



مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

صفحه‌های ۲۸۷-۳۰۳

تعیین تابع تولید آب - کود نیتروژن و ارزیابی شاخص‌های تولید پیاز در منطقه زهک سیستان و بلوچستان

حلیمه پیری*

استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۰۳

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۲۷

چکیده

به منظور تعیین تابع تولید آب و کود نیتروژن برای گیاه پیاز در سه روش آبیاری، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار و به مدت دو سال در مزرعه تحقیقاتی در زهک اجرا شد. فاکتورهای پژوهش شامل آبیاری به سه روش (جوی و پشته، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی)، چهار سطح آب آبیاری (۱۲۰، ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) و چهار سطح کود نیتروژن (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد نیتروژن) بود. بهترین تابع تولید پیاز از بین چهار تابع تولید (خطی، لگاریتمی، درجه دوم و متعالی) برای هر سه روش آبیاری انتخاب شد. در هر سه روش آبیاری تابع درجه دوم به عنوان تابع برتر تولید انتخاب شد. متوسط شاخص تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری در آبیاری جوی و پشته، قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب ۰/۲۳، ۰/۳۴ و ۰/۳۷ تن در هکتار و شاخص نهایی تولید نسبت به کود نیتروژن به ترتیب ۰/۰۹، ۰/۲۱ و ۰/۲۲ تن در هکتار به دست آمد. نسبت میزان جایگزینی فنی کود نیتروژن به جای مقدار آب آبیاری به ترتیب ۰/۳۹، ۰/۶۱ و ۰/۶ کیلوگرم تعیین شد.

کلیدواژه‌ها: آبیاری قطره‌ای زیرسطحی، آبیاری قطره‌ای سطحی، ارزش نهایی تولید، شاخص تولید نهایی، نسبت میزان جایگزینی.

مقدمه

استفاده از تحلیل آماری برآورد می‌شوند (۷). با برآورد تابع تولید می‌توان به طور کمی تأثیر نسبی هر یک از متغیرهای یادشده را روی تغییرات تولید و درآمد محصول، محاسبه و تعیین کرد (۸). تابع تولید محصول و آب مصرفی در تجزیه و تحلیل اقتصادی و یافتن شیوه‌هایی برای بهینه‌سازی مصرف آب کاربردهای فراوانی دارد. برخی پژوهشگران ضمن بررسی تبخیر و تعرق، آب مصرفی و عملکرد روی ذرت، به تحلیل توابع تولید و کارایی مصرف آب و تعیین ضریب تنش پرداختند (۱۷). نتایج تحقیقات ایشان نشان داد تابع تولید درجه دوم به عنوان تابع برتر عملکرد-آب- کود برای گیاه سورگوم تعیین شد. در تحقیقی به تحلیل اقتصادی کم‌آبیری و عمق بهینه آبیاری بر گیاه آفتاب‌گردان پرداخته شد. نتایج پژوهش یادشده نشان داد در شرایط کم‌آبیری و با هدف کسب بیشینه سود می‌توان عمق آب آبیاری را تا ۱۵ درصد کاهش داد (۹). کاربرد کود در شرایط تنش آبی می‌تواند بخشی از تنش آبی واردشده به گیاه را جبران کند (۱۴) و (۱۸). هنگامی که در مصرف آب و کود صرفه‌جویی شده باشد ولی در عین حال به موقع با روش‌های مختلف آب در اختیار گیاه پیاز قرار گیرد، عملکرد اقتصادی قابل قبولی به دست می‌آید (۱۵). کاهش مصرف نیتروژن به طور مستقیم از طریق کاهش میزان فتوسنتز و ساخت مواد پرورده و همچنین کاهش دوام برگ و طول دوره رشد گیاه، کاهش مقدار ماده خشک طی دوره رشد گیاه را سبب می‌شود (۱۲). در منطقه سیستان کمبود آب، یک مسئله جدی و بااهمیت است. در این منطقه اراضی قابل زرع زیادی وجود دارد، اما به دلیل کمبود منابع آب به صورت بایر رها شده‌اند. بنابراین، باید دنبال راهکاری بود که با حفظ شرایط پایدار در منابع آب و خاک منطقه از نظر اقتصادی موجب توسعه کشاورزی شود. تدوین برنامه آبیاری و اعمال مدیریت صحیح آبیاری در منطقه یادشده می‌تواند از

رشد روزافزون جمعیت جهان و نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبه‌روست. در این زمینه، محدودیت منابع آب و خاک به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی نیز مطرح است، به طوری که هم‌اکنون استفاده بهینه از منابع آب در سرلوحه فعالیت‌های کشورهای مختلف قرار گرفته است (۱۳). در حال حاضر، در کشور ایران نیز عامل اصلی محدودکننده تولیدات کشاورزی و افزایش تولیدات غذایی، محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب و غیراقتصادی از آن است، که این امر در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت بیشتری پیدا می‌کند (۸). کم‌آبیری تنظیم‌شده یکی از راه‌های افزایش کارایی مصرف آب است. در این روش، کاهش عملکرد در مقایسه صرفه‌جویی در مصرف آب ناچیز است (۳). هدف از کم‌آبیری تنظیم‌شده، بهینه‌ساختن کارایی مصرف آب و به حداکثر رساندن عملکرد به ازای یک واحد آب مصرفی است. هر اُفت کوچکی در عملکرد در نتیجه اجرای یک تنش ملایم رطوبتی تحت این استراتژی، با سود حاصل از کاهش مصرف آب جبران می‌شود که به کاهش بیش از حد در رشد رویشی منجر می‌شود (۵). عمق بهینه آب آبیاری در شرایط مختلف متفاوت است و زمانی به دست می‌آید که بر اثر آبیاری با این عمق، بتوان به بیشترین درآمد خالص دست یافت. به منظور تعیین عمق بهینه به ابزار مختلفی از جمله تابع تولید محصول نسبت به آب آبیاری و یا مشتقات آن، هزینه‌های ثابت و متغیر، قیمت محصول و اطلاعات مربوط به محدودیت‌های آب و زمین نیاز است. در منابع دو روش برای برآورد توابع تولید آب- عملکرد یاد شده است. روش نخست بر اساس مدل‌های نظری و تجربی رابطه آب - عملکرد را به صورت کمی بیان می‌کند. در روش دوم، توابع تولید بر اثر مقادیر مختلف آب بر عملکرد گیاهان، ناشی از مشاهدات مزرعه‌ای و با

مدیریت آب و آبیاری

گرفت. مقدار کود نیتروژن مورد نیاز بر اساس نیاز کودی ۱۳۰ کیلوگرم محاسبه شد که به صورت کود اوره و در سه مرحله (یک سوم هنگام کاشت و بقیه در مرحله سه‌برگی و پنج‌برگی) و بر اساس تیمارهایی که گفته خواهد شد، در اختیار گیاه قرار گرفت.

مقادیر متوسط برخی خصوصیات آب آبیاری در تیمارهای مختلف نیز در جدول ۲ آورده شده است.

