مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

# تأثیر مدیریت نیتروژن و رطوبت خاک بر عملکرد و ویژگی‌های زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) زمستانه رقم سیروان

**زهرا نبی پور[1]، رضا حمیدی[2]، مهدی زارع[1*]، شهرام شرف‌زاده[1]، فرود بذرافشان[1]**

**۱- گروه کشاورزی، واحد فیروزآباد، دانشگاه آزاد اسلامی، فیروز آباد، ایران**

**۲-گروه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران**

**تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۳**

## چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کودهای نیتروژنه آلی و معدنی و سطوح مختلف رطوبت خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.) رقم سیروان در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سه نوع کود نیتروژنه (۷ لیتر در هکتار نیتروکسین، ۵ لیتر در هکتار ازتوباکتر و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره) و سه سطح رطوبت خاک (۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) بودند. نتایج نشان داد که اثرات کود نیتروژنه و رطوبت خاک بر شاخص‌های مختلف از جمله ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع، وزن خشک بوته، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بودند. بالاترین عملکرد دانه و شاخص برداشت در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم اوره و سطح رطوبت ۲۰۰ میلی‌متر مشاهده شد. به‌طور کلی، ترکیب بهینه کود و رطوبت خاک می‌تواند، نقش مهمی در افزایش بهره‌وری گندم داشته باشد.

**واژه‌های کلیدی:** رطوبت خاک، شاخص برداشت، کود نیتروژنه، گندم، عملکرد دانه

* نگارنده مسئول (maza572002@yahoo.com)

## مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در جهان است که نقشی اساسی در تأمین امنیت غذایی و کشاورزی پایدار ایفا می‌کند. تولید این محصول به‌ویژه در کشورهایی مانند هند، چین، ایالات متحده و کانادا از اهمیت بالایی برخوردار است(Fomych *et al.*, 2024).

با این حال، چالش‌های زیست‌محیطی و افزایش تقاضا برای مواد غذایی پایدار، نیاز به استفاده از شیوه‌های کشاورزی بهینه را دوچندان کرده است. در کنار گندم، غلات کوچک مانند ارزن نیز به‌دلیل مزایای تغذیه‌ای و مقاومت در برابر خشکی، توجه بیشتری را به خود جلب کرده‌اند و می‌توانند به رفع ناامنی غذایی در مناطق نیمه‌خشک کمک کنند (Singh *et el.*, 2024; Fomych *et al.*, 2024) اگرچه پیشرفت‌هایی در بهبود کیفیت گندم، از جمله بیوفورتیفیکاسیون برای افزایش آهن و روی، صورت گرفته است، اما هنوز نیاز به تحقیقات بیشتر و اجرای سیاست‌های مؤثرتر در این زمینه وجود دارد (Gupta *et al.*, 2024). نیتروژن، به‌عنوان یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان، تأثیر چشمگیری بر عملکرد محصولات زراعی دارد. استفاده نادرست از کودهای نیتروژنه می‌تواند منجر به مشکلات زیست‌محیطی شود (Einarsson *et al.*, 2024). بهینه‌سازی استفاده از نیتروژن با روش‌هایی مانند مدیریت صحیح، بازیافت نیتروژن و استفاده از کودهای زیستی می‌تواند به کاهش انتشار نیتروژن و افزایش بهره‌وری کمک کند (Aghabeygi & Aghabeygi, 2024). کودهای میکروبی و ارگانیک به‌عنوان جایگزینی پایدار برای کودهای شیمیایی معرفی‌شده‌اند که می‌توانند سلامت خاک را بهبود بخشیده و عملکرد محصولات را افزایش دهند (Wang *et al.*, 2024). این کودها با بهبود ساختار خاک، افزایش جذب مواد مغذی و تنظیم رشد گیاهان، تأثیر مثبتی بر عملکرد کشاورزی دارند. تحقیقات نشان داده است که ترکیب کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی عملکرد دانه و کیفیت محصولات

را افزایش دهد (Sadri *et al.*, 2022; Al araj *et al.*, 2023)

با توجه به اینکه کارایی نیتروژن به میزان رطوبت خاک وابسته‌است، این پژوهش به بررسی تأثیر کودهای نیتروژنه (آلی و معدنی) و سطوح مختلف رطوبت خاک بر عملکرد گندم زمستانه رقم سیروان می‌پردازد. این مطالعه با هدف ارائه راهکارهایی برای بهبود عملکرد و استفاده پایدار از منابع کشاورزی انجام شد

