5023.38[a]	6918.54[a]	2310755[a]	2767415[a]	5078170[a]	680600[a]	320000[a]	1000600[a]	4077570[a]	340727[a]
بدون زئولیت (Z_0) No Zeolite	4141.13[b]	6281.31[b]	1904921[b]	2512522[b]	4417443[b]	680600[a]	0[b]	680600[b]	3736843[b]	0[b]
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار) Urea + Potassium Sulphate + Di Ammonium Phosphate (kg per hectare)										
K_0 (250,0,200)	4113.31[c]	5582.27[c]	1892123[c]	2232906[c]	4125030[c]	307000[d]	160000[a]	467000[d]	3658030[c]	241415[c]
K_1 (250,100,200)	4850.04[b]	7079.71[b]	2231018[b]	2831883[b]	5062901[b]	382000[c]	160000[a]	542000[c]	4520901[b]	1104286[b]
K_2(250,200,200)	5161.09[a]	7767.81[a]	2374101[a]	3107125[a]	5481225[a]	457000[b]	160000[a]	617000[b]	4864225[a]	1447610[a]
K_2D(250,200,200)	5171.64[a]	7785.77[a]	2378954[a]	3114308[a]	5493262[a]	2257000[a]	160000[a]	2417000[a]	3076262[e]	-340353[e]
C (0,0,0)	3615.20[d]	4784.05[d]	1662993[d]	1913621[d]	3576615[d]	0[e]	160000[a]	160000[e]	3416615[d]	0[d]
اثرات متقابل Interactions between zeolite and fertilizers										
K_o×Z_1	4453.02[d]	6204.38[e]	2048393.20[d]	2481753[e]	4530147[e]	307000[d]	320000[a]	627000[e]	3903147[d]	688447[d]
K_1×Z_1	5355.73[b]	7277.08[c]	2463639.20[c]	2910832[c]	5374472[b]	382000[c]	0[b]	702000[d]	4672472[b]	1457772.50[b]
K_2×Z_1	5722.69[a]	7876.79[a]	2632441.20[a]	3150694[a]	5783135.75[a]	457000[b]	320000[a]	777000[c]	5006135.75[a]	1791436.25[a]
K_2D×Z_1	5688.01[a]	7870.18[a]	2616488.70[b]	3148075[a]	5764563.70[a]	2257000[a]	0[b]	2577000[a]	3187563.70[g]	-27135.42[h]
C×Z_1	3897.41[e]	5364.29[f]	1792811[f]	2145718[f]	3938530.20[f]	0[e]	320000[a]	320000[f]	3618530.25[e]	403830.63[e]
K_0×Z_0	3773.59[e]	4960.14[g]	1735853[f]	1984058[g]	3719912[g]	307000[d]	0[b]	307000[f]	3412912[f]	198212[f]
K_1×Z_0	4344.33[d]	6882.33[d]	1998396.20[e]	2752934[d]	4751330[d]	382000[c]	320000[a]	382000[e]	4369330[c]	1106040.75[c]
K_2×Z_0	4599.47[c]	7658.88[b]	2115760.20[d]	3063554[b]	5179314.70[c]	457000[b]	0[b]	457000[e]	4722314.75[b]	1507615.75[b]
K_2D×Z_0	4655.26[c]	7701.34[b]	2141420[d]	3080539[b]	5221959[c]	2257000[a]	320000[a]	2257000[b]	2964959.70[h]	-249739.70[g]
C×Z_0	3332.98[f]	4203.81[h]	1533175.50[g]	1681524[h]	3214699.50[h]	0[e]	0[b]	0[g]	3214699.50[g]	0[g]

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Values in the same letter(s) are not significantly different at $p < 0.05$.

ادامه جدول ٦- مقایسه میانگین برآورد اقتصادی کاربرد تیمارهای کودی و زئولیت.

Table 6. Economic estimates of fertilizer and zeolite applications.

