Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

**Crop Production**

Print ISSN: 2008- 739x
Online ISSN: 2008- 7403

Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding Sciences

# Determining the optimal amount of water and nitrogen fertilizer to achieve the best performance and water use efficiency of corn in Shirvan city

**Mosayeb Dastkhosh[1], Maryam Tatari[2*], Hamid Hatami[3], Majid Rahimizadeh[4]**

[1] PhD student of Islamic Azad University, Shirvan branch, Iran, E-mail: mosayebdastkhosh96@gmail.com
[2] Corresponding Author, Assistant professor and faculty member of Islamic Azad University, Shirvan branch, Iran. E-mail: maryamtatari@gmail.com
[3] Assistant professor and faculty member of Islamic Azad University, Bojnord branch, Iran, E-mail: hamhatami@yahoo.com
[4] Assistant professor and faculty member of Islamic Azad University, Bojnord branch, Iran,E-mail: rahimi1347@yahoo.com

**Article Info**

**Article type:**
Research Full Paper

**Article history:**
Received: 2023-7-22
Accepted: 2024-4-6

**Keywords**:
Corn
nitrogen fertilizer
regression
water requirement
yield and yield components

**ABSTRACT**

**Introduction**: Water and nitrogen are known as the two main limiting factors in achieving maximum yield in agriculture. Therefore, the use of nitrogen fertilizer plays a significant role in increasing agricultural production. However, the indiscriminate use of these fertilizers may be due to their low efficiency. Therefore, investigating the challenges of water scarcity and improper nitrogen use management is crucial. In this study, considering the challenges of water scarcity and improper nitrogen use management, an investigation has been conducted.

**Materials and Methods**: This experiment was conducted in the research farm of the Agriculture Faculty of Shirvan Azad University during the agricultural year of 1399-1400. The experiment was carried out in the form of strip plots in three replicates and in a complete randomized block design. Three levels of 50%, 75%, and 100% of plant water requirement were considered as the main plot and five levels of zero (N0), 100 (N100), 200 (N200), 300 (N300), and 400 (N400) Kg/ha$^{-1}$ nitrogen were considered in the subplots.

**Results**: Most measured traits related to yield components had higher values during the second year in comparison with the first year of the experiment. Moreover, plant height, grain weight, rows per cob and kernels per row in the 100% water requirement were greater compared with the 50% water requirement treatment. As a result of 400 Kg/ha$^{-1}$ nitrogen fertilizer application, plant height, rows per cob, kernels per row, 100-grain weight and biological yield increased by 24.4%, 24.6%, 23.8%, 24% and 24.2% compared with the nitrogen-free treatment, respectively.

**Conclusion**: Increasing nitrogen fertilizer application leads to an improvement in yield and yield components. The only factor that decreased with increased water supply was water use efficiency. Grain yield under 100% water requirement was 38% more than that of 50% water requirement treatment. The difference between 100% and 50% water requirement treatments in terms of the biological yield was 49.5% in the first and 24% in the second year. Also, increased nitrogen fertilizer application led to increased grain yield.

However, no significant difference was observed between 300 and 400 Kg/ha$^{-1}$ nitrogen fertilizer treatments, especially in the second year. Therefore, a 300 Kgha$^{-1}$ fertilizer application is recommended to achieve a suitable yield. Fertilizer use efficiency was affected by water requirement so that nitrogen use efficiency under 100% water requirement supply at a given nitrogen fertilizer level (e.g. 100 Kg ha$^{-1}$) was significantly higher than that of 50% water requirement conditions. Under 100 Kg ha$^{-1}$ nitrogen application, nitrogen use efficiency in 100% water requirement treatment was 111.5 and in 50% water requirement treatment was 74.3 Kg ha$^{-1}$. Thus, nitrogen use efficiency declined by 33% due to decreased water use. Therefore, it can be concluded that in conditions where sufficient water is not available for irrigation, farmers should not use excessive amounts of nitrogen fertilizer because it has little efficiency and only leads to environmental pollution and waste fund.

**Cite this article:** Dastkhosh, M., Tatari, M., Hatami, H., Rahimizadeh, M. 2024. Determining the optimal amount of water and nitrogen fertilizer to achieve the best performance and water use efficiency of corn in Shirvan city. *Crop Production Journal*, 17 (1), 39-58.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/ejcp.2024.21590.2594
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تولید گیاهان زراعی
شاپا چاپی: ۲۰۰۸-۷۳۹x
شاپا الکترونیکی: ۲۰۰۸-۷۴۰۳

# تعیین مناسب‌ترین میزان آب مصرفی و نیتروژن ذرت دانه‌ای در شهر شیروان

مصیب دستخوش[۱]، مریم تاتاری[۲*]، حمید حاتمی[۳]، مجید رحیمی‌زاده[٤]

[۱] دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان، ایران، رایانامه: mosayebdastkhosh96@gmail.com

[۲] نویسنده‌مسئول: استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیروان، ایران، رایانامه: maryamtatari@gmail.com

[۳] استادیار و عضو هیات‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ایران، رایانامه: hamhatami@yahoo.com

[٤] استادیار و عضو هیات‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد، ایران، رایانامه: rahimi1347@yahoo.com

**اطلاعات مقاله**

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت : ۱٤۰۲/۰٤/۳۱
تاریخ پذیرش : ۱٤۰۳/۰۱/۱۸

واژه‌های کلیدی:
ذرت
رگرسیون
عملکرد و اجزای عملکرد
کود نیتروژن
نیاز آبی

**چکیده**

**مقدمه:** آب و نیتروژن به‌عنوان دو عامل اصلی محدودکننده دستیابی به حداکثر محصول در کشاورزی شناخته شده‌اند. به همین دلیل، استفاده از کود نیتروژن در افزایش محصولات کشاورزی سهم بسزایی دارد. با این حال، مصرف بی‌رویه این کودها ممکن است به دلیل کارایی پایین آنها باشد. بنابراین، بررسی چالش‌های موجود در خصوص کمبود منابع آب و مدیریت نامناسب مصرف نیتروژن بسیار مهم است. در این پژوهش، با توجه به چالش‌های موجود در خصوص کمبود منابع آب و مدیریت نامناسب مصرف نیتروژن، بررسی صورت گرفته است.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد شیروان در سال‌های زراعی ۱۳۹۹ و ۱٤۰۰ اجرا شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان کرت اصلی و پنج سطح صفر (N0)، ۱۰۰ (N100)، ۲۰۰ (N200)، ۳۰۰ (N300)، و ٤۰۰ (N400) کیلوگرم نیتروژن در هکتار در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند.

**یافته‌ها:** اکثر صفات مربوط به اجزای عملکرد در سال دوم مقادیر بالاتری نسبت به سال اول اجرای آزمایش داشتند. همچنین ارتفاع بوته، وزن دانه، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی، برتری داشتند. تیمار کاربرد ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن، ارتفاع بوته ۲٤/٤ درصد، تعداد ردیف در بلال ۲٤/٦ درصد، دانه در ردیف ۲۳/۸ درصد، وزن صددانه ۲٤ درصد، عملکرد بیولوژیک ۲٤/۲ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بالاتر بود.

**نتیجه‌گیری نهایی:** افزایش مصرف کود نیتروژن منجر به بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گردیده است تنها عاملی که در اثر کاربرد مقدار آب بیش‌تر کاهش یافته است کارایی مصرف آب است. عملکرد دانه در شرایط ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۳۸ درصد بیش‌تر از شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی بود. تفاوت بین دو تیمار ۱۰۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی برای عملکرد بیولوژیک در سال

اول ٤٩/٥ درصد و در سال دوم ٢٤ درصد بود. همچنین با افزایش کاربرد کود نیتروژن، عملکرد دانه نیز روند افزایشی داشت با این حال به‌ویژه در سال دوم بین تیمار ۳۰۰ و ٤٠٠ کیلوگرم کود نیتروژن اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد بنابراین برای دستیابی به عملکرد مناسب مقادیر ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار قابل توصیه است. کارایی مصرف کود تحت تأثیر نیاز آبی قرار گرفت، به‌طوری که در مقدار مشخص کود نیتروژن (به‌طور مثال ۱۰۰ کیلوگرم کود) کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی به‌طور معنی‌داری بالاتر از شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی بود. در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن کارایی مصرف نیتروژن در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۱۱۱/۵ و در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی ٧٤/٣ کیلوگرم بر کیلوگرم بود و با کاهش مصرف آب، کارایی نیتروژن ۳۳ درصد کاهش یافت. در شرایطی که آب کافی در اختیار کشاورزان برای آبیاری وجود ندارد نباید از کود نیتروژن به میزان بالا استفاده نمایند چون بازدهی چندانی ندارد و تنها منجر به آلودگی محیط زیست و هدر رفت سرمایه خواهد شد.