به منظور دستیابی به اهداف مد نظر، تحقیق حاضر در قالب طرح فاکتوریل اسپلیت پلات اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح نیتروژن (N1، N2، N3، N4) به ترتیب معادل ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن) و چهار سطح عمق آب آبیاری (۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ به ترتیب معادل ۵۰، ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه پیاز) و سه روش آبیاری (آبیاری جوی و پشته، آبیاری قطره‌ای و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی) در سه تکرار اجرا شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۳ متر و فاصله کرت‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. کشت به صورت ردیفی و نشایی با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های هفت سانتی‌متر از یکدیگر انجام شد. بذر رقم تگزاس با پوست سفید اوایل مردادماه در خزانه کشت و انتقال و کاشت نشاء ۱۵ مهرماه ۱۳۹۴ انجام شد. در آبیاری قطره‌ای برای هر ردیف کشت یک لوله آبدی آبیاری قطره‌ای با قطر ۱۶ میلی‌متر، با قطره‌چکان‌هایی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و آبدی چهار لیتر در ساعت در واحد متر از نوع قطره‌چکان‌های روی‌خط استفاده شد. برای هر ردیف کشت در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی یک لوله آبدی زیرسطحی با قطر ۱۶ میلی‌متر و مجهز به قطره‌چکان داخل لوله با آبدی ۳/۴۱ لیتر در ساعت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر در عمق ۳۰ سانتی‌متر نصب شد.

زیان‌های ناشی از کمبود منابع آب در منطقه بکاهد. پژوهش یادشده به منظور تعیین بهترین تابع تولید در سطوح مختلف آبیاری و مصرف کود نیتروژن در منطقه سیستان انجام شده است تا بتوان با تعیین عمق بهینه آبیاری، ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب کاهش محصول را به کمترین مقدار رساند. همچنین، میزان تأثیر کود نیتروژن در کاهش صدمات ناشی از تنش‌های آبی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقات کشاورزی واقع در شهر زهک در استان سیستان و بلوچستان در ۶۱ درجه و ۶۷ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۸۹ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۴۸۰ متر انجام شد. منطقه مطالعاتی بر اساس اقلیم‌نمای دوماترن اقلیم گرم و خشک داشت، میزان بارندگی آن در سال کمتر از ۶۰ میلی‌متر است که آن هم در همه ماه‌های سال نمی‌بارد و فقط در ماه‌های خاصی از سال (دی، بهمن، اسفند و فروردین) بارندگی در منطقه وجود دارد و متوسط ماهانه آن ۵/۸۷ میلی‌متر است. بیشترین مقدار دما در تیرماه (میانگین ۴۲ درجه سانتی‌گراد) و کمترین مقدار دما در دی‌ماه (میانگین ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد) است. مجموع تبخیر و تعرق گیاه مرجع ۳۵۶۳/۲۴ میلی‌متر در سال است. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از مراحل آماده‌سازی زمین نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۳۰ سانتی‌متر و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری خاک برداشت و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنها تعیین شد (جدول ۱). با تعیین نیاز کودی قبل از کاشت بر اساس آزمون خاک، کود فسفر از نوع سوپر فسفات تریپل و کود پتاسیم (سولفات پتاسیم) به ترتیب هر یک به میزان ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در زمان کاشت در اختیار گیاه قرار

مدیریت آب و آبیاری

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه تحقیقاتی

کربن آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	EC (dsm ²)	نقطه پمردگی (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	pH	بافت خاک	درصد رس	درصد شن	درصد سیلت	درصد نمونه برداری	سال
۰/۷۸	۳/۴	۱۴۵	۱/۱	۹	۲۱	۸	شن لوم	۸	۶۱	۲۹	۳۰-۰	اول
۰/۶۸	۳/۱	۱۵۱	۱/۳	۱۱	۲۵	۷/۸	شن لوم	۱۱	۵۳	۳۴	۶۰-۳۰	
۰/۸۴	۳/۸	۱۴۸	۱/۳	۱۰	۲۲	۸/۳	شن لوم	۸	۶۱	۲۹	۳۰-۰	دوم
۰/۷۵	۳/۶	۱۵۵	۱/۴	۱۱/۵	۲۶	۸/۱	شن لوم	۱۱	۵۳	۳۴	۶۰-۳۰	

جدول ۲. مقادیر خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

آنیونها (meqlit ⁻¹)		کاتیونها (meqlit ⁻¹)		SAR	EC (dsm ²)	pH	نمونه آب
So ⁴⁻	Cl ⁻¹	Na ⁺¹	K ⁺¹				
۱/۱	۰/۹	۲/۲	۰/۰۳	۱/۹	۰/۴	۷/۸	SI

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

توابع تولید

تابع تولید رابطه بین ورودی و خروجی در یک سیستم است. در پژوهش حاضر، عملکرد سوخ به عنوان خروجی و مقادیر مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن به عنوان پارامترهای ورودی در نظر گرفته شد. شکل کلی تابع تولید به صورت رابطه ۳ بیان شد.

$$Y = f(I, N) \quad (3)$$

در این رابطه، Y عملکرد سوخ پیاز (تن در هکتار) است که تابعی از مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر) و مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) است.

برای اندازه‌گیری عملکرد سوخ، از هر کرت وقتی که ۳۰ درصد از بوته‌ها زرد شدند و افتادند، تعداد چهار ردیف گیاهی به عنوان نمونه انتخاب و بعد از برداشت، قسمت‌های اضافی گیاه همچون ساقه و ریشه جدا شد و بعد از قرارگرفتن به مدت یک هفته در هوای آزاد (به‌منظور خشک‌شدن) وزن پیازها اندازه‌گیری شد (۱).

شکل توابع عملکرد- آب آبیاری- کود به فرم‌های خطی ساده، لگاریتمی، درجه دوم و تابع متعالی بودند که برای هر روش آبیاری به‌صورت جداگانه به‌دست آمد (۶).

خطی ساده:

$$Y = \alpha + \beta_1 I + \beta_2 N \quad (4)$$

مدل لگاریتمی:

$$Y = \alpha I^{\beta_1} N^{\beta_2} \quad (5)$$

مدل درجه دوم:

$$Y = \alpha + \beta_1 I + \beta_2 N + \beta_3 I^2 + \beta_4 N^2 + \beta_5 I \cdot N \quad (6)$$

مدل متعالی:

$$Y = \alpha I^{\beta_1} N^{\beta_2} \exp(\beta_3 I + \beta_4 N) \quad (7)$$

در این روابط، I : مقدار آب آبیاری (سانتی‌متر)، N : مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)، α : مقدار ثابت، β : پارامترهای رگرسیون که باید محاسبه شوند، Y : مقدار عملکرد سوخ.

دور آبیاری برای گیاه پیاز با توجه به بافت خاک و ظرفیت نگهداشت آب در خاک و بررسی‌های محلی سه روز برای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی و هفت روز برای آبیاری جوی و پشته در نظر گرفته شد. برای تعیین نیاز آبی گیاه از روش تشت تبخیر استفاده شد. مقدار آب آبیاری به‌کاررفته بر اساس تلفات تبخیر تعرق پتانسیل گیاه (ETc) در فاصله سه‌روزه (دور آبیاری) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (۱۰):

$$V = \frac{I \cdot s \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_r \cdot ET_p}{E_a} \quad (1)$$

در رابطه یادشده، V : حجم آب آبیاری (متر مکعب)، I : طول کرت (متر)، s : عرض کرت (متر)، K_p : ضریب تشت (۰/۷)، ET_p : تبخیر از تشت (متر)، E_a : راندمان سیستم (۷۰ درصد آبیاری سطحی، ۹۰ درصد برای آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و ۸۵ درصد برای آبیاری قطره‌ای در نظر گرفته شد).

K_c : ضریب گیاهی. با توجه به منحنی ضریب تغییرات گیاهی طی فصل رشد برای دوره‌های آبیاری با استفاده از دستورالعمل نشریه ۵۶ فائو تعیین شد.

