

مدیریت کوددهی نیتروژن، آبیاری و تراکم کاشت در گیاه دارویی موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium*) با استفاده از روش بهینه سازی مرکب مرکزی

حامد منصوری^{1*}، محمد بنایان اول²، پرویز رضوانی مقدم²، امیر لکزیان³

تاریخ دریافت: 92/07/14 تاریخ پذیرش: 93/06/02

1- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

2- اساتید گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*مسئول مکاتبه: Email: H.mansory@gmail.com

چکیده

تعیین مقدار بهینه منابع در اکوسیستم های کشاورزی، علاوه بر کاهش هزینه های تولید و حفظ منابع باعث کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه این منابع می شود. به منظور تعیین میزان بهینه مصرف منابع نیتروژن، آب و همچنین تراکم بهینه موسیر، آزمایشی در قالب طرح مرکب مرکزی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 90-91 به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح بالا و پائین کود نیتروژن (100 و 300 کیلوگرم کود اوره در هکتار)، آبیاری (1500 و 3500 مترمکعب) و تراکم (10 و 18 بوته در متر مربع) با استفاده از نرم افزار Minitab طراحی شد. عملکرد سوخ موسیر، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف آب به عنوان متغیرهای وابسته مورد اندازه گیری قرار گرفتند و با استفاده از یک مدل رگرسیونی، تغییرات این متغیرها تحت تاثیر تیمارها محاسبه گردید. مقدار بهینه کود نیتروژن، آبیاری و تراکم گیاه موسیر بر اساس سه سناریوی اقتصادی، زیست محیطی و سناریوی تلفیقی (اقتصادی- زیست محیطی) برای حصول مقادیر مورد انتظار صفات مورد بررسی تعیین گردید. افزایش کود و سطوح آبیاری باعث افزایش عملکرد غده موسیر و تلفات نیتروژن گردید، در صورتی که افزایش تراکم باعث افزایش عملکرد و کاهش تلفات نیتروژن شد. در سناریوی اقتصادی، مقدار بهینه کود نیتروژن، آبیاری و تراکم به ترتیب برابر با 260 کیلوگرم کود اوره در هکتار، 2227 متر مکعب آب در هکتار و 16/7 بوته در متر مربع برآورد شد. همچنین مقدار بهینه این تیمارها در سناریوی زیست محیطی به ترتیب 100، 1500 و 16/54 و در سناریوی اقتصادی- زیست محیطی به ترتیب معادل 169، 2025 و 17/7 به دست آمد. بطور کلی بنظر می رسد مصرف منابع بر اساس سناریوی تلفیقی به دلیل توجه توأم به مسائل اقتصادی و زیست محیطی نسبت به دو سناریو دیگر ارجحیت دارد.

واژه های کلیدی: تلفات نیتروژن، کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن، زیست محیطی

Management of Nitrogen, Irrigation and Planting Density in Persian shallot (*Allium hirtifolium*) by Using Central Composite Optimizing Method

Hamed Mansouri^{1*}, Mohammad Banayan Aval², Parviz Rezvani Moghaddam², Amir Lakzian³

Received: October 6, 2013 Accepted: September 11, 2014

1-Ph.D. Student, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

2- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

3- Assoc. Prof., Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

*Corresponding Author: H.mansory@gmail.com

Abstract

Determination of resource optimum level in agro-ecosystems caused to decrease in production costs, conservation of resource and reducing of environmental pollutions which was happen by excessive use of these resources. In order to determinate optimum use of nitrogen, water and density, an experimental was conducted by central composite design in research field of Ferdowsi University in 2012. The treatments was designed based on low and high levels of nitrogen (100 and 300 kg Urea/ha), irrigation (1500 and 3500 m³ water) and density (10 and 18 plant/m²) by Minitab software. Bulb yield, nitrogen losses, nitrogen use efficiency and water use efficiency was measured as independent variables and changes of these variables were calculated by regression model. Optimum level of nitrogen, irrigation and density was suggested to obtain expected amount of traits based on three scenarios: economic, environmental and integrated (economic-environmental). Increasing of fertilizer and irrigation led to increase in bulb yield and nitrogen losses, whereas increasing of density caused to increase in bulb yield but decrease in nitrogen losses. The optimum level of nitrogen fertilizer, irrigation and density were 260 kg N/ha, 2227 m³ water/ha and 16.7 plant/m² in economic scenario. In environmental scenario, the optimum level of the treatments was obtained 100, 1500 and 16.54 respectively, and for economic-environmental scenario were 169, 2025 and 17.7, respectively. In general, it seems that resource use based on integrated scenario is preferred to other scenarios due to consider not only economic but also environmental issues.

Keywords: Environment, Nitrogen Losses, Nitrogen Use Efficiency, Water Use Efficiency

مقدمه

تجمع مواد آلاینده نظیر نیترات در اندام های مصرفی محصولات زراعی باشد (ملکوئی 1375). متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و با نیاز واقعی گیاه انطباق ندارد، بطوری که باور بر این است که با تداوم روند فعلی مصرف بی رویه، نامتعادل و نابهنگام کودهای شیمیایی علاوه بر کاهش کیفیت خاک سیستم های زراعی، تنوع میکروارگانیسم های خاک نیز کاهش می یابد (مرادی و همکاران 1388). بنابراین، در ترمیم سیستم های کشاورزی باید از هدر رفت نیتروژن از طریق فرسایش، آبشویی و خروج بقایای گیاهی جلوگیری کرد (بادجو 1988). طبق برآوردهای انجام شده فقط حدود 40 تا 60 درصد کود نیتروژن مورد استفاده، از طریق محصول کشاورزی از خاک خارج می شود و این مقدار با افزایش کاربرد کود کاهش می یابد، بعبارتی با افزایش مصرف کود، درصد بازیافت نیتروژن توسط محصول کاهش می یابد (ونکوزه و همکاران 2005). در نتیجه میزان باقیمانده کود در خاک افزایش یافته، که علاوه بر کاهش کارایی مصرف نیتروژن، به راحتی مورد آبشویی قرار گرفته و باعث آلودگی بیشتر منابع آبی می گردد. نیتروژن یکی از عناصر مهم و مورد نیاز برای گیاه موسیر می باشد که نقش کلیدی در افزایش عملکرد پیاز این گیاه دارد. تعیین میزان بهینه کود مصرفی علاوه بر افزایش عملکرد باعث کاهش آلودگی های زیست محیطی نیز می شود (کامکار و مهدوی دامغانی 1387).

زراعت در مناطق خشک از ویژگی خاصی برخوردار است. در این مناطق محور تولیدات کشاورزی را آب و آبیاری تشکیل می دهد. به همین دلیل همه تلاش ها و تمهیدات در جهت افزایش بهره وری یا کارایی مصرف آب برنامه ریزی و سیاستگذاری می شود (صدرقاین و همکاران 1388). با توجه به اینکه کشور ایران در بخش خشک و نیمه خشک دنیا واقع شده است و از نظر منابع آب محدود می باشد، بنابراین، ذخیره و صرفه جویی در مصرف

از دیرباز گیاهان دارویی از منابع مهم درمان بیماری ها در تمام نقاط جهان بوده و در حال حاضر نیز این گیاهان از جایگاه مهمی در پزشکی برخوردار می باشند، به خصوص در طی دهه های گذشته کاربرد این گیاهان در طب سنتی و مدرن رو به افزایش است (خرم دل 1387). کشور ایران با داشتن سوابق ترویج و کاربرد گیاهان دارویی و برخورداری از امکانات بالقوه محیطی و انسانی بسیار مناسب و فعال، در حال حاضر در زمینه های مربوط به کشت و صنعت گیاهان دارویی قابلیت های بسیار بالایی داراست (عزیزی 1383). موسیر ایرانی (*Allium hirtifolium* L.) گیاهی است چندساله از خانواده آلیاسه¹ که پیاز این گیاه در درمان رماتیسم، ترمیم زخم های سطحی و خلط سینه بکار می رود، عمده مصرف آن در صنایع غذایی به عنوان طعم دهنده است (سپهوند و همکاران 1387). مطالعات متعددی تاکنون در مورد خواص و ویژگی های موسیر صورت گرفته که از جمله آنها می توان به اثرات هیپوکلسترولمی (نیشیمورا و همکاران 2007)، داشتن فعالیت ممانعت از همولیز و تخلیه گلوکوتایون ناشی از فشار استرس در اریتروسیت انسان (لیلارونگراب و همکاران 2004)، اثر هیپوگلیسمی (جلالی و همکاران 2007)، اثرات ضد باکتریایی (آدینای و آنیام 2002)، پتانسیل آنتی اکسیدانی (لیلارونگراب و همکاران 2004) و اثرات هماتولوژیکی (اوویله و همکاران 1989) اشاره کرد. علاوه بر اینها، برخی از ترکیبات مؤثر این گیاه مثل پپتید ضد قارچ آسکالین و لکتین اختصاصی مانوز شناسایی و جداسازی شده اند (وانگ 2002).

امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می شود. کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش تولید، باید کیفیت محصولات کشاورزی را ارتقاء داده و از طرفی فاقد مخاطرات زیست محیطی بویژه آلودگی آب های زیر زمینی و

¹ Liliaceae

متقابل موثر بر متغیر وابسته و همچنین ترکیب تیمارهای مختلف به صورت همزمان با تعداد آزمایشات محدود اشاره کرد (کالاواتی و همکاران 2009). یکی از انواع مدل های سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی می باشد که این طرح به عنوان یک طرح جایگزین و مناسب برای طرح فاکتوریل می باشد که توسط باکس و ویلسون (1951) مطرح و توسط باکس و هانتز (1957) تکمیل گردید. مزیت استفاده از طرح مرکب مرکزی نسبت به طرح فاکتوریل، امکان استخراج اطلاعات بیشتر از تحلیل این طرح و تعداد کمتر تیمار و تکرارهای مورد نیاز جهت انجام آزمایش می باشد که اجرای این طرح را آسانتر می کند، همچنین امکان تعیین ترکیب های مختلف متغیر مستقل را در آزمایش فراهم می آورد (ابنگ و همکاران 2005، اسلان 2007). بنابراین می توان استفاده از مدلسازی به ویژه کاربرد مدل های سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی را به عنوان روشی مناسب و جایگزین در تعیین مقدار بهینه منابع با حداقل تعداد واحدهای آزمایشی بیان کرد، که در ایران کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین هدف از انجام این آزمایش مدیریت مناسب کوددهی، آبیاری و تراکم و تعیین میزان بهینه منابع نیتروژن، آب و پیاز در تولید گیاه دارویی موسیر ایرانی با استفاده از طرح مرکب مرکزی در راستای حفظ تولید و کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از مصرف بی رویه منابع می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی 91-90 در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 درجه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا، بصورت طرح مرکب مرکزی اجرا شد. تیمارهای آزمایشی با توجه به سطوح بالا و پایین نیتروژن (100، 300

آب در بخش کشاورزی، نقش مؤثری در افزایش تولیدات خواهد داشت.

تعیین تراکم بهینه گیاهان نیز به نوبه خود نقش بسزایی در استفاده از منابع تولید در اکوسیستم های زراعی دارد. کافی و همکاران (1390) در بررسی تاثیر تراکم بر گیاه موسیر گزارش کردند که افزایش تراکم موسیر منجر به افزایش عملکرد پیاز این گیاه می گردد و برای حصول بیشترین عملکرد پیاز، تراکم 18 بوته در متر مربع را پیشنهاد دادند. همچنین ایشان بیان نمودند که در تراکم های بالا به دلیل افزایش رقابت بین بوته ها وزن پیاز کاهش می یابد.

تعیین مقدار بهینه منابع از قبیل آب و نیتروژن و واکنش گیاه به میزان تراکم و تعیین تراکم مطلوب در اکوسیستم های زراعی کشور، برای کاهش تلفات منابع و نیز کاهش آلودگی های محیطی و از طرف دیگر حصول عملکرد مناسب بسیار مهم و ضروری به نظر می رسد. از طرفی، بین کود نیتروژن، آب و نیز مقدار مصرف این منابع با تراکم گیاهان زراعی اثرات متقابل پیچیده ای وجود دارد (قیصری و همکاران 2009). اجرای آزمایشات متداول در کشور برای ارزیابی این اثرات و تعیین بهترین ترکیب تیماری، به دلیل تعداد زیاد ترکیب تیماری این فاکتور، بسیار پر هزینه و پیچیده بوده و خطای آزمایشی قابل توجهی را به همراه دارد. روشهای زیادی برای تخمین نیاز کودی و آبی گیاهان وجود دارد که بیشتر این روش ها از دقت کافی برخوردار نبوده یا پیچیده هستند (کاو و همکاران 2009). کمی کردن نیاز کودی گیاهان به منظور بهبود مدیریت نیتروژن و همچنین نیاز آبی گیاهان در راستای حفظ منابع آبی به ویژه در مناطق خشک در تولید گیاهان امری ضروری می باشد.

یکی از مهمترین روشهای آماری برای کمی کردن مقادیر بهینه نهاده ها استفاده از مدل سطح پاسخ می باشد (اسلان 2007، کواک 2005). از مزایای استفاده از مدل سطح پاسخ می توان به بررسی اثرات

کیلوگرم اوره)، آب (1500 و 3500 متر مکعب) و تراکم (10 و 18 بوته در متر مربع) برای گیاه دارویی موسیر، ترکیب تیماری مشخص گردید (جدول 1).

توسط نرم افزار Minitab تعیین شد که در مجموع 20

جدول 1- ضرایب و تیمارهای طراحی شده توسط نرم افزار Minitab

مقدار			ضرایب*			ترکیب تیماری
تراکم (plant/m ²)	آبیاری (m ³)	کود نیتروژن (kg/ha)	تراکم (x ₃)	آبیاری (x ₂)	کود نیتروژن (x ₁)	
10	1500	100	-1	-1	-1	1
10	1500	300	-1	-1	+1	2
10	3500	100	-1	+1	-1	3
10	3500	300	-1	+1	+1	4
18	1500	100	+1	-1	-1	5
18	1500	300	+1	-1	+1	6
18	3500	100	+1	+1	-1	7
18	3500	300	+1	+1	+1	8
14	2500	100	0	0	-1	9
14	2500	300	0	0	+1	10
14	1500	200	0	-1	0	11
14	3500	200	0	+1	0	12
10	2500	200	-1	0	0	13
18	2500	200	+1	0	0	14
14	2500	200	0	0	0	15
14	2500	200	0	0	0	16
14	2500	200	0	0	0	17
14	2500	200	0	0	0	18
14	2500	200	0	0	0	19
14	2500	200	0	0	0	20

* 1، -1 و 0، به ترتیب سطوح بالا، پایین و میانگین را برای هر فاکتور نشان می‌دهد.

بعد از آماده سازی زمین، کاشت پیازهای های موسیر در کرت‌های 3×3/5 متر با فاصله ردیف 50 سانتیمتر در پاییز سال 1390 انجام گرفت. فاصله بین کرت‌ها نیز 50 سانتیمتر در نظر گرفته شد. پیازهای تهیه شده از مراتع ناحیه شیروان بودند. روش کاشت بصورت جوی و پشته ای و فواصل روی ردیف در تراکم 10، 14 و 18 بوته در متر مربع، به ترتیب 20، 14 و 11 سانتیمتر در نظر گرفته شد. آبیاری کرت‌ها هر 7 روز یکبار انجام شد و میزان آب مصرفی برای هر

قبل از کاشت نمونه‌ای از خاک مزرعه مورد آزمایش به صورت تصادفی انتخاب و جهت تعیین میزان عناصر موجود، pH و Ec و همچنین بافت خاک به آزمایشگاه منتقل گردید، که نتایج آن در جدول 2 نشان داده شده است. نمونه برداری برای آگاهی از میزان نیتروژن خاک از تمام کرت‌ها قبل از شروع و بعد از اتمام آزمایش از عمق 30 سانتیمتری انجام گرفت.

گرفت. برای تعیین درصد نیتروژن نمونه ها، از روش ماکرو کج‌دال (با دستگاه هضم مدل 1015 و دستگاه تیتراسیون مدل 339) استفاده گردید (نلسون و سامرز 1973). برای این منظور مقدار 1 گرم از ماده خشک نمونه مربوط را وزن کرده و به داخل فلاسکهای کج‌دال ریخته و پس از اضافه نمودن کاتالیزور و 15 سی سی اسید سولفوریک، ابتدا هضم و سپس تیتراسیون آن صورت گرفت و مقدار نیتروژن نمونه براساس جداول مربوطه تعیین شد.

جدول 2- خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

pH	EC (dS/m)	پتاسیم (ppm)	فسفر (ppm)	نیتروژن (%)	بافت	خاک مزرعه
7/5	1/2	119	13/7	0/078	لومی-سیلتی	

منظور، در سناریوی اقتصادی، عملکرد سوخ؛ در سناریوی زیست محیطی، تلفات نیتروژن و در سناریوی اقتصادی-زیست محیطی، کارایی استفاده از منابع (آب و نیتروژن) بعنوان فاکتور اصلی تعیین کننده مقدار بهینه کاربرد تیمارهای مورد استفاده در نظر گرفته شدند.

جهت آنالیز داده ها، معادله رگرسیونی گام به گام (معادله 4) با افزودن جملات خطی، درجه 2 و اثر متقابل بین فاکتورها، برازش و بر اساس شاخص های آماری تجزیه واریانس رگرسیون و آزمون عدم برازش¹ (کورنل 1990) مورد مقایسه قرار گرفته و نهایتاً مناسب ترین مدل انتخاب گردید.

$$y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_2x_3$$

که در این معادله، y : متغییر وابسته (i: عملکرد سوخ موسیر، تلفات نیتروژن و کارایی استفاده از منابع)؛ x_1 ، x_2 و x_3 : به ترتیب متغیرهای مستقل کود نیتروژن،

تیمار محاسبه شده و با استفاده از پمپ و کنتور آب بصورت یکنواخت اعمال گردید. کود نیتروژن مصرفی کود اوره (46 درصد نیتروژن) برای هر کرت به دو قسمت مساوی تقسیم شد که نیمی از آن در زمان کاشت و نیم دیگر آن در شروع مرحله ساقه رفتن به صورت سرک اعمال گردید. مبارزه با علف های هرز در 3 نوبت و به صورت وجین دستی صورت گرفت. عملکرد سوخ و درصد نیتروژن سوخ و اندام های هوایی در انتهای فصل رشد مورد اندازه گیری قرار

تلفات نیتروژن نیز در انتهای فصل رشد و از طریق معادله 1 محاسبه گردید:

$$N_{loss} = N_{initial} + N_{fertilizer} - N_{plant} - N_{residual} \quad [1]$$

که در آن، N_{loss} : تلفات نیتروژن؛ $N_{initial}$: نیتروژن موجود در خاک در ابتدای فصل رشد؛ $N_{fertilizer}$: نیتروژن مصرفی از طریق کود اوره؛ N_{plant} : میزان نیتروژن گیاه در انتهای فصل رشد و $N_{residual}$: نیتروژن موجود در خاک پس از برداشت (کیلوگرم در هکتار).

برای محاسبه کارایی نیتروژن (NUE) و کارایی مصرف آب (WUE) از معادلات زیر استفاده گردید (منصوری و همکاران 2014):

$$NUE = \frac{Y_s}{N_{fertilizer}} \quad [2]$$

$$WUE = \frac{Y_s}{W} \quad [3]$$

که در آن، Y_s : عملکرد تر سوخ (کیلوگرم در هکتار) و W : مقدار کل آب مصرفی (متر مکعب در هکتار) می-باشد.

