"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نوزدهم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶

# تحلیل اقتصادی اثر سطوح آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴

# Economic analysis of effect of water and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) cv. SC 704

روژین قبادی[۱]، مختار قبادی[۲]، سعید جلالی هنرمند[۳]، فرزاد مندنی[۴] و بهمن فرهادی[۵]

## چکیده

**قبادی. ر.، م. قبادی، س. جلالی هنرمند، ف. مندنی و ب. فرهادی. ۱۳۹۶.** تحلیل اقتصادی اثر سطوح آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) **رقم سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۹(۳): ۲۳۸-۲۲۰.**

**این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه ذرت (رقم سینگل‌کراس ۷۰۴) و ارزیابی بهره‌وری اقتصادی تیمارهای آزمایشی، به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح آب آبیاری (۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی) و عامل فرعی چهار سطح کود نیتروژن (۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد مقدار توصیه شده بر اساس نتایج آزمون خاک) بودند. نتایج نشان داد که صرف‌نظر از مقدار کود نیتروژن، با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی گیاه، ۸۷۶۰ کیلوگرم دانه در هکتار تولید شد و با کاهش ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد حجم آب آبیاری، عملکرد دانه به ترتیب ۱۰، ۳۷ و ۶۵ درصد کاهش یافت. افزایش همزمان آب آبیاری و کود نیتروژن باعث افزایش وزن خشک کل گیاه، عملکرد دانه و میزان پروتئین دانه شد. در سطوح پایین‌تر آبیاری، تفاوت عملکرد دانه بین سطوح کود نیتروژن معنی‌دار نبود، اما با تأمین ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، مصرف نیتروژن تا حد توصیه شده با تأثیر مثبت بر اندازه بلال و اجزای عملکرد، باعث افزایش عملکرد دانه شد، به طوری‌که در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی، با مصرف ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن، ۹۳۴۰ و ۹۲۸۰ کیلوگرم دانه در هکتار تولید شد. این مقادیر در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۸۷۷۰ و ۸۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین درآمد ناخالص و درآمد خالص در هکتار (به ترتیب ۸۲/۹۴ و ۴۸/۹۹ میلیون ریال در سال ۱۳۹۳ و ۸۶/۷۰ و ۴۵/۰۴ میلیون ریال در سال ۱۳۹۴) در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به دست آمد. حد مطلوب بهره‌وری اقتصادی آب (۴۲۰۰ و ۳۶۷۰ ریال بر مترمکعب در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و نیتروژن (۷۱۰۶۰ و ۴۸۶۵۰ ریال بر کیلوگرم در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن، بهره‌وری اقتصادی نیتروژن کاهش یافت و مصرف نیتروژن تا حد ۷۰ درصد مقدار توصیه شده، باعث بهبود بهره‌وری اقتصادی آب ذرت شد. در این مطالعه هر چند که بیشترین عملکرد دانه و درآمد خالص در تیمار۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به دست آمد، اما انتخاب ترکیب مناسب آب و نیتروژن باید با در نظر گرفتن اهمیت هر یک از نهاده‌ها، تغییر قیمت آن‌ها، بهره‌وری اقتصادی و محدودیت‌های زیست محیطی انجام شود.**

**واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی، درآمد خالص، ذرت و نیاز آبی.**

---

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۳/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۹

این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانش آموخته دکترای پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی
۲- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: m.ghobadi@yahoo.com)
۳- دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی
۴- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی
۵- استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

## مقدمه

در بین غلات، ذرت کوتاه‌ترین دوره رشد (Mahmood *et al.*, 2001) و بیشترین ظرفیت تولید (Muthukumar *et al.*, 2005) را دارد. با توجه به توزیع نامناسب بارش‌ها و محدودیت منابع آبی در کشور و نیاز بالای آبی گیاه ذرت و همچنین با هدف تحقق سیاست‌های دولت در جهت کاهش سطح زیر کشت محصولات با نیاز آبی بالا، سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ نسبت به سال‌های قبل حدود ۲۰ هزار هکتار کاهش نشان داد (Anonymous, 2016). در چنین شرایطی استفاده بهینه از آب موجود ضرورت داشته و باید از حداقل آب، حداکثر بهره‌برداری ممکن صورت گیرد. به کارگیری روش‌های مناسب آبیاری، صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای را در بخش کشاورزی به دنبال خواهد داشت و از این طریق می‌توان خسارت ناشی از بحران کم آبی در بخش کشاورزی را مدیریت کرد (Ebrahimi and Hasanpour Darvishi, 2015).

کمبود آب آبیاری بسته به نوع رقم، مرحله رشد، شدت و طول مدت تنش، باعث کاهش عملکرد دانه ذرت می‌شود. اثر منفی کمبود آب بر تقسیم سلولی (Ge *et al.*, 2012)، کاهش سرعت ظهور برگ (George *et al.*, 2013)، پیری زودرس در اثر انتقال آب از برگ‌های پیر به برگ‌های جوان‌تر (Warren *et al.*, 2011)، جذب تابش کمتر به دلیل از بین رفتن برگ‌ها (Ge *et al.*, 2012)، کاهش کارایی مصرف تابش (Earl and Davis, 2003)، دلایل اصلی کاهش تولید ماده خشک در شرایط کمبود آب هستند.

علاوه بر کمبود آب، کمبود نیتروژن نیز فشار مضاعفی را بر رشد گیاه وارد می‌کند. نتایج برخی از پژوهش‌های انجام شده با هدف تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن برای گیاهان متناقض هستند. به نظر می‌رسد که مقدار مناسب نیتروژن باید با توجه به مقدار آب، نیتروژن موجود در خاک، نیترات موجود در آب آبیاری و رقم گیاه تعیین شود (Kiani *et al.*, 2016). ارزیابی اثر متقابل تیمارهای آبیاری و نیتروژن در گیاهان مختلف نشان داده است که برای هر سطح آبیاری، یک مقدار مناسب کود نیتروژن وجود دارد (Kiani *et al.*, 2016). مصرف مقادیر کافی کود نیتروژن در ذرت از طریق بهبود مقاومت گیاه به کم آبی، به رشد آن کمک می‌کند (Paolo and Rinaldi, 2008). به علاوه با انتخاب برنامه مناسب آبیاری، علاوه بر کاهش اتلاف نیتروژن، رشد و تولید گیاه نیز به دلیل بهبود کارایی استفاده از عناصر غذایی بهبود می‌یابد (Mahajan *et al.*, 2012). تعداد بلال‌ها، تعداد ردیف‌های دانه روی بلال، تعداد دانه‌ها در ردیف، اندازه دانه‌ها و محتوای پروتئین دانه، در مراحل مختلف رشد ذرت تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرند. گزارش شده است که کمبود نیتروژن در مراحل اولیه رشد روی تعداد ردیف‌های دانه تأثیر منفی داشته و در صورت کمبود شدید نیتروژن، اساساً بلال تشکیل نمی‌شود. (Dehghanpour *et al.*, 2011).

موضوع مهم‌تر از تولید، تخصیص بهینه و بازده اقتصادی نهاده‌های مصرفی است. از دیدگاه اقتصادی، تنها افزایش کارایی مصرف نهاده کافی نیست، بلکه به ازای مصرف هر واحد از نهاده، درآمد مناسبی نیز باید نصیب کشاورز شود (Mohammadi *et al.*, 2011). معمولاً کشاورزان تا زمانی که درآمد حاصل از مصرف هر واحد نهاده با هزینه ناشی از مصرف آن برابر شود، به مصرف آن نهاده ادامه می‌دهند. با این حال واکنش عملکرد به مقادیر بالای نهاده‌ها (مانند آب و کود نیتروژن) از قانون بازده نزولی پیروی می‌کند و با نزدیک شدن به حداکثر عملکرد، واکنش عملکرد به مصرف هر واحد نهاده، کاهش می‌یابد، بنابراین حتی با وجود افزایش درآمد خالص، ممکن است کارایی مصرف نهاده کاهش یابد (Rudnick *et al.*, 2016).

با توجه به بحران کم آبی و لزوم استفاده بهتر از منابع آب موجود و با توجه به اهمیت برقراری تناسب





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

میان آب و کود نیتروژن مصرفی، این تحقیق با هدف بررسی اثر مقادیر آب آبیاری و کود نیتروژن بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ و همچنین تعیین بهترین میزان آب آبیاری و کود نیتروژن از نظر بهره‌وری اقتصادی در تولید محصول، در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی واقع در شرق شهرستان کرمانشاه با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس طبقه‌بندی دمارتن، اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک می‌باشد. اطلاعات آب و هوایی محل آزمایش در طول دوره رشد گیاه ذرت در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی چهار سطح آب آبیاری شامل؛ ۶۰ درصد نیاز آبی (تنش شدید کم آبی، $I_{60\%}$)، ۸۰ درصد نیاز آبی (تنش ملایم کم آبی، $I_{80\%}$)، ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل، $I_{100\%}$) و ۱۲۰ درصد نیاز آبی (بیش آبیاری، $I_{120\%}$) و عامل فرعی چهار سطح کود نیتروژن شامل؛ ۴۰ درصد ($N_{40\%}$)، ۷۰ درصد ($N_{70\%}$)، ۱۰۰ درصد ($N_{100\%}$) و ۱۴۰ درصد ($N_{140\%}$) مقدار توصیه شده، بر اساس نتایج آزمون خاک بود.

