Evaluation of Full Factorial, Taguchi and Central Composite Design Methods in Reducing Nitrate Leaching from Soil under Zeolite Treatment

Zeynab Hamid [1], Amir Soltani Mohammadi *[2], Mohsen Ahmadee [3]

[1] – PhD student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, zeynabhamid9823@gmail.com

[2]* – Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, a.soltani@scu.ac.ir & a_soltani60@yahoo.com (Corresponding Author)

[3]– PhD of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: m.ahmadee@ymail.com

10.22125/IWE.2021.272138.1484

Received: February.6.2021
Accepted: June.21.2021
Available online: ?????

Keywords:
Zeolite, Statistical plans, Maintenance, Nitrate.

Abstract

Use of nitrate fertilizer to increase crop yield is a method used by many farmers. Once this ion enters the soil, it is converted to nitrate and easily leached. Using zeolite is one of the methods to prevent nitrate leaching has received much attention today; however, determining the exact amount of nitrate fertilizer when using zeolite is very important. Performing experiments in a classic way and taking into account the effect of all factors (factorial design) needs time and cost in performing experiments. For this reason, old research methods should be replaced by simple and standard methods such as Taguchi and central composite design. For this purpose, this study was conducted in a completely randomized as factorial design. Treatments consisted of zeolite (at three amount; zero, 2 and 6%) and nitrate application (at three levels; zero, 200 and 400 mg nitrate per kg of soil) with three replications. Taguchi and central composite designs were considered with 9 and 13 experiments, respectively. The results of complete factorial method showed that the amount of zeolite had a significant effect on nitrate leaching; however, nitrate fertilizer had no effect on nitrate leaching. According to Taguchi results, both zeolite and nitrate fertilizer were very important on nitrate leaching reduction from soil. Based on prioritizing the effect in the central composite design, it was observed that zeolite was the most important factor in reducing nitrate leaching. Based on the results, the application of 2% zeolite was the beginning of the effect of zeolite on nitrate leaching. Therefore, it can be expected that in amounts between 2 to 6% zeolite, a significant reduction in nitrate leaching occurs.

1. Introduction

The use of nitrate fertilizer to increase crop yield is a method used by many farmers. Once this ion enters the soil, it is converted to nitrate and easily leached (Waddell and et al., 2000). The use of zeolite is one of the methods to prevent nitrate leaching that has received much attention today (Polat and et al., 2004). Determination appropriate amount of nitrate fertilizer when using zeolite is very important. Conducting experiments in a classic way and taking into account the effect of all factors (factorial design) will cause time and money in conducting experiments. For this reason, old research methods should be replaced by simple and standard methods such as Taguchi and the central composite design.

2. Materials and Methods

Treatments used in this study, the amount of zeolite in three levels (Z0, Z1 and Z2 represent zero, 2 and 6% by weight, respectively), urea fertilizer in three levels (F0, F1 and F2, respectively, indicate the levels of nitrate fertilizer application Ammonium (zero, 200 and 400 mg / kg soil) were applied in three replications. The studied soil was prepared for experiment. The zeolite was mixed with the soil at the desired levels. The soil and fertilizer mixture (wet soil at field capacity) was poured into plastic containers for each treatment and stored in isolation for one week. After one week, each treatment was poured into cylinders with a diameter of 100 and a height of 250 mm. Before embedding the soil-fertilizer mixture (mud created), the bottom of the cylinders was perforated and filter paper was placed. Also, sand with a diameter of 1 to 5 cm and a height of 3 cm was poured on the bottom of each cylinder. Distilled water was used to wash the nitrate. The duration of the experiment was considered according to the collected effluent at the end of each cylinder. Drainage rate of 250 ml for each cylinder was the end of the experiment.

3. Results

The results of complete factorial method showed that the amount of zeolite had a significant effect on nitrate leaching. However nitrate fertilizer had no effect on nitrate leaching. According to Taguchi model, both zeolite factor and nitrate fertilizer amount were effective on nitrate leaching from soil. Based on prioritizing the effect in the central composite design method, it was observed that zeolite was the most important factor in reducing nitrate leaching. Based on the results of the three methods used, the application of 2% zeolite was the beginning of the effect of zeolite on nitrate leaching. Therefore, it can be expected that in amounts between 2 to 6% zeolite, a significant reduction in nitrate leaching occurs.

4. Discussion and Conclusion

The analysis of variance showed that the amount of zeolite on nitrate had a significant effect at the level of 5%. However, nitrogen fertilizer had no effect on the parameter. The interaction effect of zeolite content and nitrogen fertilizer on nitrate content had a significant effect at 5% level. With increasing application of zeolite in soil, the amount of nitrate in the drain decreased. This decrease was significant so that the difference between Z2 and Z0 treatments became significant. The rate of nitrate reduction in Z2 treatment compared to Z1 and Z0 treatments was 109 and 118%, respectively. The reason for this decrease can be attributed to the properties of zeolite. The amount of nitrogen fertilizer used had no significant effect on effluent nitrate. In F1 treatment, the amount of nitrate in the effluent was the lowest among other treatments. The amount of nitrate in this treatment compared to F0 and F2 treatments decreased by 72 and 74%, respectively.

According to Taguchi results, treatment of zeolite at the level of 6% with nitrate fertilizer at the level of 200 mg had the best results. The worst nitrate leaching conditions were obtained for treatment without zeolite and consumption of 400 mg / l nitrate fertilizer. Among the treatments without zeolite, the amount of S / N was more negative with increasing nitrate fertilizer application. As a result, nitrate leaching increased. No regular results were observed for the other two zeolite treatments

5. Six important references

1. Jeyapaul, R., Shahabudeen, P. and Krishnaiah, K. 2005. Quality management research by considering multi-response problems in the Taguchi method – a review. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 26 (11–12), 1331–1337.

2. Li, Z. 2002. Use of surfactant –modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. Microporous and Mesoporous Material, 61: 181-188.

3. Obeng, D. P., Morrell, S. and Napier, T. J. N. 2005. Application of central composite rotatable design to modeling the effect of some operating variables on the performance of the three-product cyclone. International Journal of Mineral Processing, 769, 181–192.

4. Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12:183-189.

5. Waddell, J. T., Gupta, S. C., Moncrief, J. F., Rosen, C. J. and Steele, D. D. 2000. Irrigation and nitrogen management impacts on nitrate leaching under potato. Journal Environmental Quality, 29: 251-261

6. Zwingmann, N., Singh, B., Mackinnon, I. and Gilkes, R. 2009. Zeolite from alkali modified kaolin increases NH4+ retention by sandy soil: Column experiments. Applied Clay Science, 46: 7–12.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to .....

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره چهل و نه . پاییز۱۴۰۱

ارزیابی روش‌های فاکتوریل کامل، تاگوچی و طرح مربع مرکزی در کاهش آبشویی نیترات از خاک تحت تیمار زئولیت

زینب حمید[۱]. امیر سلطانی محمدی[۲*] . محسن احمدی[۳]

تاریخ ارسال :۱۳۹۹/۱۱/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۰۳/۳۱

مقاله پژوهشی

چکیده

استفاده از کود نیتراته به منظور افزایش عملکرد گیاهان روشی است که توسط بسیاری از کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از ورود این یون به خاک، به نیترات تبدیل شده و به سهولت آبشویی می‌گردد. استفاده از زئولیت یکی از روش‌های جلوگیری از آبشویی نیترات است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود تعیین مقدار کود نیتراته مناسب در زمان استفاده از زئولیت بسیار حائز اهمیت است. انجام آزمایش به صورت کلاسیک و با در نظر گرفتن اثر همه عوامل (طرح فاکتوریل) سبب صرف وقت و هزینه در انجام آزمایش‌ها می‌شود. به همین دلیل می‌بایست روش‌های تحقیقاتی قدیمی با روش‌های ساده و استاندارد مانند تاگوچی و طرح مربع مرکزی جایگزین شوند. بدین منظور این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل با تیمارهای مقدار زئولیت (در سطوح صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی) و سطوح کاربرد نیترات (برابر با صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک) با سه تکرار انجام شد. دو روش تاگوچی و طرح مربع مرکزی نیز به ترتیب با ۹ و ۱۳ آزمایش در کنار روش فاکتوریل کامل در نظر گرفته شدند. نتایج روش فاکتوریل کامل نشان داد که مقدار زئولیت بر آبشویی نیترات اثر معنی‌داری داشت؛ گرچه کود نیترات اثری بر آبشویی نیترات نداشت. از نظر مدل تاگوچی، هر دو عامل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات از خاک تأثیرگذار بودند. براساس اولویت‌گذاری اثرگذاری در روش طرح مربع مرکزی، مشاهده شد که زئولیت مهم‌ترین عامل کاهش آبشویی نیترات بود. براساس نتایج سه روش مورد استفاده، کاربرد ۲ درصد زئولیت شروع اثرگذاری زئولیت بر آبشویی نیترات بود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در مقادیر بین ۲ تا ۶ درصد زئولیت، کاهش معنی‌داری در کاهش آبشویی نیترات رخ دهد.