مقدار بهینه مصرف آب و کود و همچنین تراکم موسیر بر اساس سه سناریوی اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی محاسبه شد. بدین

¹ Lack of Fit (LOF)

های اندازه گیری شده توسط مدل شبیه سازی شد (جدول 3). با توجه RMSE محاسبه شده، می توان بیان کرد که مدل رگرسیونی میزان عملکرد سوخ را با دقت بیشتری در مقایسه با سایر متغیرها شبیه سازی کرد، در صورتی که تلفات نیتروژن با دقت کمتری نسبت به سایر متغیرها شبیه سازی گردید.

ضرایب رگرسیون برای برازش روابط بین متغیرهای مستقل کود نیتروژن، آبیاری و تراکم با هر کدام از متغیرهای وابسته عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف آب نیز در جدول 4 مشاهده می شود که برای ترسیم نمودارها از این مدل رگرسیونی استفاده شد. ضریب تبیین برای عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف آب به ترتیب برابر با 99/7، 98/29، 99/9 و 99/93 درصد بود که درصد تغییرات هر کدام از این متغیرهای وابسته را به وسیله متغیرهای مستقل توجیه می کند. مقادیر برازش شده و مشاهده شده عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف آب در جدول 5 نشان داده شده است.

عملکرد سوخ موسیر

بیشترین عملکرد مشاهده شده (16380 کیلوگرم در هکتار) و برازش شده (16361 کیلوگرم در هکتار) سوخ موسیر در تیمار 300 کیلوگرم کود اوره در هکتار، 3500 متر مکعب آب و تراکم 18 بوته در متر مربع به دست آمد. همچنین کمترین مقدار عملکرد سوخ مشاهده شده و برازش شده موسیر (به ترتیب 10500 و 10501 کیلوگرم در هکتار) در پایین ترین سطوح تیمارهای مورد بررسی (100 کیلوگرم کود اوره در هکتار، 1500 مترمکعب آب و 10 بوته در متر مربع) مشاهده شد (جدول 5).

آبیاری و تراکم موسیر؛ a_0, \dots, a_9 : ضرایب معادله می باشند. همچنین برای مقایسه نتایج مدل با مقادیر مشاهده شده از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)¹ استفاده گردید که از معادله 5 محاسبه شد.

$$RMSE = \frac{100}{O} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad [5]$$

P_i : مقادیر پیش بینی شده، O_i : مقادیر اندازه گیری شده، n : تعداد مشاهدات و \bar{O} : میانگین داده های اندازه گیری شده. برای آنالیز آماری و ترسیم نمودارها از نرم افزار MINITAB استفاده گردید.

نتایج و بحث

مدل رگرسیونی درجه 2 کامل² به همراه اجزاء آن (خطی، درجه 2 و اثر متقابل) برای هر کدام از متغیرهای وابسته (عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و آب) در جدول 3 نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مدل رگرسیونی مورد استفاده و اجزاء آن به منظور برآورد کلیه متغیرهای وابسته، بر اساس آزمون F در سطح احتمال 1 درصد معنی دار بود (جدول 3). آزمون عدم برازش نیز نشان داد که آنالیز رگرسیونی در کلیه صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری را با روش تجزیه واریانس نشان نداد که نشان دهنده قابلیت بالای مدل رگرسیونی درجه 2 کامل برای برازش منحنی بود. نتایج ارزیابی مدل رگرسیونی با توجه به مقادیر به دست آمده برای جذر میانگین مربعات خطا³ (RMSE) نشان داد که مدل برآورد مناسبی برای پیش بینی متغیرهای وابسته مورد بررسی در گیاه موسیر داشت (جدول 3). میزان عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و کارایی مصرف آب به ترتیب با اختلاف $0/52 \pm$ ، $5/62 \pm$ ، $1/22 \pm$ و $0/79 \pm$ از داده

¹ Root Mean Square Error (RMSE)

² Full Quadratic

³ مقادیر کمتر از 10 درصد برای شاخص RMSE نشان دهنده قابلیت

بالای مدل برای شبیه سازی متغیرها می باشد.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مدل رگرسیونی درجه 2 کامل به همراه اجزاء آن، آزمون عدم برازش مدل و

RMSE

منابع تغییر	درجه آزادی (DF)	عملکرد سوخ	تلفات نیتروژن	کارایی مصرف نیتروژن	کارایی مصرف آب
رگرسیون	9	3543030**	217/7**	1819**	6/89**
خطی	3	10511747**	598/6**	4792**	18/89**
درجه 2	3	79143**	12/29*	619/6**	1/56**
اثر متقابل	3	38200*	43/2**	44/5**	0/248**
اشتباه	10	9461	3/41	1/7	0/004
آزمون عدم برازش	5	14655ns	6/64ns	3/2ns	0/008ns
RMSE (%)	-	0/52	5/62	1/22	0/79

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی دار و معنی دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد می باشد.

جدول 4- ضرایب رگرسیون و ضریب تبیین برای معادله رگرسیونی درجه 2 کامل در متغیرهای پاسخ

R ²	ضرایب رگرسیون ($y_i = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_1^2 + a_5x_2^2 + a_6x_3^2 + a_7x_1x_2 + a_8x_1x_3 + a_9x_2x_3$)										
	a ₉	a ₈	a ₇	a ₆	a ₅	a ₄	a ₃	a ₂	a ₁	a ₀	
99/70	40/00	110/0	25/00	167/4	37/40	37/40	1302	556/0	1072	13014	عملکرد سوخ
98/29	0/898	-3/839	-0/691	0/841	-0/078	2/061	-12/10	0/639	5/718	21/81	تلفات نیتروژن
99/90	0/350	-3/650	-1/800	1/058	0/408	18/37	7/970	3/500	-36/91	64/986	کارایی مصرف نیتروژن
99/93	-0/231	0/057	-0/190	0/062	0/922	0/009	0/595	-2/252	0/489	5/208	کارایی مصرف آب

مواد فتوسنتزی ساخته شده در سوخ و در نتیجه افزایش قطر و وزن سوخ زیر زمینی نسبت داد (شارما 1992). در سطوح بالای آبیاری روند افزایش عملکرد با افزایش سطوح نیتروژن شیب تند تری را نسبت به سطوح پایین آبیاری دارا بود (شکل 1). بنظر می رسد در شرایط افزایش کود نیتروژن در سطوح پایین آبیاری، نیتروژن قابل دسترس برای گیاه نبود، در حالیکه در سطوح بالای آبیاری گیاه توانسته نیتروژن را با کارایی بالاتری جذب کند و در نتیجه عملکرد سوخ موسیر افزایش یابد.

سطح پاسخ تیمارهای مورد بررسی بر میزان عملکرد سوخ موسیر در شکل 1 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که در کلیه سطوح آبیاری با افزایش سطوح کود نیتروژن عملکرد سوخ موسیر افزایش یافت (شکل 1). همچنین با افزایش آبیاری، در تمامی سطوح کود نیتروژن میزان عملکرد سوخ افزایش نشان داد (شکل 1). افزایش عملکرد سوخ موسیر تحت تاثیر کاربرد کود نیتروژن توسط حسام عارفی (1390) نیز گزارش شد. افزایش عملکرد سوخ تحت تاثیر کود را می توان به نقش نیتروژن در افزایش رشد رویشی و تجمع

جدول 5- مقادیر مشاهده شده و برازش شده صفات مورد بررسی گیاه موسیر تحت تاثیر تیمارهای مختلف نیتروژن، آبیاری و تراکم

ردیف	تیمار			عملکرد سوخ (کیلوگرم در هکتار)		تلفات نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)		کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم سوخ بر کیلوگرم کود)		کارایی مصرف آب (کیلوگرم سوخ بر مترمکعب آب)	
	(x1)	(x2)	(x3)	مشاهده شده	برازش شده	مشاهده شده	برازش شده	مشاهده شده	برازش شده	مشاهده شده	برازش شده
1	-1	-1	-1	10500	10501	25/55	26/83	105/0	105/1	7/00	7/00
2	+1	-1	-1	12300	12375	44/50	45/25	41/00	42/25	8/20	8/25
3	-1	+1	-1	11500	11483	28/38	27/51	115/0	115/0	3/28	3/34
4	+1	+1	-1	13500	13457	49/74	47/33	45/00	44/95	3/85	3/82
5	-1	-1	+1	12780	12805	8/97	8/33	127/8	127/7	8/52	8/54
6	+1	-1	+1	15120	15119	12/50	13/47	50/40	50/19	10/08	10/01
7	-1	+1	+1	14040	13947	10/45	12/96	140/4	139/0	4/01	3/95
8	+1	+1	+1	16380	16361	16/52	15/34	54/60	54/29	4/68	4/66
9	-1	0	0	11900	11980	20/44	18/15	119/0	120/2	4/76	4/72
10	+1	0	0	14140	14124	27/70	29/58	47/13	46/45	5/65	5/70
11	0	-1	0	12600	12496	20/29	21/09	63/00	61/89	8/40	8/38
12	0	+1	0	13440	13608	23/57	22/36	67/20	68/89	3/84	3/87
13	0	0	0	11900	11880	33/50	34/75	59/50	58/05	4/76	4/67
14	0	0	+1	14400	14484	12/21	10/54	72/00	74/01	5/76	5/86
15	0	0	0	13020	13014	21/80	21/80	65/10	64/98	5/20	5/21
16	0	0	0	12978	13014	22/22	21/80	64/89	64/98	5/19	5/21
17	0	0	0	13160	13014	21/56	21/80	65/80	64/98	5/26	5/21
18	0	0	0	13020	13014	21/15	21/80	65/10	64/98	5/20	5/21
19	0	0	0	12992	13014	21/25	21/80	64/96	64/98	5/19	5/21
20	0	0	0	13048	13014	22/01	21/80	65/24	64/98	5/21	5/21