تیمار Treatments	مجموع هزینه کود و زئولیت در ۲ سال (تومان در هکتار) Total cost of fertilizer and zeolite in the second year (toman/ha)	مجموع درآمد خالص در ۲ سال (تومان در هکتار) Total net income in the second year (toman/ha)	متوسط درآمد خالص سالانه پس از ۲ سال (تومان در هکتار) Average net income after two years (toman/ha)	اضافه درآمد نسبت به شاهد پس از ۲ سال (تومان در هکتار) Additional income relative to control after two years (toman/ha)	مجموع هزینه کود و زئولیت در ۳ سال (تومان در هکتار) Total fertilizers and zeolite cost in three years (toman/ha)	مجموع درآمد خالص در ۳ سال (تومان در هکتار) Total net income in three years (toman/ha)	متوسط درآمد خالص سالانه پس از ۳ سال (تومان در هکتار) The average annual net income after 3 years (toman/ha)	اضافه درآمد نسبت به شاهد پس از ۳ سال (تومان در هکتار) Additional income relative to control after three years (toman/ha)
زئولیت Zeolite								
با زئولیت (z1) With Zeolite	1681200[a]	845139[a]	42375700[a]	38638857[a]	2361800[a]	15245714[a]	4290903[a]	554060[a]
بدون زئولیت (z0) No Zeolite	1361200[b]	7473687[b]	3736843[b]	0[b]	2041800[b]	1287209[a]	3736843[b]	0[b]
کود اوره + سولفات پتاسیم + دی آمونیوم فسفات (کیلوگرم بر هکتار) Urea + Potassium Sulphate + Di Ammonium Phosphate (kg per hectare)								
K0 (250,0,200)	774000[d]	7476060[c]	3738030[c]	241415[c]	1081000[d]	11294089[a]	3764696[c]	241415[c]
K1 (250,100,200)	924000[c]	9201802[b]	4600901[b]	1104286[b]	1306000[c]	13882703[a]	4627568[b]	1104287[b]
K2(250,200,200)	1074000[b]	9888451[a]	4944225[a]	1447610[a]	1531000[b]	14912676[a]	4970892[a]	1447611[a]
K2D(250,200,200)	4674000[a]	6312524[e]	3156262[e]	-340353[e]	6931000[a]	19636747[a]	3182929[e]	-340352[e]
c (0,0,0)	160000[e]	6993230[d]	3496615[d]	0[d]	160000[e]	10569844[a]	3523281[d]	0[d]
اثرات متقابل Interactions between zeolite and fertilizers								
Ko×z1	934000[e]	8126294.50[e]	4063147[e]	848447.80[e]	1241000[e]	12349441.80[ab]	4116480.75[e]	901781.15[e]
K1×z1	1084000[d]	9664943[b]	4832472[b]	1617772.40[b]	1466000[d]	14657415.50[ab]	4369330[b]	1671105.65[b]
K2×z1	1234000[c]	10332271.30[a]	5166135.70[a]	1951436.20[a]	1691000[c]	15658407a[b]	5219469[a]	2004769.50[a]
K2D×z1	4834000[a]	6695128[h]	3347563.70[h]	1328645.50[h]	7091000[a]	10202691.80[b]	3400897.50[g]	186197[g]
c×z1	320000[g]	7557060.30[f]	3778530.20[f]	563830.50[f]	320000[g]	9644098.30[b]	3831863.20[f]	617164[f]
K0×z0	614000[f]	6825824.50[g]	3412912[g]	198212.70[g]	921000[f]	10238736.80[b]	3412912[g]	198212.70[g]
K1×z0	764000[e]	8738660.30[d]	4369330[d]	1154630.50[d]	1146000[e]	13107990.30[ab]	4369330[d]	1154630.50[d]
K2×z0	914000[e]	9444630[c]	4722314.70[c]	1507615.70[c]	1371000[d]	14166944.50[ab]	4722314.70[c]	1507615.70[c]
K2D×z0	4514000[b]	5929919[j]	2964959.50[j]	-249739.70[j]	6771000[b]	29070801.50[a]	2964959.70[i]	-249739.70[I]
c×z0	0[h]	6429399[i]	3214699.50[i]	0[i]	0[h]	9644098.30[b]	3214699.50[h]	0[h]

میانگین‌ها در هر ستون با حداقل یک حرف مشابه بر مبنای آزمون LSD در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Note: Values in the same letter(s) are not significantly different at $p < 0.05$.

برآورد اقتصادی کاربرد زئولیت و تیمارهای کودی:
جدول ۵ نشان می‌دهد که اثر زئولیت بر تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، هزینه کود و زئولیت، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم معنی‌دار بود. تأثیر کود شیمیایی بر تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، هزینه کود و زئولیت، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم معنی‌دار بود. اثر متقابل کود و زئولیت نیز بر تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم معنی‌دار بود.