به منظور آماده‌سازی زمین، شخم پاییزه و دیسک بهاره انجام شد. در هر دو سال بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۲)، فسفر به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار از منبع کود سوپرفسفات تریپل و پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کود سولفات پتاسیم به صورت پیش کاشت استفاده شد. طول هر کرت شش متر، فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و تراکم ۷/۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. به منظور ممانعت از تداخل تیمارهای مجاور، بین کرت‌های اصلی سه ردیف نکاشت و بین کرت‌های فرعی یک ردیف

جدول ۱- اطلاعات اقلیمی فصل رشد ذرت در کرمانشاه (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 1. Meteorological information of maize growth season in Kermanshah, Iran (2014 and 2015)

| Year | سال | Month | ماه | Temperature (°C) دما | | | تبخیر |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | حداقل (Min) | حداکثر (Max) | متوسط (Mean) | Evaporation (mm) |
| 2014 | ۱۳۹۳ | May | اردیبهشت | 9.2 | 27.2 | 18.4 | 194.1 |
| | | June | خرداد | 13.0 | 33.0 | 24.2 | 283.4 |
| | | July | تیر | 17.6 | 38.9 | 29.2 | 328.4 |
| | | Aug. | مرداد | 17.8 | 39.3 | 29.3 | 352.6 |
| | | Sep. | شهریور | 13.8 | 30.3 | 21.7 | 250.5 |
| | | Oct. | مهر | 10.3 | 26.9 | 18.6 | 146.9 |
| 2015 | ۱۳۹۴ | May | اردیبهشت | 9.0 | 28.4 | 19.3 | 275.4 |
| | | June | خرداد | 14.1 | 36.9 | 26.0 | 359.2 |
| | | July | تیر | 19.3 | 38.6 | 29.8 | 388.1 |
| | | Aug. | مرداد | 19.6 | 39.9 | 30.6 | 396.6 |
| | | Sep. | شهریور | 15.9 | 34.6 | 25.8 | 294.5 |
| | | Oct. | مهر | 11.0 | 29.2 | 20.1 | 199.2 |

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties of the soil at the experimental site

| Year | سال | عمق Depth (cm) | بافت خاک Soil texture | | اسیدیته pH | هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$) | ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (meq.100g) | کربن آلی OC (%) | نیتروژن N (%) | فسفر P ($mg.kg^{-1}$) | پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2014 | ۱۳۹۳ | 0-30 | Clay | رسی | 7.37 | 0.60 | 27.00 | 1.48 | 0.15 | 5.2 | 340 |
| | | 30-60 | Clay | رسی | 7.40 | - | - | 1.12 | 0.11 | - | - |
| 2015 | ۱۳۹۴ | 0-30 | Clay | رسی | 7.69 | 0.55 | 27.00 | 1.00 | 0.10 | 5.1 | 350 |
| | | 30-60 | Clay | رسی | 7.60 | - | - | 0.90 | 0.09 | - | - |





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

نکاشت در نظر گرفته شد. کاشت بذر ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ در هفته دوم اردیبهشت به صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متری روی پشته‌ها انجام شد. در هر کپه سه عدد بذر ضدعفونی شده با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام دو در هزار قرار داده شده و به منظور رسیدن به تراکم مطلوب، در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافی تنک شدند. بر اساس نتایج آزمون خاک، نیاز گیاه ذرت به نیتروژن در سال اول ۱۶۰ و در سال دوم ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار (از منبع اوره) تعیین (جدول ۲) و سپس مقدار کود لازم بر اساس ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز کودی، برای سال اول و سال دوم محاسبه شد. کود نیتروژن مربوط به هر تیمار به صورت تقسیط؛ یک سوم در مرحله دو برگی، یک سوم در مرحله شش برگی (ابتدای رشد طولی ساقه) و یک سوم در زمان ظهور گل‌تاجی، به خاک داده شد. کرت‌ها بلافاصله پس از کاشت بذر آبیاری شده و تا قبل از مرحله شش برگی (توسعه کامل برگ ششم)، آبیاری کامل برای تمام کرت‌ها انجام شد. با شروع مرحله شش برگی، تیمارهای آبیاری اعمال شدند. قبل از هر نوبت آبیاری، تبخیر و تعرق گیاه مرجع ($ET_0$) از ایستگاه هواشناسی هوشمند دانشگاه رازی (www.fieldclimate.com) اخذ و پس از ضرب در مقادیر روزانه ضریب گیاهی (Kc)، نیاز آبی گیاه ذرت (ETc) در روز مورد نظر محاسبه شد (رابطه ۱). برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع، از رابطه پنمن- مونتیث فائو ( FAO Penman-Monteith equation) استفاده شد (رابطه ۲). میزان آب آبیاری طبق رابطه ۳ محاسبه و مقادیر آب در نظر گرفته شده برای هر کرت در دوره‌های هفت روزه در اختیار گیاهان قرار داده شد. آبیاری با استفاده از لوله پلی‌اتیلنی انجام و حجم آب ورودی به کرت‌ها با استفاده از کنتور ثبت گردید. به دلیل بسته بودن انتهای جوی‌ها، تلفات رواناب صفر و راندمان آبیاری ۹۰ درصد در نظر گرفته شد. به دلیل عدم اطمینان کافی به روش پنمن- مونتیث فائو برای محاسبه دقیق نیاز آبی گیاه ذرت در شهرستان کرمانشاه، تیمار بیش‌آبیاری نیز در نظر گرفته شد.

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + [890\gamma/(T+273)](e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} U_2 \quad \text{(رابطه ۲)}$$

(رابطه ۳) = میزان آب (میلی متر در متر مربع در روز)

$$\frac{\text{مساحت کرت(متر مربع)} \times \text{مجموع نیاز آبی روزانه(میلی متر در روز)}}{\text{راندمان آبیاری}}$$

در این رابطه‌ها، $ET_O$ تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مورد نظر (میلی‌متر در روز)، $ET_C$ تبخیر و تعرق گیاه ذرت در دوره زمانی مورد نظر (میلی‌متر در روز)، $K_C$ ضریب گیاهی ذرت در دوره مورد نظر، Rn تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (مگاژول بر مترمربع در روز)، T دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (درجه سانتی‌گراد)، $U_2$ سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (متر بر ثانیه)، $e_s$-$e_a$ کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری از سطح زمین (کیلو پاسکال)، $\Delta$ شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به درجه حرارت در نقطه‌ای که درجه حرارت در آن T باشد (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)، $\gamma$ ضریب سایکرومتری (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)، G شار گرما به داخل خاک (مگاژول بر مترمربع در روز) هستند (Alizadeh and Kamali, 2008).

در پایان فصل رشد، با مشاهده لایه سیاه در محل اتصال دانه به چوب بلال و اطمینان از رسیدگی فیزیولوژیک، آبیاری متوقف شد. پس از کاسته شدن رطوبت دانه‌ها، با حذف دو خط کناری و دو بوته از ابتدا و انتهای هر کرت، بخش هوایی بوته‌های دو خط میانی هر کرت برداشت و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و پس از توزین به عنوان وزن خشک کل (گرم در مترمربع) منظور شد. در زمان برداشت، میزان رطوبت دانه‌های هر کرت با استفاده از دستگاه رطوبت سنج (GMK-303RS, GWON, Korea) اندازه‌گیری شد. بعد از جدا کردن دانه‌ها از چوب بلال، عملکرد دانه با در نظر





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

گرفتن رطوبت اندازه‌گیری شده محاسبه و بر اساس رطوبت ۱۴ درصد بر حسب کیلوگرم در مترمربع هکتار شد. برای هر کرت تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه (گرم)، طول بلال (میلی‌متر)، قطر بلال (میلی‌متر)، قطر چوب بلال (میلی‌متر)، عمق دانه (تفاوت قطر بلال و قطر چوب بلال) و درصد چوب بلال در هشت بلال اندازه‌گیری شدند. شاخص برداشت (درصد) از نسبت عملکرد دانه به وزن خشک کل محاسبه شد. بخشی از دانه‌های برداشت شده از هر کرت برای اندازه‌گیری محتوای نیتروژن آسیاب و سپس اندازه‌گیری به روش کجلدال انجام شد (Schuman *et al.*, 1973). محتوای پروتئین دانه‌ها از حاصلضرب محتوای نیتروژن در ضریب ثابت ۶/۲۵ محاسبه شد (Mc Donald, 1977).

به منظور تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید ذرت، هزینه نهاده‌ها، هزینه انجام عملیات مختلف زراعی و قیمت خرید تضمینی هر کیلوگرم دانه ذرت در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ از سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه اخذ و کل هزینه تولید برای تیمارهای آزمایشی مورد استفاده به دو بخش؛ هزینه‌های ثابت و هزینه‌های متغیر تفکیک شدند (جدول ۳). مجموع هزینه ثابت و هزینه‌های متغیر برآورد شده برای هر تیمار به عنوان هزینه کل (هزار ریال) برای تولید یک هکتار ذرت دانه‌ای محاسبه شد (جدول‌های ۸ و ۹). با توجه به مقدار محصول تولیدی در هر تیمار و قیمت خرید تضمینی ذرت، درآمد ناخالص در واحد سطح (هزار ریال) برآورد شد. تفاوت هزینه کل و درآمد ناخالص برای هر تیمار، به عنوان درآمد خالص (هزار ریال) منظور شد. مقادیر بهره‌وری اقتصادی آب و بهره‌وری اقتصادی نیتروژن با استفاده از رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه شدند.

$$Ra_w = \frac{B}{W}$$ (رابطه ۴)

$$Ra_n = \frac{B}{N}$$ (رابطه ۵)

در این رابطه‌ها، B درآمد خالص (ریال در هکتار)، W مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)، N مقدار نیتروژن خالص مصرفی (کیلوگرم در هکتار)، $Ra_w$ بهره‌وری اقتصادی آب (ریال بر مترمکعب) و $Ra_n$ بهره‌وری اقتصادی نیتروژن (ریال بر کیلوگرم) هستند.

آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش Kolmogorov-smirnov و نرمال کردن داده‌های غیر نرمال به روش Box-Cox با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. در تجزیه واریانس مرکب، تکرار و سال به صورت اثر تصادفی و سطوح آبیاری و نیتروژن به صورت اثر ثابت در نظر گرفته شدند. برای انجام آزمون F بر اساس امید ریاضی، منابع اشتباه آزمایشی برای هر منبع تغییر مشخص شد. مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

با توجه به این‌که اثر متقابل سال در تیمارهای مورد بررسی برای تمام صفات معنی‌دار نبود، از ارائه نتایج به صورت سالیانه خودداری شده و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به صورت مرکب ارائه گردید.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر طول بلال، قطر بلال، عمق دانه، قطر چوب و درصد چوب بلال معنی‌دار بود. افزایش شدت کم آبی باعث کاهش طول بلال، قطر بلال، قطر چوب بلال، عمق دانه و افزایش درصد چوب بلال شد، به طوری که بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین بلال‌ها به ترتیب در تیمارهای ۱۲۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی تولید شدند (جدول ۴).