K_r : ضریب سایه‌انداز. مقدار ضریب سایه‌انداز به درصد پوشش گیاهی (نسبت به کل سطح مزرعه) بستگی داشت و مقدار آن بر اساس پیشنهاد کلر و کارملی از رابطه ۲ به‌دست آمد (۱۰):

$$K_r = \frac{GS}{0.85} \text{ یا } 1 \quad (2)$$

GS : درصد پوشش گیاه یا سطح سایه‌انداز گیاه نسبت به کل سطح مزرعه

برای تعیین حجم آب مورد نیاز در آبیاری جوی و پشته با دور آبیاری هفت‌روزه از رابطه ۱ بدون در نظر گرفتن ضریب سایه‌انداز استفاده شد. حجم آب آبیاری با استفاده از کنتورهای نصب‌شده روی هر یک از لوله‌های آب‌رسان اندازه‌گیری شد. حجم آب سایر تیمارها بر اساس این حجم تعیین و اعمال شد.

مدیریت آب و آبیاری

ریال به ازای هر کیلوگرم سوخ بر اساس قیمت ارائه شده از جهاد کشاورزی منطقه، Y: تابع تولید برتر است.

نتایج و بحث

نتایج برآورد ضرایب توابع تولید برای هر یک از روش‌های آبیاری در جدول ۳ آمده است. نمودار رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده در شکل ۱ و پارامترهای آماری مورد نیاز ارزیابی اعتبار توابع به دست آمده درباره عملکرد سوخ در جدول ۴ ارائه شده است. برای تعیین معناداری از آماره f استفاده شد. آماره f نشان‌دهنده معنادار بودن کلی تابع است. چنانچه آزمون f معنادار باشد، نشان می‌دهد برآزش کلی مدل رگرسیونی و میزان باقی‌مانده‌های مدل در حد قابل قبولی است (۱۶). بررسی ضرایب تعیین معادلات خط رگرسیون رسم شده و همچنین آماره t استیودنت مندرج در نمودار نشان می‌دهند کلیه توابع مطالعه شده توانسته‌اند برآورد قابل قبولی از عملکرد سوخ پیاز در هر سه روش آبیاری داشته باشند. طبق جدول ۴، بر اساس رتبه‌بندی نهایی تابع درجه دوم به عنوان تابع برتر نسبت به سایر توابع در هر سه روش آبیاری شناخته شد. توابع متعالی، لگاریتمی و خطی به ترتیب در رتبه‌های دوم تا چهارم قرار گرفتند. با توجه به اینکه هر چه مقادیر ME بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده عملکرد ضعیف‌تر مدل در برآورد مقدار عملکرد محصول است. بنابراین، از جدول یاد شده می‌توان دریافت که تابع درجه دوم با داشتن کمترین ME بهترین برآورد را از عملکرد محصول داشته است. کمترین مقدار عددی شاخص RMSE نیز مربوط به تابع درجه دوم است و نشان می‌دهد تابع با کمترین اختلاف، عملکرد را نسبت به مقدار واقعی آن برآورد کرده است. همچنین، مقادیر زیاد ضریب تعیین R^2 (۰/۹۴) و کارایی مدل EF (۰/۸۴) نیز بیان‌کننده قاطعیت و کارایی زیاد تابع درجه دوم در برآورد مقادیر مد نظر است.

پس از تعیین ضرایب مورد نیاز، به منظور مقایسه و ارزیابی مدل‌های یاد شده از پنج شاخص آماری ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، بازده مدل (EF)، ضریب بیشینه (ME)، ضریب مقدار باقی‌مانده (CRM) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد که از معادلات ۸-۱۰ به دست می‌آیند (۶).

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right)^{1/2} \times \left(\frac{100}{O} \right) \quad (8)$$

$$EF = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2)}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (9) \quad ME = \max_{i=1}^n |O_i - P_i|$$

$$CRM = \frac{(\sum_{i=1}^n (O_i) - \sum_{i=1}^n (P_i))}{(\sum_{i=1}^n (O_i))} \quad (10)$$

در این روابط، O و P به ترتیب مقدار عملکرد مشاهده شده و پیش‌بینی شده، میانگین عملکرد مشاهده شده و n تعداد مشاهدات هستند.

بررسی شاخص‌های ارزیابی عملکرد

پس از تعیین تابع تولید برتر، برای بررسی آثار جداگانه و هم‌زمان کود و سطوح آبیاری بر عملکرد سوخ پیاز از شاخص‌های تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری (MPI)، تولید نهایی نسبت به کود (MPN)، نسبت نهایی میزان جایگزین فنی برای کود و عمق آب آبیاری (MRTSI,N)، ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری (VMPI) و ارزش تولید نهایی نسبت به کود نیتروژن (VMPN) استفاده شد. شاخص‌های یاد شده با استفاده از روابط ۱۱-۱۵ تعیین شدند (۶).

$$MP_I = \frac{dY}{dI} \quad (11)$$

$$MP_N = \frac{dY}{dN} \quad (12)$$

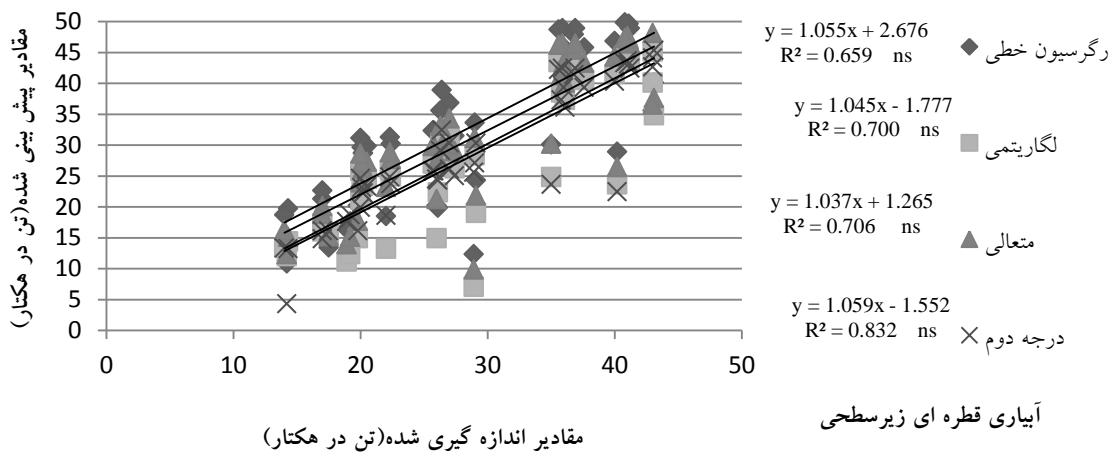
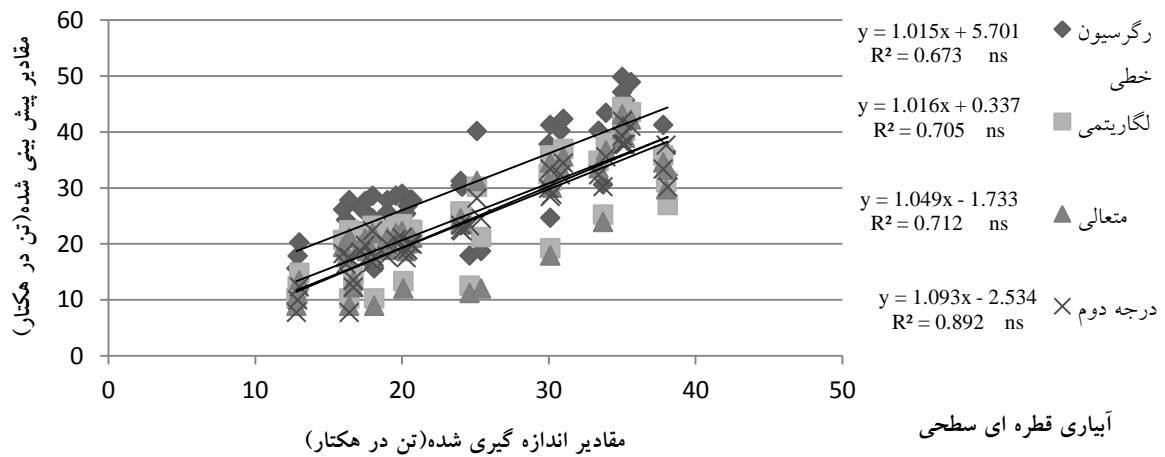
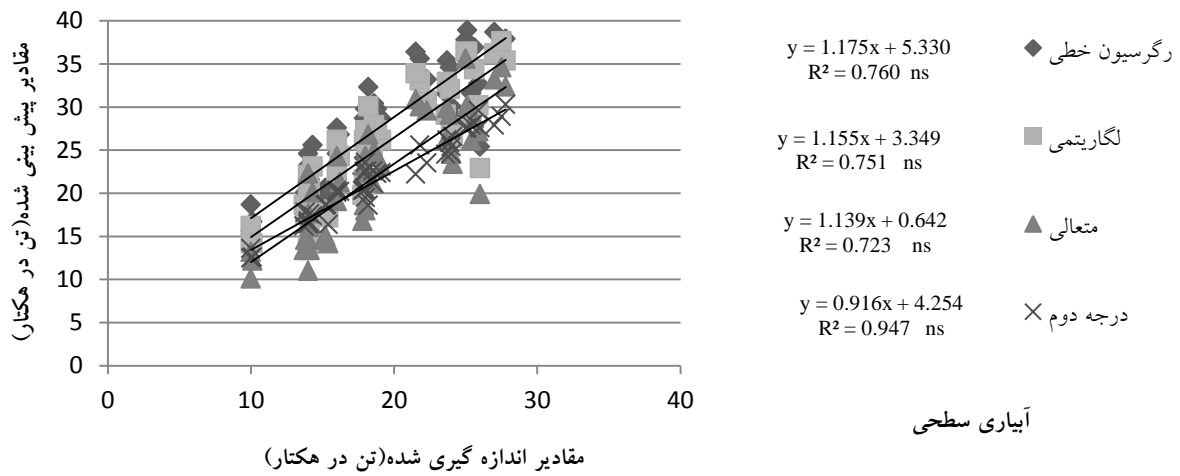
$$MRTS_{I,N} = \frac{MP_N}{MP_I} \quad (13)$$