تراکم کاشت آن گزارش نمودند. با توجه به سطح پاسخ عملکرد سوخ به اثر متقابل کود نیتروژن و تراکم می توان بیان کرد که تراکم بیش از کود نیتروژن در افزایش عملکرد سوخ تاثیرگذار می باشد زیرا شیب افزایش عملکرد سوخ در پاسخ به افزایش تراکم بیشتر از افزایش کود نیتروژن بود و عملکرد سوخ به تراکم کاشت بیشتر از کود نیتروژن واکنش نشان داد (شکل 1). نتایج حاصله از این آزمایش با یافته های سایر محققین که در گیاهان هم خانواده موسیر انجام گرفته، مطابقت دارد. افشار منش و خدادادی (1385) در

در کلیه تراکم های موسیر با افزایش سطوح کودی، میزان عملکرد سوخ موسیر افزایش نشان داد (شکل 1). همچنین در کلیه سطوح کودی نیز با افزایش تراکم موسیر در متر مربع، عملکرد سوخ افزایش یافت. واکنش عملکرد پیاز موسیر به تغییرات تراکم کاشت توسط کافی و همکاران (1390) نیز مورد بررسی قرار گرفت. این محققان نیز به افزایش عملکرد پیاز موسیر تحت تاثیر افزایش تراکم کاشت این گیاه اشاره کردند و بیشترین عملکرد سوخ موسیر را در بالاترین تراکم کاشت این گیاه و کمترین عملکرد آن را در کمترین

مطالعه صورت گرفته توسط کافی و همکاران (1390) نیز تاثیر بیشتر تعداد پیاز نسبت به وزن پیاز در تعیین عملکرد موسیر تحت تاثیر تراکم های مختلف گزارش گردید.

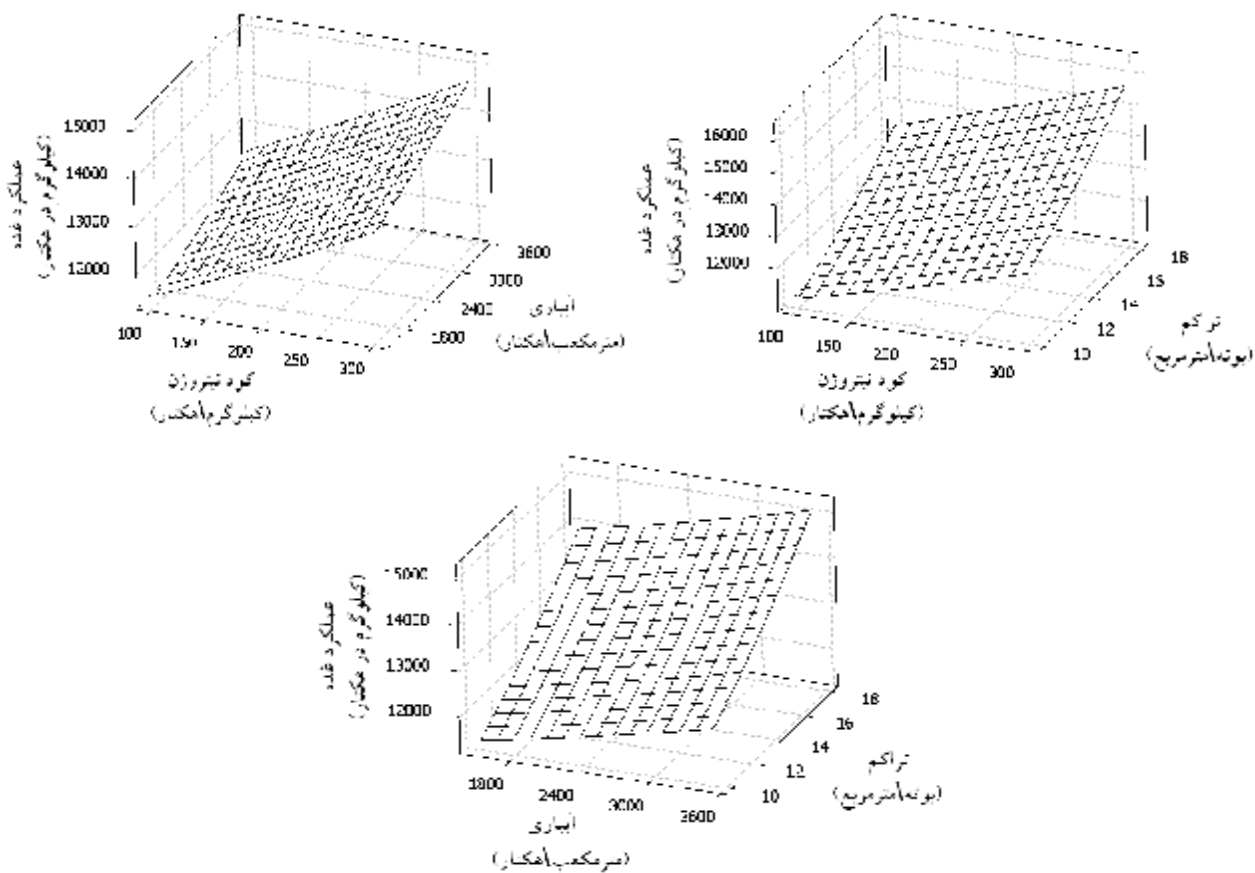
تلفات نیتروژن

بیشترین مقدار مشاهده شده و برآزش شده تلفات نیتروژن در بالاترین سطوح کود نیتروژن و آبیاری (300 کیلوگرم اوره در هکتار و 3500 متر مکعب آب) و کمترین تراکم کاشت موسیر (10 بوته در متر مربع) به دست آمد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش سطوح نیتروژن و آبیاری و کاهش تراکم موسیر تلفات نیتروژن افزایش یافت (جدول 5).

سطح پاسخ تلفات نیتروژن تحت تاثیر کود نیتروژن × آبیاری، کود نیتروژن × تراکم و همچنین آبیاری × تراکم در شکل 2 مشاهده می شود. با افزایش کود نیتروژن در تمام سطوح آبیاری، تلفات نیتروژن افزایش نشان داد که این تلفات در سطوح بالای آبیاری با شیب تندی نسبت به سطوح پایین آبیاری افزایش یافت (شکل 2). در تمام سطوح کود نیتروژن نیز افزایش آبیاری منجر به افزایش تلفات نیتروژن گردید که شیب این افزایش در سطوح بالای کودی بیشتر از سطوح پایین کاربرد کود نیتروژن بود، به عبارتی افزایش آبیاری در مقادیر بالای مصرف کود با شیب تندتری باعث افزایش تلفات نیتروژن نسبت به مقادیر کمتر کاربرد کود گردید (شکل 2). به نظر می رسد افزایش آبیاری به دلیل افزایش آب قابل دسترس برای آبشویی نیتروژن باعث افزایش تلفات نیتروژن نسبت به تیمارهای کم آبیاری می شود. هالورسون و همکاران (2008) گزارش کردند که افزایش سطوح آبیاری منجر به افزایش تلفات نیتروژن در کشت و کار پیاز شد. همچنین این محققان بیان نمودند که تلفات نیتروژن در سطوح بالای مصرف کود افزایش قابل توجهی در مقایسه با سطوح پایین کاربرد کود نشان داد.

بررسی تاثیر تراکم و کود نیتروژن بر عملکرد پیاز خوراکی گزارش کردند که افزایش کود نیتروژنه تا 180 کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار و افزایش تراکم تا 667 هزار بوته در هکتار بالاترین عملکرد سوخ پیاز را داشت. بیشترین عملکرد پیاز خوراکی در شرایط کاربرد سطوح بالای نیتروژن و تراکم کاشت توسط شوک و همکاران (2004) گزارش شد. در سطوح بالای کود نیتروژن با افزایش تراکم، عملکرد سوخ موسیر با شیب تندتری نسبت به سطوح پایین کود افزایش یافت (شکل 1). بطوریکه، کمترین عملکرد سوخ در پایین ترین سطوح کودی و تراکم مشاهده شد.

بررسی سطح پاسخ آبیاری × تراکم بر عملکرد سوخ نیز روندی مشابه نیتروژن × آبیاری و نیتروژن × تراکم نشان داد (شکل 1). بطوریکه با افزایش سطوح آبیاری و تراکم عملکرد سوخ افزایش نشان داد. در تمامی سطوح آبیاری با افزایش تراکم، عملکرد سوخ موسیر افزایش یافت و در تمام تراکم های کاشت موسیر نیز افزایش آبیاری باعث افزایش عملکرد سوخ گردید (شکل 1). افزایش عملکرد پیاز تحت تاثیر کاهش دور آبیاری و افزایش تراکم توسط امین پور و همکاران (1388) گزارش گردید. با توجه به شیب افزایش عملکرد سوخ در پاسخ به آبیاری و تراکم، می توان بیان نمود که عملکرد سوخ موسیر با افزایش تراکم با شیب تندتری در مقایسه با افزایش آبیاری افزایش می یابد. بطور کلی می توان نتیجه گرفت که عملکرد سوخ موسیر به تراکم کاشت بیشتر از کود نیتروژن و آبیاری واکنش نشان می دهد و کود نیتروژن نیز در مقایسه با آبیاری بر عملکرد سوخ بیشتر تاثیرگذار است. به نظر می رسد که واکنش بیشتر عملکرد پیاز به تراکم کاشت در مقایسه با کود نیتروژن و آبیاری به دلیل تاثیر گذاری بیشتر تعداد پیاز نسبت به وزن پیاز در تعیین عملکرد سوخ باشد. زیرا تغییرات تراکم بیشتر بر تعداد پیاز تاثیر می گذارد، در صورتی که تغییرات میزان کود و آبیاری، وزن پیاز را تحت تاثیر قرار می دهند. در