**استناد**: دستخوش، مصیب؛ تاتاری، مریم؛ حاتمی، حمید؛ رحیمی‌زاده، مجید. (١٤٠٣). تعیین مناسب‌ترین میزان آب مصرفی و نیتروژن ذرت دانه‌ای در شهر شیروان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۱۷ (۱)، ۵۸-۳۹.

DOI: 10.22069/ejcp.2024.21590.2594

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

## مقدمه

با توجه به افزایش جمعیت در بسیاری از مناطق جهان، تولید محصولات کشاورزی با تنش شدیدی مواجه است که این موضوع باعث افزایش فشار بر زمین‌های کشاورزی و استفاده بیش از حد از منابع کشاورزی شده است (۱). در سال‌های اخیر، کاربرد کود نیتروژن به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی، به‌عنوان یکی از راهکارها در نظر گرفته شده است. با این حال، باید توجه داشت که نیتروژن نخستین عنصری است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کمبود آن به دلیل کمبود مواد آلی (منبع ذخیره نیتروژن) مطرح می‌شود (۲).

مصرف ناکافی و نامناسب کود نیتروژن باعث کاهش کارآیی مصرف نیتروژن و افزایش هزینه‌های تولید می‌شود. همچنین، تلفات نیتروژن ناشی از تصعید، رواناب سطحی، آبشویی، دنیتریفیکاسیون و کاهش پوشش گیاهی علاوه بر این موارد، نگرانی‌هایی در مورد بهداشت و محیط‌زیست را نیز به همراه دارد (۳). تعیین حد مورد نیاز از هر عنصر غذایی برای گیاه به پارامترهای متعددی بستگی دارد که مهم‌ترین آنها میزان آب آبیاری است. آب و نیتروژن به‌عنوان عوامل اصلی محدودکننده دستیابی به حداکثر محصول هستند و مدیریت صحیح آنها، علاوه بر کاهش هزینه، افزایش کارآیی مصرف آنها را نیز به همراه دارد (٤). بنابراین، تصمیم‌گیری در مورد میزان کود مصرفی باید بر اساس ظرفیت ذخیره آب خاک و نوع کود انجام شود. در مناطق با ظرفیت ذخیره آب کم، استفاده از کودهای حاوی نیتروژن کم‌تر می‌تواند به کاهش مصرف آب و افزایش کارایی کمک کند. همچنین، استفاده از روش‌های بهینه آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای نیز می‌تواند باعث کاهش مصرف آب و افزایش عملکرد محصولات شود (۵). مدیریت مواد غذایی و مدیریت آب آبیاری در تولید محصولات کشاورزی، به‌طور کامل با یکدیگر در ارتباط هستند. متأسفانه ایران، در هر دو بعد بازده مصرف کود و بازدهی آبیاری با شرایط نامناسبی مواجه است. با توجه به نقش اساسی آب در جذب مواد غذایی توسط گیاهان، بررسی برهمکنش تنش خشکی و میزان نیتروژن در دسترس گیاه بسیار مهم است. برای این منظور، باید به دنبال راهکارهای کاهش مصرف آب همراه با کاهش کود مصرفی بود (٦). در این راستا، تحقیقات متعددی در داخل و خارج از کشور در خصوص اثر میزان آب و نیتروژن بر عملکرد محصولات کشاورزی، آلودگی نیترات در آب و خاک، کارایی و بهره‌وری مصرف آب و کارایی نیتروژن انجام شده است. در یک بررسی، مشخص شد که کمبود آب و نیتروژن می‌توانند باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی شوند. همچنین، تحقیقات دیگر نشان داده‌اند که استفاده از کودهای شیمیایی در مقدار صحیح، می‌تواند به کاهش مصرف آب و افزایش کارآیی نیتروژن کمک کند (۷). در مطالعات پیشین، اثر تنش خشکی و سطوح مختلف نیتروژن بر بهره‌وری آب، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت نیز بررسی شده است. برخی پژوهش‌گران معتقدند که مدیریت نامناسب آب آبیاری و نیتروژن، اصلی‌ترین عوامل کاهش عملکرد ذرت محسوب می‌شوند. در یک بررسی، مشخص شد گیاه ذرت دارای بیش‌ترین بهره‌وری مصرف آب است و با آبیاری در سطوح کم‌تر از نیاز آبی، عملکرد دانه ذرت کاهش می‌یابد (۸). در شرایط تنش خشکی در طول دوره رشد گیاه ذرت، کاهش تعداد دانه در بوته و بنابراین کاهش عملکرد دانه ذرت اتفاق می‌افتد. همچنین، کاهش نیتروژن در خاک و قابل دسترسی گیاه نیز مانند کاهش آب، بر عملکرد گیاه به شدت تأثیر می‌گذارد (۹). در تحقیقی صورت گرفته به‌منظور بررسی تأثیر میزان کود نیتروژن و سطح آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب و کود در کشت ذرت،

به یافتن راهکارهای مناسب جهت کاهش مصرف بیرونی کودها و بهبود کارایی این عناصر پرداخته شد. نتایج نشان داد، مصرف بهینه آب و کود نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب می‌شود. همچنین، کاربرد ارقام زودرس در کشت بهاره در مناطقی با شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک توصیه می‌شود (۲). با توجه به چالش‌های موجود در خصوص کمبود منابع آب و مدیریت نامناسب مصرف نیتروژن در کشور، در این پژوهش تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن و تأثیر متقابل آنها بر میزان کارایی مصرف آب، کارایی کود نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در شهرستان شیروان مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد شیروان در سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. شهرستان شیروان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ٥٧ دقیقه شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳٤۹ متر است. آب و هوای این منطقه سرد و خشک است. متوسط بارندگی سالانه ۲۷۰ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به‌ترتیب ۲۰ و ۱۱ درجه-سانتی‌گراد است.

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده نواری در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. سه سطح ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به‌عنوان کرت اصلی و پنج سطح صفر (N0)، ۱۰۰ (N100)، ۲۰۰ (N200)، ۳۰۰ (N300)، و ٤۰۰ (N400) کیلوگرم نیتروژن از منبع کود اوره در هکتار (براساس نیاز کودی ذرت) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از انجام آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام شده و سپس جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج آزمایش خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1. the results of used soil in this experiment

| بافت خاک Texture | شن (٪) Sand % | سیلت (٪) Silt % | رس (٪) Clay % | نیتروژن کل (٪) Total N % | پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K mg/kg | فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P mg/kg | کربن‌آلی OC(٪) % | اسیدیته pH | شوری کل اشباع EC ds/m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لومی Loam | 29.1 | 40.3 | 30.6 | 0.10 | 126.9 | 6.17 | 0.78 | 7.7 | 0.35 |

همچنین خصوصیات اقلیمی شیروان براساس اطلاعات اخذ شده از دستگاه سینوپتیک نوده طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱٤۰۰ بیانگر آن است که زمستان‌های سرد تا بسیار سرد و تابستان‌های معتدل از ویژگی‌های اقلیمی این منطقه است. فصل رشد ذرت دانه‌ای در این منطقه از اواسط اردیبهشت تا اواخر مهرماه می‌باشد. در سال اول (۱۳۹۹) آزمایش کم‌ترین میانگین دمای هوا ۱۱/۸ درجه سانتی‌گراد در اردیبهشت‌ماه و پس از آن مهر با ۱٦ درجه سانتی‌گراد، و بالاترین میانگین دما در مرداد ماه با ۲۵/۳ درجه

سانتی‌گراد ثبت شد. در سال دوم (۱۴۰۰) اجرای آزمایش کم‌ترین دما به مهرماه (۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد) و بالاترین دما به تیرماه (۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد) تعلق داشت. به‌طور کلی میانگین دما فصل رشد ذرت در سال اول ۱۹/۶ و در سال دوم ۲۲/۵ درجه سانتی‌گراد بود. مجموع بارش‌ها در سال اول (۱۳۹۹) اجرای آزمایش ۱۲۶ میلی‌متر و در سال دوم (۱۴۰۰) آزمایش ۶۱/۶ میلی‌متر بود. در سال اول اجرای آزمایش اگر چه میزان بارندگی بیش‌تر از سال دوم بود اما به دلیل پراکنش نامناسب نتوانست کل نیاز آبی ذرت را تأمین کند به‌طوری که بیش‌ترین بارندگی به اردیبهشت ماه و به میزان ۹۳ میلی‌متر تعلق گرفت.