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات شیراز واقع در پل فسا با مشخصات جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۸۴ متر در سال زراعی ۹۵-۹۴ انجام شد. این پژوهش به‌صورت آزمایش کرت‌های یکبار خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. در کرت‌های اصلی، تیمارهای رطوبتی خاک در ۳ سطح شامل آبیاری مزرعه زمانی که مقدار تجمعی رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر به مقدار ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر و در کرت‌های فرعی سه نوع کود نیتروژنه‌ی نیتروکسین (۷ لیتر در هکتار)، ازتوباکتر (۵ لیتر در هکتار) و اوره (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفتند. برای کشت گندم از رقم سیروان استفاده گردید. قبل از انجام عملیات کاشت بذرها، یک نمونه از خاک مورد نظر تهیه شده و به آزمایشگاه خاکشناسی فرستاده شد تا بافت خاک، درصد کربن آلی، میزان آهک خاک، pH، EC و میزان عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نمونه اندازه‌گیری شود که در جدول ۱ آورده شده‌است. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر، ابعاد هر کرت اصلی ۱۰×۲۰ متر (۲۰۰ متر مربع) و ابعاد هر کرت فرعی ۱۰×۵ (۵۰ متر مربع) در نظر گرفته شد. به‌منظور حذف اثر حاشیه‌ای بین کرت‌های فرعی ۲/۵ متر و بین کرت‌های اصلی ۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. در ارتباط با اعمال تیمارهای رطوبتی، ابتدا داده‌های مقدار رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر از ایستگاه هواشناسی دانشکده

کشاورزی فراهم و بر اساس آن و با استفاده از فرمول و با محاسبه دبی آب ورودی مقدار آب وارد شده به هر کرت اصلی تعیین گردید. جهت تعیین مقدار آب لازم در هر آبیاری، رطوبت خاک به‌روش وزنی محاسبه و سپس با مقدار آب مشخص، رطوبت مزرعه با استفاده از سیفون تا عمق ریشه گیاه به‌حد ظرفیت مزرعه رسید. پیش از انجام هر آبیاری، نسبت به نمونه‌گیری خاک از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری اقدام شد تا مقدار آب مورد نیاز خاک جهت رسیدن به ظرفیت مزرعه به‌دست آید. سپس، نمونه‌های خاک در آون در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. برای محاسبه عمق آب مورد نیاز از معادله زیر استفاده گردید:

$$dn = (Fc - \theta m) \times \rho b \times D/100$$

که در آن:

dn: ارتفاع آب مورد نیاز برای رسیدن عمق خاک مورد نظر به‌حد ظرفیت مزرعه بر حسب سانتی‌متر.

FC: حد ظرفیت مزرعه در خاک محل مورد آزمایش بر حسب درصد وزنی.

θm: درصد وزنی رطوبت خاک که به‌صورت تفاضل وزن نمونه‌های مرطوب و نمونه‌های خشک در آون (به‌مدت ۲۴ ساعت در حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد) محاسبه می‌گردد.

D: ارتفاع یا عمق نمونه‌برداری از خاک که در این آزمایش به‌صورت دو نمونه‌برداری ۳۰ و ۶۰ سانتیمتری بود.

ρb: جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب $g/cm^3$ که با توجه به آزمایش‌های قبلی در منطقه ۱/۴ گرم بر متر مکعب در نظر گرفته شد.

پس از محاسبه آب مورد نیاز برای آبیاری، کرت‌های مورد آزمایش با سیفون آبیاری شد و میزان آب آبیاری از فرمول زیر محاسبه گردید:

$$½\ Q=0.65\times10^{-3}\times A\times(2gh)$$

که در آن:

Q: دبی بر حسب لیتر بر ثانیه

A: سطح مقطع سیفون بر حسب سانتی‌متر

G: شتاب جاذبه‌ای زمین برابر با ۹۸۱ سانتی‌متر بر مجذور ثانیه

H: اختلاف ارتفاع بین سطح آب در نهر اصلی و کف کرت بر حسب سانتی‌متر

با محاسبه dn و Q زمان آبیاری تعیین شد. در پایان این پژوهش ویژگی‌هایی از جمله ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای آن اندازه‌گیری و مقایسه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام گرفت. رسم نمودار توسط نرم‌افزار Excell و رسم نمودار جدول‌ها با Word انجام شد.

## نتایج و بحث

### وزن خشک سنبله

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، ترکیب ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار و ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر بیشترین وزن خشک سنبله (۴۶/۶۷ گرم در متر مربع) را ایجاد کرد، در مقابل، ترکیب ۷ لیتر نیتروکسین در هکتار با ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت کمترین میزان وزن خشک سنبله (۲۸/۳۳ گرم در متر مربع) را به‌همراه داشت (جدول ۲). از نظر تأثیر رطوبت خاک، تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر رطوبت بیشترین و کمترین وزن خشک سنبله را به‌ترتیب به خود اختصاص دادند (شکل ۱). همچنین، در رابطه با تأثیر کود نیتروژن، تیمار ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین وزن خشک سنبله را نشان داد، در حالی که تیمار ۷ لیتر نیتروکسین کمترین مقدار را داشت. با این حال، تفاوت‌های آماری معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد (شکل ۲). این نتایج نشان‌می‌دهد که به‌کارگیری صحیح نیتروژن و رطوبت می‌تواند تأثیر زیادی بر وزن خشک سنبله داشته‌باشد، هرچند در برخی شرایط تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.