شکل 1- سطح پاسخ عملکرد سوخ موسیر تحت تاثیر متغیرهای مستقل کود نیتروژن، آبیاری و تراکم

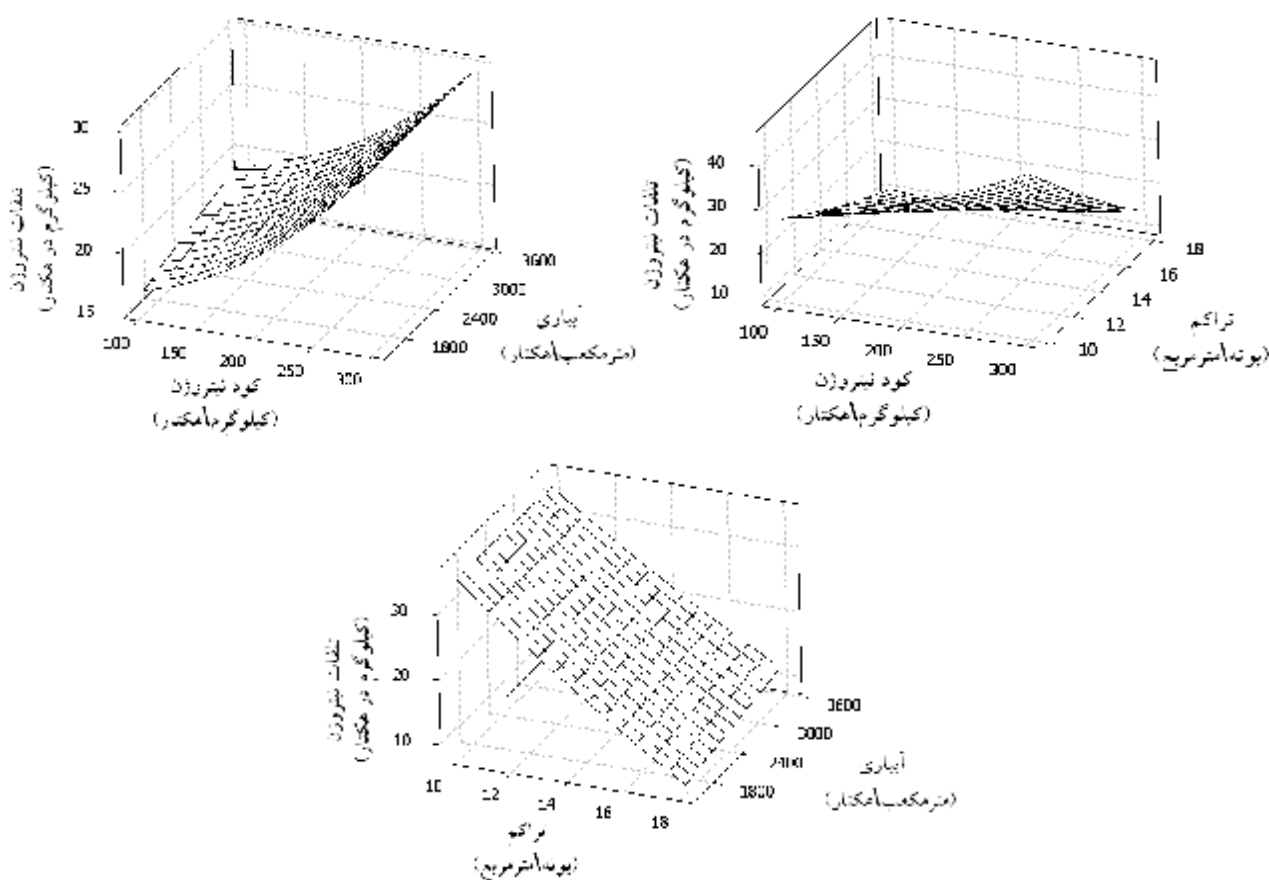
تاثیر برهمکنش کود نیتروژن \times تراکم در شرایط کاربرد بیشترین سطح کود نیتروژن با کمترین تراکم کاشت موسیر حاصل شد و کمترین تلفات نیز در صورت کاربرد کمترین مقدار کود در بالاترین سطح تراکم کاشت مشاهده شد (شکل 2). افزایش تراکم احتمالاً به دلیل افزایش سطح تماس ریشه در واحد سطح باعث جذب بیشتر نیتروژن از خاک شده و کاهش تلفات آبشویی نترات را نسبت به تراکم های پائین موسیر باعث می شود.

منحنی پاسخ تلفات نیتروژن تحت تاثیر برهمکنش تراکم \times آبیاری نشان داد که افزایش تراکم در سطوح مختلف آبیاری باعث کاهش تلفات نیتروژن شد، در صورتی که افزایش آبیاری در تمام سطوح مختلف تراکم های کاشت موسیر، افزایش تلفات نیتروژن را به

اثر متقابل کود نیتروژن \times تراکم بر تلفات نیتروژن نشان داد که افزایش کود منجر به افزایش تلفات نیتروژن در سطوح مختلف تراکم شد، با این وجود، تلفات نیتروژن در سطوح کاربرد کود به شدت تحت تاثیر سطوح مختلف تراکم کاشت قرار گرفت. به طوریکه در سطوح پایین تراکم، افزایش تلفات نیتروژن در راستای افزایش مقدار کاربرد کود نیتروژن با شیب تندی همراه بود، در صورتی که در سطوح بالای تراکم کاشت، افزایش میزان مصرف کود تلفات نیتروژن را با شیب کندی افزایش داد (شکل 2). تراکم کاشت در تمام سطوح مختلف کودی تاثیر منفی بر میزان تلفات نیتروژن داشت. به عبارتی افزایش تراکم کاشت موسیر در تمام سطوح کاربرد کود باعث کاهش تلفات نیتروژن گردید (شکل 2). بنابراین بیشترین تلفات نیتروژن تحت

خود کاهش آلودگی آب های زیر زمینی را به دنبال دارد (تورود و کینکاید 2007 و شوک و همکاران 2004). با توجه به شیب کاهش تلفات نیتروژن به ازای افزایش تراکم کاشت درمقایسه با شیب افزایش تلفات نیتروژن به ازای افزایش مقدار آبیاری، می توان عنوان نمود که تلفات نیتروژن به تغییرات تراکم کاشت نسبت به تغییرات آبیاری بیشتر واکنش نشان می دهد (شکل 2).

همراه داشت (شکل 2). بنابراین می توان بیان کرد که تاثیر تراکم بر تلفات نیتروژن منفی و اثر آبیاری بر تلفات نیتروژن مثبت بود. الس و همکاران (1993) گزارش نمودند که افزایش مقدار آبیاری در گیاه پیاز باعث افزایش آبشویی نیتروژن شده و در نتیجه تلفات نیتروژن را افزایش می دهد. کاهش میزان آبیاری باعث کاهش پتانسیل آبشویی نیترات می شود که به نوبه



شکل 2- سطح پاسخ تلفات نیتروژن تحت تاثیر متغیرهای مستقل کود نیتروژن، آبیاری و تراکم

کود نیتروژن) کارایی مصرف نیتروژن بود. از طرفی بیشترین مقدار این صفت در تیمار 100 کیلوگرم اوره در هکتار با مصرف 3500 متر مکعب آب با تراکم کاشت 18 بوته در متر مربع مشاهده شد. بنظر می رسد افزایش تراکم موسیر علاوه بر افزایش عملکرد سوخ موسیر، باعث کاهش تلفات نیتروژن نیز می شود و در

کارایی مصرف نیتروژن

کاربرد 300 کیلوگرم کود اوره در هکتار و آبیاری به میزان 1500 متر مکعب آب در هکتار و تراکم 10 بوته در متر مربع دارای کمترین مقدار مشاهده شده (41 کیلوگرم سوخ به ازای یک کیلوگرم کود نیتروژن) و برآزش شده (42/25 کیلوگرم سوخ به ازای یک کیلوگرم

دارد. به عبارت دیگر در مقادیر کمتر کاربرد کود، گیاه به ازای یک واحد کود نیتروژن، عملکرد بیشتری را در مقایسه با مقادیر بالای کاربرد کود تولید می کند.