واژه‌های کلیدی: زئولیت، طرح های آماری، نگهداشت، نیترات.

[۱] – دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، zeynabhamid9823@gmail.com
۲- دانشیار آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، a.soltani@scu.ac.ir و a_soltani60@yahoo.com (نویسنده مسئول)
۳- دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران، m.ahmadee@ymail.com

مقدمه

استفاده از کودهای نیتراته به منظور افزایش عملکرد گیاهان روشی است که توسط بسیاری از کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از ورود این یون به خاک، به یون نیترات تبدیل شده و به سهولت آبشویی می‌گردد (Waddell and et al., 2000). آبشویی نیترات سبب خارج شدن کود از دسترس گیاهان شده و باعث آلوده شدن منابع آب سطحی و زیرزمینی می‌گردد. استفاده از زئولیت یکی از روش‌های جلوگیری از آبشویی نیترات است که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Polat and et al., 2004). زئولیت‌ها کانی‌های طبیعی هستند که به وفور در معادن کشور یافت می‌شوند. با توجه به اهمیت این کانی، تحقیقات متعددی روی آن انجام شده است (Zwingmann and et al.,2009؛ Li ؛ Li., 2002 Celik ؛ Wang and et al., 2007 and et al., 2004 et al., 2001). همچنین مطالعات متعددی به منظور تعیین کاهش آبشویی نیترات با استفاده از زئولیت انجام شده است (Zwingmann and et al.,2009؛ Li., 2002؛ Li and et al., 2003؛ Wang and et al., 2007؛ Celik et al., 2001). این تحقیقات با استفاده از روش‌های آزمایش کامل (فاکتوریل) انجام شده‌اند.

در همه‌ی این تحقیقات برای تجزیه و تحلیل نتایج از روش‌های طرح‌های آزمایشات استفاده شده و کلیه عوامل مورد نظر مورد بررسی قرار گرفته است. در نظر گرفتن اثر همه عوامل (طرح فاکتوریل) سبب صرف وقت و هزینه در انجام آزمایش‌ها می‌شود، به همین دلیل می‌بایست روش‌های تحقیقاتی قدیمی با روش‌های ساده و استاندارد جایگزین شود (Zhang and et al., 1990). روش‌های تاگوچی (Taguchi., 1990) و طرح مربع مرکزی (Box and Wilson., 1951؛ Box and Hunter.,1957) از جمله این روش‌ها به شمار می‌روند. روش تاگوچی از آرایه‌های متعامد برای طراحی اثر عوامل مختلف استفاده می‌کند (Ranjit.,1990). آرایه متعامد یک فاکتوریل جزئی است که مقایسه موزون تمام عوامل یا اثرات متقابل را تضمین می‌کند. در این روش برای تحلیل نتایج و بررسی تأثیر هر یک از عوامل بر تابع هدف، از تحلیل واریانس استفاده می‌شود. طرح مربع مرکزی نیز یک روش جایگزین طرح فاکتوریل به شمار می‌رود که امکان استخراج اطلاعات در مقابل تعداد تیمار کمتر از جمله مزایای آن به شمار می‌رود (Obeng and et al., 2005؛ Aslan., 2007).

در واقع روش تاگوچی در ابتدا برای بهبود کیفیت محصولات کارخانجات استفاده شد (Taguchi.,1990؛ و جیاپول و همکاران، ۲۰۰۵). اما امروزه در بسیاری از علوم رواج یافته است (صادقی و همکاران، ۲۰۱۲). به عنوان مثال، Tan and et al., 2005 در بررسی نسبت بهینه بنتونیت، دوده سیلیس و آب برای بهبود خاصیت شیره‌دهی سیمان از این روش استفاده کردند؛ نتایج تجربی نشان داد که مؤثرترین ماده (W/S)، ٪۴۰-۴۰-۳۰ و ۰-۵-۱۰-۲۰٪ استفاده شد.آزمایشات برای سه نسبت آب/ جامد وجود ندارد. وضعیت FAکاهش می یابد، در حالی که تفاوت قابل توجهی با افزایش B وSF است. Chaulia and Das., 2008 برای بهینه‌سازی ویژگی‌های مخلوط خاکستر بادی از این روش استفاده کردند؛ نتایج نشان داد، نسبت آب به چسب و گرد و غبار سنگ نقش بسزایی در مقاومت فشاری آجر دارد. بعلاوه ، برآورد مقادیر بهینه پارامترهای فرآیند مربوط به نسبت آب، چسبنده ۰/۴ ، خاکستر بادی ۳۹٪ ، شن و ماسه درشت ٪۲۴ و گرد و غبار سنگ ۳۰٪ است. نتیجه آزمایش تأییدی به دست آمده برای شرایط مطلوب ۱۶۰/۱۷ کیلوگرم در سانتی متر است از سایر تحقیقات انجام شده می‌توان به مطالعات Zhang and et al., 1990 و ., Pandey and Panda 2015 اشاره کرد.

طرح مربع مرکزی نیز تاکنون توسط محققان بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است و در سال‌های اخیر نیز مورد توجه محققان داخل کشور در علوم کشاورزی بوده است. کوچکی و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از طرح مربع مرکزی به بهینه‌سازی آب، کود نیتروژن و تراکم در کشت کلزا پرداختند. در این تحقیق، تیمارهای آب در دو سطح پایین و بالا (۱۵۰۰ و ۴۰۰۰ متر مکعب)، نیتروژن در دو سطح پایین و بالا (صفر و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) و تراکم کلزا در دو سطح پایین و بالا (۵۰ و ۱۵۰ بوته در