از اواسط مرحله رشد رویشی، قطر چوب بلال (تعیین کننده پتانسیل تعداد ردیف دانه در بلال) و دو هفته قبل از ظهور گل تاجی، طول بلال (تعیین کننده پتانسیل تعداد دانه روی ردیف) تعیین می‌شود، بنابراین کمبود آب در این مراحل، اندازه بلال را به شدت کاهش می‌دهد (Dehghanpour *et al.*, 2011). کمترین





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

درصد چوب بلال در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۲۳/۶ و ۲۰/۲ درصد) و بیشترین مقدار آن در تیمارهای ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۳۴/۶ و ۳۲/۹ درصد) به دست آمد، به عبارت دیگر در اثر کم آبی، نسبت سهم چوب به دانه افزایش یافت (جدول ۴). در شرایط کم آبی، تعداد و وزن دانه‌ها که مخازن اصلی جهت دریافت مواد فتوسنتزی هستند، کاهش یافته و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی تخصیص یافته به بلال در چوب تجمع می‌یابد. زیاد بودن درصد چوب بلال صفت مطلوبی نیست، زیرا هر چه ظرفیت دانه‌ها برای پذیرش تولیدات فتوسنتزی بیشتر باشد، به همان نسبت اختصاص مواد به چوب بلال کاهش و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. نتایج آزمایش گی و همکاران (Ge *et al*., 2012) نیز نشان داد که با افزایش شدت کم آبی، اندازه بلال کاهش یافت. آن‌ها دلیل این موضوع را تأخیر در شروع رشد بلال و کمبود مواد فتوسنتزی برای رشد بلال بیان کردند. اثر نیتروژن بر طول بلال معنی‌دار بود. کوتاه‌ترین بلال‌ها با طول ۱۶۵/۵ میلی‌متر در تیمار ۴۰ درصد نیتروژن تولید شدند، اما اختلاف بین طول بلال در تیمارهای ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۴). به نظر می‌رسد که با مصرف دو سوم از نیتروژن مورد نیاز برای تأمین حداقل ۷۰ درصد از نیاز کودی گیاه تا مرحله بحرانی تعیین طول بلال (دو هفته قبل از ظهور گل‌تاجی)، نیاز غذایی بوته‌ها برای تولید بلال‌هایی با طول مناسب تأمین شده است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار بود. با افزایش شدت کم آبی، تعداد ردیف‌های دانه کمتری تشکیل شد، به طوری که در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، به ترتیب ۱۵، ۱۴/۴، ۱۲/۸ و ۱۱/۷ ردیف در بلال ایجاد شد (جدول ۴). تعداد ردیف‌های دانه در بلال قبل از سایر اجزای عملکرد تعیین می‌شود. افزایش تعداد ردیف دانه در بلال با افزایش آبیاری نشان می‌دهد که مصرف آب کافی در زمان تعیین تعداد ردیف‌ها، رقابت بین مخزن‌های فیزیولوژیک را برای دریافت مواد فتوسنتزی کاهش داده است. اثر نیتروژن بر تعداد ردیف‌های دانه در بلال معنی‌دار نبود. ثبات نسبی این جزء از عملکرد در شرایط مختلف محیطی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. به نظر می‌رسد که صفت یادشده تحت کنترل ژنتیک است، هر چند که تحت تأثیر محیط نیز قرار می‌گیرد (Majidian *et al*., 2008).

نتایج نشان داد که اثر آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار بودند. با افزایش شدت کم آبی، تعداد دانه در ردیف کاهش یافت. در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی، به طور متوسط ۳۹/۳، ۳۴/۲، ۲۳/۸ و ۱۹/۴ دانه در ردیف تشکیل شدند (جدول ۴). کم آبی در زمان تعیین طول بلال (دو هفته قبل از ظهور گل‌تاجی)، بر پتانسیل تعداد دانه‌های ردیف اثر منفی دارد. کم آبی در مراحل بعدی رشد گیاه از طریق اختلال در گرده‌افشانی و سقط تخمک‌های بارور شده، تعداد دانه‌ها را کاهش می‌دهد. مصرف نیتروژن بیشتر باعث تولید دانه‌های بیشتری در ردیف بلال شد. کمترین تعداد دانه در ردیف (۲۸/۱ عدد) از کمترین سطح نیتروژن به دست آمد. اختلاف بین تعداد دانه در ردیف در تیمارهای ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز کودی (به ترتیب ۲۹/۵، ۳۰/۴ و ۳۱/۲ عدد)، معنی‌دار نبود (جدول ۴). قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2015) و لک و همکاران (Lak *et al*., 2006) نیز نتایج مشابهی را در رابطه با اثر سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف بلال گزار ش کردند.

تعداد دانه در بلال به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن قرار گرفت. سطوح کمتر آب آبیاری، تعداد دانه در بلال را کاهش داد. در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی به طور متوسط ۵۸۸ دانه در بلال تشکیل شد. تعداد دانه در بلال در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد در مقایسه با تیمار ۱۲۰ درصد نیاز





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

جدول ۳- میانگین هزینه‌های تولید یک هکتار ذرت در استان کرمانشاه (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 3. Mean of costs for production of maize per hectare in Kermanshah, Iran (2014 and 2015)

| Production costs | هزینه‌های تولید | قیمت واحد (هزار ریال) Unit price (Thousand Rials) 2014 | 2015 | تعداد- مقدار Count- amount | واحد Unit | قیمت کل (هزار ریال) Total price (Thousand Rials) 2014 | 2015 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Constant costs** | هزینه‌های ثابت | | | | | | |
| Plow | شخم | 600 | 800 | 2 | No | 1200 | 1600 |
| Disk | دیسک | 450 | 450 | 2 | No | 900 | 900 |
| Cultivator | کولتیواتور | 450 | 450 | 1 | No | 450 | 450 |
| Other operations (leveler, borderline) | سایر عملیات (تسطیح، مرزبندی) | 300 | 450 | 1 | No | 300 | 450 |
| Seed and seed disinfection | بذر و ضد عفونی بذر | 63 | 80 | 25 | kg | 157.5 | 200 |
| Seeding | بذرکاری | 600 | 800 | 1 | kg | 600 | 800 |
| Triple superphosphate fertilizer | کود سوپر فسفات تریپل | 10 | 10 | 200 | kg | 2000 | 2000 |
| Potassium sulfate fertilizer | کود سولفات پتاسیم | 11 | 11 | 150 | kg | 1650 | 1650 |
| Micronutrients | ریز مغذی‌ها | 500 | 500 | 4 | lit | 2000 | 2000 |
| Fertilizer | کودپاشی | 300 | 300 | 3 | No | 900 | 900 |
| Insecticide poison | سم حشره‌کش | 400 | 400 | 4 | lit | 1600 | 1600 |
| Herbicide poison | سم علف‌کش | 300 | 300 | 7 | lit | 2100 | 2100 |
| Poison spraying | سم‌پاشی | 300 | 450 | 5 | No | 1500 | 2250 |
| Fertilizer, seed, poison transport | حمل و نقل کود، بذر، سم | 0.50 | 0.50 | 390 | kg-lit | 195 | 195 |
| Labor for irrigation | کارگر برای آبیاری | 300 | 450 | 15 | per-day | 4500 | 6750 |
| Combine | کمباین | 2000 | 5000 | 1 | ha | 2000 | 5000 |
| Total constant costs | جمع هزینه‌های ثابت | | | | | 22052.5 | 28845.0 |
| **Variable costs** | هزینه‌های متغیر | | | | | | |
| Water price | آب بهاء | 0.50 | 0.60 | - | $m^3$ | - | |
| Urea fertilizer | کود اوره | 7.00 | 7.00 | - | kg | - | - |
| Urea transport | حمل و نقل کود اوره | 0.50 | 0.50 | - | kg | - | - |
| Loading, transport and drain product | بارگیری، حمل و تخلیه محصول | 0.20 | 0.20 | - | kg | - | - |
| Drying product | خشک کردن محصول | 0.20 | 0.20 | - | kg | - | - |
| **Purchase price of maize grain** | قیمت خرید دانه ذرت | 9.60 | 8.70 | | kg | - | - |

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی ذرت در تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن

Table 4. Mean comparison of plant characteristics of maize in irrigation and nitrogen fertilizer treatments

| | طول بلال Ear length (mm) | قطر بلال Ear diameter (mm) | قطر چوب بلال Cob diameter (mm) | عمق دانه Grain depth (mm) | درصد چوب بلال Cob percent | ردیف دانه در بلال Row.ear$^{-1}$ | دانه در ردیف Grain.row$^{-1}$ | دانه در بلال Grain.ear$^{-1}$ | وزن صد دانه 100 grain weight (g) | عملکرد دانه Grain yield (kg.ha$^{-1}$) | وزن خشک کل Total dry weight (kg.ha$^{-1}$) | شاخص برداشت Harvest index (%) | محتوای پروتئین دانه Grain protein content (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Irrigation آبیاری | | | | | | | | | | | | | |
| $I_{60\%}$ | 144.7d | 31.6d | 19.7c | 12.5c | 34.5b | 11.7c | 19.4d | 217.7d | 20.9d | 3039.0d | 9880d | 30.9c | 10.2b |
| $I_{80\%}$ | 160.7c | 35.8c | 20.7b | 15.2b | 32.9b | 12.8b | 23.8c | 293.5c | 22.7c | 5482.7c | 15560c | 34.9b | 10.6a |
| $I_{100\%}$ | 176.9b | 39.9b | 21.2b | 18.9a | 23.6a | 14.4a | 34.2b | 484.1b | 24.1b | 7944.2b | 18840b | 42.1a | 10.3ab |
| $I_{120\%}$ | 200.0a | 43.1a | 22.8a | 20.3a | 20.2a | 15.0 | 39.3a | 588.1a | 25.8a | 8757.6a | 19800a | 44.4a | 9.7c |
| LSD | 8.60 | 1.57 | 0.83 | 1.64 | 3.94 | 0.64 | 2.95 | 41.54 | 0.69 | 49.34 | 89.96 | 3.25 | 0.32 |
| Nitrogen نیتروژن | | | | | | | | | | | | | |
| $N_{40\%}$ | 165.5b | 36.9 | 20.9 | 16.8 | 29.0 | 13.8 | 28.1b | 382.0b | 21.1c | 5611.6b | 14710b | 36.9 | 9.6b |
| $N_{70\%}$ | 170.4ab | 37.2 | 21.1 | 17.1 | 25.5 | 13.6 | 29.5ab | 395.4ab | 23.1b | 6031.7b | 15550b | 37.6 | 9.8b |
| $N_{100\%}$ | 170.9ab | 38.1 | 21.1 | 15.9 | 29.0 | 12.9 | 30.4ab | 415.0ab | 25.3a | 6705.8a | 16900a | 38.7 | 10.6a |
| $N_{140\%}$ | 175.5a | 38.3 | 21.3 | 17.0 | 27.7 | 13.7 | 31.2a | 429.8a | 25.1a | 6874.5a | 16910a | 39.1 | 10.9a |
| LSD | 8.60 | 1.57 | 0.83 | 1.64 | 3.94 | 0.64 | 2.95 | 41.54 | 0.69 | 49.34 | 89.96 | 3.25 | 0.32 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی

$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 120% of total water requirement

$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن

$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

آبی، به ترتیب ۱۰۴، ۲۹۴ و ۳۷۰ عدد کمتر بود (جدول ۴). تعداد دانه در بلال حاصل دو جزء کوچک‌تر عملکرد یعنی تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف است. مصادف شدن مراحل تعیین کننده تعداد دانه با کم آبی، تأخیر در گرده‌افشانی و ظهور ابریشم، افزایش فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم (Souza *et al.*, 2013)، کاهش توانایی پخش دانه‌های گرده، کم شدن قدرت پذیرش ابریشم‌ها برای دانه گرده (Ge *et al.*, 2012)، افزایش احتمال سقط تخمک‌های بارور شده به دلیل عدم دسترسی به مواد پرورده کافی (Su *et al.* 2010)، کاهش ذخیره مواد فتوسنتزی در بافت ساقه، کاهش انتقال مجدد مواد ذخیره شده به دانه‌ها و کوتاه شدن طول دوره پر شدن دانه (Ge *et al.*, 2012)، عواملی هستند که برای کاهش تعداد دانه‌ها در ذرت در اثر کمبود آب مطرح شده‌اند. در آزمایش گی و همکاران (Ge *et al.*, 2012) نیز گزارش شد که کم آبی باعث کاهش تعداد دانه در بلال شد. با مصرف نیتروژن بیشتر، تعداد دانه‌ها در بلال افزایش یافتند، اما اختلاف تعداد دانه در بلال در تیمارهای ۱۴۰، ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز کودی نیتروژن (به ترتیب ۴۳۰، ۴۱۵ و ۳۹۵ عدد) معنی‌دار نبود. کمترین تعداد دانه در بلال (۳۸۲ عدد) با مصرف ۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). مصرف نیتروژن بیشتر باعث افزایش سطح برگ و افزایش فراهمی مواد پرورده از طریق دوام فتوسنتز می‌شود و به دلیل کاهش رقابت دانه‌ها، تعداد دانه‌ها در بلال افزایش می‌یابد. به علاوه فراهمی نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه (یک تا دو هفته قبل تا سه هفته پس از ظهور ابریشم)، از طریق افزایش سرعت رشد، باعث افزایش تعداد دانه‌ها می‌شود (Lak *et al.*, 2006). کمبود نیتروژن باعث افزایش فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم و عدم باروری تخمک‌ها می‌شود (Dawadi and Sah, 2012).