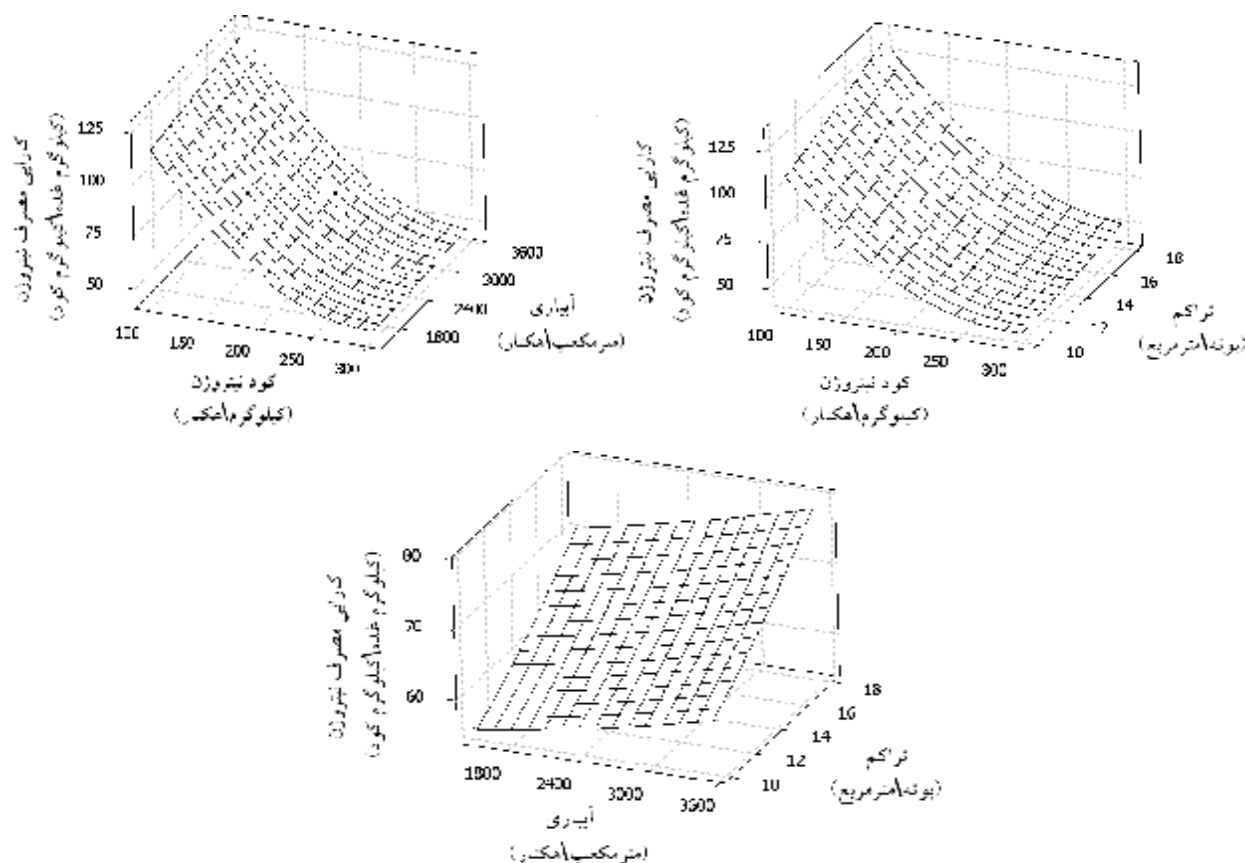
با افزایش سطوح نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن در تمامی تراکم های کاشت موسیر کاهش نشان داد (شکل 3). همچنین در کلیه سطوح نیتروژن، افزایش تراکم کاشت موسیر منجر به بهبود کارایی مصرف نیتروژن شد. بطوریکه بالاترین کارایی مصرف نیتروژن در شرایط بر همکنش کود نیتروژن \times تراکم، در پایین ترین سطح نیتروژن مصرفی و بالاترین تراکم مورد استفاده به دست آمد و کمترین کارایی مصرف نیتروژن در بالاترین سطح کودی و کمترین تراکم مشاهده شد. بهبود کارایی مصرف نیتروژن در شرایط افزایش تراکم کاشت را می توان به دلیل افزایش عملکرد سوخ در تراکم های بالای موسیر دانست. در سطوح پایین نیتروژن با افزایش کاربرد کود در تمامی تراکم های کاشت، کارایی مصرف نیتروژن با شیب تندی کاهش یافت، در صورتی که در سطوح بالای کودی این روند از شیب کمتری برخوردار بود (شکل 3). کارایی مصرف نیتروژن به تغییرات میزان مصرف کود بیشتر از تغییرات تراکم کاشت واکنش نشان داد که نشان دهنده تاثیر بیشتر کود نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن در مقایسه با تراکم می باشد.

بررسی سطح پاسخ کارایی مصرف نیتروژن در گیاه موسیر به اثر متقابل آبیاری \times تراکم نشان داد که در تمامی تراکم های کاشت، با افزایش سطوح آبیاری کارایی مصرف نیتروژن افزایش یافت (شکل 3). همچنین با افزایش تراکم موسیر، مقدار کارایی مصرف نیتروژن در تمامی سطوح آبیاری افزایش نشان داد. بالاترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن در بالاترین مقدار آبیاری و تراکم و کمترین مقدار این صفت در پایین ترین سطح آبیاری و تراکم حاصل شد (شکل 3). همان طور که در قبل نیز اشاره شد افزایش میزان آبیاری

نتیجه افزایش کارایی مصرف نیتروژن را منجر می شود (جدول 5).

بر همکنش کود نیتروژن \times آبیاری بر میزان کارایی مصرف نیتروژن نشان داد که افزایش سطح آبیاری و کاهش سطح نیتروژن منجر به بهبود کارایی مصرف نیتروژن شد (شکل 3). بطوریکه، در تمامی سطوح آبیاری، با افزایش سطوح نیتروژن کارایی مصرف نیتروژن کاهش نشان داد و با افزایش سطوح آبیاری در کلیه سطوح کودی نیتروژن، مقدار کارایی مصرف نیتروژن افزایش یافت. کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش میزان مصرف کود نیتروژنه در گیاهان هم خانواده موسیر توسط سایر محققین نیز گزارش شده است. بطوریکه، هالورسون و همکاران (2008) در بررسی اثرات کود نیتروژن و آبیاری بر رشد و نمو و شاخص های زراعی گیاه پیاز، به این نتیجه رسیدند که افزایش میزان مصرف کود نیتروژنه باعث کاهش معنی داری در کارایی مصرف نیتروژن می شود. همچنین گزارش نمودند که مدیریت مناسب آبیاری منجر به بهبود کارایی مصرف نیتروژن در تولید پیاز گردید. کمترین مقدار کارایی مصرف نیتروژن در بالاترین سطح کودی و کمترین سطح آبیاری و بیشترین مقدار این صفت در پایین ترین سطح کودی و بالاترین سطح آبیاری حاصل شد (شکل 3). همچنین منحنی پاسخ کارایی مصرف نیتروژن تحت تاثیر بر همکنش کود نیتروژن \times آبیاری نشان داد که شاخص کارایی مصرف نیتروژن به تیمار کودی بیشتر از تیمار آبیاری واکنش نشان می دهد. به طوریکه، افزایش کاربرد کود بیشتر از آبیاری، میزان کارایی مصرف نیتروژن را تغییر داد (شکل 3). با توجه به اینکه کارایی مصرف نیتروژن از نسبت عملکرد سوخ و میزان کود مصرفی حاصل می شود، می توان بیان کرد که افزایش کاربرد کود به دلیل افزایش مخرج کسر منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن می گردد، اگرچه افزایش کاربرد کود افزایش عملکرد سوخ را نیز به دنبال

باعث بهبود عملکرد سوخ می گردد که این امر افزایش کارایی مصرف نیتروژن را منجر می شود. هالورسون



شکل 3- سطح پاسخ کارایی مصرف نیتروژن تحت تاثیر متغیرهای مستقل کود نیتروژن، آبیاری و تراکم

کارایی مصرف آب

بیشترین مقدار مشاهده شده و برآزش شده کارایی مصرف آب (به ترتیب 10/08 و 10/01 کیلوگرم سوخ بر مترمکعب آب) در تیمار 300 کیلوگرم اوره در هکتار، 1500 متر مکعب آب در هکتار و 18 بوته در متر مربع و کمترین مقدار آن (مقدار مشاهده شده و برآزش شده به ترتیب 3/28 و 3/34 کیلوگرم سوخ بر مترمکعب آب) در تیمار 100 کیلوگرم اوره در هکتار، 3500 متر مکعب آب در هکتار و 10 بوته در متر مربع مشاهده شد (جدول 5). از آنجاییکه کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد بر مقدار آب مصرفی حاصل می شود، بنظر می

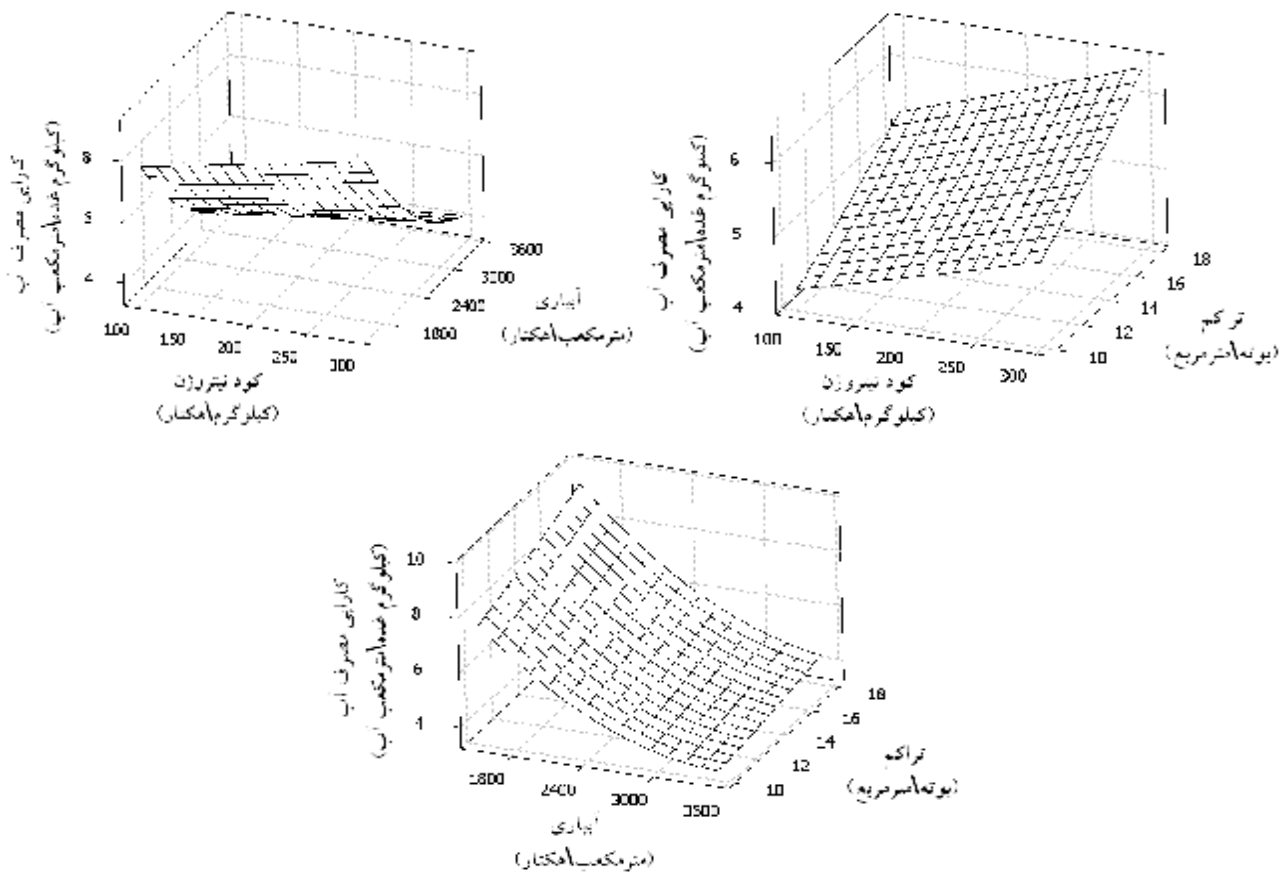
و همکاران (2002) نیز افزایش کارایی مصرف نیتروژن تحت تاثیر مدیریت مناسب آبیاری را بیان کردند. با توجه به اینکه شیب افزایش کارایی مصرف نیتروژن به ازای افزایش تراکم کاشت بیشتر از آبیاری بود، بنابراین می توان بیان نمود که کارایی نیتروژن به تغییرات تراکم بیشتر از آبیاری واکنش می دهد. بطور کلی با توجه به یافته های حاصل از سطح پاسخ کارایی مصرف نیتروژن به متغیرهای کود نیتروژن، آبیاری و تراکم، می توان نتیجه گرفت که در بین متغیرهای مورد بررسی، تغییرات کارایی مصرف نیتروژن بیشتر ناشی از تیمار کودی می باشد.