متر مربع) بررسی شدند. منصوری و همکاران (۱۳۹۳) مدیریت کوددهی نیتروژن، آبیاری و تراکم کاشت در گیاه دارویی موسیر ایرانی را با استفاده از طرح مربع مرکزی بررسی کردند. فاکتورهای مورد بررسی توسط این محققان شامل کود نیتروژن (در دو سطح ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار)، آبیاری (۱۵۰۰ و ۳۵۰۰ مترمکعب) و تراکم (۱۰ و ۱۸ بوته در متر مربع) بود. نصیری محلاتی و همکاران (۱۳۹۴) نیز از این روش برای تعیین مناسب‌ترین تراکم و وزن بنه زعفران استفاده کردند. این محققان تیمارهای وزن بنه را در دو سطح کوچک (کمتر از ۴ گرم) و بزرگ (بین ۴ تا ۸ گرم) و تیمار تراکم را در دو سطح کم‌تراکم (۵۰ بنه در متر مربع) و پرتراکم (۲۵۰ بنه در متر مربع) فرض کردند. در تحقیقی دیگر، کوچکی و همکاران (۱۳۹۶) به بهینه‌سازی تراکم بوته و نیتروژن در زراعت ذرت با استفاده از طرح مربع مرکزی پرداختند. این محققان نیز سطوح بالا و پایین تراکم (به ترتیب ۱۰ و ۷ بوته در متر مربع) و سطوح بالا و پایین نیتروژن (به ترتیب ۳۰۰ و صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار) را به عنوان فاکتورهای مورد بررسی انتخاب کردند. (Awty and etal,2020)؛ در تحقیقی، به بررسی جوانه زنی میسکانتوس ، چهار هورمون به علاوه تنش آبی بررسی شد و دامنه ای که این عوامل بر جوانه زنی تأثیر می گذارند پرداختند.در این تحقیق از یک طرح آزمایشی کارآمد تاگوچی برای ارزیابی پنج عامل در ترکیب با اثرات آغازین نور و بذر استفاده شد. نتایج نشان داد که چگونه استرس محیطی بر جوانه زنی تأثیر می گذارد و چگونه می توان از درمان هایی مانند اسید جیبرلیک برای کاهش استرس استفاده کرد؛ همچنین با بررسی شرایط مطلوب هنگام تعیین ضریب تنش آب به عنوان "زیاد" ، حداکثر OEC را از ۸۵ به ۷۰ کاهش داد. این کاهش نشان می دهد که وجود تنش زیاد آب با ترکیب صحیح عوامل، تنش آبی در نهال ها به عنوان بزرگترین عامل ممکن است مؤثر باشد. هنگام رفع تنش آبی ، می توان دریافت که درمان GA از اهمیت بیشتری برخوردار است. (Dounane and Trouzine,2020)، در تحقیقی به بررسی اثرات و فعل و انفعالات محتوای رس و فاکتورهای شاخص انعطاف پذیری بر پتانسیل تورم و برآورد فشار پرداختند. تجزیه و تحلیل با استفاده از آرایه متعامد Taguchi L9 (32) انجام شد ، و ANN برای تکمیل طرح استفاده شد. نتایج نشان داد که ادغام روش تاگوچی و رویکرد شبکه (ANN) در پیش بینی تورم خاک و همچنین تعیین اثرات و شرایط بهینه پارامترهای مختلف بسیار کارآمد و دقیق است. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) از روش یکپارچه پیشنهادی نشان داد که اهمیت شاخص انعطاف پذیری به ترتیب برای برآورد پتانسیل تورم و فشار تورم در حدود ۹۱/۶۶٪ و ۹۵/۷۷٪ است.

انجام آزمایش برای تعیین مقادیر مناسب زئولیت در کاهش آبشویی نیترات عمدتاً هزینه‌بر و زمان‌بر است. به همین دلیل استفاده از روش‌های تاگوچی و طرح مربع مرکزی می‌تواند این مشکل را حل کنند. با توجه به این موضوع، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی این دو روش نسبت به طرح فاکتوریل انجام شد.

مواد و روش‌ها

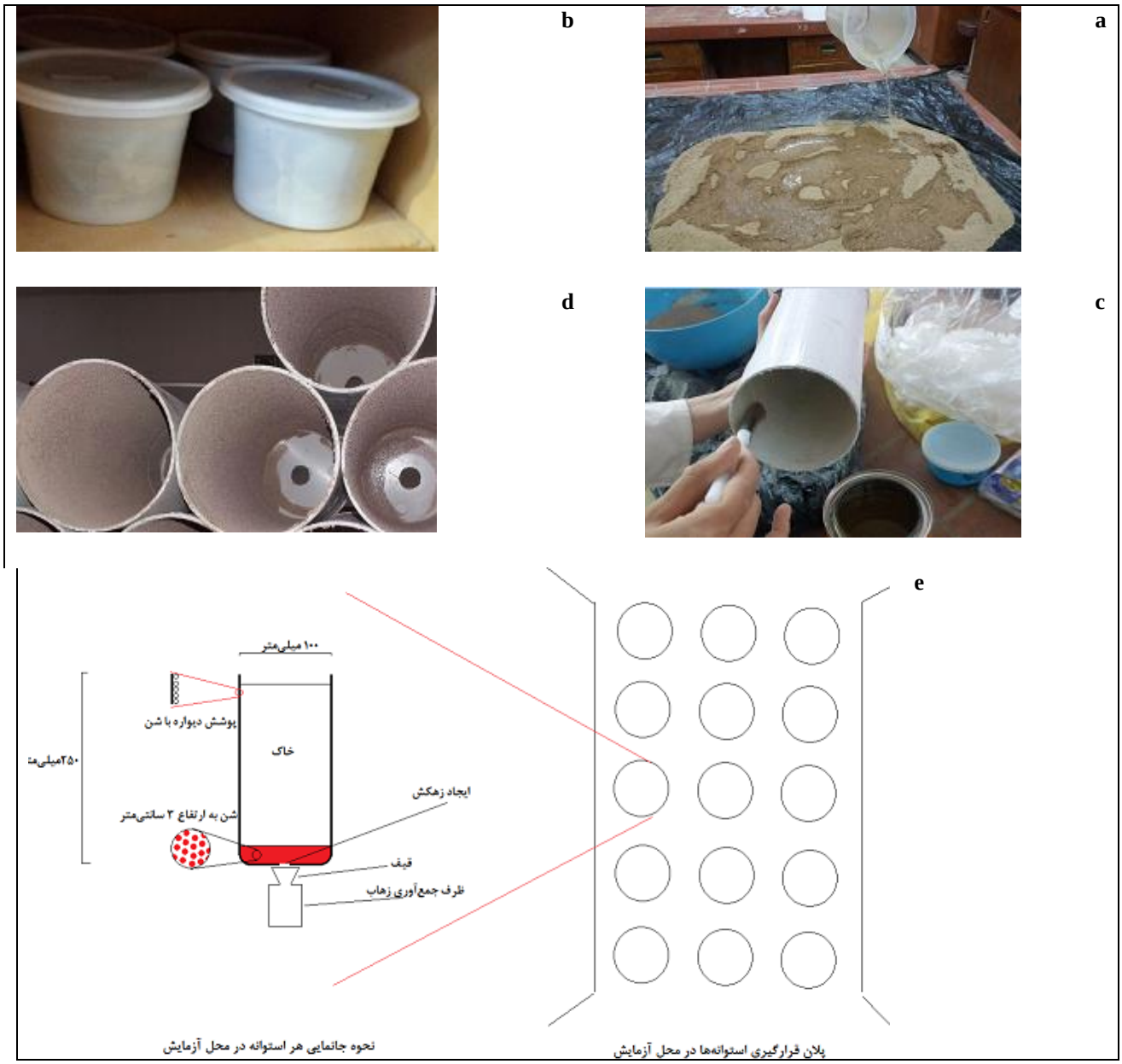
به منظور بررسی طرح‌های فاکتوریل کامل با دو طرح تاگوچی و مربع مرکزی، داده‌های مرتبط با آبشویی نیترات از خاک تحت تیمار زئولیت جمع‌آوری شدند. بدین منظور تحقیقی در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل انجام شد.

تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق، مقدار زئولیت در سه سطح (Z0، Z1 و Z2 به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی)، کود اوره در سه سطح (F0، F1 و F2 به ترتیب نشان دهنده سطوح مصرف کود نیترات آمونیوم برابر با صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک) بودند که در سه تکرار اجرا شدند. تیمارهای کودی بر اساس نیاز عرف منطقه، نیاز گیاهان زراعی و تجربه محققان در این خصوص انتخاب شدند ابتدا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شدند (جدول ۱).