اثرهای آبیاری و نیتروژن بر وزن صد دانه معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد که مصرف آب بیشتر باعث افزایش وزن دانه‌ها شد. میانگین وزن صد دانه در تیمارهای ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲۰/۹، ۲۲/۷، ۲۴/۱ و ۲۵/۸ گرم بود (جدول ۴). وزن دانه با سرعت و مدت پر شدن دانه در ارتباط است. کمبود آب از طریق اختلال در فتوسنتز، کاهش انتقال مجدد مواد ذخیره شده به دانه، کاهش دوام سطح برگ و کاهش طول دوره پر شدن دانه، باعث تولید دانه‌هایی با وزن کمتر می‌شود. در آزمایش سوزا و همکاران (Souza *et al.*, 2013) نیز وزن دانه و طول دوره پر شدن دانه در اثر کمبود آب کاهش یافت. میانگین وزن صد دانه در تیمارهای ۱۴۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به ترتیب ۲۵/۱ و ۲۵/۳ گرم بود. مصرف کود نیتروژن کمتر باعث کاهش وزن صد دانه شد، به طوری که میانگین وزن صد دانه در تیمارهای ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به ترتیب ۲۳/۱ و ۲۱/۱ گرم بود (جدول ۴). با مصرف مقدار مناسب نیتروژن، سرعت رشد برگ‌ها بیشتر شده و رشد برگ در زمان کمتری تکمیل شده و مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز در اندام‌های رویشی ذخیره می‌شود. بعد از گرده‌افشانی، مواد ذخیره شده نقش مهمی در پر کردن دانه‌های در حال رشد دارند (Ghobadi *et al.*, 2015)، به علاوه با مصرف کود نیتروژن کمتر، رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها نیز زودتر اتفاق افتاده و طول دوره مؤثر پر شدن دانه کوتاه‌تر می‌شود (Krishnan *et al.*, 2014).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای آبیاری، نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد دانه معنی‌دار بودند. مصرف آب کمتر، تولید دانه در واحد سطح را کاهش داد. در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی، با مصرف نیتروژن به میزان ۱۴۰، ۱۰۰، ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز کودی گیاه به ترتیب ۹۳۴۰، ۹۲۸۰، ۸۴۸۰ و ۷۹۳۰ کیلوگرم دانه در هکتار تولید شد. میزان تولید دانه در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۸۷۷۰، ۸۳۱۰، ۷۶۵۰ و ۷۰۴۰ کیلوگرم در هکتار، در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی به





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

ترتیب ۶۳۴۰، ۶۰۷۰، ۴۹۸۰ و ۴۵۴۰ کیلوگرم در هکتار و در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۰۴۰، ۳۱۷۰، ۳۰۱۰ و ۲۹۴۰ کیلوگرم در هکتار بود.

در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، مصرف نیتروژن بیشتر از نیاز گیاه (۱۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن)، در مقایسه با مصرف نیتروژن کافی (۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن)، اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت. کمبود نیتروژن (تیمارهای ۷۰ و ۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن) در تیمارهای ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، عملکرد دانه را به طور معنی‌داری کاهش دادند. در تیمار تنش شدید (۶۰ درصد نیاز آبی) مصرف مقادیر مختلف نیتروژن، تأثیری بر تولید دانه نداشت (جدول ۴). نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد که افزایش همزمان آب و نیتروژن(تا حد نیاز گیاه)

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد دانه، وزن خشک و پروتئین دانه ذرت در اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن
Table 5. Mean comparison of grain yield, dry matter and grain protein content of maize in interaction effect of irrigation and nitrogen fertilizer treatments

| آبیاری Irrigation | نیتروژن Nitrogen | عملکرد دانه Grain yield (kg.ha$^{-1}$) | وزن خشک کل Total dry weight (kg.ha$^{-1}$) | محتوای پروتئین دانه Grain protein content (%) |
|---|---|---|---|---|
| $I_{60\%}$ | $N_{40\%}$ | 2938.0h | 9250g | 10.4bcd |
| | $N_{70\%}$ | 3005.0h | 9610g | 9.5efg |
| | $N_{100\%}$ | 3169.0h | 10370g | 10.7bc |
| | $N_{140\%}$ | 3044.0h | 10280g | 10.4bcd |
| $I_{80\%}$ | $N_{40\%}$ | 4537.0g | 13750f | 9.7ef |
| | $N_{70\%}$ | 4984.0g | 14730f | 10.4bcd |
| | $N_{100\%}$ | 6066.5f | 17140cde | 10.9ab |
| | $N_{140\%}$ | 6343.5ef | 16630e | 11.6a |
| $I_{100\%}$ | $N_{40\%}$ | 7043.8de | 16930de | 9.3fg |
| | $N_{70\%}$ | 7654.5cd | 18550bcd | 9.9def |
| | $N_{100\%}$ | 8305.5bc | 19720ab | 10.7bc |
| | $N_{140\%}$ | 8773.0ab | 20140ab | 11.5a |
| $I_{120\%}$ | $N_{40\%}$ | 7927.5cd | 18900abc | 8.9g |
| | $N_{70\%}$ | 8483.5bc | 19290ab | 9.6ef |
| | $N_{100\%}$ | 9282.0a | 20400a | 10.4cd |
| | $N_{140\%}$ | 9337.5a | 20590a | 10.1cde |
| LSD | | 78.42 | 177.41 | 0.68 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test
$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی
$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 120% of total water requirement
$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن
$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement

باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، اما در شرایط کم آبی از تأثیر مثبت نیتروژن بر تولید دانه کاسته خواهد شد. تأثیر مثبت محتوای آب خاک بر واکنش عملکرد دانه به مقادیر نیتروژن توسط قبادی و همکاران (Ghobadi *et al.*,2015)، لک و همکاران (Lak *et al.*, 2006) و پائولو و رینالدی (Paolo and Rinaldi, 2008) نیز گزارش شده است. علت کاهش عملکرد دانه در شرایط نامطلوب آبی و کودی، کاهش اجزای عملکرد یعنی تعداد دانه در بلال و وزن دانه است. عملکرد نهایی ذرت بستگی به نمو موفقیت آمیز گل‌ها، باروری آن‌ها، تکوین رویان و تجمع نشاسته و پروتئین در دانه دارد. تکمیل هر یک از این فرایندها، نیازمند عرضه مستمر مواد پرورده است (Earl and Davis, 2003). با توجه به نتایج این آزمایش، افزایش مصرف نیتروژن تا حدی که برای رفع نیاز کودی گیاه طی مراحل رشد و نمو کافی باشد، باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود و مقادیر بیشتر نیتروژن اثر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد دانه نخواهد داشت و حتی در مواردی عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (Yukui *et al.*, 2009). همچنین با مصرف نیتروژن زیاد




[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

در شرایط بیش آبیاری و آبیاری مطلوب احتمالاً به دلیل آبشویی و نفوذ عمقی، نیتروژن اضافه از دسترس ریشه خارج شده و برای گیاه قابل استفاده نخواهد بود. از طرف دیگر، در صورت کمبود شدید آب، جذب نیتروژن توسط گیاه مختل شده و نیتروژن مورد نیاز برای مراحل بحرانی رشد، حتی در صورت افزایش نیترات خاک، فراهم نشده و تولید ماده خشک و عملکرد دانه کاهش می‌یابد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرهای تیمارهای آبیاری، کود نیتروژن و اثر متقابل آبیاری در کود نیتروژن بر وزن خشک کل معنی‌دار بودند. صرف نظر از مقدار کود نیتروژن مصرفی، با افزایش شدت کم آبی، وزن خشک کل گیاه کاهش یافت. بیشترین میزان ماده خشک تولیدی (۱۹۸۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. این مقدار در تیمارهای ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۸۸۴۰، ۱۵۵۶۰ و ۹۸۸۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). به طور کلی افزایش وزن خشک گیاه در شرایط آبیاری مطلوب، عمدتاً ناشی از بهبود شاخص سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد گیاه است. اثر مثبت آبیاری بر تجمع ماده خشک ذرت توسط ارل و دیویس (Earl and Davis, 2003) نیز گزارش شده است. در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، مصرف نیتروژن بیشتر باعث افزایش وزن خشک گیاه شد، هر چند که تفاوت بین تیمارهای ۱۴۰ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن معنی‌دار نبود، به عبارت دیگر مصرف نیتروژن بیشتر از میزان توصیه شده، تأثیر مثبتی بر تولید ماده خشک گیاه نداشت، اما با مصرف مقادیر کمتر از نیاز کودی نیتروژن، وزن خشک کل به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). به طور کلی با افزایش شدت کم آبی، از تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر تولید ماده خشک گیاه کاسته شد. به نظر می‌رسد که دلیل این موضوع کاهش جذب نیتروژن در شرایط کمبود آب باشد. قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2015) و یوکوی و همکاران (Yukui *et al*., 2009) نیز عدم افزایش وزن خشک ذرت را با مصرف مقادیر بیش از حد نیتروژن گزارش کردند.