عملیات خاک‌ورزی اولیه شامل؛ شخم، لولر برای تسطیح زمین و ایجاد شیارهای ۷۰ سانتی‌متری به وسیله فاروئر در نیمه دوم اردیبهشت انجام شد، و پس از آن نقشه طرح پیاده و کرت‌هایی به ابعاد ۵ در ۴/۵ متر ایجاد شد. نیمی از کود شیمیایی نیتروژن (اوره) در هنگام کاشت و نیمی دیگر به صورت سرک در مرحله سه برگی و گلدهی در تیمارهای مربوطه به خاک اضافه شد. کشت در ۲۵ اردیبهشت سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ بر روی ردیف‌هایی با فاصله ۷۰ سانتی‌متر انجام شد. هر کرت شامل ۵ ردیف بود که بذر ذرت رقم ۷۰۴ بر روی پشته‌ها به فاصله ۲۰ سانتی‌متر (۷ بوته در متر مربع) کشت شد. نیاز آبی گیاه با استفاده از تشتک تبخیر محاسبه و تبخیر روزانه از تشت اندازه‌گیری، و بر اساس ضریب تشت و ضریب گیاهی، حجم آب مصرفی مورد نیاز در هر مرحله از آبیاری از رابطه زیر تعیین شد.

$$V= PE*KC*A/Ei$$

V حجم آبیاری بر حسب متر مکعب، PE تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A بر حسب میلی‌متر، KC ضریب گیاهی، A مساحت آبیاری شده بر حسب متر مربع و Ei راندمان آبیاری که حدود ۹۰ درصد فرض شد. ضریب گیاهی ذرت از ۰/۳۶ تا ۰/۵۸ در اوایل رشد، ۰/۷۱ تا ۱/۱۳ در اواسط رشد و از ۰/۹۸ تا ۰/۶۵ در مرحله برداشت متفاوت است (۱۰). آبیاری کرت‌ها توسط لوله‌های پلی اتیلن و حجم آب ورودی به کرت با کنتور آب کنترل شد. عملیات تنک کردن در مرحله سه برگی انجام شد، سپس بلافاصله کود سرک در تیمارهای مربوطه استفاده شد. عملیات وجین علف‌های هرز به صورت دستی و در دو نوبت صورت گرفت.

در پایان فصل رشد در هر تیمار ۵ بوته به‌طور تصادفی به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن صددانه انتخاب شد. ارتفاع بوته در ۱۵ مرداد ماه (۷۳ روز پس از کاشت) در مرحله گلدهی ذرت اندازه‌گیری شد. سایر اندازه گیری‌ها (تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن صددانه) در زمان رسیدگی و در ۳۰ مهر (۱۶۰ روز پس از کاشت) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه و بیولوژیک هرکرت تمام بوته‌ها از مساحت دو متر مربع برداشت شد و بوته‌های برداشت شده به مدت یک هفته در سایه و دمای معمولی قرار گرفت و پس از توزین، میزان عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی هر کرت مشخص شد. کارایی مصرف آب از حاصل تقسیم مقدار عملکرد به‌دست آمده در متر مربع نسبت به مقدار آب مصرفی در طول فصل رشد به‌دست آمد. همچنین کارایی مصرف کود از تقسیم عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) بر میزان کود مصرفی (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد (۱۱).

## تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. میانگین تیمارهای مختلف توسط آزمون LSD

(آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردید.

## نتایج و بحث

براساس نتایج این تحقیق اثر ساده سال بر همه صفات، اثر ساده کاربرد کود نیتروژن و اثر ساده نیاز آبی بر تمامی صفات مورد بررسی (به استثنای شاخص برداشت) معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر متقابل سال و نیاز آبی بر دانه در بلال، وزن صددانه، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب معنی‌دار بود. اثر متقابل سال و مصرف کود نیتروژن فقط بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. اثرمتقابل کود نیتروژن و نیاز آبی بر کارایی مصرف کود نیتروژن معنی‌دار بود.

**ارتفاع بوته:** طبق نتایج مقایسه میانگین‌ها ارتفاع بوته در سال دوم نسبت به سال اول ۱۰/۷ درصد بیش‌تر بود (جدول ۳). میانگین ارتفاع بوته در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی ۱۲۵/۲۳ سانتی‌متر و در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی ۱۹۶/٦٦ سانتی‌متر بود (٥٦ درصد). میانگین ارتفاع بوته در تیمار ٤۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن ۱۸۰/۲٦ سانتی‌متر و ۲٤/٤ درصد بیش‌تر از تیمار عدم مصرف کود نیتروژن بود (جدول ۳).

زمانی که گیاه دسترسی کافی به آب و عناصر غذایی دارد، فتوسنتز و رشد آن به حداکثر می‌رسد. بنابراین، وقتی گیاه در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی خود قرار دارد و کود نیتروژن به‌طور مناسب استفاده شود، فتوسنتز و رشد به حداکثر خود می‌رسد و بیش‌ترین ارتفاع بوته حاصل می‌شود (۱۲). در مقابل، وقتی گیاه دچار کمبود آب یا کاهشی در تأمین نیاز آبی خود است، فعالیت فتوسنتز کاهش می‌یابد و رشد گیاه کندتر می‌شود. همچنین، کاهش تأمین کود نیتروژن نیز می‌تواند تأثیر منفی بر رشد گیاه داشته باشد. این موارد می‌تواند به کاهش ارتفاع بوته در شرایط کمبود آب و نیتروژن منتهی شود (۱۳). بنابراین، از نظر فتوسنتز و رشد گیاه، تأمین نیاز آبی و کاربرد کود نیتروژن به میزان مناسب می‌تواند عوامل کلیدی باشند که تأثیر مستقیم بر ارتفاع بوته گیاه دارند. در شرایط بهینه، که گیاه به‌طور کامل نیازهای خود را تأمین می‌کند، فعالیت فتوسنتز و رشد بیش‌تر است که این امر منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌شود. در شرایط کمبود آب یا کود نیتروژن، فعالیت فتوسنتز و رشد کاهش می‌یابد و ارتفاع بوته کم‌تر می‌شود (۱٤).

**تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف:** نتایج مقایسه میانگین اثر ساده سال، نیاز آبی و اثر ساده کود نیتروژن بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار بود (جدول ۲). تعداد ردیف در بلال در سال اول (۱٤/۸) کم‌تر از سال دوم (۱۵/۸۱) بود. تعداد ردیف در بلال برای تیمارهای ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد تأمین نیاز آبی به‌ترتیب برابر با ۱۲/۹، ۱۵/۵۷ و ۱۷/۵۱ عدد بود (جدول ۳). تعداد ردیف در بلال در تیمارهای مصرف کود از ۱۳/۸۵ تا ۱۷/۲٦ متغیر بود به‌طوری که در تیمار ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در مقایسه با تیمار عدم مصرف کود (شاهد) در حدود ۲٤/٦ درصد بیش‌تر بود (جدول ۳). تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر اثر متقابل سال و نیاز آبی قرار گرفت و دامنه تغییرات آن در سال اول در تیمارهای مختلف نیاز آبی از ۲۹/۱۵ تا ۳۸/٥٤ متغیر بود در حالی‌که این صفت برای سال دوم و در تیمارهای مختلف نیاز آبی از ۲۹/٥٦ تا ٤۰/۹٤ متغیر بوده است بر اساس این نتایج سال دوم مقادیر بالاتری نسبت به سال اول داشتند (جدول ٤). همچنین میانگین تعداد دانه در ردیف در تیمار ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نسبت به شاهد ۲۳ درصد بیش‌تر بود (جدول ٤).

**جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر دور آبیاری و کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در دو سال**

Table 2. The results of analysis of variance related to the effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer application yield and yield components of corn in two years

| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی df | ارتفاع بوته Plant height | ردیف در بلال rows in ears | دانه در ردیف seeds in rows | وزن صد دانه Weight of 100 seeds | عملکرد دانه Grain Yield | عملکرد بیولوژیک Biological Yield | شاخص برداشت Harvest index | کارایی مصرف آب Water use efficiency | کارایی مصرف کود Nitrogen use productivity |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال Year | 1 | 5921.1$^{**}$ | 22.5$^{**}$ | 132.01$^{**}$ | 3946.84$^{**}$ | 12759208.5$^{**}$ | 203319828$^{**}$ | 71.11$^{*}$ | 0.50$^{**}$ | 227.2$^{**}$ |
| تکرار (سال) Block (year) | 4 | 101.62 | 2.68 | 4.5 | 310.54 | 677027.9 | 16593132 | 54.48 | 0.058 | 48.7$^{ns}$ |
| آبیاری Irrigation | 2 | 38484.7$^{**}$ | 167.14$^{**}$ | 802.17$^{**}$ | 23525.07$^{**}$ | 117784871.0$^{**}$ | 587865839$^{**}$ | 19.6$^{ns}$ | 2.56$^{**}$ | 1992.13$^{**}$ |
| سال*آبیاری Year*Irrigation | 2 | 60.67$^{ns}$ | 2.23$^{ns}$ | 30.04$^{**}$ | 661.8$^{*}$ | 1696290.2$^{*}$ | 2508007$^{ns}$ | 46.9$^{ns}$ | 0.004$^{ns}$ | 3.51$^{ns}$ |
| خطای a Erroe a | 8 | 67.6 | 1.43 | 3.77 | 86.16 | 281937.2 | 3137094 | 7.32 | 0.007 | 15.08 |
| نیتروژن Nitrogen | 4 | 3253.2$^{**}$ | 30.8$^{**}$ | 149.01$^{**}$ | 4690.7$^{**}$ | 9617723.9$^{**}$ | 73330436$^{**}$ | 29.8$^{ns}$ | 0.27$^{**}$ | 20225.37$^{**}$ |
| سال* نیتروژن Year*Nitrogen | 4 | 139.7$^{ns}$ | 1.16$^{ns}$ | 4.34$^{ns}$ | 66.09$^{ns}$ | 1351906.8$^{**}$ | 328445$^{ns}$ | 27.9$^{ns}$ | 0.00043$^{ns}$ | 32.93$^{ns}$ |
| خطای b Erroe b | 16 | 48.9 | 0.60 | 4.34 | 132.97 | 199098.8 | 1844308 | 6.12 | 0.063 | 30.59 |
| آبیاری* نیتروژن Irrigation*Nitrogen | 8 | 154.39$^{ns}$ | 1.01$^{ns}$ | 3.55$^{ns}$ | 152.48$^{ns}$ | 373359.9$^{*}$ | 2727131$^{ns}$ | 19.32$^{ns}$ | 0.0058$^{ns}$ | 281.9$^{**}$ |
| سال* آبیاری* نیتروژن Year*Irrigation*Nitrogen | 8 | 110.15$^{ns}$ | 1.19$^{ns}$ | 1.25$^{ns}$ | 17.35$^{ns}$ | 313944.4$^{ns}$ | 12866$^{ns}$ | 5.7$^{ns}$ | 0.0000007$^{ns}$ | 0.48 |
| خطاab Error ab | 32 | 79.69 | 1.16 | 5.31 | 158.09 | 323523.7 | 1586268 | 14.87 | 0.03 | 19.25 |
| ضریب تغییرات (٪) CV (%) | - | 5.60 | 7.04 | 6.65 | 6.59 | 6.024 | 5.62 | 9.11 | 9.69 | 11.14 |

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

*,**and ns are respectively significant at 1 and 5% probability level and non-significant

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی سال، نیاز آبی و کاربرد کود نیتروژن بر اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت

Table 3. The results of the comparison of the main effects of the year, water requirement and nitrogen fertilizer application on components of yield and water consumption efficiency of corn

| تیمارها Treatments | ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm) | تعداد ردیف در بلال Number of rows in ears | تعداد دانه در ردیف Number of seeds in rows | وزن صد دانه (گرم) Weight of 100 seeds (gr) | عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologicl Yield (kg/ha) | شاخص برداشت (٪) Harvest index (%) | کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب) Water use efficiency (kg/m3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سال اول First Year | 151.15$^{b}$ | 14.84$^{b}$ | - | - | 20902.7$^{b}$ | 43.22$^{a}$ | 1.80$^{b}$ |
| سال دوم Second year | 167.37$^{a}$ | 15.81$^{a}$ | - | - | 23908.8$^{a}$ | 41.50$^{b}$ | 1.95$^{a}$ |
| دور آبیاری (درصد نیاز آبی) Irrigation interval (% water requirmtnet) | | | | | | | |
| 50 | 125.23$^{c}$ | 12.90$^{c}$ | - | - | 17870.4$^{c}$ | - | 2.20$^{a}$ |
| 75 | 155.91$^{b}$ | 15.57$^{b}$ | - | - | 22631.8$^{b}$ | - | 1.76$^{b}$ |
| 100 | 196.66$^{a}$ | 17.51$^{a}$ | - | - | 26715.0$^{a}$ | - | 1.65$^{c}$ |
| کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen application (kg/ha) | | | | | | | |
| 0 | 144.89$^{d}$ | 13.85$^{c}$ | 31.33$^{d}$ | 172.53$^{c}$ | 19995.8$^{c}$ | - | 1.74$^{c}$ |
| 100 | 151.01$^{c}$ | 14.45$^{c}$ | 33.01$^{c}$ | 180.11$^{c}$ | 21216.9$^{b}$ | - | 1.79$^{c}$ |
| 200 | 157.90$^{b}$ | 15.30$^{b}$ | 34.41$^{bc}$ | 189.08$^{b}$ | 21878.8$^{b}$ | - | 1.84$^{bc}$ |
| 300 | 162.25$^{b}$ | 15.77$^{b}$ | 35.88$^{b}$ | 196.53$^{b}$ | 24090.5$^{a}$ | - | 1.92$^{b}$ |
| 400 | 180.26$^{a}$ | 17.26$^{a}$ | 38.81$^{a}$ | 214.45$^{a}$ | 24846.6$^{a}$ | - | 2.06$^{a}$ |

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means in a common letter are lacking significant difference (LSD) test based on the level of five percent

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال در آبیاری بر صفات تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه

Table 4. The results of the mean comparison of interaction effect of the year in irrigation on the traits of number of seeds per row, weight of 1000 seeds and seed yield

| تیمار Treatments | | تعداد دانه در ردیف Number of seeds per row | وزن هزار دانه weight of one 1000 seeds | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|
| سال Year | دور آبیاری (درصد نیاز آبی) Irrigation interval (%water requirment) | | | |
| سال اول First year | 50 | 29.15$^{d}$ | 159.21$^{d}$ | 7056$^{e}$ |
| | 75 | 32.83$^{c}$ | 180.67$^{c}$ | 8796$^{c}$ |
| | 100 | 38.54$^{b}$ | 211.73$^{b}$ | 11343$^{a}$ |
| سال دوم Second year | 50 | 29.56$^{d}$ | 164.13$^{d}$ | 7935$^{d}$ |
| | 75 | 37.10$^{b}$ | 204.19$^{b}$ | 9950$^{b}$ |
| | 100 | 40.94$^{a}$ | 223.33$^{a}$ | 11570$^{a}$ |

میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means in a common letter are lacking significant difference (LSD) test based on the level of five percent

با توجه به نقش آب و نیتروژن بر روی گیاه، می‌توان گفت که تأمین آب کافی، برای فعالیت فتوسنتزی و رشد گیاه ضروری است. افزایش مصرف کود نیتروژن نیز می‌تواند منجر به افزایش ساختمان