$$VPM_I = P_Y \times MP_I \quad (14)$$

$$VMP_N = P_Y \times MP_N \quad (15)$$

در روابط یاد شده، P_Y : قیمت واحد وزن محصول (۱۵ هزار

تعیین تابع تولید آب - کود نیتروژن و ارزیابی شاخص‌های تولید پیاز در منطقه زهک سیستان و بلوچستان



شکل ۱. نمودار رگرسیون مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده عملکرد سوخ در هر سه روش آبیاری

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

جدول ۳. ضرایب توابع تولید آب- کود- عملکرد

تابع تولید				ضرایب تابع تولید
تابع متعالی	تابع درجه دوم	تابع لگاریتمی	تابع خطی	
۲/۸	-۹۸/۵	۳/۹	۱۹/۱	α
۰/۳۱	۳/۱	۰/۳۱	۰/۰۰۸	β_1
۰/۳۲	-۰/۰۰۸	۰/۱۱	۰/۰۶	β_2
-۰/۰۰۳	-۰/۰۲	-	-	β_3
-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	-	-	β_4
-	۰/۰۰۱	-	-	β_5
۷۴/۶۲**	۷۱/۲۳**	۲۴/۱۵**	۱۲/۴۵**	f آماره
آبیاری جوی و پشته				
۳/۸	-۱۴۴/۲	۴/۵	۲۹/۴	α
۰/۴۱	۴/۵	۰/۲۵	۰/۰۰۱	β_1
۰/۲	-۰/۰۰۸	۰/۲۱	۰/۰۶	β_2
-۰/۰۰۳	-۰/۰۳۲	-	-	β_3
-۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	-	-	β_4
-	۰/۰۰۱	-	-	β_5
۶۵/۱۵**	۶۴/۶۵**	۳۶/۲۱**	۱۶/۲۱**	f آماره
آبیاری قطره‌ای سطحی				
۴/۴	-۱۲۲/۶	۵/۱	۳۶/۲	α
۰/۴	-۴/۸	۰/۳۲	۰/۰۰۵	β_1
۰/۱۷	-۰/۰۰۹	۰/۱۷	۰/۰۵	β_2
-۰/۰۰۲	۰/۰۴	-	-	β_3
-۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-	-	β_4
-	۰/۰۰۱	-	-	β_5
۷۴/۲۴**	۷۸/۱۲**	۴۲/۱۲**	۲۵/۱۸**	f آماره
آبیاری قطره‌ای زیر سطحی				

** معنادار بودن تابع در سطح یک درصد

جدول ۴. پارامترهای آماری محاسبه شده برای ارزیابی اعتبار توابع تولید آب- کود- عملکرد

رتبه	میانگین	R ²	CRM	ME	EF	RMSE	نوع تابع	روش آبیاری
رتبه نهایی	رتبه							
۴	۳/۶	(۲)۰/۷۶	(۴)-۰/۴۵	(۴)۱۴/۹	(۴)-۲/۵۳	(۴) ۴۸/۹۶	خطی	آبیاری جوی و پشته
۳	۳	(۳)۰/۷۵	(۳)-۰/۳۳	(۳)۱۲/۴	(۳)-۱/۰۸	(۳)۳۷/۶۱	لگاریتمی	
۲	۲/۴	(۴)۰/۷۲	(۲)-۰/۱۷	(۲)۱۰/۶	(۲)۰/۰۴	(۲)۲۵/۴۸	متعالی	
۱	۱	(۱)۰/۹۴	(۱)-۰/۱۴	(۱)۴/۵	(۱)۰/۶۵	(۱)۱۵/۲۵	درجه دوم	
۴	۴	(۴)۰/۶۷	(۴)-۰/۲۴	(۴)۱۴/۸	(۴)-۰/۱	(۴)۳۳/۴۹	خطی	آبیاری قطره‌ای سطحی
۳	۳	(۳)۰/۷	(۳)-۰/۰۳	(۲)۱۱/۲	(۲)۰/۵۵	(۲)۲۱/۲	لگاریتمی	
۲	۲/۶	(۲)۰/۷۱	(۲)۰/۰۲	(۳)۱۳/۴	(۳)۰/۵۴	(۳)۲۱/۴۲	متعالی	
۱	۱	(۱)۰/۸۹	(۱)۰/۰۰۹	(۱)۸/۷	(۱)۰/۸۴	(۱)۱۲/۵۳	درجه دوم	
۴	۳/۲	(۳)۰/۶۵	(۴)-۰/۱۵	(۱)۱۶/۶	(۴)۰/۱۹	(۴)۱۱۵/۰۲	خطی	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی
۲	۱/۸	(۲)۰/۷	(۲)۰/۰۱۷	(۱)۱۶/۶	(۲)۰/۵۲	(۲)۶۷/۴۹	لگاریتمی	
۳	۲/۸	(۲)۰/۷	(۳)-۰/۰۸	(۳)۱۹/۱	(۳)۰/۴۸	(۳)۷۳/۵۱	متعالی	
۱	۱	(۱)۰/۸۳	(۱)-۰/۰۰۴	(۲)۱۷/۸	(۱)۰/۷۷	(۱)۳۲/۸۶	درجه دوم	

(MRTS) به دو عامل کمیت آب آبیاری و کود نیتروژن در جدول ۵ آورده شده است.