نتایج مقایسه میانگین تحلیل اقتصادی کاربرد زئولیت و تیمارهای کودی در جدول (٦) ارائه شده است.

روابط محاسبه فاکتورهای موجود در جدول زیر به شرح ذیل می‌باشد:

درآمد خالص: مجموع درآمد دانه و کاه منهای مجموع هزینه کود و زئولیت.

اضافه درآمد هر سال: درآمد خالص هر تیمار در آن سال منهای درآمد خالص تیمار شاهد (شاهد برای اثرات ساده زئولیت، تیمار بدون زئولیت یا Z_0، برای اثرات ساده کودی تیمار C و برای اثرات متقابل $C\times Z_0$ می‌باشد).

مجموع هزینه کود و زئولیت در دو سال: (هزینه کود در سال اول × ۲) + هزینه زئولیت در یک سال.

مجموع درآمد خالص در دو سال: (مجموع درآمد دانه و کاه در سال اول × ۲) منهای مجموع هزینه کود و زئولیت در دو سال.

متوسط درآمد خالص سالانه پس از دو سال: مجموع درآمد خالص در دو سال تقسیم بر ۲.

محاسبات فوق‌الذکر برای سه سال نیز به طریق مشابهی انجام می‌شوند.

قیمت دانه و کاه به‌ترتیب ٤٦٠ و ٤٠٠ تومان به ازای هر کیلوگرم برآورد گردید. همچنین قیمت هر کیسه ۵۰ کیلویی کودهای شیمیایی اوره، سولفات پتاسیم و دی آمونیوم فسفات به ترتیب به صورت ۲۰۰۰۰، ۳۷۵۰۰ و ٤٥٤٠٠ تومان می‌باشد. هر کیلو گرم دی سیانو دی آمید ۱۲۰۰۰۰ تومان است. این قیمت‌ها مربوط به سال زراعی ۱۳۹۱ می‌باشد.

محاسبه هزینه کود در هکتار برای تیمارهای زئولیت یا بدون زئولیت در مقایسات میانگین اثرات ساده زئولیت در زیر آمده است. در زیر تعداد کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود های مصرفی در هکتار محاسبه و در هزینه کود ضرب می‌شود. برای دی سیانو دی آمید کیلوگرم دی سیانو دی آمید مصرفی در هکتار محاسبه و در هزینه خرید آن ضرب شد. سایر محاسبات موجود در جدول (اثرات ساده تیمارهای کودی و اثرات متقابل آن‌ها با زئولیت) برای رعایت اختصار آورده نشد.

الف) اوره

$(K_0+K_1+K_2+K_2D+C)/5=$
$(۲۰۰+۲۰۰+۲۰۰+۲۰۰+۰)/۵=$
۲۰۰۰۰تومان برای ۳/۲× ۸۰۰/۵=۱٦۰kg/۵۰Kg/bag
٦٤۰۰۰ تومان=هر کیسه

ب) سولفات پتاسیم

$(K_0+K_1+K_2+K_2D+C)/5=(۰+۱۰۰+۲۰۰+۲۰۰+۰)$
۷۵۰۰۰تومان =۲×۳۷۵۰۰ =۱۰۰/۵۰ =۵۰۰/۵ =/۵

ج) فسفات آمونیوم

$(K_0+K_1+K_2+K_2D+C)/5=$
$(۲۵۰+۲۵۰+۲۵۰+۲۵۰+۰)/۵=۱۰۰۰/۵=۲۰۰/۵۰=٤\times$
۱۸۱٦۰۰تومان=٤٥٤۰۰

د) دی سیانودی آمید

۳٦۰۰۰۰تومان =۱۲۰۰۰۰×۱۵/۵

هزینه کود برای تیمارهای زئولیت یا بدون زئولیت ۶۸۰۶۰۰ تومان=۳۶۰۰۰۰+۱۸۱۶۰۰+۷۵۰۰۰+۶۴۰۰۰ هزینه حمل ۲۰ تن زئولیت برای مصرف در هر هکتار ۳۲۰۰۰۰ تومان محاسبه شد چون هزینه خرید زئولیت معدنی از سمنان ناچیز بود.