## جدول ۱ - نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گندم

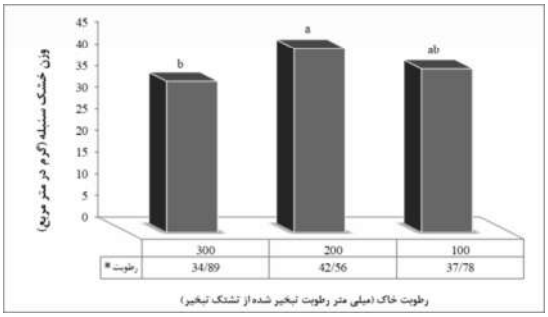
| منابع تغییر | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک سنبله | تعداد دانه در سنبله | وزن دانه در سنبله | وزن هزاردانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه |
| بلوک | ۲ | ۳/۵۹$^{ns}$ | ۸۲۷۲۶/۷۰$^{*}$ | ۱۳۷۴/۳۳$^{ns}$ | ۳۰/۳۳$^{ns}$ | ۲۴/۵۱$^{**}$ | ۲۴۱۴/۳۷$^{*}$ |
| نیتروژن (a) | ۲ | ۱۳۴/۹۳$^{*}$ | ۱۲۹۶۸۲۸۶/۲۶$^{**}$ | ۳۶۷۴۱/۴۴$^{**}$ | ۷۵/۰۰$^{ns}$ | ۳۲۸/۳۲$^{**}$ | ۳۲۲۲۷/۳۷$^{**}$ |
| خطای a | ۴ | ۱۴/۳۷$^{ns}$ | ۱۰۳۹۸۳/۱۵$^{*}$ | ۹۷۸/۷۸$^{ns}$ | ۱۰/۶۷$^{ns}$ | ۸/۶۱$^{ns}$ | ۵۷۷/۹۳$^{ns}$ |
| رطوبت (b) | ۲ | ۹/۵۹$^{ns}$ | ۲۹۷۷۴۷۵۳/۰۴$^{**}$ | ۵۷۸۴۱/۰۰$^{**}$ | ۱۸۸/۷۸$^{ns}$ | ۵۳۳/۰۳$^{**}$ | ۸۴۰۷۰/۷۰$^{**}$ |
| b × a | ۴ | ۹۹/۳۷$^{*}$ | ۶۵۰۰۶۹۰/۴۸$^{**}$ | ۲۷۷۸۷/۴۳$^{**}$ | ۳۵۱/۱۱$^{**}$ | ۱۴۵/۰۴$^{**}$ | ۲۳۷۰۸/۵۹$^{**}$ |
| خطای b | ۴ | ۱۴/۸۷$^{ns}$ | ۳۵۳۲۲/۵۹$^{ns}$ | ۷۱۰/۶۷$^{ns}$ | ۲۶/۴۴$^{ns}$ | ۷/۴۴$^{ns}$ | ۶۱۸/۴۳$^{ns}$ |
| ضریب تغییرات | | ۱۲/۱۴ | ۳/۱۵ | ۱۰/۶۵ | ۱۲/۶۳ | ۶/۱۲ | ۹/۱۹ |

ns غیر معنی‌دار؛ $^{*}$ و $^{**}$ معنی داری به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱٪

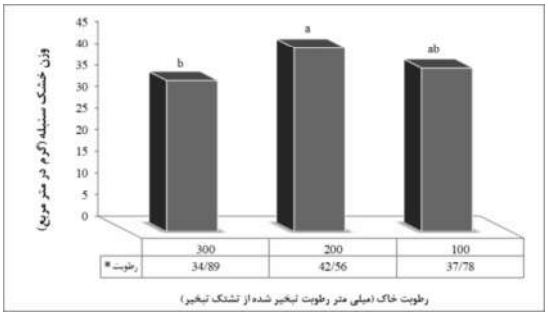
## جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیتروژن و رطوبت

| کود نیتروژنه | رطوبت خاک (میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر) | صفات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | وزن خشک سنبله | تعداد دانه در سنبله | وزن دانه در سنبله | وزن هزاردانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه |
| ۷ لیتر در هکتار نیتروکسین | ۳۰۰ | ۳۹/۳۳ abc | ۱۷۶۲/۰۰ g | ۱۲۷/۶۷ d | ۶۱/۶۷ ab | ۱۷/۶۶ d | ۱۱۷/۰۰ e |
| | ۲۰۰ | ۴۴/۰۰ ab | ۵۴۰۵/۳۰ c | ۲۹۳/۳۳ c | ۴۱/۶۷ c | ۳۲/۵۶ b | ۲۸۳/۶۷ b |
| | ۱۰۰ | ۲۸/۳۳ d | ۴۷۲۳/۷۰ de | ۲۶۱/۳۳ c | ۵۸/۶۷ b | ۳۱/۶۳ b | ۲۶۶/۳۳ bc |
| ۵ لیتر در هکتار ازتوباکتر | ۳۰۰ | ۳۹/۶۷ abc | ۳۱۴۶/۷۰ f | ۲۴۴/۶۷ c | ۵۷/۳۳ b | ۲۳/۹۶ c | ۲۰۲/۶۷ d |
| | ۲۰۰ | ۳۷/۰۰ bc | ۱۱۶۶/۳۰ h | ۷۸/۳۳ d | ۵۹/۳۳ b | ۱۴/۳۷ d | ۸۰/۳۳ e |
| | ۱۰۰ | ۴۰/۰۰ abc | ۴۳۸۵/۳۰ e | ۲۹۲/۳۳ c | ۷۱/۰۰ a | ۲۶/۲۶ c | ۲۳۰/۶۷ cd |
| ۱۸۰ کیلو گرم در هکتار اوره | ۳۰۰ | ۳۴/۳۳ cd | ۴۸۶۲/۰۰ d | ۲۴۰/۳۳ c | ۵۳/۶۷ b | ۲۸/۸۱ bc | ۲۳۴/۰۰ bcd |
| | ۲۰۰ | ۴۶/۶۷ a | ۶۶۰۹/۷۰ b | ۳۸۲/۶۷ b | ۷۱/۶۷ a | ۳۳/۷۳ b | ۴۳۴/۰۰ a |
| | ۱۰۰ | ۳۶/۳۳ bc | ۷۸۶۰/۷۰ a | ۴۳۸/۳۳ a | ۵۸/۰۰ b | ۴۷/۷۷ a | ۴۰۶/۶۷ a |