نتایج جدول ۵ نشان داد شاخص تولید نهایی نسبت به کود نیتروژن با فرض ثابت بودن عمق آب آبیاری در آبیاری جوی و پشته به ازای ۳۲/۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ۰/۱، آبیاری قطره‌ای سطحی ۰/۱۲ و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۰/۱۳ تن، به ازای ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در آبیاری جوی و پشته ۰/۰۹، آبیاری قطره‌ای سطحی ۰/۳۱ و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۰/۳۲ تن بر کیلوگرم در هکتار به ازای افزایش یک واحد کود نیتروژن است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، افزایش کود نیتروژن در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر سبب افزایش محصول شده است.

بنابراین، با توجه به نتایج یادشده و در نظر گرفتن رتبه نهایی می‌توان گفت که تابع درجه دوم می‌تواند به عنوان تابع برتر در شرایط هم‌زمان کود و سطوح آب آبیاری در منطقه سیستان معرفی شود. رضایی و همکارانش (۱۳۸۶) طی پژوهشی تنش آبی بر محصول ذرت علوفه‌ای تابع درجه دوم را به عنوان تابع عملکرد عمق آبیاری معرفی کردند (۴). موسوی فضل و همکارانش (۱۳۹۶) در تحقیق خود درباره تعیین تابع برتر تولید عملکرد-آب - کود برای گیاه سورگوم به نتایج مشابهی دست یافتند و تابع درجه دوم را به عنوان تابع برتر انتخاب کردند (۱۱).

شاخص‌های تولید نهایی آب آبیاری و کود نیتروژن

شاخص‌های تولید نهایی (MP) و نسبت نهایی میزان فنی

جدول ۵. شاخص‌های تولید نهایی عملکرد سوخ پیاز

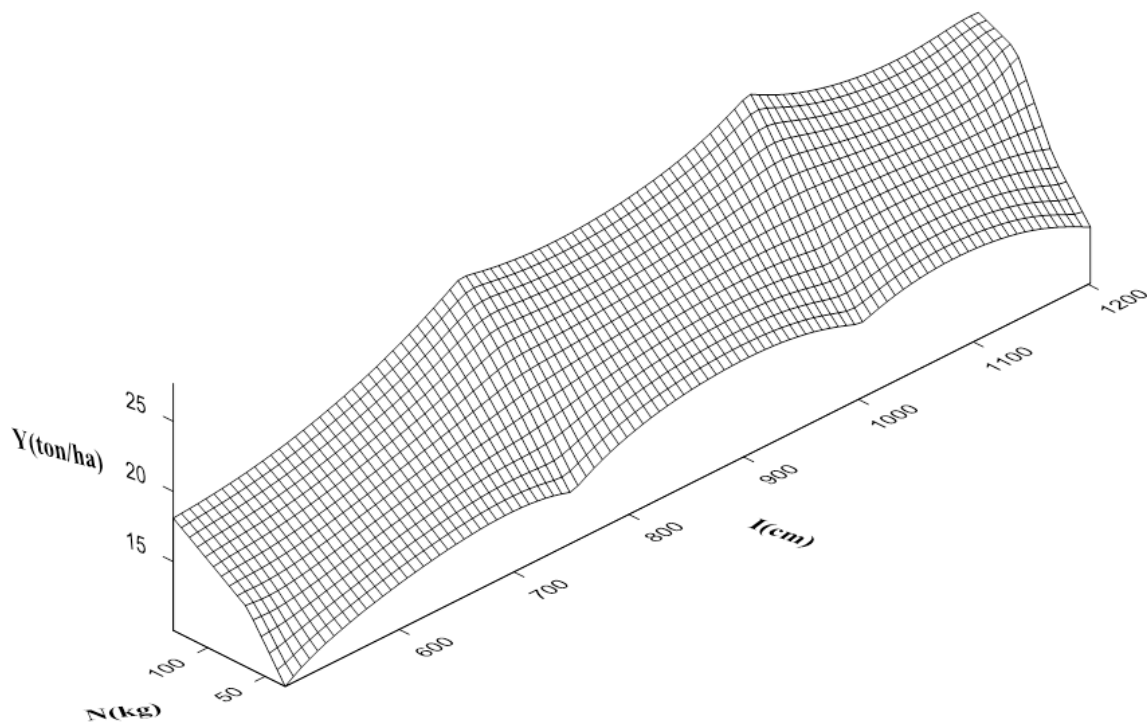
عملکرد سوخ	شاخص	دامنه تغییرات نهاده	متغیر	روش آبیاری
۱/۱۷	MPI(ton/cm)	حداقل=۵۰/۰۸	I(cm)	آبیاری
-۱/۶		حداکثر=۱۲۰/۱۹		
۰/۱	MPN (ton/kg)	حداقل=۳۲/۵	N(kg/ha)	جوی و پشته
۰/۰۹		حداکثر=۱۳۰		
۲/۰۸	MPI(ton/cm)	حداقل=۳۸/۹۵	I(cm)	آبیاری قطره‌ای
-۱/۴		حداکثر=۹۳/۴۸		
۰/۱۲	MPN (ton/kg)	حداقل=۳۲/۵	N(kg/ha)	سطحی
۰/۳۱		حداکثر=۱۳۰		
۲/۳۶	MPI(ton/cm)	حداقل=۲۳/۱۶	I(cm)	آبیاری قطره‌ای
-۱/۴۸		حداکثر=۷۹/۵۸		
۰/۱۳	MPN (ton/kg)	حداقل=۳۲/۵	N(kg/ha)	زیرسطحی
۰/۳۲		حداکثر=۱۳۰		

(۲۰۰۵) نیز در تحقیقاتشان نتایج مشابهی ارائه کردند و اظهار داشتند که آبیاری مازاد بر نیاز، سبب کاهش محصول می‌شود (۱۹ و ۲۰). مقدار شاخص تولید نهایی برای کمترین عمق آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب ۲/۰۸ و ۲/۳۶ تن به‌ازای هر سانتی‌متر عمق آب و برای بیشترین عمق آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب ۱/۴- و ۱/۴۸- تن به‌ازای هر سانتی‌متر عمق آب بود. همان‌طور که مشاهده می‌شود در عمق‌های کم آب آبیاری، افزایش عمق آب آبیاری در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی سبب تولید محصول بیشتری نسبت به دو روش دیگر شده است. همچنین، در آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه عملکرد در آبیاری جوی و پشته بیشتر کاهش می‌یابد که می‌توان علت را چنین دانست که آبیاری مازاد بر نیاز آبی گیاه سبب شست‌وشوی مواد غذایی و کاهش تهویه در منطقه ریشه گیاه می‌شود که این عمل کاهش عملکرد محصول را به دنبال دارد (۱۹ و ۲۰).