جدول (۱): خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	جرم ویژه ظاهری ($g.cm^{-3}$)	شوری خاک ($\mu mhos.cm^{-1}$)	رطوبت حجمی خاک (درصد)		
			FC	PWP	FC-PWP
لوم	۱/۵۹	۲۶۳۰	۲۸/۳۰	۱۳/۱۲	۱۵/۱۸

سپس خاک مورد مطالعه توسط الک شماره ۲ برای آزمایش آماده شد. این کار جهت خارج کردن ذرات با قطر بالا در خاک انجام شد. سپس زئولیت در سطوح مورد نظر با خاک آزمایش مخلوط شد. به منظور اعمال تیمارهای کودی، غلظت مورد نظر برای هر تیمار توسط آب مقطر تهیه شده و به مرور به خاک آزمایش اضافه شد. آبیاری یک بار و به صورت ممتد انجام شد. نمونه های خاک به مدت یک هفته در رطوبت FC نگهداری شدند. سپس بر اسا شکل (۱)، آبیاری به صورت قطره قطره انجام شد تا زهاب از استوانه ها به مرور خارج شود؛میزان آب مورد استفاده برای تهیه غلظت کود براساس رطوبت ظرفیت زراعی خاک آزمایش در نظر گرفته شد. در حین اضافه شدن کود به خاک، مدام با دستکش خاک را با محلول حاوی نیترات مخلوط کرده تا از جاری شدن آب جلوگیری شده و تمام خاک با کود مورد نظر مخلوط شود. مخلوط خاک و کود (گل در حد ظرفیت زراعی) برای هر تیمار در ظروف پلاستیکی ریخته شده و به صورت ایزوله به مدت یک هفته نگهداری شدند. این کار به منظور ترکیب زئولیت و خاک به صورت کامل و ایزوله کردن آن برای جلوگیری از تبخیر آب از مخلوط تهیه شده بود. پس از یک هفته هر تیمار در استوانه‌هایی به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۵۰ میلی‌متر به آرامی، و بدون ایجاد فشردگی در خاک، به صورت یکپارچه ریخته شد. پیش از تعبیه مخلوط خاک و کود (گل ایجاد شده)، کف استوانه‌ها سوراخ شده و کاغذ صافی قرار داده شد. همچنین در کف هر استوانه شن به قطر ۱ تا ۵ سانتی‌متر به ارتفاع ۳ سانتی‌متر ریخته شد تا از خروج خاک جلوگیری شود. سطح درونی استوانه‌ها توسط شن ریز پوشش داده داده شد تا میزان جریان ترجیحی نیز به حداقل ممکن کاهش داده شود. روند انجام آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. به منظور انجام آبشویی نیترات، از آب مقطر استفاده شد. جریان آب ورودی به هر استوانه به صورتی بود که ایجاد آبشستگی نکند و جریان از کناره‌های استوانه حرکت ننماید. مدت زمان آزمایش با توجه به زهاب جمع‌آوری شده در انتهای هر استوانه در نظر گرفته شد. میزان زهاب ۲۵۰ میلی‌لیتر برای هر استوانه به منزله اتمام آزمایش بود. مبنای میزان زه آب بر اساس میزان اندازه استوانه و آبشویی از آن ها (بر اساس زمان و مقدار آبیاری) بود. زهاب خروجی از کف هر استوانه توسط ظروف مدرج جمع‌آوری و بلافاصله به محفظه‌های با دمای پایین انتقال داده شدند؛ انجام این کار به دلیل افزایش دقت آزمایش بوده است؛ زیرا برای اندازه گیری نیترات، باید بلافاصله آن را اندازه گیری کرد در غیر اینصورت باید در دمای پایین نگهداری شده و پس از جمع آوری کلیه نمونه ها، اندازه گیری را انجام داد. پس از اتمام آزمایش، غلظت نیترات کلیه نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد.



شکل (۱): مراحل انجام کار؛ مخلوط کردن خاک با آب حاوی کود اوره (a)، نگهداری خاک (b)، چسب‌کاری دیواره لوله‌ها (c)، آماده‌سازی جداره لوله‌ها (d) و شماتیک طرح آزمایش (e)

پس از جمع‌آوری داده‌ها، طرح آزمایشات مبنی بر روش تاگوچی تهیه و از داده‌های به دست آمده از آزمایش در این طرح استفاده شد. بدین منظور نرم‌افزار Minitab مورد استفاده قرار گرفت. در روش تاگوچی، سطوح عوامل موثر بر تابع هدف به گونه‌ای انتخاب شد که تأثیر عوامل غیرقابل کنترل بر تابع هدف خنثی شود (Aslan., 2008). در این روش به بررسی نسبت سیگنال (S) به اغتشاش (N) پرداخته می‌شود. معادله مربوط به این روش در رابطه (۱) نشان داده شده است (Taguchi., 1990):

$$\frac{S}{N} = -10Log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2\right) \qquad (۱)$$

در این رابطه، n: تعداد تکرارهای هر آزمایش و y_i: مقادیر اندازه‌گیری شده است. نسبت S/N: نشان دهنده‌ی حساسیت مشخصه‌ی مورد بررسی به فاکتورهای خارجی

اثرگذار و غیرقابل کنترل در یک فرایند کنترل شده می‌باشد. در روش تاگوچی نسبت S/N به سه صورت بیشتر-بهتر (HTB)، نرمال-بهتر (NTB) و کمتر-بهتر (LTB) معرفی می‌شود (Zhang and et al., 1990؛ و Atil and Unver.,2000) و در هر آزمایش، برای ایجاد بهترین شرایط می‌بایست به بزرگترین مقدار برای S/N دست یافت (افراسیابی و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به اینکه در بررسی آبشویی نیترات از خاک، ملاک کاهش آن است؛ بنابراین از گزینه‌ی کمتر-بهتر (LTB) استفاده می‌شود (Zhang and et al., 1990؛ Atil and Unver.,2000). سپس طرح مربع مرکزی نیز با استفاده از نرم‌افزار Minitab طراحی شد و نتایج مربوطه مورد استفاده قرار گرفت. تعداد تیمارهای طراحی شده در روش مربع مرکزی از رابطه (۲) تبعیت می‌کنند (Box and Hunter.,1957؛ Aslan., 2007):

$$2^k + 2K + r \qquad (۲)$$

که در این رابطه، K: نشان دهنده‌ی تعداد فاکتورهای مورد استفاده و r: تعداد تکرار برای نقطه مرکزی می‌باشد.

نتایج و بحث

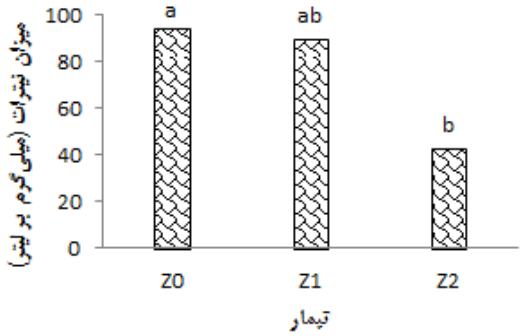
نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که مقدار زئولیت بر نیترات اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۲). با این وجود کود نیتروژن اثری بر پارامتر مورد بررسی نداشت. اثر متقابل مقدار زئولیت و کود نیتروژن بر مقدار نیترات اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشت.

جدول (۲): تجزیه واریانس اثر مقدار کود نیتروژنه و زئولیت بر آبشویی نیترات (میانگین مربعات)

پارامتر	درجه آزادی	مقدار نیترات زهاب (N)
مقدار زئولیت (Z)	۲	۷۴۳۳/۳*
کود نیتروژن (F)	۲	۴۱۷۵/۱^{ns}
مقدار زئولیت (Z)× کود نیتروژن (F)	۴	۱۶۸۱۶/۴*
خطا	۲۷	۲۹۲۵۵/۸