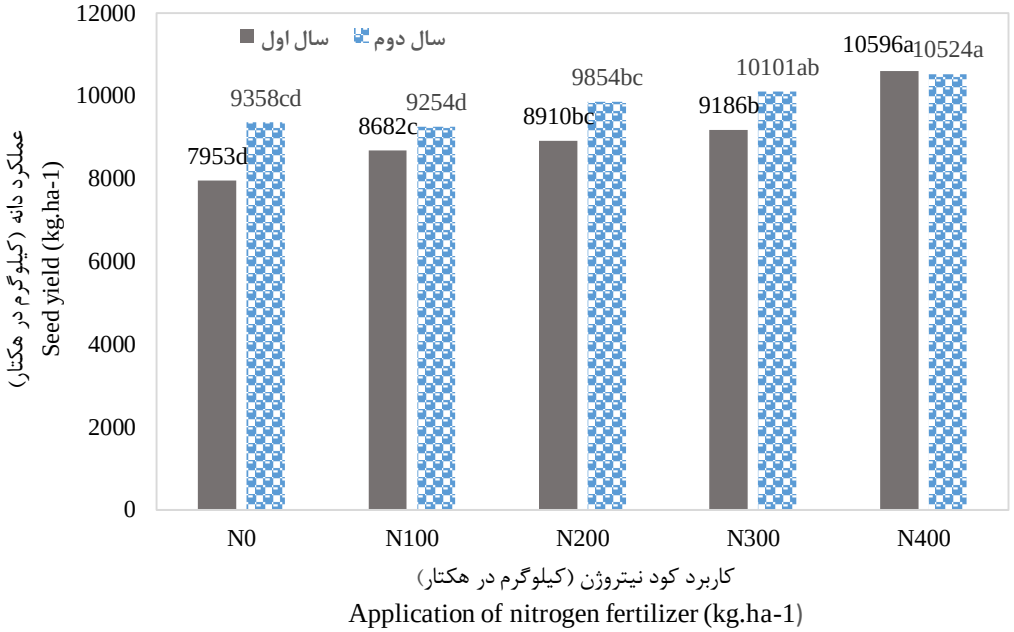
گیاهی مانند رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل و کارتنوئید) و رشد گیاه شود. بنابراین، در شرایط بهینه تأمین آب و مصرف کود نیتروژن، تأثیر مستقیم بر رشد رویشی و زایشی گیاه مانند تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف در ذرت بیش‌تر می‌شود. در شرایط کمبود آب و نیتروژن، فعالیت فتوسنتز و رشد گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه تأثیر منفی بر اجزای عملکرد دارد (۱۵). محققان اثر کود نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف مؤثر می‌دانند (۱۱،۱۶ و ۱۷).

در تحقیق انجام شده توسط دادرسی و همکاران (۲۰۱۲) به‌منظو بررسی تأثیر پرایمینگ بذر با محلول سولفات روی و ارقام مختلف بر عملکرد گیاه در شرایط کمبود آب، نتایج نشان داد تنش خشکی موجب کاهش اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و وزن هزار دانه بلال شد که این امر با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت دارد (۱۸).

**وزن دانه:** نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سال در آبیاری نشان داد که بیش‌ترین وزن دانه با میانگین ۲۲۳/۳۳ گرم مربوط به سال دوم تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد بود و کم‌ترین وزن دانه نیز با میانگین ۱۵۹/۲۱ گرم مربوط به سال اول و تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ٤). وزن دانه در تیمارهای ۱۰۰درصد نیاز آبی نسبت به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی در سال اول ۳۲/۹ درصد و در سال دوم ۳٦ درصد بیش‌تر بود. به عبارتی نوسانات وزن دانه در سال دوم در تیمارهای مختلف نیاز آبی بیش‌تر بود. بر اساس مقایسه میانگین اثر ساده مصرف کود نیتروژن وزن دانه در تیمار مصرف ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن ۲۱٤/٤۵ گرم و ۲٤/۳ درصد بیش‌تر از شاهد (عدم مصرف کود) بوده است (جدول ۳). مطابق با این نتایج در بررسی دیگر نیز وزن دانه ذرت در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود سرک نسبت به تیمار ۵۰ کیلوگرم کود سرک ۲۵ درصد افزایش یافت (۱۹). کاربرد مناسب نیتروژن باعث افزایش سرعت رشد برگ‌ها شده و می‌تواند مواد فتوسنتزی بیش‌تری ذخیره کند. مواد فتوسنتزی ذخیره شده در زمان پرشدن دانه نقش مهمی دارد و به افزایش وزن دانه منتهی می‌گردد (۱۱). افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن، انتقال آن به دانه وزن هزار دانه افزایش خواهد یافت. در گیاهانی که با محدودیت نیتروژن مواجه بودند، کمبود نیتروژن باعث کاهش انتقال مواد غذایی به دانه و در نتیجه پوکی و کاهش وزن دانه را به همراه خواهد داشت (۲۰).

**عملکرد دانه:** نتایج مقایسه میانگین اثر سال در آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۱۵۷۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به سال دوم و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بود و کم‌ترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۷۰۵٦ کیلوگرم در هکتار مربوط به سال اول و تأمین تنها ۵۰ درصد نیاز آبی بود (جدول ٤). همچنین نتایج مربوط به برش‌دهی اثر متقابل سال در کود نیتروژن نشان داد که در سال اول بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۰۵۹٦ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۷۹۵۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بود (شکل ۱). در سال دوم بیش‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۱۰۵۲٤ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین عملکرد دانه نیز با میانگین ۹۳۵۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار عدم کاربرد کود نیتروژن بود (شکل ۱). در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن عملکرد دانه در سال دوم آزمایش ۱۸ درصد بالاتر از سال اول آزمایش بود. در حالی‌که در تیمار ٤۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن عملکرد دانه در هر دو سال مشابه بود. این نتایج نشان می‌دهد که با تغذیه مناسب گیاه می‌توان عملکرد دانه را حتی در شرایط متفاوت آب و هوایی حفظ نمود. تأمین نیتروژن به دلیل کاهش محدودیت منبع فتوسنتزی و اثرات مثبت بر تعداد دانه در بلال و وزن دانه عملکرد ذرت را بهبود می‌بخشد (۲۱). تأثیر

مثبت مصرف کود نیتروژن بر عملکرد گیاه در مطالعات بسیاری گزارش شده است (۲۲ و ۲۳). به‌طوری که از بین سه سطح کود نیتروژنه (۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بیش‌ترین عملکرد دانه ذرت در تیمار ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد (۲٤). در مطالعه‌ای به‌منظور بهینه‌سازی کود نیتروژن و آبیاری بر اساس سه سناریوی اقتصادی، زیست محیطی و اقتصادی- زیست محیطی در زراعت گندم گزارش کردند که افزایش مصرف کود نیتروژن و آبیاری اثر مثبتی بر افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف آب داشت در حالی‌که افزایش آبیاری منجر به کاهش کارایی مصرف نیتروژن و افزایش تلفات نیتروژن شد و همچنین مقادیر بهینه سطوح کوددهی و آبیاری در سناریوی اقتصادی- زیست محیطی به‌ترتیب معادل ۱۵۳ کیلوگرم در هکتار و ۳۰۳۰ مترمکعب به‌دست آمد (۲۵).




شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه ذرت در اثر سال و کاربرد کود نیتروزن تحت تیمارهای مختلف آبیاری. میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Figure 1. Mean Comparison of the the geain yield due to the application of nitrogen fertilizer and year under different irrigation treatments. Means in a common letter are lacking significant difference (LSD) test based on the level of five percent

**عملکرد بیولوژیک:** نتایج مقایسه میانگین اثر سال مربوط به عملکرد بیولوژیک نیز نشان داد که بیشترین مقدار برای این صفت با میانگین ۲۳۹۰۸/۸ کیلوگرم در هکتار مربوط به سال دوم و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک نیز با میانگین ۲۰۹۰۲/۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به سال اول بود به طوری که عملکرد بیولوژیک سال دوم حدود ١٤ درصد (معادل ۳ تن در هکتار) بیش‌تر از عملکرد سال اول بود (جدول ۳). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر ساده تأمین نیاز آبی بر عملکرد بیولوژیک، در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی عملکرد بیولوژیک ۲٦۷۱۵ کیلوگرم در هکتار و ٤۹/۵ درصد بیش‌تر از تیمار ۵۰ درصد تأمین نیاز آبی بود. مقایسه میانگین اثر ساده کاربرد کود نیتروژن نشان می‌دهد بین کاربرد ۳۰۰ و ٤۰۰ کیلوگرم در

هکتار کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین به‌منظور کاهش هزینه‌های تولید و اثرات منفی زیست محیطی با میزان کود ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز می‌توان عملکرد مشابه دست یافت. بر اساس نتایج این بررسی در شرایط عدم کاربرد کود عملکرد بیولوژیک ٢٤ درصد کاهش یافته و به ۱۹۹۹٦ کیلوگرم در هکتار رسید. عملکرد بیولوژیک نشانه‌ای از وضعیت رشد رویشی گیاه بوده و تابعی از ارتفاع بوته، وزن دانه، وزن بلال و غیره می‌باشد. در شرایط کاربرد مناسب کود نیتروژن و تأمین نیاز آبی مناسب، صفات ذکر شده مقادیر بالاتری داشتند که در نهایت باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است.