نتایج نشان داد که اثر آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود. با کاهش مصرف آب، سهم کمتری از وزن خشک بخش هوایی به دانه‌ها اختصاص یافت. اختلاف بین شاخص برداشت در تیمارهای ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۴۴ و ۴۲ درصد) معنی‌دار نبود. در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی، دانه‌ها ۳۵ درصد و در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی ۳۱ درصد از وزن خشک بخش هوایی را تشکیل دادند (جدول ۴). تغییرات شاخص برداشت نشان دهنده این است که تغییر وزن خشک بخش هوایی و عملکرد دانه در واکنش به تغییر شرایط لزوماً به یک نسبت نبوده است. در این آزمایش، اثر منفی کم آبی بر عملکرد دانه در مقایسه با وزن خشک کل، شدیدتر بود که نتیجه آن کاهش شاخص برداشت می‌باشد. اختلال در توزیع مواد فتوسنتزی، تولید دانه کمتر، تسریع پیری و کاهش طول دوره پر شدن دانه و در نتیجه کاهش وزن دانه در اثر کم آبی، از دلایل این موضوع هستند (Moser *et al*., 2006). قبادی و همکاران (Ghobadi *et al*., 2015)، لک و همکاران (Lak *et al*., 2006) و پائولو و رینالدی (Paolo and Rinaldi, 2008) نیز کاهش شاخص برداشت در اثر کم آبی را در ذرت گزارش کردند. اثر کود نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. این موضوع احتمالاً به دلیل واکنش یکسان وزن خشک کل و عملکرد دانه به مقادیر کود نیتروژن است، به عبارت دیگر سطوح کود نیتروژن، وزن خشک کل گیاه و عملکرد دانه را به یک نسبت تحت تأثیر قرار داده‌اند. در آزمایش لک و همکاران (Lak *et al*., 2006) و جورج و همکاران (George *et al*., 2013) نیز اثر سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص برداشت ذرت معنی‌دار نبود.





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

تیمارهای آبیاری، نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای پروتئین دانه اثر معنی‌داری داشتند. در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی، با مصرف نیتروژن بیشتر، محتوای پروتئین دانه نیز افزایش یافت. مصرف نیتروژن، انتقال مجدد نیتروژن از بخش‌های رویشی به دانه‌ها را افزایش داده و باعث افزایش محتوای نیتروژن و پروتئین دانه می‌شود، البته در تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی، مصرف ۱۴۰ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن، باعث افزایش محتوای پروتئین دانه نشد (جدول ۵). دلیل این موضوع، احتمالاً هدررفت بیشتر نیتروژن به دلیل نفوذ عمقی است. در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی نیز مصرف نیتروژن بیشتر باعث افزایش محتوای پروتئین دانه نگردید (جدول ۵). دلیل این موضوع را می‌توان به کاهش رشد ریشه و قدرت جذب (Zeid and Semary, 2001) آن در شرایط کم آبی و همچنین کاهش جذب نیتروژن از طریق جریان توده‌ای (Majidian *et al.*,2008) نسبت داد. صرف نظر از مقدار نیتروژن، با کاهش مقدار آب تا حد ۸۰ درصد نیاز آبی، سهم پروتئین در تشکیل وزن خشک دانه بیشتر شد، به طوری که در تیمارهای ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی به طور متوسط ۹/۷، ۱۰/۳ و ۱۰/۶ گرم پروتئین در هر ۱۰۰ گرم دانه وجود داشت (جدول ۵). با کاهش آب، احتمالاً به دلیل تسریع پیری، انتقال مجدد نیتروژن از ساقه و برگ زودتر شروع می‌شود. به علاوه در مرحله پر شدن دانه، ابتدا پروتئین و بعد از آن کربوهیدرات‌ها در دانه ذخیره می‌شوند، بنابراین هر چه طول دوره پر شدن دانه در اثر کمبود آب کوتاه‌تر شود، باعث کوتاه‌تر شدن دوره ذخیره کربوهیدرات‌ها شده و اثر کمتری بر ذخیره ترکیبات نیتروژنی دارد. به همین دلیل کمبود آب محتوای نشاسته دانه را کاهش و محتوای پروتئین دانه را افزایش می‌دهد.

**تجزیه و تحلیل اقتصادی**

در کلیه تیمارهای آزمایشی، هزینه تولید یک هکتار ذرت دانه‌ای در سال اول کمتر از سال دوم بود. هزینه تولید در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۹۳ به طور میانگین ۷۳۳۰ هزار ریال بیشتر بود (جدول‌های ۶ و ۷). این موضوع به دلیل افزایش قیمت برخی از نهاده‌های تولید و افزایش هزینه عملیات خاک‌ورزی، کاشت، داشت و برداشت در سال ۱۳۹۴ است. علی‌رغم افزایش قیمت خرید هر کیلوگرم دانه ذرت از ۸۷۰۰ ریال در سال ۱۳۹۳ به ۹۶۰۰ ریال در سال ۱۳۹۴، به دلیل تولید دانه کمتر، متوسط درآمد ناخالص و خالص هر هکتار در سال ۱۳۹۴ به ترتیب ۹۷۰ و ۷۴۲۰ هزار ریال کمتر از سال ۱۳۹۳ بود (جدول‌های ۶ و ۷). هزینه کل برای تولید یک هکتار ذرت برای تیمارهای مورد بررسی در سال ۱۳۹۳ از ۲۷۷۰۰ تا ۳۵۱۰۰ هزار ریال و در سال ۱۳۹۴ از ۳۴۷۷۰ تا ۴۲۸۰۰ هزار ریال متغیر بود. این تفاوت به دلیل تفاوت در میزان آب و کود اوره مصرفی، میزان عملکرد، هزینه‌های حمل و نقل و خشک کردن محصول بود (جدول‌های ۶ و ۷). رابطه بین مقدار آب مصرفی و درآمد خالص به صورت منحنی درجه دوم بود (شکل ۲). در هر دو سال با افزایش مصرف آب، درآمد خالص بیشتری عاید شد، اما روند افزایشی درآمد خالص در واکنش به افزایش مقدار آب، در سال اول زودتر از سال دوم متوقف شد (شکل ۲). این موضوع احتمالاً به دلیل دمای بیشتر هوا و نیاز آبی بالاتر ذرت در سال ۱۳۹۴ نسبت به سال ۱۳۹۳ می‌باشد. در هر دو سال، در شرایط تنش شدید کم آبی (تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی)، مقدار هزینه کل از درآمد ناخالص بیشتر بود. در این شرایط، مصرف کود اوره بیشتر، بدون افزایش تولید و درآمد، تنها باعث افزایش هزینه و ضرر اقتصادی شد. رادنیک و همکاران (Rudnick *et al.*, 2016) نتایج مشابهی را در رابطه با درآمد خالص منفی کشت ذرت در شرایط کمبود آب و نیتروژن در آمریکا گزارش کردند. در هر دو سال، در تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، افزایش مصرف کود نیتروژن تا حد ۱۰۰ درصد نیاز کودی، باعث بهبود درآمد ناخالص و خالص شد. در این





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

## جدول ۶- میانگین هزینه و درآمد تولید یک هکتار ذرت در کرمانشاه ( ۱۳۹۳)

Table 6. Mean of cost and income for production of maize per hectare in Kermanshah, Iran (2014)

| تیمارهای آزمایشی Treatments | | عوامل متغیر Variables | | | هزینه‌های متغیر (هزار ریال) Variable costs (Thousand Rials) | | | | | هزینه و درآمد (هزار ریال) Cost and return (Thousand Rials) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری Irrigation | نیتروژن Nitrogen | آب آبیاری Irrigation water ($m^3.ha^{-1}$) | کود اوره Urea ($kg.ha^{-1}$) | عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$) | آب بهاء Water price | کود اوره Urea | حمل و نقل کود اوره Urea transport | بارگیری، حمل و تخلیه محصول Loading, transport and unloading of product | خشکاندن محصول Drying | هزینه کل Total costs | درآمد ناخالص Gross return | درآمد خالص Net return |
| $I_{60\%}$ | $N_{40\%}$ | 6705.4 | 140 | 3100.9 | 3352.7 | 980 | 70 | 620.2 | 620.2 | 27695.6 | 26977.8 | -717.8 |
| | $N_{70\%}$ | 6705.4 | 245 | 2942.0 | 3352.7 | 1715 | 122.5 | 588.4 | 588.4 | 28419.5 | 25595.4 | -2824.1 |
| | $N_{100\%}$ | 6705.4 | 350 | 3420.0 | 3352.7 | 2450 | 175 | 684 | 684 | 29398.2 | 29754.0 | 355.8 |
| | $N_{140\%}$ | 6705.4 | 490 | 3251.0 | 3352.7 | 3430 | 245 | 650.2 | 650.2 | 30380.6 | 28283.7 | -2096.9 |
| $I_{80\%}$ | $N_{40\%}$ | 8107.2 | 140 | 5161.0 | 4053.6 | 980 | 70 | 1032.2 | 1032.2 | 29220.5 | 44900.7 | 15680.2 |
| | $N_{70\%}$ | 8107.2 | 245 | 5442.0 | 4053.6 | 1715 | 122.5 | 1088.4 | 1088.4 | 30120.4 | 47345.4 | 17225.0 |
| | $N_{100\%}$ | 8107.2 | 350 | 6970.0 | 4053.6 | 2450 | 175 | 1394 | 1394 | 31519.1 | 60639.0 | 29119.9 |
| | $N_{140\%}$ | 8107.2 | 490 | 7003.0 | 4053.6 | 3430 | 245 | 1400.6 | 1400.6 | 32582.3 | 60926.1 | 28343.8 |
| $I_{100\%}$ | $N_{40\%}$ | 9509.0 | 140 | 7593.7 | 4754.5 | 980 | 70 | 1518.7 | 1518.7 | 30894.5 | 66065.19 | 35170.7 |
| | $N_{70\%}$ | 9509.0 | 245 | 8109.0 | 4754.5 | 1715 | 122.5 | 1621.8 | 1621.8 | 31888.1 | 70548.3 | 38660.2 |
| | $N_{100\%}$ | 9509.0 | 350 | 8545.0 | 4754.5 | 2450 | 175 | 1709 | 1709 | 32850.0 | 74341.5 | 41491.5 |
| | $N_{140\%}$ | 9509.0 | 490 | 9011.0 | 4754.5 | 3430 | 245 | 1802.2 | 1802.2 | 34086.4 | 78395.7 | 44309.3 |
| $I_{120\%}$ | $N_{40\%}$ | 10910.8 | 140 | 8120.0 | 5455.4 | 980 | 70 | 1624 | 1624 | 31805.9 | 70644.0 | 38838.1 |
| | $N_{70\%}$ | 10910.8 | 245 | 8700.0 | 5455.4 | 1715 | 122.5 | 1740 | 1740 | 32825.4 | 75690.0 | 42864.6 |
| | $N_{100\%}$ | 10910.8 | 350 | 9533.0 | 5455.4 | 2450 | 175 | 1906.6 | 1906.6 | 33946.1 | 82937.1 | 48991.0 |
| | $N_{140\%}$ | 10910.8 | 490 | 9802.0 | 5455.4 | 3430 | 245 | 1960.4 | 1960.4 | 35103.7 | 85277.4 | 50173.7 |
| میانگین | Mean | | | | | | | | | 31421.0 | 58020.1 | 25716.6 |