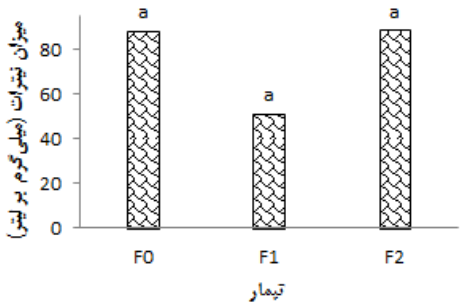
* و ns: به ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح ۵ درصد و عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین اثر زئولیت بر میزان نیترات خروجی از ستون‌های مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است. براساس این نتایج، با افزایش کاربرد زئولیت در خاک، میزان نیترات در زهاب کاهش یافت ($P< 0.05$) این کاهش به صورتی بود که تفاوت بین دو تیمار Z2 و Z0 معنی‌دار شد. میزان کاهش نیترات در تیمار Z2 نسبت به دو تیمار Z1 و Z0 به ترتیب ۱۰۹ و ۱۱۸ درصد بود. علت این کاهش را می‌توان به دلیل خصوصیات زئولیت دانست. زئولیت با کاهش هدایت هیدرولیکی خاک سبب کاهش حرکت آب در خاک می‌گردد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). به همین دلیل نیترات با سرعت کمتری از خاک خارج می‌شود. همچنین، زئولیت به دلیل وجود حفرات ریز درون ساختار خود، قادر است بسیاری از یون‌ها را به سه طریق جذب کاتیونی، جذب فیزیکی و تله‌اندازی جذب کند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). اینکه کدام یک از سه طریق نامبرده در جذب نیترات قدرت بیشتری دارد معلوم نیست؛ لیکن واکنش هر سه روش نامبرده سبب کاهش آبشویی نیترات در این تحقیق شد($P< 0.05$). (Dounane and Trouzine,2020)، در تحقیقی به بررسی اثرات و فعل و انفعالات محتوای رس و فاکتورهای شاخص انعطاف پذیری بر پتانسیل تورم و برآورد فشار پرداختند. تجزیه و تحلیل با استفاده از آرایه متعامد Taguchi L_9 (32) انجام شد ، و ANN برای تکمیل طرح استفاده شد. نتایج نشان داد که ادغام روش تاگوچی و رویکرد شبکه (ANN) در پیش بینی تورم خاک و همچنین تعیین اثرات و شرایط بهینه پارامترهای مختلف بسیار کارآمد و دقیق است. تجزیه و تحلیل واریانس (ANOVA) از روش یکپارچه پیشنهادی نشان داد که اهمیت شاخص انعطاف پذیری به ترتیب برای برآورد پتانسیل تورم و فشار تورم در حدود ۹۱/۶۶٪ و ۹۵/۷۷٪ است.

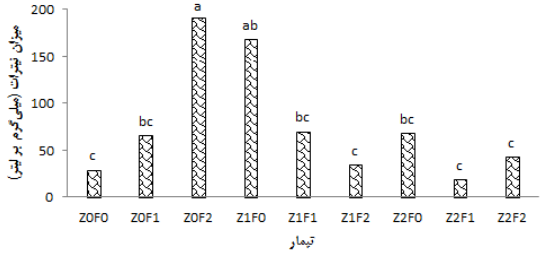


شکل (۲): اثر مقدار زئولیت مورد استفاده بر میزان نیترات زهاب (Z0، Z1 و Z2 به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد زئولیت است).

مقدار کود نیتروژنه مورد استفاده بر نیترات زهاب اثر معنی‌داری نداشت (شکل ۳). در تیمار F1 میزان نیترات در زهاب در پایین‌ترین حد بین سایر تیمارها مشاهده شد. مقدار نیترات در این تیمار نسبت به دو تیمار F0 و F2 به ترتیب ۷۲ و ۷۴ درصد کاهش یافت ($P< 0.05$). برای توجیه این نتایج، نیاز است اثرات متقابل کود و زئولیت را در شکل (۴) بررسی کرد. بر اساس نتایج نشان داده شده در این شکل، در تیمارهای بدون زئولیت (Z0)، با افزایش مقدار کود نیتروژن، میزان نیترات خروجی به صورت صعودی افزایش داشت ($P< 0.05$). به طوری که میزان نیترات در تیمار Z0F2 نسبت به دو تیمار Z0F0 و Z0F1 به ترتیب ۸۵ و ۶۵ درصد افزایش معنی‌دار داشت. بیشترین میزان نیترات زهاب نیز در تیمار Z0F2 مشاهده شد و نسبت به اکثر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. میزان نیترات در زهاب تیمار Z0F0 برابر با ۲۸/۵ میلی‌گرم بر لیتر بود. در این تیمار هیچگونه تیمار کودی استفاده نشد. همچنین زئولیتی برای به تله‌اندازی نیترات موجود در خاک استفاده نشد. بنابراین مقدار نیترات موجود در زهاب برابر مقداری است که توسط آب آبشویی از خاک خارج شده است. با افزایش کود مورد استفاده به ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (F1)، ۱۳۴/۳ میلی‌گرم بر لیتر از کود مصرفی در خاک نگهداشته شد و مابقی توسط زهاب از ستون خاک خارج شد. میزان نگهداشت کود نیتروژن در خاک در تیمار F1 نسبت به F0، ۳۷۱ درصد بیشتر بود. با کاربرد ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کود نیتروژن (F2)، میزان نگهداشت نیتروژن در خاک نسبت به تیمار F1 ۵۵ درصد افزایش یافت. به زبان ساده‌تر، اگر فرض شود میزان آبشویی نیترات از خاک در همه تیمارها برابر با مقدار آبشویی نیترات از تیمار F0 باشد؛ بنابراین میزان آبشویی کود نیتروژنه در تیمارهای F1 و F2 به ترتیب برابر با ۴۷ و ۵۴ درصد کود داده شده به ستون خاک است.



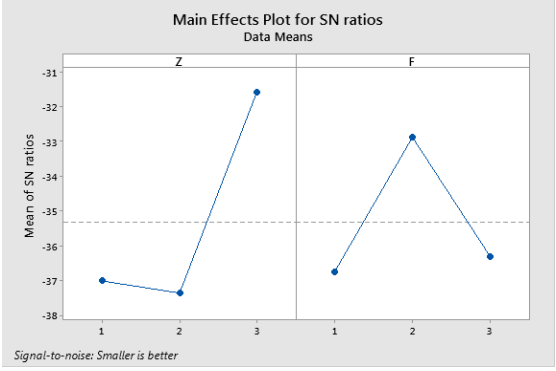
شکل (۳): اثر مقدار نیترات ورودی بر میزان نیترات زهاب (F0، F1 و F2 به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات است).



شکل (۴): اثر مقدار زئولیت مورد استفاده بر میزان نیترات زهاب (Z0، Z1 و Z2 به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد زئولیت و F0، F1 و F2 به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات است).

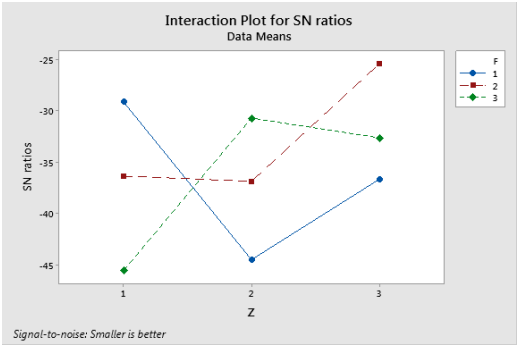
در تیمارهای حاوی دو درصد زئولیت (Z1)، بین دو تیمار Z1F1 و Z1F0 تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین بین دو تیمار Z1F1 و Z1F2 نیز تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بالا بودن میزان نیترات در زهاب برای تیمار Z2F0 نسبت به دو تیمار Z2F1 و Z2F2 نیز مشاهده شد. وجود نیترات بالا در دو تیمار Z1F0 و Z2F0 احتمالاً به دلیل وجود نیتروژن در خود زئولیت بود. مشابه این نتایج برای تیمار Z2F0 نیز مشاهده شد. به طوری که در این تیمار هیچگونه نیتروژنی مصرف نشده است ولی میزان نیترات زهاب در این تیمار نسبت به دو تیمار Z2F1 و Z2F2 بیشتر بود. در بین تیمارهایی که ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (F1) نیترات مصرف شده بود؛ میزان نیترات در زهاب تیمار Z2F1 کمتر از سایر تیمارها بود. با این وجود تفاوت آماری معنی‌داری بین هیچکدام از تیمارهای دارای میزان نیترات F1 مشاهده نشد. در بین تیمارهایی که ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات مصرف شده بود؛ میزان نیترات در دو تیمار Z1F2 و Z2F2 کمتر از Z0F2 بود به طوری که این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. با این وجود تفاوت آماری معنی‌داری بین دو تیمار Z1F2 و Z2F2 مشاهده نشد. این نتایج با توجه به شکل (۲) قابل توجیه است. همانطور که در بالا اشاره شد؛ افزایش مقدار زئولیت از ۲ درصد وزنی تا ۴ درصد وزنی از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در کاهش نیترات زهاب به وجود نیاورد. به همین دلیل نیاز است جهت انتخاب مقدار اقتصادی زئولیت، از تیمار Z1 (دو درصد زئولیت در خاک) استفاده شود. این مقدار برای زمانی است که ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات در آب آبیاری استفاده می‌شود. اگر میزان نیترات داده شده به خاک کمتر از مقدار فوق باشد؛ تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارها به وجود خواهد آمد.