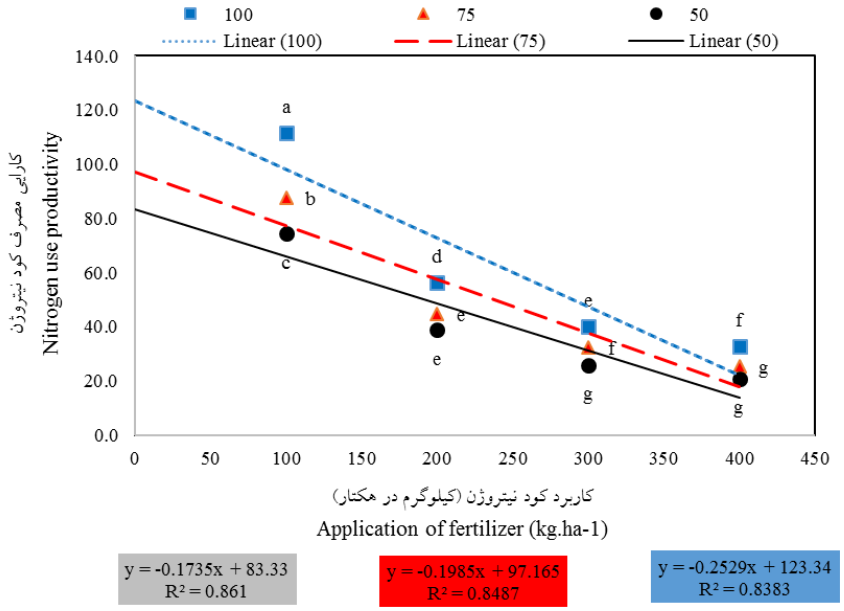
در بررسی مشابه در تیمار آبی ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی عملکرد بیولوژیک ۳۵ درصد بیش‌تر از تیمار آبی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی گزارش شد و بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک ذرت ۱۸٦۳۰ کیلوگرم در هکتار و در تیمار کاربرد کود نیتروژن مشاهده شد (۱۱).

در تحقیق صورت گرفته به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و نوع رقم بر عملکرد گیاه در شرایط کم آبی گزارش شده است که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی دارد. همچنین، نوع رقم نیز بر برخی خصوصیات گیاه مانند ارتفاع بوته، تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی تأثیر داشت. اثر متقابل تنش خشکی و نوع رقم نیز بر روی بسیاری از خصوصیات مورد اندازه‌گیری به‌جز ارتفاع معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه، بیش‌ترین ارتفاع را تولید کرد و در مرحله رویشی باعث کاهش ارتفاع گیاه شد (۲٦).

**شاخص برداشت:** بر اساس نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت در سال اول ٤۳/۲۲ درصد و در سال دوم ٤۱/۵ درصد بود (جدول ۳). اگر چه سال دوم از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت به سال اول برتری داشت اما نتایج شاخص برداشت نشان می‌دهد سال اول از نظر شاخص برداشت برتری داشته است. شاخص برداشت بیانگر این است که چه بخشی از مواد ذخیره‌ای اندام‌های گیاه به دانه اختصاص می‌یابد، که به نظر می‌رسد در سال اول اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه بهتر صورت گرفته است (جدول ٤). شاخص برداشت از دو بخش عملکرد دانه و کاه و کلش + عملکرد دانه تشکیل شده است هر عاملی که باعث افزایش عملکرد دانه گردد می‌تواند شاخص برداشت را افزایش دهد و از طرفی هر عاملی که باعث افزایش ماده خشک گردد باعث کاهش شاخص برداشت خواهد شد (۲۷).

**کارایی مصرف آب** : مقایسه میانگین اثرات اصلی سال، دور آبیاری و کاربرد نیتروژن نشان داد که بالاترین مقادیر به‌ترتیب با میانگین ۱/۹۵، ۲/۲۰ و ۲/۰٦ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سال دوم، تأمین نیاز آبی به میزان ۵۰ درصد و کاربرد ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود و کم‌ترین مقادیر کارایی مصرف آب به‌ترتیب با مقادیر ۱/۸۰، ۱/٦۵ و ۱/۷٤ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به سال اول، تأمین نیاز آبی ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم مصرف کود نیتروژن بود (جدول ۳). کارایی مصرف آب در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی کم‌تر (۱/٦۵ کیلوگرم بر مترمکعب) از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی (۲/۲ کیلوگرم بر مترمکعب) بود. همچنین در تیمارهای کاربرد کود نیتروژن، تیمار کاربرد ٤۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن کارایی مصرف آب ۲/۰٦ کیلوگرم در مترمکعب و بیش‌تر از عدم کاربرد کود نیتروژن بود. این نتایج نشان می‌دهد کاربرد کود نیتروژن کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد. با افزایش کاربرد نیتروژن رشد رویشی گیاه بهبود می‌یابد به دنبال آن گیاه در مراحل تشکیل دانه برای تعداد دانه

در ردیف و وزن دانه، نیاز آبی بیش‌تری خواهد داشت به همین علت کارایی مصرف آب در تیمارهای افزایش کاربرد کود بالاتر از تیمارهای کاهش کاربرد کود و عدم مصرف کود می‌باشد. افزایش نیتروژن باعث توسعه ریشه می‌شود و آب قابل دسترس در منطقه ریشه افزایش می‌یابد، در حالی‌که در شرایط کمبود آب افزایش کاربرد کود نیتروژن باعث تنش رطوبتی (تشنگی) گیاه می‌شود (۲۸).




شکل ۲- مقایسه میانگین و روند رگرسیونی کارایی مصرف کود در اثر کاربرد کود نیتروژن تحت تیمارهای مختلف آبیاری. میانگین‌هایی که در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت آماری معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Figure 2. Mean Comparison of the regression trend of Nitrogen use productivity in the ear due to the application of nitrogen fertilizer under different irrigation treatments. Means in a common letter are lacking significant difference (LSD) test based on the level of five percent

**کارایی مصرف کود نیتروژن:** اثر متقابل نیاز آبی و کاربرد کود نیتروژن بر کارایی مصرف کود معنی‌دار بود (جدول ۲). به عبارتی کارایی کود نیتروژن تحت تأثیر فراهمی آب قرار گرفت. با افزایش میزان کود نیتروژن، کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد و میزان کاهش (شیب) در شرایط تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی بیش‌تر بوده است (شکل ۲). بر اساس نتایج اثر متقابل در تیمار کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن کارایی مصرف کود از ۱۱۱/۵ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۷۴/۳ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و معادل ۵۰ درصد کاهش یافت. در حالی‌که در تیمار کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن کارایی مصرف آب از ۳۲/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۲۰/۸ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی و معادل ۵۷ درصد کاهش یافت. این نتایج بیانگر اثر مثبت تأمین نیاز آبی بر کارایی مصرف کود می‌باشد. این نتایج بدین معناست که در شرایط کمبود آب مثلا ۵۰ درصد نیاز آبی بین تیمار کودی ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. همچنین در شرایط کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن بین تیمارهای نیاز آبی ۵۰ و ۷۵ درصد تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین با مصرف مقدار کود مشخص (به طور مثال ۲۰۰ کیلوگرم کود

در هکتار) با نیاز آبی ۵۰ درصد نیز می‌توان به کارایی مصرف کودی برای با نیاز آبی ۷۵ درصد دست یافت.

در بررسی مشابه مشخص شد اثر سطوح کودی بر کارایی مصرف نیتروژن موثر است، بیش‌ترین کارایی مصرف نیتروژن ۹۰/۹۱ کیلوگرم در کیلوگرم در تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، و کم‌ترین کارایی مصرف نیتروژن با ۳۳/۱۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار ۲۷۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار گزارش شد. بنابراین با افزایش سطوح کود نیتروژن کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد (۲٤). بر اساس قانون بازده نزولی میچرلیخ بالاترین کارایی با جذب اولین عنصر غذایی حاصل می‌شود و واحدهای بعدی با شیب کم‌تری افزایش و سپس ثابت می‌گردد (۲۹).