افزایش هر دو عامل نیتروژن و تراکم بوته باعث افزایش کارایی مصرف آب شد (شکل 4). از آنجاییکه افزایش تراکم و نیتروژن باعث افزایش عملکرد سوخ موسیر شدند (شکل 1)، بنابراین افزایش این دو تیمار منجر به بهبود کارایی مصرف آب گردید. نتایج منحنی پاسخ کارایی مصرف آب تحت تاثیر برهمکنش کود نیتروژن × تراکم نشان داد که در کلیه سطوح نیتروژن، با افزایش تراکم موسیر در متر مربع، کارایی مصرف آب افزایش یافت. همچنین در کلیه تراکم های کشت، افزایش سطوح نیتروژن باعث افزایش کارایی مصرف آب در گیاه موسیر گردید (شکل 4).

بر همکنش آبیاری × تراکم بر کارایی مصرف آب موسیر نیز نشان داد که در تمامی تراکم های کاشت با افزایش سطوح آبیاری، کارایی مصرف آب به ویژه در تراکم های بالا کاهش چشم گیری نشان داد (شکل 4). بطوریکه بالاترین کارایی مصرف آب در تمامی تراکم های موسیر در پایین ترین سطح آبیاری بدست آمد. از طرفی در تمامی سطوح آبیاری با افزایش تراکم کاشت، کارایی مصرف آب افزایش نشان داد (شکل 4). از آنجاییکه کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد بر آب مصرفی حاصل می شود، بنابراین بدیهی بنظر می رسد که افزایش مصرف آب منجر به کاهش کارایی مصرف آب گردد. نتایج تحقیق دوگان و همکاران (2011) نیز نشان داد که بالاترین کارایی زراعی مصرف آب در پایین ترین سطح آبیاری به دست آمد و با افزایش سطوح آبیاری از کارایی زراعی مصرف آب کاسته شد. همچنین ایشان گزارش کردند که بیشترین عملکرد گیاه در شرایط کاربرد بالاترین سطح آبیاری با میانگین عملکرد 3943 کیلوگرم در هکتار حاصل شد و افزایش میزان آبیاری منجر به بهبود عملکرد گیاه گردید.

رسد، افزایش سطوح نیتروژن و تراکم با افزایش عملکرد سوخ در گیاه موسیر باعث افزایش کارایی مصرف آب در این گیاه شدند.

سطح پاسخ کارایی مصرف آب در گیاه موسیر به تیمارهای کود نیتروژن، آبیاری و تراکم بوته در شکل 4 نشان داده شده است. در بررسی اثر متقابل کود نیتروژن × آبیاری بر کارایی مصرف آب مشاهده شد که افزایش سطوح نیتروژن و کاهش سطوح آبیاری منجر به افزایش کارایی مصرف آب شدند (شکل 4). در تمامی سطوح آبیاری، با افزایش سطوح نیتروژن میزان کارایی مصرف آب بهبود یافت. همچنین در کلیه سطوح نیتروژن، با افزایش آب مصرفی، کارایی مصرف آب کاهش نشان داد. بطوریکه کمترین مقدار کارایی مصرف آب در کاربرد کمترین مقدار کود نیتروژن و بیشترین سطح آبیاری مشاهده شد و بیشترین کارایی مصرف آب نیز در بالاترین مقدار نیتروژن و پایین ترین مقدار آبیاری بدست آمد (شکل 4). افزایش کارایی مصرف آب در سطوح پایین مصرف آب در گیاه پیاز توسط هالورسون و همکاران (2008) نیز بیان شد. بطوریکه افزایش کارایی مصرف آب از 534 به 1216 کیلوگرم پیاز بر سانتیمتر آب مصرفی با کاهش میزان آبیاری در این گیاه گزارش گردید. همچنین این محققان اشاره کردند که افزایش کود نیتروژن تاثیر معنی داری بر کارایی مصرف آب در پیاز نداشت. با توجه به اینکه کارایی مصرف آب از نسبت عملکرد سوخ و میزان آب مصرفی حاصل می شود، می توان بیان کرد که افزایش میزان آبیاری به دلیل افزایش مخرج کسر منجر به کاهش کارایی مصرف آب می شود، هرچند افزایش میزان آبیاری منجر به افزایش عملکرد سوخ نیز می گردد. به عبارت دیگر در مقادیر کمتر آبیاری، گیاه به ازای یک واحد آب مصرفی، عملکرد بیشتری را در مقایسه با مقادیر بالای آبیاری تولید می کند.



شکل 4- سطح پاسخ کارایی مصرف آب تحت تاثیر متغیرهای مستقل کود نیتروژن، آبیاری و تراکم

بهینه سازی منابع

این شاخص هر چقدر به 1 نزدیکتر باشد، نشاندهنده دقت بالای مدل در شبیه سازی مقدار متغیرهای وابسته تحت تاثیر متغیرهای مستقل می باشد. مقدار شاخص DI برای سناریوهای اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی به ترتیب برابر با 0/88، 0/94 و 0/82 به دست آمد. بنابراین مدل، شبیه سازی دقیق تری برای سناریوی اقتصادی در تعیین میزان بهینه منابع کود، آب و تراکم در مقایسه با سناریوهای دیگر داشت (جدول 6).

عملکرد سوخ موسیر در سناریوی اقتصادی بعنوان اصلی ترین متغیر تعیین کننده ی میزان بهینه منابع مورد استفاده در نظر گرفته شد و بنابراین در

مقدار بهینه کود نیتروژن، آبیاری و تراکم موسیر بر اساس سه سناریوی اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی-زیست محیطی برای حصول مقدار مورد انتظار متغیرهای وابسته در جدول 6 نشان داده شده است. اعداد داخل پارانتر نشان دهنده ضریب تاثیر متغیر وابسته در تعیین مقدار متغیرهای مستقل در سناریو مورد نظر می باشد. شاخص DI^1 بیانگر میزان دقت مدل در تعیین ترکیب تیمارهای مورد بررسی برای به دست آوردن متغیرهای وابسته می باشد که مقدار

¹ Desirability Index

مترمکعب آب شد (جدول 6). با توجه به میزان کود مصرفی (260 کیلوگرم اوره در هکتار) برای حصول بیشترین عملکرد در سناریوی اقتصادی، بنظر می رسد که کاربرد سطوح بالاتر از این مقدار، تاثیر معنی داری در افزایش عملکرد سوخ گیاه موسیر ندارد و بصورت آبشویی یا تصعید از دسترس گیاه خارج می شود که خود می تواند منجر به افزایش آلودگی های زیست محیطی گردد.

سناریو اقتصادی با ضریب تاثیر 2 مدنظر قرار گرفت. نتایج شبیه سازی نشان داد که کاربرد 260 کیلوگرم کود اوره در هکتار به همراه 2227 متر مکعب آب در هکتار در تراکم 16/7 بوته در متر مربع منجر به تولید حدود 15295 کیلوگرم سوخ در هکتار و همچنین تلفات 19 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، کارایی مصرف نیتروژنی معادل 49/4 کیلوگرم سوخ بر کیلوگرم نیتروژن و کارایی مصرف آب 7 کیلوگرم سوخ بر

جدول 6- مقدار بهینه کود نیتروژن، آبیاری و تراکم موسیر برای حصول متغیرهای وابسته مورد انتظار در سناریوهای مورد بررسی

اقتصادی	زیست محیطی	اقتصادی-زیست محیطی		
15295 (2)*	12287 (1)	13742 (1)	عملکرد سوخ (kg/ha)	متغیر وابسته (y)
19/0 (1)	10/0 (2)	11/2 (1)	تلفات نیتروژن (kg/ha)	
49/4 (1)	85/1 (1)	123 (2)	کارایی مصرف نیتروژن	
7/00 (1)	7/00 (1)	8/20 (2)	کارایی مصرف آب	
260	100	169	کود اوره (kg/ha)	متغیر مستقل (x)
2227	1500	2025	آبیاری (m ³)	
16/7	16/54	17/7	تراکم (plant/m ²)	
0/94	0/89	0/82	شاخص DI	

*اعداد داخل پارانتر نشان دهنده ضریب تاثیر متغیر وابسته در تعیین مقدار متغیرهای مستقل در سناریو مورد نظر می باشد.