در هر ستون، میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن فاقد تفاوت معنی‌دار می‌باشند.




**شکل ۱- مقایسه میانگین وزن خشک سنبله تأثیر تحت تأثیر رطوبت خاک**



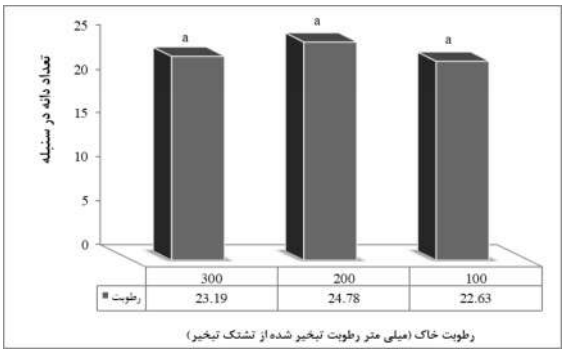

**شکل ۲- مقایسه میانگین وزن خشک سنبله تأثیر تحت تأثیر کود نیتروژن**

**تعداد دانه در سنبله**

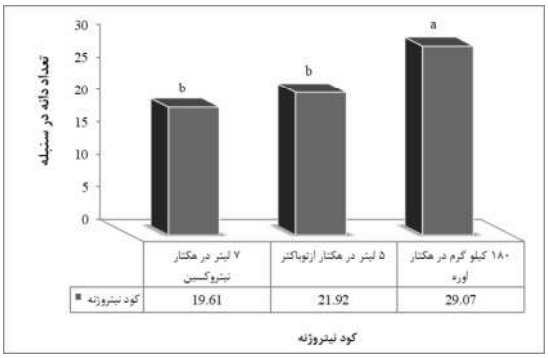
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات نیتروژن، رطوبت و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). برهمکنش تیمارهای ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر بیشترین (۷۸۶۰/۷۰) و برهمکنش ۵ لیتر ازتوباکتر و ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت کمترین (۱۱۶۶/۳۰) میزان این صفت را نشان دادند (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین‌ها در ارتباط با اثر رطوبت خاک بر تعداد دانه در سنبله نشان داد که تیمارهای ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر به‌ترتیب بیشترین (۵۶۵۶/۵۶) و کمترین (۳۲۵۶/۸۹) میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). همچنین، در ارتباط با اثر کود نیتروژنه، تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین (۶۴۴۴/۱۱) و تیمار ۵ لیتر در هکتار ازتوباکتر کمترین (۲۸۹۹/۴۴) میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۴). این یافته‌ها

تأکید می‌کند که مدیریت مناسب نیتروژن و رطوبت می‌تواند به افزایش تعداد سنبله در متر مربع کمک کند و به بهبود عملکرد محصولات زراعی منجر شود. باکتری‌های محرک رشد گیاهی پتانسیل قابل توجهی در بهبود رشد، عملکرد و تحمل استرس گندم نشان داده‌اند. یک کنسرسیوم باکتریایی بومی از باکتری محرک رشد، عملکرد و کیفیت دانه گندم را افزایش داد و در عین حال نیاز به کود نیتروژنی را کاهش داد (Ibarra-Villarreal *et al.*, 2023). سویه‌های بومی باکتری محرک رشد وقتی با کودهای آلی و شیمیایی ترکیب شدند، به‌طور قابل توجهی رشد، عملکرد و محتوای مواد مغذی خاک گندم را بهبود بخشیدند (Asghar *et al.*, 2023).