$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 120% of total water requirement
$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی
$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن

## جدول ۷- میانگین هزینه و درآمد تولید یک هکتار ذرت در کرمانشاه ( ۱۳۹۴)

Table 7. Mean of cost and income for production of maize per hectare in Kermanshah, Iran (2015)

| تیمارهای آزمایشی Treatments | | عوامل متغیر Variables | | | هزینه‌های متغیر (هزار ریال) Variable costs (Thousand Rials) | | | | | هزینه و درآمد (هزار ریال) Cost and return (Thousand Rials) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آبیاری Irrigation | نیتروژن Nitrogen | آب آبیاری Irrigation water ($m^3.ha^{-1}$) | کود اوره Urea ($kg.ha^{-1}$) | عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$) | آب بهاء Water price | کود اوره Urea | حمل کود اوره Urea transport | بارگیری، حمل و تخلیه محصول Loading, transport and unloading of product | خشکاندن محصول Drying | هزینه کل Total costs | درآمد ناخالص Gross return | درآمد خالص Net return |
| $I_{60\%}$ | $N_{40\%}$ | 6028.4 | 160 | 2767.0 | 3617.0 | 1120 | 80 | 553.4 | 553.4 | 34768.8 | 26563.2 | -8205.6 |
| | $N_{70\%}$ | 6028.4 | 280 | 3068.0 | 3617.0 | 1960 | 140 | 613.6 | 613.6 | 35789.2 | 29452.8 | -6336.4 |
| | $N_{100\%}$ | 6028.4 | 400 | 2918.0 | 3617.0 | 2800 | 200 | 583.6 | 583.6 | 36629.2 | 28012.8 | -8616.4 |
| | $N_{140\%}$ | 6028.4 | 560 | 2837.0 | 3617.0 | 3920 | 280 | 567.4 | 567.4 | 37796.8 | 27235.2 | -10561.6 |
| $I_{80\%}$ | $N_{40\%}$ | 7371.2 | 160 | 3913.0 | 4422.7 | 1120 | 80 | 782.6 | 782.6 | 36032.9 | 37564.8 | 1531.9 |
| | $N_{70\%}$ | 7371.2 | 280 | 4526.0 | 4422.7 | 1960 | 140 | 905.2 | 905.2 | 37178.1 | 43449.6 | 6271.5 |
| | $N_{100\%}$ | 7371.2 | 400 | 5163.0 | 4422.7 | 2800 | 200 | 1032.6 | 1032.6 | 38332.9 | 49564.8 | 11231.9 |
| | $N_{140\%}$ | 7371.2 | 560 | 5684.0 | 4422.7 | 3920 | 280 | 1136.8 | 1136.8 | 39741.3 | 54566.4 | 14825.1 |
| $I_{100\%}$ | $N_{40\%}$ | 8946.0 | 160 | 6494.0 | 5367.6 | 1120 | 80 | 1298.8 | 1298.8 | 38010.2 | 62342.4 | 24332.2 |
| | $N_{70\%}$ | 8946.0 | 280 | 7200.0 | 5367.6 | 1960 | 140 | 1440.0 | 1440.0 | 39192.6 | 69120.0 | 29927.4 |
| | $N_{100\%}$ | 8946.0 | 400 | 8066.0 | 5367.6 | 2800 | 200 | 1613.2 | 1613.2 | 40439.0 | 77433.6 | 36994.6 |
| | $N_{140\%}$ | 8946.0 | 560 | 8535.0 | 5367.6 | 3920 | 280 | 1707.0 | 1707.0 | 41826.6 | 81936.0 | 40109.4 |
| $I_{120\%}$ | $N_{40\%}$ | 10335.2 | 160 | 7735.0 | 6201.1 | 1120 | 80 | 1547.0 | 1547.0 | 39340.1 | 74256.0 | 34915.9 |
| | $N_{70\%}$ | 10335.2 | 280 | 8267.0 | 6201.1 | 1960 | 140 | 1653.4 | 1653.4 | 40452.9 | 79363.2 | 38910.3 |
| | $N_{100\%}$ | 10335.2 | 400 | 9031.0 | 6201.1 | 2800 | 200 | 1806.2 | 1806.2 | 41658.5 | 86697.6 | 45039.1 |
| | $N_{140\%}$ | 10335.2 | 560 | 8873.0 | 6201.1 | 3920 | 280 | 1774.6 | 1774.6 | 42795.3 | 85180.8 | 42385.5 |
| میانگین | Mean | | | | | | | | | 38749.0 | 57046.2 | 18297.2 |

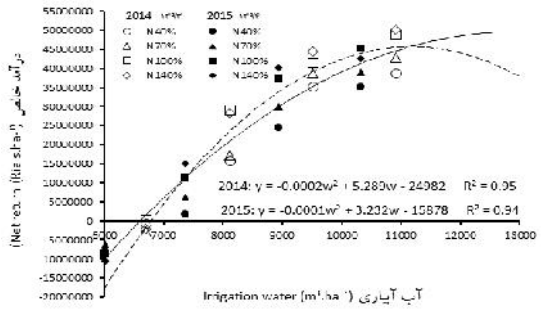
$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 120% of total water requirement
$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی
$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]



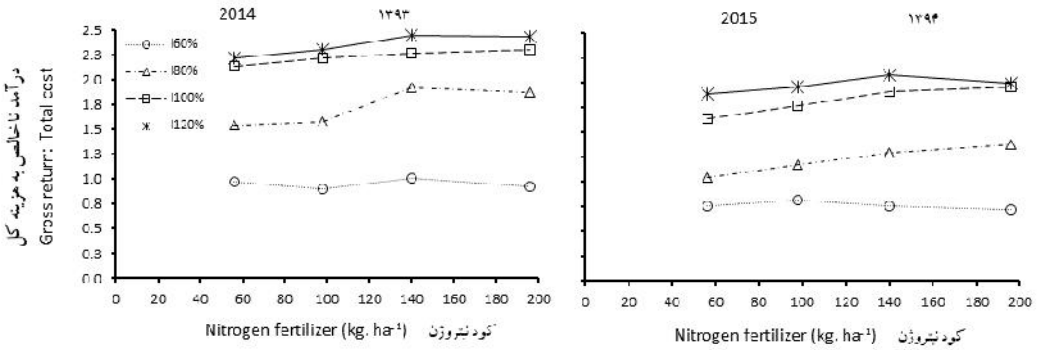

شکل ۱- رابطه رگرسیونی مقدار آب آبیاری و درآمد خالص تولید یک هکتار ذرت در کرمانشاه (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن

Fig. 1. Regression between irrigation water and net return for production of maize (per hectare) in Kermanshah, Iran (2014 and 2015)

$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement

شرایط مصرف کود نیتروژن بیشتر از نیاز (۱۴۰ درصد نیاز کودی) باعث کاهش درآمد ناخالص و خالص شد. در سال ۱۳۹۳، بیشترین درآمد ناخالص و خالص (به ترتیب ۸۵۲۸۰ و ۵۰۱۷۰ هزار ریال) در شرایط بیش آبیاری و تیمار ۱۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به دست آمد، هر چند که تفاوت این مقادیر با درآمد ناخالص و خالص عاید شده در شرایط بیش آبیاری و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن اندک بود (به ترتیب ۲۳۴۰ و ۱۱۸۰ هزار ریال). در سال ۱۳۹۴ نیز بیشترین درآمد ناخالص و خالص (به ترتیب ۸۶۷۰۰ و ۴۵۰۴۰ هزار ریال) در شرایط بیش آبیاری و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به دست آمد (جدول‌های ۶ و ۷). در آزمایش رادنیک و همکاران (Rudnick *et al*., 2016) نیز بیشترین درآمد ناخالص و خالص (به ترتیب ۴۲۵۳ و




شکل ۲-نسبت درآمد ناخالص به هزینه کل تولید یک هکتار ذرت در کرمانشاه در تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی

Fig. 2. Gross return: total cost for production of maize (per hectare) in Kermanshah, Iran (2014 and 2015)

$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total water requirement

۲۸۴۶ دلار در هکتار) با آبیاری کامل و مصرف ۲۵۲ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (بالاترین سطح نیتروژن) و پس از آن (به ترتیب ۴۰۶۴ و ۲۷۳۰ دلار در هکتار) با آبیاری کامل و مصرف ۱۹۶ کیلوگرم نیتروژن





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

خالص در هکتار (مقدار متداول مصرف نیتروژن توسط کشاورزان محلی) به دست آمد.

در هر دو سال تیمار ۱۲۰ درصد نیاز آبی در تمام سطوح نیتروژن، بیشترین نسبت درآمد به هزینه را داشت. هر چند که تفاوت آن با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی، ناچیز بود. در هر دو سال بیشترین نسبت درآمد به هزینه در شرایط بیش آبیاری و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به دست آمد. در این شرایط در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ازای هر ریال هزینه، به ترتیب ۲/۴۴ و ۲/۰۸ ریال درآمد حاصل شد. با مصرف کود نیتروژن بیشتر (۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن) در شرایط بیش آبیاری این نسبت برای سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ۲/۴۳ و ۱/۹۹ کاهش یافت. در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی در تمام سطوح کود نیتروژن، نسبت درآمد به هزینه زیر یک بود که این موضوع نشان دهنده ضرر اقتصادی است (شکل ۲).