نتایج همبستگی بین صفات مورد بررسی در این تحقیق نشان داد که بین صفات ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ولی صفات شاخص برداشت همبستگی منفی با عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۵). کارایی مصرف آب نیز با تمامی صفات (به جز شاخص برداشت) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. این امر به‌دلیل آن است که بالاترین کارایی مصرف آب در تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی (معادل ۳۵۰۲ مترمکعب در هکتار) به‌دست آمده است که در این سطح از آبیاری تمامی صفات کم‌ترین مقدار را دارا بودند و کم‌ترین کارایی مصرف آب در تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی معادل (۷۰۰۵ مترمکعب در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). نیتروژن (N) نقش مهمی در رشد گیاهان دارد و برای به دست آوردن عملکرد بالا با افزایش سطح برگ، وزن خشک، سرعت پر شدن دانه و انتقال کربوهیدرات‌های غیر ساختاری ساقه بسیار حائز اهمیت است (۳۰). محصولات با عملکرد بالا نیاز زیادی به نیتروژن دارند تا به بهترین عملکرد برسند. با این حال، افزایش خطی ورود کود نیتروژن به مزارع افزایش قابل توجهی بر عملکرد ندارد، بلکه می‌تواند منجر به کاهش کارایی استفاده از نیتروژن شود. کوددهی نیتروژن اضافی در مزارع تأثیرات منفی زیادی بر محیط زیست جهانی دارد و باعث بقایای پایداری تولید کشاورزی نمی‌شود مگر اینکه همراه با آب آبیاری کافی باشد (۳۱). تأمین نیاز آبیاری و اعمال کود نیتروژن برای کشت ذرت دو امر مهم و اساسی در تولید محصول با عملکرد بالا هستند. در واقع، ذرت یکی از محصولات کشاورزی است که به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارد. این ماده مغذی اساسی برای تشکیل پروتئین‌ها و رشد گیاه است و به آن کمک می‌کند تا سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک بالاتری داشته باشد (۳۲). اعمال کود نیتروژن به صورت منظم و به میزان مناسب می‌تواند موجب افزایش عملکرد و کیفیت محصول شود. با این حال، تأمین آب آبیاری نیز برای رشد و عملکرد بهینه ذرت بسیار مهم است (۳۳). در صورتی‌که در دوره رشد گیاه کمبود آب وجود داشته باشد، اعمال کود نیتروژن به تنهایی نمی‌تواند بهبود عملکرد گیاه را به همراه داشته باشد (۳٤). به طوری که، در شرایط آبیاری محدود، افزایش مقدار کود نیتروژن ممکن است عملکرد گیاه را بهبود ندهد و موجب افزایش هزینه‌های تولید شود. برای به دست آوردن عملکرد بهینه، ترکیبی از کود نیتروژن و آبیاری مناسب باید به کار گرفته شود (۳۵). مطالعات متعددی در خصوص تأثیر کاربرد کود نیتروژن و آب آبیاری به صورت تواما بر رشد و عملکرد محصولات مختلف انجام شده است. از آن جمله می‌توان به یافته‌های لیوا و همکاران (۲۰۲۲) اشاره نمود ایشان بیان داشتند که افزایش میزان کود نیتروژن و آبیاری تکمیلی بهبود عملکرد دانه، بهره‌وری آبی-نیتروژن، بهره‌وری جزئی از نیتروژن و شاخص‌های فیزیولوژیکی برگ و ریشه را

به دنبال دارند. در مقایسه با شرایط کنترل، افزایش کاربرد کود نیتروزن باعث افزایش LAI به میزان ۳۱/۹٪، ماده خشک گیاهی به میزان ۵۹/٤٪، عملکرد دانه به میزان ۲۷/٤٪ می‌شود (۳٤).

جدول ۵- همبستگی بین صفات ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب ذرت تحت تیمارهای مختلف کاربرد کود نیتروژن و تأمین نیاز آبی در دو سال

Table 5. Correlation between traits of plant height(PH), number of rows per ear (NRE), number of seeds per row (NSR), weight of 1000 seeds (w100S), biological yield (BY), harvest index (HI), seed yield (GY) and water consumption efficiency(WUE) and nitrogen use productivity (NUE) of corn under different treatments of nitrogen fertilizer application and water requirement supply in two years

| | ارتفاع بوته PH | تعداد ردیف در بلال NRE | تعداد دانه در ردیف NSR | وزن صددانه W100S | عملکرد بیولوژیک BY | شاخص برداشت HI | کارایی مصرف آب WUE | کارایی مصرف کود NUP | عملکرد دانه GY |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ارتفاع بوته PH | 1 | | | | | | | | |
| تعداد ردیف در بلال NRE | 0.92** | 1 | | | | | | | |
| تعداد دانه در ردیف NSR | 0.92** | 0.91** | 1 | | | | | | |
| وزن صددانه W100S | 0.89** | 0.89** | 0.91** | 1 | | | | | |
| عملکرد بیولوژیک BY | 0.88** | 0.82** | 0.84** | 0.85** | 1 | | | | |
| شاخص برداشت HI | 0.128ns | 0.114ns | 0.08ns | 0.0087ns | -0.27** | 1 | | | |
| کارایی مصرف آب WUE | -0.42** | -0.35** | -0.36** | -0.32** | -0.37** | -0.11ns | 1 | | |
| کارایی مصرف کود NUP | 0.16ns | 0.12ns | 0.14ns | 0.12ns | 0.16ns | -0.002ns | -0.12ns | 1 | |
| عملکرد دانه GY | 0.96** | 0.89** | 0.89** | 0.87** | 0.87** | 0.22* | 0.85** | 0.14ns | 1 |

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

*,** and ns are respectively significant at 1 and 5% probability level and non-significant.

## نتیجه گیری نهایی

براساس نتایج این تحقیق اثر ساده سال، نیاز آبی و کاربرد کود نیتروژن بر صفات ارتفاع بوته عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب ذرت معنی‌دار بودند. صفاتی مانند تعداد دانه در ردیف، وزن دانه و عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل سال و نیاز آبی قرار گرفتند، در مجموع دو سال؛ بیش‌ترین مقادیر این صفات در سال دوم و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین مقادیر در سال اول و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی به‌دست

آمد. بین بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر برای تعداد دانه ردیف و وزن دانه حدود ٤٠ درصد و عملکرد دانه ٦٣ درصد تفاوت وجود داشت. عملکرد دانه در سال اول آزمایش از ٧٩٥٣ (در تیمار عدم کاربرد کود) به ١٠٥٩٦ (تیمار ٤٠٠ کیلوگرم کود نیتروژن) کیلوگرم در هکتار (٣٣ درصد افزایش)، و در سال دوم آزمایش از ٩٣٥٨ (در تیمار عدم کاربرد کود) به ١٠٥٢٤ (تیمار ٤٠٠ کیلوگرم کود نیتروژن) کیلوگرم در هکتار رسید (١٢ درصد افزایش). در رابطه با اثر کاربرد کود نیتروژن بر عملکرد دانه اگرچه با افزایش کاربرد کود نیتروژن مقادیر عملکرد دانه روند افزایشی داشت اما در سال دوم آزمایش بین تیمار ٣٠٠ و ٤٠٠ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد و عملکرد دانه ذرت در هر دو تیمار مشابه بود. بنابراین به منظور کاهش هزینه تولید و کاهش اثرات زیست محیطی مصرف کودهای شیمیایی، مصرف ٣٠٠ کیلوگرم کود نیتروژن را توصیه نمود. در رابطه با اثرمتقابل کود نیتروژن و نیاز آبی بر کارایی مصرف کود، برای یک مقدار مشخص کود نیتروژن (به‌طور مثال ١٠٠ کیلوگرم کود) کارایی مصرف نیتروژن در شرایط تأمین ١٠٠ درصد نیاز آبی به‌طور معنی‌داری بالاتر از شرایط ٥٠ درصد نیاز آبی بود. طبق نتایج کارایی مصرف کود تحت تأثیر فراهی آب و تأمین نیاز آبی گیاه قرار دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایطی که آب کافی در اختیار کشاورزان برای آبیاری وجود ندارد نباید از کود نیتروژن به میزان بالا استفاده نمایند چون بازدهی چندانی ندارد و تنها منجر به آلودگی محیط زیست و هدر رفت سرمایه خواهد شد.