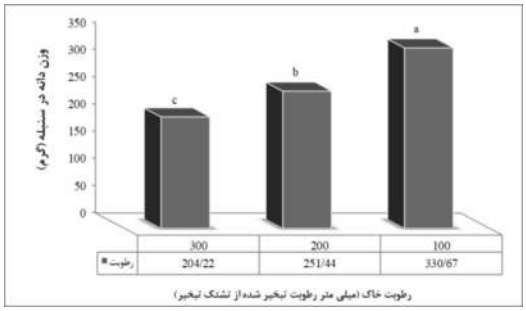

**شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله تأثیر تحت تأثیر رطوبت خاک**



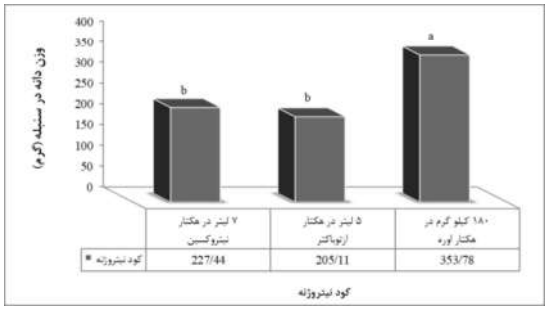

**شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله تأثیر تحت تاثیر کود نیتروژن**

**وزن دانه در سنبله**

نتایج این تحقیق نشان داد که وزن دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر نیتروژن، رطوبت و تعامل این دو عامل در سطح ۱ درصد قرار دارد (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین‌ها، ترکیب ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار با ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک تبخیر، بیشترین وزن دانه در سنبله (۴۳۸/۳۳ گرم) را تولید کرد، در حالی که ترکیب ۵ لیتر ازتوباکتر با ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت کمترین وزن دانه (۷۸/۳۳ گرم) را به همراه داشت (جدول ۲). از نظر تأثیر رطوبت خاک، تیمارهای ۱۰۰ و ۳۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده به‌ترتیب بیشترین (۶۷/۳۳۰گرم) و کمترین (۲۰۴/۲۲ گرم) وزن دانه را داشتند (شکل ۵). همچنین، تیمار ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار بیشترین وزن دانه (۳۵۳/۷۸ گرم) را نشان داد، در حالی که تیمار ۵ لیتر ازتوباکتر کمترین وزن دانه (۲۰۵/۱۱ گرم) را به خود اختصاص داد (شکل ۶). این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت بهینه نیتروژن و رطوبت برای بهبود وزن دانه‌ها تأکید می‌کند و نشان‌می‌دهد که استفاده صحیح از این عوامل می‌تواند به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی کمک کند. باکتری‌های ریزوباکتریای محرک رشد گیاه و آبیاری تکمیلی می‌توانند به‌طور قابل توجهی رشد و عملکرد گندم و ذرت را در شرایط مختلف تنش بهبود بخشند. این مطالعات نشان می‌دهند که باکتری محرک رشد و مدیریت مناسب آبیاری می‌توانند عملکرد محصول و تحمل به تنش را بهبود بخشند و راه‌حل‌های پایداری برای افزایش بهره‌وری کشاورزی در محیط‌های چالش‌برانگیز ارائه دهند.




**شکل ۵- مقایسه میانگین وزن دانه در سنبله تأثیر تحت تأثیر رطوبت خاک**

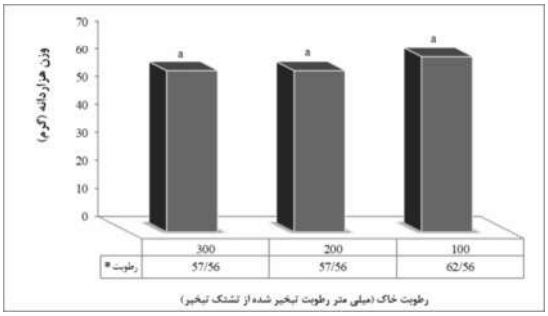



**شکل ۶- مقایسه میانگین وزن دانه در سنبله تأثیر تحت تأثیر کود نیتروژن**

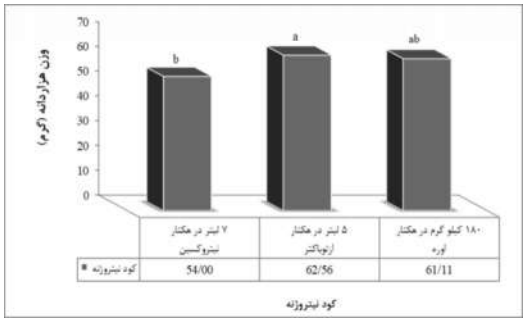
## وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که وزن هزار دانه تنها تحت تأثیر اثر متقابل نیتروژن و رطوبت در سطح ۱ درصد قرار دارد و اثرات مستقیم نیتروژن و رطوبت معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). ترکیب ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار با ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده، بیشترین وزن هزار دانه (۷۱/۶۷ گرم) را داشت، در حالی که ۷ لیتر نیتروکسین با ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت کمترین مقدار (۴۱/۶۷ گرم) را تولید کرد (جدول ۲). همچنین، تیمار ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت، بیشترین وزن هزار دانه را نشان داد (شکل ۷) و تیمار ۵ لیتر ازتوباکتر، بیشترین اثر را از نظر کود نیتروژنه داشت (شکل ۸). این نتایج اهمیت تعامل صحیح نیتروژن و رطوبت را در بهبود ویژگی‌های بذر تأکید می‌کند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که باکتری‌های محرک رشد گیاه و آبیاری مکمل