نتایج جداول فوق نشان می‌دهد که زئولیت و همچنین کودهای شیمیایی مصرفی موجب افزایش تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، هزینه کود و زئولیت، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم موجب افزایش تولید دانه و کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، اضافه درآمد نسبت به شاهد گردید. اثر متقابل کود و زئولیت نیز بر تولید دانه، تولید کاه، درآمد دانه، درآمد کاه، مجموع درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم معنی‌دار بود و زئولیت موجب تشدید اثر کود بر عملکرد کاه و دانه شد. بنابراین مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم به‌همراه زئولیت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و موجب افزایش درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید. برای سال اول پس از تیمار زئولیت‌دار ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم، تیمار ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم بدون زئولیت بیشترین اضافه درآمد را داشت، اما برای سال دوم و سوم پس از تیمار زئولیت‌دار ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم تیمار زئولیت‌دار ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم بیشترین اضافه درآمد را به خود اختصاص داد. اگرچه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و دی سیانو دی آمید هم موجب افزایش تولید دانه و کاه گردید، اما قیمت بالای دی سیانو دی آمید موجب درآمد خالص کمتر و منفی شدن اضافه درآمد نسبت به شاهد گردید.

نتیجه‌گیری کلی

توابع زیست اقتصادی نشان می‌دهد که مقدار آمونیوم، نیترات و پتاسیم موجب افزایش عملکرد دانه و کاه شدند در صورتی‌که فسفر موجب کاهش عملکرد دانه و کاه شد. خاک‌های لسی استان گلستان حاوی مواد آلی و ففر کافی برای رشد گندم است و فسفر زیاد خاک می‌تواند با رسوب کلسیم موجب کاهش عملکرد شود. کودهای پتاسیمی کارایی مصرف کود نیتروژن و فسفر را افزایش داد. با افزایش مصرف کود پتاسیم میزان عملکرد و میزان تلفات کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر کاهش یافت ولی تلفات کود پتاسیم افزایش یافت. زئولیت تلفات کودهای شیمیایی علی‌الخصوص پتاسه را کاهش و عملکرد را افزایش داد. محاسبات اقتصادی براساس هزینه‌های مصرف کود و درآمدهای حاصل از فروش دانه و کاه سال ۱۳۹۱ نشان داد که مصرف زئولیت موجب افزایش بهره‌وری اقتصادی تولید دانه و کود شد. چون برخلاف نیتروژن، کودهای شیمیایی پتاسیم در خاک متحرک نیستند باید قبل از کشت با خاک در عمق شخم مخلوط شوند. پتاسیم در خاک های حاوی رس ایلیت با سطح ویژه بالا، مانند خاک‌های استان گلستان بسرعت غیر قابل استفاده می‌شود. در نتیجه در زمان خوشه‌دهی گندم، که اوج مصرف عناصر غذایی است نمی‌توان آن‌ها را با خاک مخلوط کرد و درنتیجه به‌دلیل عدم جذب کافی پتاسیم، عملکرد کاهش می‌یابد. پتاسیم موجود در زئولیت به‌کندی آزاد می‌شود و می‌تواند نیاز گیاه را در طول فصل رشد در هر زمانی تأمین کند. زئولیت موجب افزایش تولید و درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید. مصرف ۲۰۰

کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم به‌همراه زئولیت از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و موجب افزایش درآمد دانه و کاه، درآمد خالص و اضافه درآمد نسبت به شاهد برای سال اول تا سوم گردید. با توجه به دوام زئولیت در خاک برای مدت طولانی، بهره‌وری اقتصادی مصرف زئولیت با گذشت زمان طی سال‌های متمادی افزایش می‌یابد. کاربرد زئولیت یک سرمایه‌گذاری طولانی مدت محسوب می‌شود و حتی مصرف آن در سال اول هم مقرون به‌صرفه است.

هزینه مصرف زئولیت با گذشت زمان و طی سال‌های متمادی بیشتر مستهلک می‌شود (مثلاً دوره‌های ۲۰ ساله یا بیشتر) و صرفه اقتصادی کاربرد آن با افزایش سنوات افزایش می‌یابد. اگرچه کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار سولفات پتاسیم و دی سیانو دی آمید هم موجب افزایش تولید دانه و کاه گردید، اما قیمت بالای دی سیانو دی آمید موجب درآمد خالص کمتر و منفی شدن اضافه درآمد نسبت به شاهد گردید.

منابع

1.Ali-Ahyai, M. 1997. Methods of chemical analysis of soil. Volume II, Issue 1024, Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Persian)

2.Ashrafi, M., Karbasi, A., and Ziai, A. 2003. Research of the factors grape production in Khorasan province. Colloction of articles fifth Conference of the agriculture economic of Iran, Zahedan university.