هکتار، 10 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، 85/1 کیلوگرم سوخ بر کیلوگرم نیتروژن و 7 کیلوگرم سوخ بر مترمکعب آب تخمین زده شد (جدول 6).

کارایی مصرف نیتروژن و آب نیز در سناریوی اقتصادی- زیست محیطی بعنوان فاکتور اصلی تعیین کننده اپتیمم مقدار متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و بر این اساس، ضریب تاثیر 2 برای این متغیرها در سناریوی اقتصادی- زیست محیطی مدنظر قرار گرفت. در سناریوی اقتصادی- زیست محیطی، مقدار بهینه نیتروژن، آبیاری و تراکم به ترتیب معادل 169 کیلوگرم در هکتار، 2025 متر مکعب آب در هکتار و 17/7 بوته در متر مربع بدست آمد. بر اساس این منابع پیشنهادی توسط مدل، عملکرد سوخ 13742 کیلوگرم در هکتار، تلفات نیتروژن 11/2 کیلوگرم نیتروژن در هکتار،

در سناریوی زیست محیطی، کاهش تلفات نیتروژن بعنوان فاکتور تعیین کننده میزان بهینه منابع در نظر گرفته شد که صرفا کاهش آلودگی های زیست محیطی ناشی از آبشویی و تصعید نیتروژن را مدنظر قرار داده و اهمیت کمتری به عملکرد اقتصادی و کارایی منابع در این سناریو شد. بنابراین ضریب تاثیر برای تلفات نیتروژن برای تعیین میزان منابع کود، آب و تراکم در سناریوی زیست محیطی برابر 2 و برای سایر متغیرها معادل 1 در نظر گرفته شد (جدول 6). در این سناریو کود نیتروژن 100 کیلوگرم در هکتار، آبیاری 1500 متر مکعب و تراکم 16/54 بوته در متر مربع بر اساس مدل پیشنهاد شد. بر اساس منابع پیشنهادی، میزان عملکرد سوخ، تلفات نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن و آب به ترتیب معادل 12287 کیلوگرم در

نیتروژن (بعنوان یک شاخص زیست محیطی) را مدنظر قرار می دهد، بنظر می رسد مصرف منابع مورد استفاده (کود نیتروژن، آبیاری و تراکم) بر اساس این سناریو می تواند بعنوان مناسب ترین راهکار برای نیل به حصول عملکرد قابل قبول به همراه کاهش آلودگی های زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد.

کارایی مصرف نیتروژن حدود 123 کیلوگرم سوخ بر کیلوگرم نیتروژن و کارایی مصرف آب معادل 8/2 کیلوگرم سوخ بر مترمکعب آب تخمین زده شد (جدول 6).

با توجه به نتایج، از آنجاییکه سناریوی اقتصادی- زیست محیطی هم عملکرد سوخ موسیر (بعنوان یک شاخص اقتصادی) و هم میزان تلفات

منابع مورد استفاده

افشار منش غ و خدادادی م، 1385. بررسی اثر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد پیاز خوراکی در منطقه جیرفت. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، 72: 103-94.

امین پور ر، موسوی س ف و مبلی م، 1388. تأثیر رژیم آبیاری و تراکم بوته بر ویژگیهای کمی و کیفی پیاز (*Allium cepa* L.) در اصفهان. نشریه علوم باغبانی، 23(2): 60-52.

حسام عارفی ا، 1390. مطالعه نیاز عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و بررسی تاثیر آنها بر عملکرد و خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه دارویی موسیر. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

خرم دل س، 1387. اثر کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر خصوصیات کمی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

سپهوند ع، آسترکی ح، نقوی م ر، دانشیان ج و محمدیان ع، 1387. بررسی تنوع مورفولوژیک اکسشن های مختلف موسیر (*Allium hirtifolium*) در استان لرستان. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، 24: 109-116.

صدر قاین س ح، زارعی ق و حقایقی مقدم ا ق، 1388. اثر آبیاری بارانی و جویچه های بر عملکرد کمی و کیفی و کارایی مصرف آب چغندر قند. مجله آب و خاک، 23: 183-173.

عزیزی گ، 1383. اثر تنش خشکی و برگزدایی بر برخی خصوصیات کمی آویشن شیرازی، کاکوتی، آویشن باغی و کلپوره. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

کامکار ب و مهدوی دامغانی ع م، 1387. مبنای کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کافی م، رضوان بیدختی ش و سنجانی س، 1390. اثر زمان کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه موسیر در شرایط آب و هوایی مشهد. مجله علوم باغبانی، 25(3): 319-310.

مرادی ر، رضوانی مقدم پ، نصیری محلاتی م و لکزیان ا، 1388. بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*). مجله پژوهشهای زراعی ایران، 7: 635-625.

ملکوتی م ج، 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

Adeniyi BA and Anyiam FM, 2002 . In vitro anti-Helicobacter pylori potential of methanol extract of *Allium ascalonicum* Linn. (Liliaceae) leaf: susceptibility and effect on urease activity. J Phytotherapy Research, 18(5): 358-361.

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: 769–776.

Badejo MA, 1998. Agroecological restoration of savanna ecosystems. Ecological Engineering, 10: 209–219.

Box GEP and Hunter JS, 1957. Multi-factor experimental design for exploring response surfaces. Annals of Mathematical Statistics, 28:195–241.

Box GEP and Wilson KB, 1951. On the experimental attainment of optimum conditions. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 13: 1–45.

Cao J, Jing Q, Zhu Y, Liu X, Zhuang S, Chen Q and Cao W, 2009. A Knowledge-Based Model for Nitrogen Management in Rice and Wheat. Plant Production Science, 12(1) : 100-108.

Cornell JA, 1990. Experiments with mixtures, 2nd ed., Wiley, New York.

Dogan E, Copur O, Kahramanb A, Kirnak H and Guldur ME, 2011. Supplemental irrigation effect on canola yield components under semiarid climatic conditions. Agricultural Water Management, 98:1403– 1408.

Ells JE, McSay AE, Soltanpour PN, Schweissing FC, Bartolo ME and Kruse EG, 1993. Onion irrigation and nitrogen leaching in the Arkansas Valley of Colorado, 1990–1991. Horticulture Technology, 3:184–187.

Gheysari M, Mirlatifi SM, Bannayan M, Homae M and Hoogenboom G, 2009. Interaction of water and nitrogen on maize grown for silage. Agricultural Water Management, 96: 809 - 821.

Halvorson AD, bartolo ME, Reule CA and Berrada A, 2008. Nitrogen effect on onion yield under drip and furrow irrigation. Agronomy Journal, 100: 1062-1069.

Halvorson AD, Follett RF, Bartolo ME and Schweissing FC, 2002. Nitrogen fertilizer use efficiency of furrow-irrigated onion and corn. Agronomy Journal, 94:442–449.

- Jalali R, Bagheri SM, Moghimi A and Rasuli MB, 2007. Hypoglycemic effect of aqueous shallot and garlic extracts in rats with fructose-induced insulin resistance. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 41: 218-223.
- Kalavathy HM, Regupathib I, Pillai MG and Miranda LR, 2009. Modelling, analysis and optimization of adsorption parameters for H₃PO₄ activated rubber wood sawdust using response surface methodology (RSM). *Colloid Surface Bointerfaces*, 70: 35-45.
- Kwak JS, 2005. Application of Taguchi and response surface methodologies for geometric error in surface grinding process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45: 327-34.
- Leelarungrayub N, Chanarat N and Rattanapanone V, 2004. Potential activity of Thai shallot (*Allium Ascalonicum L.*) extract on the prevention of hemolysis and glutathione depletion in human erythrocyte from oxidative stress. *CMU Journal*, 3: 225-234.
- Mansouri H, Bannayan M, Rezvani Moghaddam P and Lakzian A, 2014. Management of nitrogen fertilizer, irrigation and plant density in onion production using response surface methodology as optimization approach. *African Journal of Agricultural Research*, 9(7): 676-687.
- Nelson DW and Somers LE, 1973. Determination of total nitrogen in plant material. *Agronomy Journal*, 65: 109-112.
- Nishimura H and Higuchi O, 2004. Antioxidative activity of sulfur-containing compounds in *Allium* species for human LDL oxidation in vitro. *Journal of BioFactors*, 21: 277-280.
- Obeng DP, Morrell S and Napier TJN, 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: 181-92.
- Owoyele BV, Alabi OT, Adebayo JO, Soladoyea AO, Tappayuthpijarn P, Dejatiwongse Q, Hincheraan T and Suriyant PN, 1989. Effect of *Allium ascalonicum* on erythrocyte shape in induced hypercholesterolemia rabbits. *Journal of the Medical Association of Thailand*, 72: 448-451.
- Sharma RP, 1992. Effect of planting material, nitrogen and potash on bulb yield of rainy season onion (*Allium cepa L.*). *Indian Journal of Agronomy*, 37: 868-869.
- Shock CC, Feibert EBG and Saunders LD, 2004. Plant population and nitrogen fertilization for subsurface drip-irrigated onion. *Horticulture Science*, 39:1722-1727.
- Trout TJ and Kincaid DC, 2007. On-farm system design and operation and land management. p. 133-179. In R.J. Lascano and R.E. Sojka (ed.) *Irrigation of agricultural crops*. 2nd ed. Agron. Monogr. 30. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI.
- Wang HX, 2002. Ascalin, a new anti-fungal peptide with human immunodeficiency virus type 1 reversetranscriptase-inhibiting activity from shallot bulbs. *Journal of Peptides*, 23: 1025-1029.
- Wenxue L, Long L, Jianhao S, Tianwen G, Fusuo Z, Xingguo B, Peng A and Tang C, 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an Orthic Anthrosol in Northwest China. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 105: 483-491.