اثر آبیاری و نیتروژن در هر دو سال، بر بهره‌وری اقتصادی آب معنی‌دار بودند. در سال دوم به دلیل دمای بیشتر هوا، تولید دانه کمتر و نیاز آبی بیشتر ذرت، باعث کاهش بهره‌وری اقتصادی هر واحد آب مصرفی نسبت به سال اول شد. در هر دو سال در تیمار تنش شدید کم آبی (۶۰ درصد نیاز آبی)، بهره‌وری اقتصادی آب منفی بود (به ترتیب ۱۹۴- و ۱۳۹۸- ریال بر مترمکعب برای سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) (جدول ۸)، به عبارت دیگر مقدار آب مصرفی در این تیمار منجر به کسب درآمد برای کشاورز نخواهد شد. در سال ۱۳۹۳ در تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، به ازای هر مترمکعب آب مصرفی به ترتیب ۲۷۸۷، ۴۱۹۷ و ۴۱۴۴ ریال درآمد خالص عاید شد. این مقادیر برای سال ۱۳۹۴ به ترتیب ۱۱۴۸، ۳۶۷۱ و ۳۹۰۰ ریال بر مترمکعب به دست آمد. افزایش مصرف آب تا حد ۱۰۰ درصد نیاز آبی، بهره‌وری اقتصادی آب را بهبود داد (جدول ۸)، به

جدول ۸- مقایسه میانگین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری و نیتروژن در تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 8. Mean comparison of economic efficiency of water and nitrogen in irrigation and nitrogen fertilizer treatments

| Treatments تیمارهای آزمایشی | بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری Economic efficiency of irrigation water ($Rials.m^{-3}$) | | بهره‌وری اقتصادی نیتروژن Economic efficiency of nitrogen ($Rials.kg^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|
| Irrigation آبیاری | 2014 ۱۳۹۳ | 2015 ۱۳۹۴ | 2014 ۱۳۹۳ | 2015 ۱۳۹۴ |
| $I_{60\%}$ | -194.3c | -1398.4c | -2230c | -13146c |
| $I_{80\%}$ | 2786.7b | 1148.4b | 37180b | 9950b |
| $I_{100\%}$ | 4196.9a | 3671.0a | 71060a | 48653a |
| $I_{120\%}$ | 4144.2a | 3900.5a | 79890a | 62730a |
| LSD | 72.01 | 85.08 | 1324.4 | 1498.5 |
| Nitrogen نیتروژن | | | | |
| $N_{40\%}$ | 2274.0b | 1236.2b | 73141a | 37788a |
| $N_{70\%}$ | 2424.4ab | 1727.5ab | 45036b | 28246ab |
| $N_{100\%}$ | 3124.6a | 2146.9a | 38415bc | 24337ab |
| $N_{140\%}$ | 3110.4a | 2211.0a | 28335c | 17826b |
| LSD | 72.01 | 85.08 | 1324.4 | 1498.5 |

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی

$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 20% of total water requirement

$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن

$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement

عبارت دیگر افزایش مصرف آب برای تولید ذرت، تا حد تأمین نیاز آبی صرفه اقتصادی خواهد داشت و با مصرف آب بیشتر، هر چند که عملکرد بیشتری تولید شد، اما درآمد خالص کسب شده به ازای هر مترمکعب آب افزایش نداشت. در آزمایش ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2017) روی ذرت نیز افزایش سطح





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

آبیاری تا حد ۵۴۰ میلی‌متر بازده اقتصادی داشت، اما مصرف ۶۰۰ میلی‌متر آب، با وجود افزایش عملکرد دانه، تاثیری بر بازده اقتصادی نداشت. در رابطه با اثر نیتروژن، درهر دو سال، کمترین بهره‌وری اقتصادی آب مربوط به حداقل مقدار نیتروژن (۴۰ درصد نیاز کودی نیتروژن) بود (به ترتیب ۲۲۷۴ و ۱۲۳۶ ریال بر مترمکعب برای سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴). با مصرف نیتروژن بیشتر، بهره‌وری اقتصادی آب افزایش یافت، اما تفاوت بهره‌وری اقتصادی آب بین تیمارهای ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن معنی‌دار نبود (جدول ۸)، بنابراین اگر هدف از کاشت ذرت، بهره‌وری اقتصادی مطلوب از آب مصرفی باشد، تأمین تنها ۷۰ درصد از نیاز نیتروژن کافی به نظر می‌رسد. در آزمایش تافته و سپاس‌خواه (Tafteh and Sepaskhah, 2011) روی کلزا نیز مصرف نیتروژن بیشتر از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، تاثیری بر بهره‌وری اقتصادی آب نداشت.

اثر آب، نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر بهره‌وری اقتصادی نیتروژن معنی‌دار بود. صرف‌نظر از مقدار نیتروژن، مصرف هر کیلوگرم نیتروژن خالص در تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، در سال اول و دوم، به ترتیب ۲۲۳۰ و ۱۳۱۴۶ ریال ضرر در پی داشت (جدول ۸). در این شرایط به دلیل محدودیت آب، عناصر غذایی به مصرف گیاه نمی‌رسند و مصرف کود نیتروژن تنها باعث افزایش هزینه تولید می‌شود. در هر دو سال مصرف آب بیشتر بهره‌وری اقتصادی نیتروژن را افزایش داد، به طوری‌که در سال ۱۳۹۳ در تیمارهای ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، به ازای هر کیلوگرم نیتروژن خالص به ترتیب ۳۷۱۸۰، ۷۱۰۶۰ و ۷۹۸۹۰ ریال درآمد خالص عاید شد. این درآمد برای سال ۱۳۹۴ به ترتیب ۹۹۵۰، ۴۸۶۵۳ و ۶۲۷۳۰ ریال بود، اما تفاوت آن در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود (جدول ۸). در تیمار ۸۰ درصد نیاز آبی، تفاوت بهره‌وری اقتصادی نیتروژن بین سطوح مختلف نیتروژن، معنی‌دار نبود. در هر دو سال، افزایش مصرف نیتروژن در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی، باعث کاهش بهره‌وری اقتصادی نیتروژن شد. در هر دو سال، حداکثر مقدار این شاخص در تیمار ۴۰ درصد نیاز نیتروژن در شرایط بیش آبیاری (به ترتیب ۱۲۷۶۱۱ و ۱۰۰۳۸۳ ریال بر کیلوگرم برای سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) و بعد از آن در تیمار ۴۰ درصد نیاز نیتروژن در شرایط آبیاری کامل (به ترتیب ۱۱۵۵۶۰ و ۶۹۹۵۵ ریال بر کیلوگرم برای سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) به دست آمد (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین بهره‌وری اقتصادی نیتروژن (ریال بر کیلوگرم) در اثر متقابل تیمارهای آبیاری و کود نیتروژن (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴)

Table 9. Mean comparison of economic efficiency (Rials.kg$^{-1}$) nitrogen in interaction effect of irrigation and nitrogen fertilizer treatments (2014 and 2015)

| ۱۳۹۳ 2014 | $I_{60\%}$ | $I_{80\%}$ | $I_{100\%}$ | $I_{120\%}$ |
|---|---|---|---|---|
| $N_{40\%}$ | -2126.8e | 51520.7cd | 115559.9a | 127610.9a |
| $N_{70\%}$ | -5302.3e | 32340.8d | 72586.5bc | 80480.5b |
| $N_{100\%}$ | 467.6e | 38271.9d | 54531.7bc | 64388.2bc |
| $N_{140\%}$ | -1968.5e | 26608.5de | 41596.5d | 47101.8cd |
| LSD | | | | 2677.72 |
| ۱۳۹۴ 2015 | $I_{60\%}$ | $I_{80\%}$ | $I_{100\%}$ | $I_{120\%}$ |
| $N_{40\%}$ | -23591.1i | 4404.2ghi | 69955.1b | 100383.2a |
| $N_{70\%}$ | -10409.8hi | 10303.2fgh | 49166.4bcd | 63924.1bc |
| $N_{100\%}$ | -9908.9hi | 12916.7efgh | 42543.8bcde | 51795.0bcd |
| $N_{140\%}$ | -8675.6hi | 12177.8fgh | 32947.0defg | 34816.7cdef |
| LSD | | | | 2854.28 |

در هر سال، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند

In each year, means with similar letters are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

$I_{60\%}$، $I_{80\%}$، $I_{100\%}$ و $I_{120\%}$ به ترتیب تأمین ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درصد نیاز آبی

$I_{60\%}$, $I_{80\%}$, $I_{100\%}$ and $I_{120\%}$ are supplying 60, 80, 100 and 120% of total water requirement

$N_{40\%}$، $N_{70\%}$، $N_{100\%}$ و $N_{140\%}$ به ترتیب تأمین ۴۰، ۷۰، ۱۰۰ و ۱۴۰ درصد نیاز نیتروژن

$N_{40\%}$, $N_{70\%}$, $N_{100\%}$ and $N_{140\%}$ are supplying 40, 70, 100 and 140% of total nitrogen requirement





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

## نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که صرف نظر از مقدار کود نیتروژن، با آبیاری کامل حدود ۷۹۴۰ کیلوگرم دانه ذرت در هکتار تولید شد و با کاهش ۲۰ و ۴۰ درصد حجم آب آبیاری (نسبت به آبیاری کامل)، عملکرد دانه به ترتیب ۳۱ و ۶۲ درصد کاهش یافت. با افزایش ۲۰ درصد حجم آب آبیاری (نسبت به آبیاری کامل)، عملکرد دانه ۱۰ درصد افزایش یافت. در شرایط بدون تنش کم آبی، افزایش مصرف نیتروژن تا حد نیاز کودی گیاه، باعث افزایش وزن خشک کل، عملکرد دانه و محتوای پروتئین دانه شد، اما مصرف نیتروژن در مقادیر بیشتر از نیاز گیاه، تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه نداشت. با افزایش شدت کم آبی، از تأثیر مثبت مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه کاسته شد. به طور کلی افزایش همزمان آب و نیتروژن اثر مثبتی بر عملکرد دانه ذرت داشت، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که تولید ذرت سینگل کراس ۷۰۴ رابطه نزدیکی با قابلیت دسترسی به آب و نیتروژن دارد و به منظور دستیابی به سطح تولید قابل حصول، تأمین کامل نیاز آبی و کود نیتروژن برای گیاه ضروری است، از این رو و با توجه به کاهش بارش در سال‌های اخیر، توجه به زراعت ارقام ذرت متوسط‌رس و زودرس که طول دوره رشد و نیاز آبی کمتری دارند، لازم به نظر می‌رسد. از منظر اقتصادی در هر دو سال، بیشترین درآمد ناخالص، درآمد خالص و بالاترین نسبت درآمد ناخالص به هزینه (به ترتیب ۸۲۹۳۷ هزار ریال، ۴۸۹۹۱ هزار ریال و ۲/۴ برای سال ۱۳۹۳ و ۸۶۶۹۸ هزار ریال، ۴۵۰۳۹ هزار ریال و ۲/۱ برای سال ۱۳۹۴) در شرایط بیش‌آبیاری و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن به دست آمد، با این حال با انتخاب تیمار آبیاری کامل، ضمن ۲۰ درصد صرفه‌جویی در آب آبیاری (نسبت به تیمار بیش آبیاری)، به ازای هر مترمکعب آب، در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۴۱۹۷ و ۳۶۷۱ ریال درآمد خالص عاید شد که تفاوت معنی‌داری با مقادیر به دست آمده در شرایط بیش آبیاری نداشتند. به علاوه با آبیاری کامل، به ازای هر کیلوگرم نیتروژن، در سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به ترتیب ۷۱۰۶۰ و ۴۸۶۵۳ ریال در آمد خالص به دست آمد که تفاوت آنها با مقادیر به دست آمده در شرایط بیش‌آبیاری معنی‌دار نبود. مصرف نیتروژن تا حد ۷۰ درصد نیاز کودی گیاه، باعث بهبود بهره‌وری اقتصادی آب شد و با افزایش مصرف کود نیتروژن، بهره‌وری اقتصادی نیتروژن کاهش یافت. بنابراین با در نظر گرفتن اهمیت هر یک از نهاده‌های آب و کود نیتروژن و تغییر قیمت آن‌ها، می‌توان ترکیب تیماری مناسب برای زراعت ذرت را در شرایط اقلیمی محل اجرای آزمایش انتخاب کرد.