3.Bailey, E. 2008. Dissolution kinetics of clinoptilolite and heulandite in alkaline conditions. Biosci. horizons, 1: 38-43.

4.Cox, A.E., Joern, B.C., and Roth, C.B. 1996. Non-exchangeable ammonium and potassium determination in soils with modified sodium tetraphenylboron method. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 114-120.

5.Dashti, Gh., and Rashid ghalam, M. 2009. Measurement and analysis of efficiency technical and effective factors on it (study field of wheat in Arsbaran area). Articles collection of the second conference arsbaran area.

6.Emami, A. 1996. Methods of Analyze Plant. Institution of the Soil and Water Researcher, Organization Researcher and Training Sgriculture, Sgriculture Ministry., 128p.

7.Faeznia, F. 2004. Effect of composting organic matter (mulch and soil), zeolite and Leca on soil fertility and crop growth. Master's thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

8.Ghasemian, S.D., Darijani, S., Hosseini, S.S., and BinazirMakou, S.A. 2011. Effects of removing subsidies on energy carriers (transport fuels) on the chemical fertilizers, herbicides and insecticides costs and their consequences on soil aggregate stability (Case study; wheat). CD; First Regional Conference on Agricultural and Natural Resources Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

9.Golestan Annual Statistics. 2011. Iran Statistics Center. (In Persian)

10.Gul, A., Erogul, D., and Ongun, A. 2005. Comparison of the use of zeolite and perlite as substrate for crisp-head lettuce. Sci. Hortic-Amsterdam, 4: 464–471.

11.Hamidpor, M., Fathi, S., and Rosta, H.R. 2013. The effect of zeolite and vermicompost on growth characteristics and some concentrations of petunia. J. Sci. Technol. Greenhouse culti., 13: 95-102. (In Persian)

12.Hazhir kiani, K. 1999. Research and determination value of economic optimization use of inputs in wheat cultivation. J. Dev. Agric. Eco., 26: 7-40.

13.Hosseini, M., Movahedi Naeini, S.A.R., Shamsabadi, H.A., Darijani, A., and Kheiri Nataj Firozjahi, M. 2015. Economic Evaluation of Rain-fed Wheat Yield in Gorgan (Iran) after Different Tillage Methods. J. Agric. Mecha., 1: 13-24. (In Persian)

14.Hosseini, M., MovahediNaeini, S.A.R., Dehghani, A.A., and Khaledian, Y. 2016. Estimation of soil mechanical resistance parameter by using particle swarm optimization, genetic algorithm and multiple regression methods. Soil Till. Res. 157: 32-42.
15.Khaledian, Y., Kiani, F., and Ebrahimi, S. 2012. The effect of land use change on soil and water quality in northern Iran. J. Mountain Sci., 6: 798-816.
16.Nalbandy aghdam, L., Dashti, Gh., and Ajali, J. 2013. Evaluation of consummation match economic of factors of wheat production in small and large field Ahar city. J. Agric. Sci. Stable Prod., 2: 85-97.
17.Olsen, S.R. 1982. Phosphorous. In A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis (Pp: 403-430). Madison: Soil Scienty of America.
18.Page, A.L., and Miller, R.H. 1982. Method of Soil Analysis. Part 2, chemical and microbiological properties, Second Edition, No. 9.
19.Sebti, M., MovahediNaeini, S.A.R., Ghorbani, N.R., Roshani, G.A., and Movahedi, M. 2009. Suitable soil potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and vermicompost on rainfed wheat tissue potassium concentration and uptake. J. Plant Prod., 16: 59-75. (In Persian)
20.Talebizadeh, E. 2009. The effect of calcium, ammonium and potassium based phosphorous fertilizers on potassium uptake by rain-fed winter wheat in a potassium fixing loess soil with a dominance of weathered mica in clay fraction. M.Sc. thesis. Soil Science Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan. Iran. (In Persian)
21.Vafakhah, M. 2011. The effect of calcium bearing amendments on root zone potassium release and wheat uptake in soil dominated by illite in clay fraction and high specific surface. M.Sc. thesis, Soil Science Department. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Gorgan. Iran. (In Persian)
22.Yousefi, M., Movahedi Naeini, S.A.R., and Shamsabadi, H.A. 2017. The feasibility of Potassium excess using in absorbable Potassium determine in some dryland wheat fields in Golestan province. J. Plant Prod., 2: 53-72. (In Persian)