براساس نتایج تاگوچی، استفاده از شش درصد وزنی زئولیت اثر مشخصی بر کاهش آبشویی نیترات داشت (شکل ۵). وجود شیب تند بین تیمارهای زئولیت نشان دهنده واکنش مدل تاگوچی به تغییرات ایجاد شده در زهاب بر اثر تغییر در مقدار زئولیت است. بنابراین می‌توان این عامل را به عنوان یک عامل موثر بر آبشویی نیترات به شمار آورد. شیب مشابه برای تیمارهای کودی مشاهده شد. در تیمارهای کودی، با تغییر مقدار کود، واکنش مدل تاگوچی به تغییرات نیترات زهاب به شدت تغییر یافت. در نتیجه هر دو عامل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات بسیار مهم بودند. روش فاکتوریل تغییرات بین تیمارها را با شیب کمتری نشان داد. به عنوان مثال در روش فاکتوریل کامل، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای Z0 و Z1 وجود نداشت. همچنین تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار Z1 و Z2 نیز مشاهده نشد. در صورتی که در روش تاگوچی این تفاوت‌ها بسیار مشهود بود. همچنین در روش فاکتوریل کامل، تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای کودی وجود نداشت در حالی که در روش تاگوچی تیمار F1 نسبت به دو تیمار دیگر اثر بهتری بر کاهش آبشویی نیترات نشان داد.



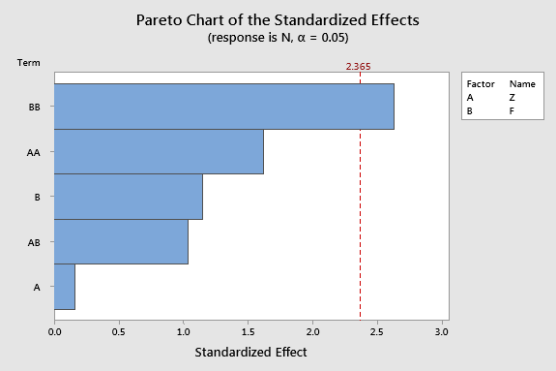
شکل (۵) میانگین سیگنال به نویزِ اثرات اصلی زئولیت (Z) و کود نیترات (F) بر آبشویی نیترات برای حالت L9 در روش تاگوچی (۱، ۲ و ۳ به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد برای زئولیت و صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای کود نیترات است).

اثرات متقابل کود نیترات و زئولیت در روش تاگوچی در شکل (۶) نشان داده شده است. تیمار زئولیت در سطح شش درصد به همراه کود نیترات در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم بهترین نتیجه را داشت. بدترین شرایط آبشویی نیترات نیز برای تیمار بدون زئولیت و مصرف ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کود نیترات به دست آمد. در بین تیمارهای بدون زئولیت، با افزایش مصرف کود نیترات، مقدار S/N منفی‌تر شد. در نتیجه، آبشویی نیترات بیشتر شد. برای دو تیمار دیگر زئولیت، نتایج منظمی مشاهده نشد. براساس شیب هر نمودار میزان واکنش مدل تاگوچی به آبشویی نیترات تعیین می‌شود. بر این اساس، زمانی که هیچگونه کود نیتراتی استفاده نشود؛ افزودن زئولیت سبب واکنش سریع مدل به آبشویی نیترات می‌شود. این نتایج در شکل (۴) نیز مشاهده شد. افزایش مصرف زئولیت در سایر تیمارهای کودی سبب کاهش آبشویی نیترات شد که روندی منطقی به شمار می‌رود. مقایسه این نتایج نشان داد که استفاده از زئولیت در خاک بدون انجام کوددهی، سبب از دست رفتن بخشی از نیتروژن خاک یا زئولیت می‌شود. با توجه به اینکه این فرایند برای نخستین بار مشاهده می‌شود و با نتایج سایر محققان مطابقت ندارد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ محراب و چرم، ۱۳۹۳)؛ احتمالاً علت آن جایگزینی یون‌های مثبت خاک در داخل حفرات زئولیت و از دست رفتن بخشی از نیترات به دام افتاده درون حفرات زئولیت در زمان تشکیل می‌باشد. علت تفاوت این نتایج با سایر محققان این است که تاکنون این آزمایش در شرایط نگهداری خاک در رطوبت در ظرفیت زراعی انجام نشده است. سایر محققان این آزمایش را برای شرایطی انجام داده‌اند که ستون خاک خشک بوده و با آب آبیاری به حالت اشباع می‌رسیده است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵؛ محراب و چرم، ۱۳۹۳).



شکل (۶): میانگین سیگنال به نویزِ اثرات متقابل زئولیت (Z) و کود نیترات (F) بر آبشویی نیترات برای حالت L9 در روش تاگوچی (۱، ۲ و ۳ به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد برای زئولیت و صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر برای کود نیترات است).

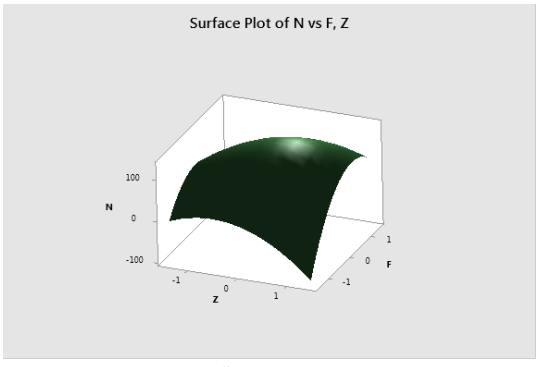
در شکل (۷) میزان اثرگذاری پارامترها بر نتایج آزمایش نشان داده شده است. خط قرمز در این شکل نشان دهنده محدوده اثرگذاری پارامترها است. با توجه به اینکه کلیه پارامترها در سمت چپ این خط قرار دارند؛ هیچکدام بر افزایش آبشویی نیترات اثر نداشته‌اند. در واقع براساس این نتایج، همه پارامترها بر کاهش آبشویی نیترات موثر بودند و هیچ پارامتری سبب افزایش آبشویی نیترات نشد. که این نتیجه بدیهی نیز می‌باشد.



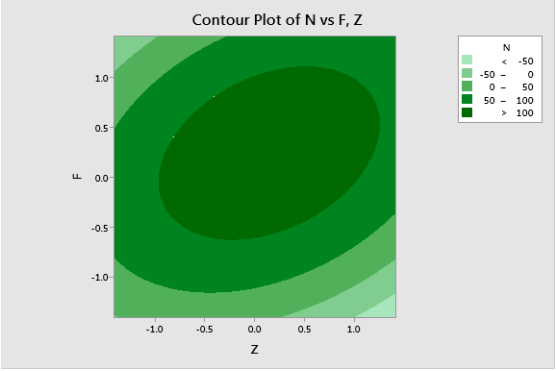
شکل (۷): نمودار مقادیر باقیمانده برای آبشویی نیترات

آنچه در این روش مهم است؛ اولویت اثرگذاری پارامترها است. با توجه به شکل (۷)، اولویت‌های مهم از پایین به بالا مشخص شده است. بر اساس این نتایج، زئولیت مهم‌ترین عامل کاهش آبشویی نیترات بود. پس از این عامل، اثر متقابل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات موثر بودند. کود نیترات نسبت به زئولیت اثر کمتری بر آبشویی نیترات داشت.