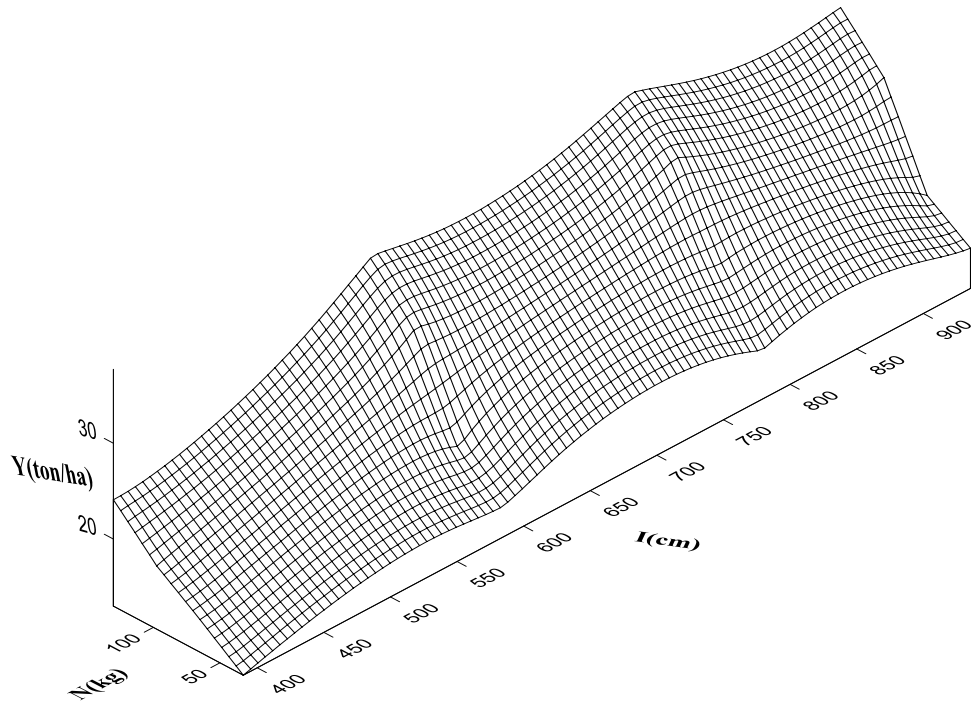
شاخص تولید نهایی عملکرد سوخ پیاز نسبت به عمق آب آبیاری (MP_I) با فرض ثابت بودن کود نیتروژن برای کمترین عمق آب آبیاری (۵۰/۰۸ سانتی‌متر) معادل ۱/۱۷ تن به‌ازای هر یک سانتی‌متر عمق آب در آبیاری جوی و پشته است، یعنی به‌ازای هر یک سانتی‌متر افزایش عمق آب آبیاری، ۱/۱۷ تن افزایش تولید خواهیم داشت. مقدار این شاخص برای بیشترین عمق آب آبیاری (۱۲۰/۱۹ سانتی‌متر) معادل ۱/۶- تن به‌ازای هر یک سانتی‌متر عمق آب در آبیاری جوی و پشته بود. عدد منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد به‌ازای افزایش عمق آب آبیاری در شرایط آبیاری ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه است و نشان می‌دهد شیب افزایش عملکرد در کم‌آبیاری بیشتر از پرآبیاری است و همچنین آبیاری مازاد بر نیاز سبب کاهش محصول می‌شود. پیری و همکارانش (۱۳۹۶) در تحقیق خود درباره تابع تولید سورگوم در مقادیر بیشتر از نیاز آبی گیاه به نتایج مشابه دست یافتند (۲). نادر (۲۰۰۶) و ویجیلی و نلسون

افزایش مقدار کود نیتروژن، کاهش عملکرد کمتری داشت. همچنین، شکل‌ها نشان می‌دهند عملکرد در شرایط کم‌آبی با شیب تندتری واکنش نشان می‌دهد و با افزایش مقدار آب آبیاری، روند افزایش عملکرد کند می‌شود. بنابراین، اگر در مناطقی که آبیاری کامل است، بخشی از آب صرفه‌جویی شود، عملکرد تغییر درخور توجهی نمی‌کند و اگر این مقدار آب صرفه‌جویی شده به گیاهی برسد که در شرایط خشکی قرار دارد، افزایش عملکرد بیشتر خواهد بود.

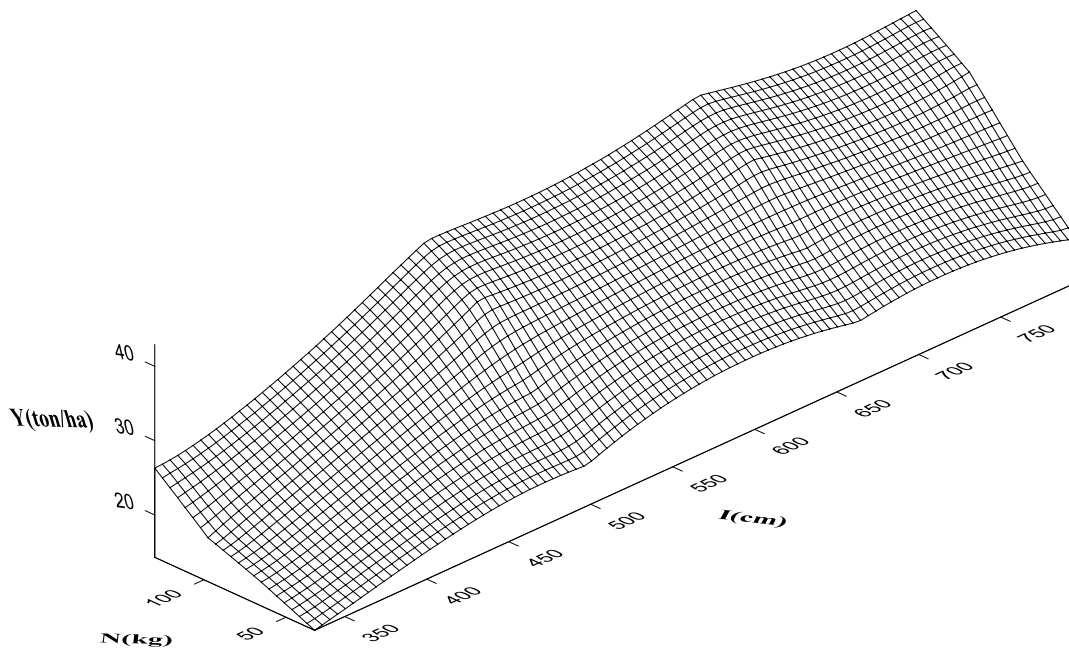
شکل‌های ۲-۴ تغییرات عملکرد سوخ پیاز را نسبت به سطوح مختلف آب آبیاری و کود نیتروژن در هر سه روش آبیاری نشان می‌دهند. همان‌طور که در شکل‌ها نمایان است، با کاهش مقدار کود نیتروژن و عمق آب آبیاری مقدار عملکرد کاهش می‌یابد، اما می‌توان با افزایش کود نیتروژن در شرایط عمق‌های کم آب آبیاری مقداری از این کاهش عملکرد را جبران کرد. که افزایش عملکرد در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از دو روش دیگر است. بنابراین، می‌توان گفت که در شرایط کم‌آبیاری می‌توان با



شکل ۲. تغییرات عملکرد سوخ پیاز نسبت به مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن در آبیاری جوی و پشته



شکل ۳. تغییرات عملکرد سوخ پیاز نسبت به مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن در آبیاری قطره‌ای سطحی



شکل ۴. تغییرات عملکرد سوخ پیاز نسبت به مقدار آب آبیاری و کود نیتروژن در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

همچنین، با توجه به شاخص تولید نهایی سوخ نسبت به کود نیتروژن (MP_N) با افزایش یک واحد کود نیتروژن و با فرض ثابت ماندن عمق آب آبیاری (۶۶/۲۱ سانتی‌متر) به طور متوسط عملکرد سوخ ۰/۲۱ تن در هکتار افزایش می‌یابد. میزان جایگزینی نهایی کود نیتروژن به جای آب آبیاری (MRTS) نسبت به عملکرد سوخ نشان داد برای اینکه عملکرد با کاهش یک واحد آب آبیاری تغییر نکند، باید مقدار کود نیتروژن ۰/۶۱ کیلوگرم به ازای هر سانتی‌متر آب آبیاری افزایش یابد. با توجه به قیمت پیاز، برای هر کیلو پیاز تازه به میزان ۱۵ هزار ریال، می‌توان ارزش تولید دو عامل عمق آب آبیاری و کود نیتروژن را به دست آورد. مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری برای پیاز تازه ۵۱۰۰ هزار ریال است که بیان‌کننده درآمد حاصل از افزایش تولید در نتیجه افزایش هر سانتی‌متر عمق آب آبیاری به عمق متوسط آب آبیاری است. همچنین، مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به مقدار کود نیتروژن برای پیاز تازه ۳۱۵۰ هزار ریال به دست آمد.