## منابع مورد استفاده

## References

**Alizadeh, A and G. Kamali. 2008.** Crops Water Requirements in Iran. Astan-e-GhodseRazavi Press. (In Persian).

**Anonymous. 2016.** Agricultural statistics Kermanshah province. Office of Planning and Agriculture Organization of Kermanshah province. (In Persian).

**Dawadi, D and S. K. Sah. 2012.** Growth and yield of hybrid maize (*Zea mays* L.) in relation to planting density and nitrogen levels during winter season in Nepal. Trop. Agric. Res. 23(3): 218-227.

**Dehghanpour, Z., A. Mahrokh, H. Hasanzadeh Moghadam, A. Estakhr, A. Shirkhani, H. Najafinejad, M. Barzegary. A. Moghadam, M. J. Aghaie and M. Zamani. 2011.** Standard guidelines identify and assess factors causing damage in corn fields. Final Report of National Research Projects, Seed and Plant





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

Improvement Institute, Iran. 89039-03-03-04. (In Persian).

**Earl, H. J and R, Davis. 2003.** Drought stress effects on maize. Agron. J. 95: 688-696.

**Ebrahimi, H and H. Hasanpour Darvishi. 2015.** The relationship between corn yield and water consumption (Computational water demand and lack of soil moisture). Iran. J. Irrig. Drain. 4(9): 605-613. (In Persian with English abstract).

**Ge, T., F. Sui, L. Bai, C. Tong and N. Sun. 2012.** Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle. Acta Physiol. Plant. 34: 1043-1053.

**George, M. J., E. L. Teixeira, T. F. Herreman and H. E. Brown. 2013.** Understanding nitrogen and water stress mechanisms on maize crops. Agronomy Society of New Zealand. 43: 27-32.

**Ghobadi, R., A. Shirkhani and A. Jalilian. 2015.** Effects of water stress and nitrogen fertilizer on yield, its components, water and nitrogen use efficiency of corn (*Zea mays* L.) cv. SC. 704. Agronomy journal (Pajouhesh & sazandegi). 104: 79-87. (In Persian with English abstract).

**Kiani, M., M. Gheysari, B. Mostafazadeh-Fard, M. Majidi, K. Karchani and G. Hoogenboom. 2016.** Effect of the interaction of water and nitrogen on sunflower under drip irrigation in an arid region. Agric. Water Manage. 171: 162-172.

**Krishnan, P., U. K. Chopra, A. P. S. Verma, D. K. Joshi and I. Chand. 2014.** Nuclear magnetic resonance relaxation characterization of water status of developing grains of maize (*Zea mays* L.) grown at different nitrogen levels. J. Biosci. Bioeng. 117(4): 512-518.

**Lak, Sh., A. Naderi, S. A. Siadat, A. Ayenehband and G. Noormohamadi. 2006.** Effect of different levels of nitrogen and plant density on grain yield and its components and water use efficiency of maize (*Zea mays* L.) cv. SC. 704 under different moisture conditions in Khuzestan. Iran. J. Crop Sci. 8-2: 153-170. (In Persian with English abstract).

**Liu, C., G. H. Rubaek, F. Liu and M. N Andersen. 2015.** Effect of partial root zone drying and deficit irrigation on nitrogen and phosphorus uptake in potato. Agric. Water Manage. 159: 66-76

**Mahajan, G., B. S. Chauhan, J. Timsina, P. P. Singh and K. Singh. 2012.** Crop performance and water- and nitrogen-use efficiencies in dry-seeded rice in response to irrigation and fertilizer amounts in northwest India. Field Crops Res. 134: 59-70.

**Mahmood, T. M., M. Maqsood, T. H. Awan and R. Sarwar. 2001.** Effect of nitrogen different levels of nitrogen and intra-row plant spacing on yield and yield components of maize. Pak. J. Agric. Sci. 38(1-2): 48-49.

**Majidian, M., A. Ghalavand, N. Karimian and A. A. Kamgar Haghighi. 2008.** Effects of water stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure on yield, yield components and water use efficiency of corn SC 704. J. Sci. Technol. Agric. Natur. Resour. 12(45): 417-432. (In Persian with English abstract).

**Mc Donald, C. E. 1977.** Methods of protein analysis and variation in protein results.Farm Res. 3-7.

**Mohammadi, H., F. Boostani and H, Asadi. 2011.** Water use efficiency and profitability analysis of different





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

maize hybrid planting in Marvdasht region. Agric. Econ. Dev. 47: 129-148. (In Persian with English abstract).

**Moser, S. B., B. Feil, S. Jampatong and P. Stamp. 2006.** Effects of pre-anthesis drought, nitrogen fertilizer rate, and variety on grain yield, yield components, and harvest index of tropical maize. Agric. Water Manage. 81: 41-58.

**Muthukumar, V. B., K. Velayudham and N. Thavaprakaash. 2005.** Growth and yield of baby corn (*Zea mays* L.) as Influenced by plant growth regulators and different time of nitrogen application. Res. J. Agric. Biol Sci. 1(4): 303-307.

**Paolo, E. D. and M. Rinaldi. 2008.** Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. Field Crops Res. 105: 202-210.

**Rudnick, D., S. Irmak, M. Asce, R. Ferguson, T. Shaver, K. Djaman, G. Slater, A. Bereuter, N. Ward, D. Francis, M. Schmer, B. Wienhold and S. V. Donk. 2016.** Economic return versus crop water productivity of maize for various nitrogen rates under full irrigation, limited irrigation, and rainfed setting in south centeral Nebraska. J. Irrig. Drain. Eng. 142: 1-12.

**Schuman, G. E., A. M. Stanley and D. Kuundsen. 1973.** Automated total nitrogen analysis of soil and plant samples. Proceeding of the soil Science Society of America. 37: 480-481.

**Souza, T. C., E. M. Castro, P. C. Magalhaes, L. D. O. Lino, E. T. Alves and P. E. P. Albuquerque. 2013.** Morphophysiology, morphoanatomy and grain yield under field conditions for two maize hybrids with contrasting response to drought stress. Acta Physiol. Plant. 35: 3201-3211.

**Su, T., P. X. Yang and X. G. Liu. 2010.** Retrieval of regional soil water changes based on remote sensing biomass products. Transactions from the Chinese Society of Agricultural Engineering. 26: 52-58.

**Tafteh, A. and A. R. Sepaskhah. 2011.** Analysis of economic water and nitrogen productivity in alternate furrow irrigation for canola production. J. Water Soil Resour. Conserv. 1(1): 1-9. (In Persian with English abstract).

**Warren, J. M., R. J. Norby and S. D. Wullschleger. 2011.** Elevated $CO_2$ enhances leaf senescence during extreme drought in a temperate forest. Tree Physiol. 31: 117-130.

**Yukui, R., P. Yunfeng, W. Zhengrui and B. Jian. 2009.** Stem perimeter, height and biomass of maize (*Zea mays* L.) grown under different N fertilization regimes in Beiging, China. Int. J. Agron. Plant Prod. 3(2): 85-90.

**Zhang, G., C. Liu, C. Xiao, R. Xie, B. Ming, P. Hou, G. Liu, W. Xu, D. Shen, K. Wang and S. Li. 2017.** Optimizing water use efficiency and economic return of super high yield spring maize under drip irrigation and plastic mulching in arid areas of China. Field Crops Res. 211: 137-146.

**Zeid, I. M. and N. A. Semary. 2001.** Response of two differentially drought tolerant varieties of maize to drought stress. Pak. J. Biol Sci. 4(7): 779-784.



[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]

# Economic analysis of effect of water and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) cv. SC 704

**Ghobadi, R[1]., M. Ghobadi[2], S. Jalali Honarmand[3], F. Mondani[4], B. Farhadi[5]**

## ABSTRACT

**Ghobadi, R., M. Ghobadi, S. Jalali Honarmand, F. Mondani, B. Farhadi. 2017.** Economic analysis of effect of water and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) cv. SC 704. **Iranian Journal of Crop Sciences. 19(3): 220-238. (In Persian).**

To study effects of irrigation water and nitrogen fertilizer levels on grain yield and its components of maize (cv. SC704) and to evaluate economic efficiency of experimental treatments a filed experiment was carried out as split plot arrangement in randomized complete block design in 2014 and 2015 growing seasons at experimental field of Agriculture and Natural Resources Campus, Razi University, Kermanshah, Iran. Four irrigation water levels (60, 80, 100 and 120% of maize water requirement) were assigned to main plots, and four nitrogen fertilizer levels (40, 70, 100 and 140% of recommended levels based on soil test) were randomized in sub-plots. Results showed that regardless of nitrogen fertilizer levels, application of 120% of the maize water requirement, 8760 kg.ha$^{-1}$ grain was produced and with reducing water requirements to 20, 40 and 60%, grain yield decreased by 10, 37 and 65%, respectively. Irrigation water and nitrogen supply simultaneously increased the total dry weight, grain yield and grain protein. At lower levels of irrigation water, there was no significant difference in grain yield between nitrogen fertilizer levels. However, application of 100 and 120% of the maize water requirement, nitrogen fertilizer up to recommended levels increased grain yield by its affect on ear size and yield components. Therefore, by application of 120% of maize water requirement and 100 and 140% of nitrogen requirement, 9340 and 9280 kg.ha$^{-1}$ maize grain yield was achieved. Grain yield in these nitrogen levels and 100% of maize water requirement were 8770 and 8300 kg.ha$^{-1}$. The highest gross and net return per hectare (82.94 and 48.99 million Rials in 2014 and 86.70 and 45.04 million Rials in 2015, respectively) were obtained by application of 120% of maize water requirement and 100% of nitrogen requirement. Optimum level of water economic efficiency (4200 and 3670 Rials.m$^{3}$ in 2014 and 2015) and nitrogen (71060 and 48650 Rials.kg$^{-1}$ in 2014 and 2015) were obtained by application of 100% of maize water requirement. The results also showed that with increasing nitrogen fertilizer application, economic efficiency of nitrogen decreased and nitrogen application up to 70% of recommended level improved economic efficiency of maize. Although the highest grain yield and net income were obtained by application of 120% of maize water requirement and 100% of nitrogen requirement, but appropriate combination of irrigation water and nitrogen levels is recommended considering the importance, price changes, economic productivity and environmental constraints of each inputs.

**Key words:** Economic efficiency, Net return, Maize and Water requirements.

**Received: May 2017** **Accepted: October 2017**

1. Former PhD. Student, Razi University, Kermanshah, Iran
2. Associate Prof., Razi University, Kermanshah, Iran (Corresponding author) (Email: m.ghobadi@yahoo.com)
3. Associate Prof., Razi University, Kermanshah, Iran
4. Assistant Prof., Razi University, Kermanshah, Iran
5. Assistant Prof., Razi University, Kermanshah, Iran





[ DOR: 20.1001.1.15625540.1396.19.3.4.4 ]