در شکل (۸) نمایش فضایی اثر دو عامل زئولیت و کود نیترات بر میزان آبشویی نیترات نشان داده شده است. در شکل (۹) این نتایج به صورت سطحی نشان داده شده‌اند. براساس این نتایج، در مقادیر پایین مصرف کود نیترات، آبشویی آن نیز پایین بود. در نمایش فضایی نتایج، لبه‌ها از میزان آبشویی کمتری نسبت به وسط سطح برخوردار بودند. در نمایش سطحی نتایج، با نزدیک شدن به وسط سطح، میزان آبشویی نیترات نیز افزایش یافت. بیشترین میزان آبشویی نیترات در محدوده مصرف یک الی پنج درصد زئولیت و کاربرد ۱۰۰ الی ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کود نیترات به دست آمد.

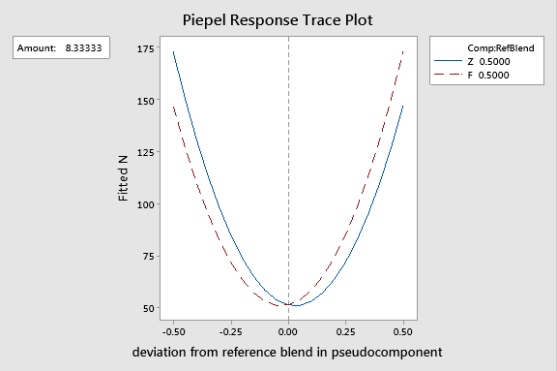


شکل (۸): نمایش فضایی اثر دو عامل زئولیت (Z) و کود نیترات (F) بر میزان آبشویی نیترات (N) (مقادیر ۱-، ۰ و ۱ به ترتیب نشان دهنده مقادیر صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی زئولیت و صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کود نیترات می‌باشد)



شکل (۹): نمایش سطحی اثر دو عامل زئولیت (Z) و کود نیترات (F) بر میزان آبشویی نیترات (N) (مقادیر ۱-، ۰ و ۱ به ترتیب نشان دهنده مقادیر صفر، ۲ و ۶ درصد وزنی زئولیت و صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کود نیترات می‌باشد)

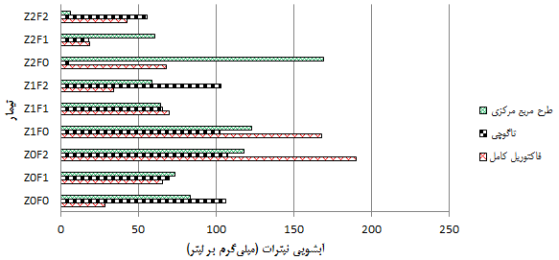
نمودار پاسخ مولفه‌های زئولیت و نیترات بر آبشویی نیترات در شکل (۱۰) نشان داده شده است. براساس این شکل، هر دو مولفه زئولیت و کود نیترات اثرات مشابه بر آبشویی نیترات داشتند.



شکل (۱۰): نمودار پاسخ مولفه‌های زئولیت (Z) و کود نیترات (F) بر آبشویی نیترات (۱، ۲ و ۳ به ترتیب نشان دهنده صفر، ۲ و ۶ درصد زئولیت و صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات است).

گرچه در این پژوهش مشاهده شد که استفاده از دو روش تاگوچی و طرح مربع مرکزی به صورت کیفی جواب مناسبی برای تعیین تیمار بهینه مقدار کود مصرفی و زئولیت به دست دادند؛ لیکن بهتر است این موضوع بررسی شود که در کدام تیمارها دقت دو مدل مورد نظر بهتر بود. به همین دلیل نتایج هر سه مدل فاکتوریل، طرح مربع مرکزی و تاگوچی برای آبشویی نیترات در شکل (۱۱) مقایسه شدند

.



شکل (۱۱): مقایسه نتایج به دست آمده از مدل‌های مورد بررسی در کاهش آبشویی نیترات

براساس این نتایج، در تیمارهای Z0F1، Z1F1 و Z2F1 کمترین خطا در شبیه‌سازی نیترات در روش تاگوچی مشاهده شد. متوسط خطا در این تیمارها برابر با ۵ درصد بود. در تیمارهای Z0F0، Z1F0 و Z2F0 بیشترین خطا مشاهده شد. متوسط خطا در این تیمارها برابر با ۹۲ درصد بود. در تیمار Z0F1 طرح مربع مرکزی دقت خوبی برای شبیه‌سازی آبشویی نیترات داشت. این روش در تیمارهای Z1F1 و Z1F2 نیز دقت نسبتاً قابل قبولی داشت.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی اثر دو عامل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات از خاک پرداخته شد. بدین منظور از سه روش فاکتوریل کامل، تاگوچی و طرح مربع مرکزی استفاده شد. نتایج نشان داد که:

۱-براساس روش فاکتوریل کامل، در تیمارهای بدون مصرف زئولیت، افزایش مصرف نیترات در آب آبیاری سبب افزایش میزان نیترات در زهاب شد. این افزایش برای تیمارهای Z0F1 و Z0F2 نسبت به Z0F0 به ترتیب برابر با ۱۳۰ و ۵۶۰ درصد بود.

۲-روند ذکر شده در بالا برای تیمارهای حاوی زئولیت مشاهده نشد. در این تیمارها، میزان نیترات در تیمارهای Z1F0 و Z2F0 به ترتیب نسبت به تیمارهای Z1F2-Z1F1 و Z2F2-Z2F1 بیشتر بود.

۳-کاهش نیترات زهاب در تیمارهای Z1F1 و Z1F2 نسبت به Z1F0 به ترتیب برابر با ۵۸ و ۷۹ درصد و در تیمارهای Z2F1 و Z2F2 نسبت به Z2F0 به ترتیب برابر با ۷۲/۵ و ۳۷ درصد بود.

۴- از نظر مدل تاگوچی، هر دو عامل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات از خاک بسیار مهم بودند. براساس اولویت گذاری اثرگذاری در روش طرح مربع مرکزی، مشاهده شد که زئولیت مهم‌ترین عامل کاهش آبشویی نیترات بود. پس از این عامل، اثر متقابل زئولیت و مقدار کود نیترات بر آبشویی نیترات قرار داشت. اثر کود نیترات نسبت به زئولیت اثر کمتری بر آبشویی نیترات داشت.

۵- کاربرد ۲ درصد وزنی زئولیت حد اثرگذاری زئولیت بر کاهش نیترات در این تحقیق بود. بنابراین می‌توان انتظار داشت که در مقادیر بین ۲ تا ۶ درصد زئولیت، کاهش معنی‌داری در نیترات زهاب رخ دهد. تعیین دو مقدار ۲ و ۶ درصد براساس تحقیقات احمدی و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد. این محقق به دلیل استفاده از شرایط مزرعه، حد ۲ درصد وزنی را نیز بر کاهش آبشویی نیترات قابل قبول گزارش کرده بود. با توجه به اینکه در هر مسئله‌ای تعیین میزان اقتصادی کاربرد مواد امری اجتناب ناپذیر است، بنابراین پیشنهاد می‌شود مقادیر بین ۲ تا ۶ درصد وزنی نیز در تحقیقات آینده بررسی شود تا بتوان علاوه بر دستیابی به مقدار زئولیت موثر بر کاهش نیترات در زهاب، از نظر اقتصادی نیز مقدار قابل توجیهی در مزارع کشاورزی استفاده کرد

.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی با شماره ۱۳۹۹ است که نویسندگان از حمایت مالی دانشگاه شهید چمران اهواز با شماره پژوهانه SCU.W199.273 تشکر و قدردانی می کنند.

منابع

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، خرم‌دل، س. و مرید احمدی، س. ۱۳۹۶، بهینه‌سازی تراکم بوته و نیتروژن در زراعت ذرت با استفاده از طرح مربع مرکزی، پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵(۶).

کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، مرادی، ر. و منصوری، ح. ۱۳۹۲، بهینه‌سازی آب، کود نیتروژن و تراکم در کشت کلزا (Zea mays L.) با استفاده از طرح مربع مرکزی، مجله کشاورزی بوم شناختی، ۳(۱): ۱۶-۱.

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، م.، امین‌غفوری، ا. و محلوجی‌راد، م. ۱۳۹۴، بهینه‌سازی تراکم و وزن بنه زعفران (Crocus sativus L.) با استفاده از طرح مربع مرکزی، نشریه زراعت و فناوری زعفران، ۳(۳): ۱۷۷-۱۶۱.

منصوری، ح.، بنایان اول، م.، رضوانی مقدم، پ. و لکزیان، ا. ۱۳۹۳، مدیریت کوددهی نیتروژن و تراکم کاشت در گیاه دارویی موسیر ایرانی (Allium hirtifolium) با استفاده از روش بهینه‌سازی مرکب مرکزی، ویژه‌نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۴(۴): ۶۰-۴۱.

احمدی، م.، خاشعی‌سیوکی، ع. و سیاری، م. ح. ۱۳۹۵. اثر مقدار کود و زئولیت‌های کلسیمی، پتاسیمی و ترکیبی بر کاهش آبشویی نیترات از خاک. آب و خاک. ۳۰(۳): ۸۴۱-۸۲۹.

محراب، ن. و چرم، م. ۱۳۹۳. آبشویی نیترات در حضور زئولیت غنی‌شده با آمونیوم در دو نوع بافت خاک تحت کشت گندم. دانش آب و خاک. ۲۴(۲): ۱۷۰-۱۵۹.

Afrasiabi, H. A., Khayati, G. R. And Ehteshamzadeh, M. 2014. Studying of heat treatment influence on corrosion behavior of AA6061-T6 by Taguchi method, International Journal of Engineering, 27(9):1423-1430.

Aslan, N. 2008. Multi-objective optimization of some process parameters of a multi-gravity separator for chromite concentration, Separation and Purification Technology, 64: 237–241.

Aslan, N. 2007.Application of response surface methodology and central composite rotatable design for modeling the influence of some operating variables of a Multi-ravity Separator for coal cleaning. Fuel, 86, 769.

Atil, H. And Unver, Y. 2000. Different of experimental design: Taguchi method, Biol. Sci., 3:1538–1540.

Awty-Carroll, D., Ravella, S., Clifton-Brown, J. and Roboson, P. 2020. Using a Taguchi DOE to investigate factors and interactions affecting germination in Miscanthus sinensis. Sci. Rep., 10, 1602 .

Box, G. E. P. and Hunter, J.S. 1957. Multi-factor experimental design for exploring response surfaces. Annual Mathemathic, and Statistics, 28,195–241.

Box, G. E. P. and Wilson, K. B. 1951.On theexperimental attainment of optimum conditions. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 13, 1–45.

Celik, M. S., Ozdemir, B. and Turan, M. 2001. Removal of ammonia by natural clay mineral using fixed and fluidized bed column reactors. Water Science and Water Technology: Water Supply, 1(1): 81-88.

Chaulia, P. K. and Das, R. 2008. Process parameter optimization for fly ash brick by Taguchi method. Materials Research, 11(2): 159–164.

Dounane., N. and Trouzine, H. 2020. Sustainable Building Research Center (ERC) Innovative Durable Building and Infrastructure Research Center, 11: 244-257

Jeyapaul, R., Shahabudeen, P. And K. Krishnaiah. 2005. Quality management research by considering multi-response problems in the Taguchi method – a review. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 26 (11–12), 1331–1337.

Li, Z. 2002. Use of surfactant –modified zeolite as fertilizer carriers to control nitrate release. Microporous and Mesoporous Material, 61: 181-188.

Li, Z., Willms, C. and Roy, S. 2003. Desorption of hexadecyl trimethyl ammonium from charged surface. Environmental Geoscience, 10(1): 37-45.

Obeng, D. P., Morrell, S. and Napier, T. J. N. 2005. Application of central composite rotatable design to modeling the effect of some operating variables on the performance of the three-product cyclone. International Journal of Mineral Processing, 769, 181–192.

Pandey, R. K. And Panda, S. S. 2015. Multi-performance optimization of bone drilling using Taguchi method based on membership function. Measurement, 59:9-13.

Polat, E., Karaca, M., Demir, H. and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 12:183-189.

Ranjit, R, R. 1990. A primer on the Taguchi method. New York. NY.

Sadeghi, S. H., Moosavi, V., Karami, A. And Behnia, N. 2012. Soil erosion assessment and prioritization of affecting factors at plot scale using the Taguchi method, Journal of Hydrology, 448: 174–180.

Taguchi, G. 1990. Introduction to Quality Engineering. McGraw-Hill, New York, USA, p. 191.

Tan, O., Zaimoglu, A. S., Hinislioglu, S. And Altun, S. 2005. Taguchi approach for optimization of the bleeding on cement-based grouts. Tunneling and Underground Space Technology , 20: 167–173.

Waddell, J. T., Gupta, S. C., Moncrief, J. F., Rosen, C. J. and Steele, D. D. 2000. Irrigation and nitrogen management impacts on nitrate leaching under potato. Journal Environmental Quality, 29: 251-261.

Wang, Y., Kmiyaa, Y. and Okuharaa, T. 2007. Removal of low-concentration ammonia in water by ion-exchange using Na-mordenite. Water Research, 41: 269-276.

Zhang, F. B., Wang, Z. L. And Yang, M. Y. 2015. Assessing the applicability of the Taguchi design method to an interrill erosion study, Journal of Hydrology, 521: 65-73.

Zwingmann, N., Singh, B., Mackinnon, I. and Gilkes, R. 2009. Zeolite from alkali modified kaolin increases NH4+ retention by sandy soil: Column experiments. Applied Clay Science, 46:

Evaluation of Full Factorial, Taguchi and Central Composite Design Methods in Reducing Nitrate Leaching from Soil under Zeolite Treatment

Zeynab Hamid[1], Amir Soltani Mohammadi*[2], Mohsen Ahmadee[3]

Abstract

Use of nitrate fertilizer to increase crop yield is a method used by many farmers. Once this ion enters the soil, it is converted to nitrate and easily leached. Using zeolite is one of the methods to prevent nitrate leaching has received much attention today; however, determining the exact amount of nitrate fertilizer when using zeolite is very important. Performing experiments in a classic way and taking into account the effect of all factors (factorial design) needs time and cost in performing experiments. For this reason, old research methods should be replaced by simple and standard methods such as Taguchi and central composite design. For this purpose, this study was conducted in a completely randomized as factorial design. Treatments consisted of zeolite (at three amount; zero, 2 and 6%) and nitrate application (at three levels; zero, 200 and 400 mg nitrate per kg of soil) with three replications. Taguchi and central composite designs were considered with 9 and 13 experiments, respectively. The results of complete factorial method showed that the amount of zeolite had a significant effect on nitrate leaching; however, nitrate fertilizer had no effect on nitrate leaching. According to Taguchi results, both zeolite and nitrate fertilizer were very important on nitrate leaching reduction from soil. Based on prioritizing the effect in the central composite design, it was observed that zeolite was the most important factor in reducing nitrate leaching. Based on the results, the application of 2% zeolite was the beginning of the effect of zeolite on nitrate leaching. Therefore, it can be expected that in amounts between 2 to 6% zeolite, a significant reduction in nitrate leaching occurs.

Keywords: Zeolite, Statistical plans, Maintenance, Nitrate.

[1] - PhD student of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, zeynabhamid9823@gmail.com

[2]* - Associate Professor of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: a.soltani@scu.ac.ir & a_soltani60@yahoo.com (Corresponding Author)

[3] PhD of Irrigation and Drainage, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, Email: m.ahmadee@ymail.com