مقدار شاخص تولید نهایی سوخ پیاز نسبت به عمق آب آبیاری (MP_I) در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نشان داد با افزایش یک سانتی‌متر عمق آب آبیاری با فرض ثابت ماندن مقدار کود نیتروژن (۸۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد متوسط سوخ به اندازه ۰/۳۷ تن در هکتار افزایش می‌یابد. همچنین، با توجه به شاخص تولید نهایی سوخ نسبت به کود نیتروژن (MP_N) با افزایش یک واحد کود نیتروژن و با فرض ثابت ماندن عمق آب آبیاری (۵۶/۳۷ سانتی‌متر) به طور متوسط عملکرد سوخ ۰/۲۲ تن در هکتار افزایش می‌یابد. میزان جایگزینی نهایی کود نیتروژن به جای آب آبیاری (MRTS) نسبت به عملکرد سوخ نشان داد برای اینکه عملکرد با کاهش یک واحد آب آبیاری تغییر نکند، باید مقدار کود نیتروژن ۰/۶ کیلوگرم به ازای هر سانتی‌متر آب آبیاری افزایش یابد. با توجه به قیمت پیاز

در جدول ۶ شاخص تولید نهایی سوخ پیاز نسبت به متوسط عمق آب آبیاری (MP_I) در آبیاری جوی و پشته نشان داد با افزایش یک سانتی‌متر عمق آب با فرض ثابت ماندن کود نیتروژن (۸۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد متوسط سوخ به اندازه ۰/۲۳ تن در هکتار افزایش می‌یابد. همچنین، با توجه به شاخص تولید نهایی سوخ پیاز نسبت به کود نیتروژن (MP_N) با افزایش یک واحد کود نیتروژن و با فرض ثابت ماندن عمق آب آبیاری (۸۵/۴۹ سانتی‌متر) به طور متوسط عملکرد سوخ ۰/۰۹ تن در هکتار افزایش می‌یابد. میزان جایگزینی نهایی کود نیتروژن به جای آب آبیاری (MRTS) نسبت به عملکرد سوخ نشان داد برای اینکه عملکرد با کاهش یک واحد آب آبیاری تغییر نکند، باید مقدار کود نیتروژن ۰/۳۹ کیلوگرم به ازای هر سانتی‌متر آب آبیاری افزایش یابد. با توجه به قیمت پیاز برای هر کیلو پیاز تازه به میزان ۱۵ هزار ریال، می‌توان ارزش تولید دو عامل عمق آب آبیاری و کود نیتروژن را به دست آورد. مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری برای پیاز تازه ۳۴۵۰ هزار ریال است که بیان‌کننده درآمد حاصل از افزایش تولید در نتیجه افزایش هر سانتی‌متر عمق آب آبیاری به عمق متوسط آب آبیاری است. همچنین، مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به مقدار کود نیتروژن برای پیاز تازه ۱۳۵۰ هزار ریال به دست آمد. موسوی فضل و همکارانش (۱۳۹۶) در تحقیق خود درباره تأثیر کود پتاسیم در کم‌آبایی‌ها به این نتیجه رسیدند که کاهش عملکرد بر اثر کاهش عمق آب آبیاری را می‌توان با افزایش مقدار کود پتاسیم جبران کرد (۱۱).

مقدار شاخص تولید نهایی سوخ پیاز نسبت به عمق آب آبیاری (MP_I) در آبیاری قطره‌ای سطحی نشان داد با افزایش یک سانتی‌متر عمق آب آبیاری با فرض ثابت ماندن مقدار کود نیتروژن (۸۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد متوسط سوخ به اندازه ۰/۳۴ تن در هکتار افزایش می‌یابد.

مدیریت آب و آبیاری

حلیمه پیری

کود نیتروژن برای پیاز تازه ۳/۳ میلیون ریال به دست آمد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، مقدار ارزش تولید نهایی سوخ پیاز نسبت به عمق آب آبیاری و نسبت به کود نیتروژن در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از دو آبیاری دیگر است که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر افزایش عمق آب و کود نیتروژن بر عملکرد سوخ در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی است.

برای هر کیلو پیاز تازه به میزان ۱۵ هزار ریال، می‌توان ارزش تولید دو عامل عمق آب آبیاری و کود نیتروژن را به دست آورد. مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به عمق آب آبیاری برای پیاز تازه ۵/۵۵ میلیون ریال است که بیان‌کننده درآمد حاصل از افزایش تولید در نتیجه افزایش هر سانتی‌متر عمق آب آبیاری به عمق متوسط آب آبیاری است. همچنین، مقدار ارزش تولید نهایی نسبت به مقدار

جدول ۶. مقادیر شاخص‌های ارزیابی با استفاده از میانگین‌های آزمایشی آب آبیاری و کود نیتروژن

عملکرد سوخ	نوع شاخص	آبیاری جوی و پشته
۰/۲۳	$MP_I(\text{ton/cm})$	
۰/۰۹	$MP_N(\text{ton/kg})$	
۰/۳۹	$MRTS_{I,N}(\text{cm/kg})$	
۳۴۵۰۰۰۰	$VMP_I(\text{RLS})$	
۱۳۵۰۰۰۰	$VMPN(\text{RLS})$	
۰/۳۴	$MP_I(\text{ton/cm})$	آبیاری قطره‌ای سطحی
۰/۲۱	$MP_N(\text{ton/kg})$	
۰/۶۱	$MRTS_{I,N}(\text{cm/kg})$	
۵۱۰۰۰۰۰	$VMP_I(\text{RLS})$	
۳۱۵۰۰۰۰	$VMPN(\text{RLS})$	
۰/۳۷	$MP_I(\text{ton/cm})$	آبیاری قطره‌ای زیرسطحی
۰/۲۲	$MP_N(\text{ton/kg})$	
۰/۶	$MRTS_{I,N}(\text{cm/kg})$	
۵۵۵۰۰۰۰	$VMP_I(\text{RLS})$	
۳۳۰۰۰۰۰	$VMPN(\text{RLS})$	

میانگین عمق آب آبیاری در آبیاری سطحی (جوی و پشته) ۸۵/۴۹ سانتی‌متر، آبیاری قطره‌ای سطحی ۶۶/۲۱، آبیاری قطره‌ای زیرسطحی ۵۶/۳۷ و میانگین کود نیتروژن ۸۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار است.