می‌توانند به‌طور قابل توجهی عملکرد گندم و سایر محصولات غلات را به‌ویژه در شرایط تنش بهبود بخشند. تلقیح با باکتری‌های باسیلوس سوبتیلیس و پسودوموناس فلورسانس باعث افزایش جرم دانه ذرت، عملکرد و غلظت روی شد (Alaarage & Alamery, 2022). آبیاری مکمل همراه با کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه، منجر به افزایش ۳۴-۳۹٪ در عملکرد گندم نسبت به کشاورزی دیم شد (Vafa *et al.*, 2021). این یافته‌ها نشان می‌دهند که باکتری‌های محرک رشد گیاه و مدیریت رطوبت، استراتژی‌های مؤثری برای افزایش بهره‌وری محصولات غلات و تحمل به تنش هستند.



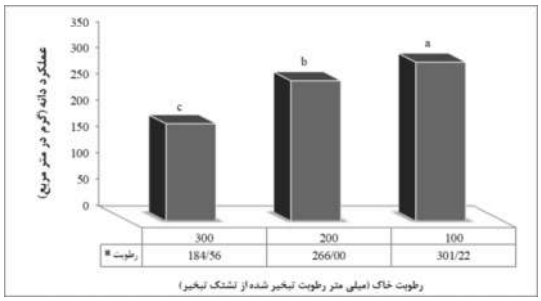

**شکل ۷- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تأثیر تحت تأثیر رطوبت خاک**



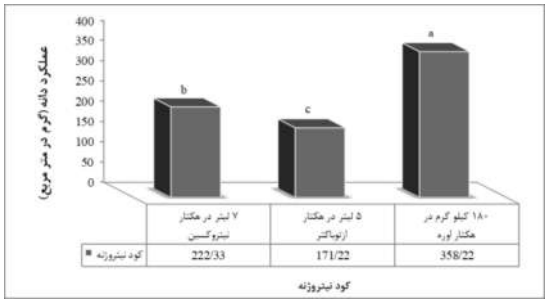

**شکل ۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تأثیر تحت تأثیر کود نیتروژن**

## عملکرد دانه

نتایج نشان داد که نیتروژن، رطوبت و تعامل آن‌ها بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۱). ترکیب ۱۸۰ کیلوگرم اوره و ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت، بیشترین عملکرد دانه (۴۳۴ گرم در متر مربع) را داشت، در حالی که ۵ لیتر ازتوباکتر با ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت کمترین عملکرد (۸۰/۳۳ گرم در متر مربع) را نشان داد (جدول ۲). تأثیر رطوبت (شکل ۹) و کود نیتروژن (شکل ۱۰) نیز به‌طور مشابه در بهبود عملکرد دانه مشاهده شد. این یافته‌ها اهمیت مدیریت بهینه نیتروژن و رطوبت را در افزایش عملکرد دانه تأکید می‌کند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌توانند عملکرد محصولات را در شرایط تنش خشکی بهبود بخشند. باکتری‌های محرک رشد و عملکرد گندم را در شرایط محدودیت آب، جذب آب را افزایش دادند (Boyacı *et al*, 2022).