## References


1. Giller, K.E., Hijbeek, R., Andersson, J.A., & Sumberg, J., (2021). Regenerative agriculture: an agronomic perspective. *Outlook on Agriculture*, *50*(1), 13-25.
2. Kazemizadeh, M., Houshmand, A., Naseri, A., Golabi, M., & Masker Bashi, M. (2019). Evaluation of yield, water use efficiency and Nitrogen efficiency in corn cultivation in Khuzestan province. *Journal of Water and Soil Conservation*, *9*(1), 21-37. [In Persian]
3. Leghari, S.J., Wahocho, N.A., Laghari, G.M., HafeezLaghari, A., MustafaBhabhan, G., HussainTalpur, K., Bhutto, T.A., Wahocho, S.A., & Lashari, A.A., (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, *10*(9), 209-219.
4. Khodashenas, M. A., Ghadbeikloo, J., & Dadyour, M. (2015). Effects of nitrogen type and amount and irrigation on nitrogen uptake and soil residual nitrate in forage corn. *Journal of Water and Soil*, *29*(3), 1340-1350. [In Persian]
5. Poshtdar, A., Abedi Meshkadi, A.R., Moradi, F., Siadat, S.A., & Bakhshandeh, A., (2016). The effect of type and amount of nitrogen fertilizer on yield and water and nitrogen use efficiency in peppermint (*Mentha piperita* L.). Iran. *Journal of Crop Science*, *18*(1), 31-14. [In Persian]
6. Heydarpour, R., Naseri Mahallati, M., Kouchaki, A.R., & Zare Feizabadi, A. (2011). Effect of water levels and nitrogen fertilizer on water use efficiency in three crops: maize (*Zea mays* L.), sugar beet (*Beta vulgaris* L.), and sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of Agroecology*, *2*(3), 187-198. [In Persian]
7. Zotarelli, L., Scholberg, J.M., Dukes, M.D., Muñoz-Carpena, R., & Icerman, J. (2009). Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. *Agricultural Water Management*, *96* (1), 23-34.
8. Mojadam, M., & Modhej, A. (2012). The effect of nitrogen levels on water use efficiency, yield and yield components of maize under optimal and drought stress conditions. Iran. J. Agric. Res. *10*(3), 543-554. [In Persian]

9.Moll, R.H., & Kamprath, E.J., (1977). Effects of Population Density upon Agronomic Traits Associated with Genetic Increases in Yield of *Zea mays* L. *Agronomy Journal*, *69*(1),81-84.
10.Farshi, A.F.M., Shariati, R.R., Jaralhi, M., Qaemi,.R.M., Shahabi, M.F., & Tolayi, M., (1997). Estimation of the water requirement of major agricultural and horticultural plants in the country. first volume. *Publication of Agricultural Education*, 900p.
11.Bahamin, S., (2019). Environmental and Economic Effects and Components of Nitrogen, Phosphorus and Water Use Efficiency of Corn under Drought Stress. Ph.D. Dissertation. *Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture*, 177 pp.
12.Amouzou, K.A., Lamers, J.P., Naab, J.B., Borgemeister, C., Vlek, P.L., & Becker, M., (2019). Climate change impact on water-and nitrogen-use efficiencies and yields of maize and sorghum in the northern Benin dry savanna, West Africa. *Field Crops Research*, *235*, 104-117.
13.Adeyemi, O., Keshavarz-Afshar, R., Jahanzad, E., Battaglia, M.L., Luo, Y., & Sadeghpour, A., (2020). Effect of wheat cover crop and split nitrogen application on corn yield and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, *10*(8), 1081.
14.Qiang, S., Zhang, Y., Fan, J., Zhang, F., Xiang, Y., Yan, S., & Wu, Y., (2019). Maize yield, rainwater and nitrogen use efficiency as affected by maize genotypes and nitrogen rates on the Loess Plateau of China. *Agricultural Water Management*, *213*, 996-1003.
15.Hammad, H.M., Abbas, F., Ahmad, A., Bakhat, H.F., Farhad, W., Wilkerson, C.J., Fahad, S., & Hoogenboom, G., (2020). Predicting kernel growth of maize under controlled water and nitrogen applications. *International Journal of Plant Production*, *14*, 609-620.
16.Taghizadeh, R., & Seyed sharifi, R., (2011). Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. *Journal of Water and Soil Science*, *15*(57), 209-217. [In Persian]
17.Karamian, M., (2021). Improving phosphorus agronomic efficiency, yield and yield components of corn under the influence of type and method of application of nitrogen fertilizers. Ph.D. *Dissertation Crop ecology Bu-Ali SinaUnivercity Faculty of Agriculture Department of Agronomy and Plant Breeding*, 101 pp.
18.Dadrasi, V., Abotalebian, M.A., Ahmadivand, G., Musavi, S.S., & Seyedi, M., (2012). The effect of seed priming in the field and irrigation interval on growth indices of two maize cultivars. *Journal of Crop Science*, *9*(2), 135-148. [In Persian]
19.Mohammadi, S.A., Khazaei, H.R., & Nezami, A., (2017). Effects N Management on Maize Grain Yield and its Component under Deficit Irrigation. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15 (1), 61-73. [In Persian]
20.Rafiei, F., Kashani, A., Mamqani, R. & Golchin, A., (2005). Effect of irrigation stages and nitrogen application and some morphological characteristics of Golshid sunflower hybrid. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, *7*(1), 44-54.
21.Jafartayari, D., Naderidarbahghsahi, M., & Javanmard, H., (2012). Source limitation, nitrogen topdressing and seed yield relationship in different cultivars of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture Science*, *2*(5), 408- 413.
22.Arif, M., Amin, I., Jan, M.T., Munir, I., Nawab, K., Khan, N.U., & Marwat, K.B., 2010. Effect of plant population and nitrogen levels and methods of application on ear characters and yield of maize. *Pakistan Journal of Botany*, 42(3), 1959-1967.
23.Fageria, N.K., (2009). The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC Press, New York.
24.Larzadeh, Sh., & Inayat Qolizadeh, M.R., (2009). Investigating the efficiency of nitrogen consumption under different methods of nitrogen fertilizer application on yield and yield

components and some agronomic indicators of S.C.704 corn in Khuzestan. *Physiology of agricultural plants*, *1* (2), 61-46. [In Persian]

25. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., & Alizadeh, Y., (2011). Meta-Analysis of agro biodiversity in Iran. *Journal Of Agroecology*., 1(2), 1-16. (In Persian).
26. Mohammadi Bahmaei, M., & Armin, M., (2018). The effect of drought stress on yield and yield components of different maize cultivars under delayed planting conditions. *Journal of Plant Physiology*, *4*(13), 1-12. [In Persian]
27. AhmadAli, J., & Khalili, M., (2006). The effect of lack of irrigation on yield and functional components of corn in Midandoab region. *Iran Water Research Journal*, *1*(1), 17-28. (In Persian).
28. Fouladmand, H.R., Niazi, J.A., Keshavarzi Shirazi, H., & Jokar, L., (2009). The mutual effect of different amounts of irrigation and nitrogen on wheat yield. *Scientific-Research Journal of Agricultural Sciences*, 4(2), 21-34
29. Cerato, M., & Blackmer, A.M., (1990). Relationship between grain nitrogen concentration and the nitrogen status of corn. *Agronomy Journal*, *82*, 744- 749.
30. Wang, H., Xiang, Y., Zhang, F., Tang, Z., Guo, J., Zhang, X., Hou, X., Wang, H., Cheng, M., & Li, Z., (2022). Responses of yield, quality and water-nitrogen use efficiency of greenhouse sweet pepper to different drip fertigation regimes in Northwest China. *Agricultural Water Management*, *260*, 107279.
31. Guo, J., Fan, J., Xiang, Y., Zhang, F., Yan, S., Zhang, X., Zheng, J., Hou, X., Tang, Z., & Li, Z.., (2022). Maize leaf functional responses to blending urea and slow-release nitrogen fertilizer under various drip irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, *262*, 107396.
32. Sinclair, T.R., & Rufty, T.W., (2012). Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. *Global Food Security*, *1*(2), 94-98.
33. Eljamal, O., Eljamal, R., Maamoun, I., Khalil, A.M., Shubair, T., Falyouna, O., & Sugihara, Y. (2022). Efficient treatment of ammonia-nitrogen contaminated waters by nano zero-valent iron/zeolite composite. *Chemosphere*, *287*, 131990.
34. Liao, Z., Zeng, H., Fan, J., Lai, Z., Zhang, C., Zhang, F., Wang, H., Cheng, M., Guo, J., Li, Z., & Wu, P., (2022). Effects of plant density, nitrogen rate and supplemental irrigation on photosynthesis, root growth, seed yield and water-nitrogen use efficiency of soybean under ridge-furrow plastic mulching. *Agricultural Water Management*, *268*, 107688.
35. Xu, Y., Ma, X., Wang, Y., Ali, S., Cai, T., & Jia, Z., (2020). Effects of ridge-furrow mulching system with supplementary irrigation on soil respiration in winter wheat fields under different rainfall conditions. *Agricultural Water Management*, 239, 106237.