مدیریت آب و آبیاری

دوره ۷ ■ شماره ۲ ■ پاییز و زمستان ۱۳۹۶

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان گفت که بر اثر تغییرات آب آبیاری، کود نیتروژن و روش آبیاری تابع درجه دوم نسبت به سایر توابع برآورد بهتری از عملکرد سوخ پیاز دارد. تأثیر افزایش عمق آب آبیاری و مقدار کود نیتروژن بر عملکرد سوخ پیاز در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بیشتر از دو روش دیگر آبیاری بود. برای اینکه مقدار عملکرد با کاهش عمق آب آبیاری کاهش پیدا نکند باید مقدار کود نیتروژن مصرفی افزایش یابد. با توجه به شدت زیاد تبخیر و تعرق، وزش بادهای شدید و همچنین کمبود آب در منطقه مطالعه شده، توصیه می‌شود به علت پتانسیل بیشتر سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نسبت به دو روش دیگر آبیاری، از روش یادشده برای آبیاری گیاه پیاز استفاده شود.

تقدیر و تشکر

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه زابل انجام شده است. شماره گرنت: UOZ-GR-951-104

منابع

۱. افشارمنش غ. ر. و خدادادی م.، (۱۳۸۵)، «بررسی اثر تراکم بوته و مقادیر کود نیتروژن بر عملکرد پیاز خوراکی در منطقه جیرفت». پژوهش و سازندگی، ۷۲: ۹۴-۱۰۳.
۲. پیری ح. انصاری ح. و پارسا م.، (۱۳۹۶)، «اثر شوری و مقدار آب آبیاری بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای در دشت سیستان». پژوهش آب در کشاورزی، ۳۱(۱): ۲۸-۱۴.
۳. حبیبی م، عبدی م. و مهرپویان م.، (۱۳۹۲)، «مطالعه خصوصیات کیفی علوفه در دو رقم سورگوم علوفه ای اسپیدفید و پگاه تحت شرایط کم‌آبی». دومین همایش ملی مباحث کشاورزی نوین، ساوه.
۴. رضایی ع. فرحبخش ح. صمدی ح. حسینی ف. و میرزا هاشمی م.، (۱۳۸۶)، «تعیین تابع تولید ذرت علوفه‌ای نسبت به آب در کرمان». نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، بهمن‌ماه.
۵. شمس بیرانوند م. برومند نسب س. ملکی ع. ودانشور م.، (۱۳۹۴)، «تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و برخی صفات دانه سه رقم سویا در منطقه خرم آباد». علوم و مهندسی آبیاری، ۳۸(۳): ۱۳-۲۱.
۶. شهیدی ع.، (۱۳۸۷)، «اثر برهمکنش کم‌آبیاری و شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم با تعیین تابع تولید آب و شوری در منطقه بیرجند». پایان نامه دکتری.
۷. شیرمحمدی علی‌اکبر خانی ز. انصاری ح. علیزاده ا. و کافی م.، (۱۳۹۲)، «ارزیابی توابع تولید آب - شوری- عملکرد در ذرت علوفه‌ای در استان خراسان رضوی». آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۷): ۵۳۵-۵۴۳.
۸. کیانی ع. همایی م. و میرلطیفی م.، (۱۳۸۵)، «ارزیابی توابع کاهش عملکرد گندم در شرایط توأم شوری و کم‌آبی». علوم آب و خاک. ۲۰(۱): ۷۳-۸۳.
۹. قدمی فیروزآبادی ع. شاهنظری ع. و رائینی سرجاز م.، (۱۳۹۳)، «تحلیل اقتصادی مدیریت کم‌آبیاری و تعیین اعماق شاخص بهینه آبیاری در گیاه آفتابگردان». حفاظت آب و خاک. ۲۱(۶): ۲۵۶-۲۶۶.
۱۰. علیزاده ا.، (۱۳۸۰)، اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای، چ دوم، ص ۱۶۱.

مدیریت آب و آبیاری

16. Kiani A. R and Abbasi F. (2009) Assessment of the water-salinity crop production function of wheat using experimental data of the golestan province. Iran. Irrigation and Drainge, (58)445-455.
17. Liu W. Z. Hansaker D. J. Li Y. S. Xie X. Q. and Wall G. W.(2002) Interrelations of yield, evapotranspiration, and water use efficiency from marginal analysis of water production functions. Agriculture. Water Manage,(56)143-151.
18. Mohamed M and Ashok K. (2014) Growth, yield and water Use effeciency of forage sorghum as affected by NPK fertilizer and deficit irrigation. Plant Sciences, 5: 2134-2140.
19. Nadler A. Raveh E. Yermiyahu U and Green S. (2006) Stress included water content variations in mango stem by time domain reflectometry. Soil Science Society of America. 70:510-520.
20. Neilsen D.C. and Vigil M.F. (2005) Legume green fallow effect on soil water content at wheat planting and wheat yield. Agronomy. 97:684-689.
۱۱. موسوی فضل ح. اخیانی ا. و عطاردی ا.، (۱۳۹۶)، «اثر آب آبیاری و کود پتاسیم بر عملکرد سورگوم علوفه ای با هدف تعیین تابع تولید آب کود (رقم پگاه)». علوم و مهندسی آبیاری اهواز، ویژهنامه بهار، ۴۰(۱-۱): ۸۳-۹۷.
۱۲. هوشمند ع. سالاری ا. و جعفرنژاد ا.، (۱۳۹۶)، تأثیر تنش های آبی و نیتروژن در مراحل مختلف رشد بر تجمع ماده خشک در گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۴۰». علوم و مهندسی آبیاری، ویژهنامه بهار، ۴۰(۱-۱): ۲۱۲-۲۲۶.
13. Abedi T. and H Pakniyat. (2010). Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L). Journal of genetics and plant breeding, 46(1):27-34.
14. Farooqi A. A. and Bssreeramu Kh. (2004) Cultivation of spice crops. Universities Press (India). pp: 128-148.
15. Hassan M.S. (2001) Effects of frequency of irrigation and fertilizer nitrogen on yield and quality of onion (*A. cepa*) in the arid tropics, ISHS Act Horticulture African Symposium on Horticultural crops, 143(8).



Water and Irrigation Management

(Scientific Journal of Agriculture)
(College of Abouraihan – University of Tehran)

Vol. 7 ■ No. 2 ■ Autumn & Winter 2017-18

Determination of water production function-nitrogen fertilizer and evaluation of indices of onion production in Zahak Sistan and Baluchestan region

*Halimeh Piri **

Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Water and Soil, Zabol University, Iran

Received: October 19, 2017

Accepted: January 23, 2018

Abstract

In order to determine the production function of water and nitrogen fertilizer for onion plant in three irrigation methods, an experiment based on split plot design was carried out with three replications at research farm in Zahak for two years. The research factors included irrigation by three methods (furrow irrigation, surface drip and subsurface drip), four levels of irrigation water (120, 100, 75 and 50% water requirement) and four levels of nitrogen fertilizer 100, 75, 50 and 25% nitrogen). In order to determine the optimum depth of water and fertilizer, the best function of onion production was selected from four production functions (linear, logarithmic, quadratic and transverse) for all three irrigation methods. In all three irrigation methods, the quadratic function was selected as the superior production function. The average final production index relative to the depth of irrigation water in furrow irrigation, surface drip irrigation and subsurface drip irrigation was 0.23, 0.34 and 0.37 ton/ha, respectively. The final production index relative to nitrogen was 0.09, 0.21 and 0.22 ton/ha, respectively. The ratio of the technical replacement rate of nitrogen fertilizer instead of the amount of irrigation water was determined to be 39.9, 0.61 and 0.6 kg, respectively.

Keywords: final production index, final value of production, replacement rate ratio, subsurface drip irrigation, surface drip irrigation.