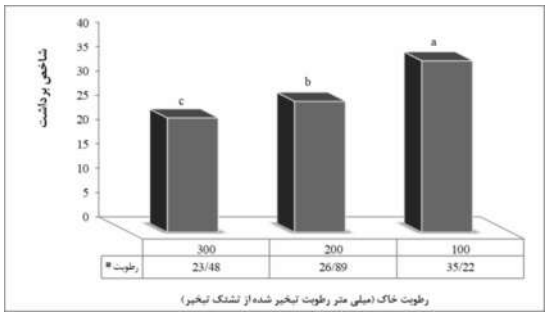

**شکل ۹- مقایسه میانگین عملکرد دانه تأثیر تحت رطوبت خاک**



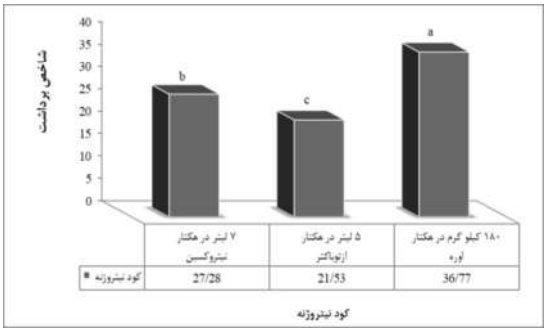

**شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تأثیر تحت تأثیر کود نیتروژن**

**شاخص برداشت**

تجزیه واریانس نشان داد که نیتروژن، رطوبت و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت داشتند (جدول ۱). بیشترین مقدار شاخص برداشت (۴۷/۷۷ درصد) در اثر برهمکنش تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده، و کمترین مقدار (۱۴/۳۷ درصد) در ترکیب ۵ لیتر در هکتار ازتوباکتر و ۲۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده مشاهده شد (جدول ۲). همچنین، تیمار ۱۰۰ میلی‌متر رطوبت تبخیر شده از تشتک، بیشترین شاخص برداشت (۳۵/۲۲ درصد) و تیمار ۳۰۰ میلی‌متر کمترین مقدار (۲۳/۴۸ درصد) را داشتند (شکل ۱۱). در بررسی تأثیر کود نیتروژنه، تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اوره با ۳۶/۷۷ درصد، بیشترین اثر را نشان داد (شکل ۱۲). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریزای آربسکولار، پتانسیل افزایش تحمل محصولات کشاورزی به تنش‌های غیر زیستی مانند خشکی و شوری را دارند. باکتری‌های محرک رشد نشان داده‌اند که می‌توانند پارامترهای رشد، عملکرد و تحمل به تنش را در ذرت و گندم بهبود بخشند (Tipeo *et al*, 2024 ).




**شکل ۱۱- مقایسه میانگین شاخص برداشت تأثیر تحت تأثیر رطوبت خاک**




**شکل ۱۲- مقایسه میانگین شاخص برداشت تأثیر تحت تأثیر کود نیتروژن**

## نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که ترکیب کود نیتروژنه و سطوح مختلف رطوبت خاک تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد و ویژگی‌های زراعی گندم زمستانه رقم سیروان دارد. تیمار حاوی ۱۸۰ کیلوگرم اوره در هکتار همراه با سطح رطوبت ۲۰۰ میلی‌متر، بالاترین عملکرد دانه و شاخص برداشت را ایجاد کرد. این نتایج بر اهمیت مدیریت بهینه مصرف کود و رطوبت خاک برای افزایش بهره‌وری گندم تأکید می‌کند. کودهای نیتروژنه شیمیایی مانند اوره حاوی مقادیر زیادی نیتروژن قابل‌جذب برای گیاه هستند که به‌سرعت در دسترس ریشه قرار می‌گیرند. در مقابل، کودهای زیستی مانند ازتوباکتر و نیتروکسین نیازمند فعالیت زیستی و شرایط مطلوب محیطی برای تثبیت نیتروژن هستند که این فرآیند زمان‌بر است و نیتروژن آزاد شده معمولاً به میزان کافی در مراحل حساس رشد گیاه فراهم نمی‌شود.

## روابط همبستگی میان صفات گندم

نتایج ضرایب همبستگی صفات (جدول ۵) نشان داد، بالاترین همبستگی مثبت معنی‌دار عملکرد دانه با تعداد و وزن دانه در سنبله (۰/۹۶)، شاخص برداشت (۰/۹۰)، وزن خشک بوته در متر مربع (۰/۸۴)، تعداد سنبله در متر مربع (۰/۷۶) و تعداد دانه در سنبه (۰/۶۴) می‌باشد.

## جدول ۵- همبستگی صفات زراعی گندم

| | ارتفاع | طول سنبله | تعداد دانه در سنبله | طول ریشک سنبله | تعداد سنبله در متر مربع | وزن خشک بوته در متر مربع | وزن خشک سنبله | تعداد دانه در کل سنبله | وزن دانه در کل سنبله | وزن هزار دانه | شاخص برداشت | عملکرد دانه در متر مربع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ارتفاع** | - | ۰/۸۲$^{**}$ | ۰/۲۵$^{ns}$ | -۰/۷۹$^{**}$ | ۰/۲۸$^{ns}$ | -۰/۴۱$^{ns}$ | -۰/۱۷$^{ns}$ | ۰/۲۱$^{ns}$ | ۰/۰۹$^{ns}$ | -۰/۷۷$^{*}$ | ۰/۳۳$^{ns}$ | ۰/۰۰$^{ns}$ |
| **طول سنبله** | | - | ۰/۴۴$^{ns}$ | -۰/۵۵$^{ns}$ | ۰/۴۵$^{ns}$ | -۰/۱۶$^{ns}$ | -۰/۰۵$^{ns}$ | ۰/۳۴$^{ns}$ | ۰/۱۸$^{ns}$ | -۰/۴۶$^{ns}$ | ۰/۳۸$^{ns}$ | ۰/۱۸$^{ns}$ |
| **تعداد دانه در سنبله** | | | - | -۰/۲۷$^{ns}$ | ۰/۴۶$^{ns}$ | ۰/۶۴$^{*}$ | ۰/۵۳$^{ns}$ | ۰/۶۷$^{*}$ | ۰/۶۶$^{*}$ | ۰/۰۱$^{ns}$ | ۰/۵۳$^{ns}$ | ۰/۶۴$^{*}$ |
| **طول ریشک سنبله** | | | | - | -۰/۱۹$^{ns}$ | ۰/۲۲$^{ns}$ | ۰/۲۴$^{ns}$ | -۰/۳۴$^{ns}$ | -۰/۲۰$^{ns}$ | ۰/۷۸$^{**}$ | -۰/۴۰$^{ns}$ | -۰/۱۱$^{ns}$ |
| **تعداد سنبله در متر مربع** | | | | | - | ۰/۳۹$^{ns}$ | ۰/۱۳$^{ns}$ | ۰/۸۱$^{**}$ | ۰/۸۲$^{**}$ | ۰/۱۲$^{ns}$ | ۰/۸۶$^{**}$ | ۰/۷۶$^{**}$ |
| **وزن خشک بوته در متر مربع** | | | | | | - | ۰/۵۰$^{ns}$ | ۰/۷۱$^{*}$ | ۰/۷۶$^{**}$ | ۰/۳۶$^{ns}$ | ۰/۵۵$^{ns}$ | ۰/۸۴$^{**}$ |
| **وزن خشک سنبله** | | | | | | | - | ۰/۱۳$^{ns}$ | ۰/۲۲$^{ns}$ | ۰/۱۴$^{ns}$ | -۰/۰۲$^{ns}$ | ۰/۲۶$^{ns}$ |
| **تعداد دانه در کل سنبله** | | | | | | | | - | ۰/۹۷$^{**}$ | -۰/۰۱$^{ns}$ | ۰/۹۷$^{**}$ | ۰/۹۶$^{**}$ |
| **وزن دانه در کل سنبله** | | | | | | | | | - | ۰/۱۱$^{ns}$ | ۰/۹۴$^{**}$ | ۰/۹۶$^{**}$ |
| **وزن هزار دانه** | | | | | | | | | | - | -۰/۱۱$^{n}$ | ۰/۱۳$^{ns}$ |
| **شاخص برداشت** | | | | | | | | | | | - | ۰/۹۰$^{**}$ |
| **عملکرد دانه در متر مربع** | | | | | | | | | | | | - |

ns غیر معنی‌دار؛ $^{*}$ و $^{**}$ معنی داری به‌ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱٪

## منابع

**Aghabeygi, M. and C. Dönmez.** 2024. Estimating Yield Response Functions to Nitrogen for Annual Crops in Iran. Agronomy, 14: 436. https://doi.org/10.3390/agronomy14030436.

**Alaarage, S.S. and A.A. Alamery.** 2023. Nitrogen and Biofertilization Effects on Biochemical, Qualitative, and Physiological Traits of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55(4): 1392-1400. http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.4.32.

**Asghar, I., M. Ahmed, M.A. Farooq, M. Ishtiaq, M. Arshad, M. Akram, A. Umair, A.F. Alrefaei, M.Y. JatF Baloch, and A. Naeem.** 2023. Characterizing Indigenous Plant Growth Promoting Bacteria and Their Synergistic Effects with Organic and Chemical Fertilizers on Wheat (*Triticum aestivum*). Frontiers in Plant Science, 14: 1232271. doi:10.3389/fpls.2023.1232271.

**Boyacı, S., Kocięcka, J., Atilgan, A., Niemiec, M., Liberacki, D., & Rolbiecki, R.** 2024. Determination of the Effects of Different Irrigation Levels and Vermicompost Doses on Water Consumption and Yield of Greenhouse-Grown Tomato. Water, 16: 1095. https://doi.org/10.3390/w16081095.

**inarsson, R.** 2024. Nitrogen in the Food System. TABLE Explainer, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences, and Wageningen University and Research. https://doi.org/10.56661/2fa45626.

**Fomych, M., S. Yaheliuk, and O. Rechun.** 2024. Global Market Trends of Grain and Industrial Crops. Commodity Bulletin, 17(1): 134-145. doi:10.62763/ef/1.2024.134.

**Gupta, O.P., A. Singh, V. Pandey, R. Sendhil, M.K. Khan, A. Pandey, S. Kumar, M. Hamurcu, S. Ram, and G. Singh.** 2024. Critical Assessment of Wheat Biofortification for Iron and Zinc: A Comprehensive Review of Conceptualization, Trends, Approaches, Bioavailability, Health Impact, and Policy Framework. Frontiers in Nutrition, 10: 1310020. doi:10.3389/fnut.2023.1310020.

**Hamani, A.K.M., S.A. Abubakar, Z. Si, R. Kama, Y. Gao, and A. Duan.** 2023. Suitable Split Nitrogen

**and B.H.d. Lima.** Diazotrophic Bacteria as an Alternative Strategy for Increasing Grain Biofortification, Yield, and Quality.

**Khaliq, A., M. Shehzad, M.K. Huma, M.M. Tahir, H.M.R. Javeed, M.F. Saeed, A. Jamal, A. Mihoub, E. Radicetti, and R. Mancinelli.** 2024. Synergistic Effects of Urea, Poultry Manure, and Zeolite on Wheat Growth and Yield. Soil Systems, 8. https://doi.org/10.3390/soilsystems8010018.

**Lovitna, G., Y. Nuraini, and N. Istiqomah.** 2021. Pengaruh Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Pupuk Anorganik Fosfat Terhadap Populasi Bakteri Pelarut Fosfat, P Tersedia, Dan Hasil Tanaman Jagung Pada Alfisol. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 8(2): 437-449. e-ISSN: 2549-9793. doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.15.

**Sedri, M.H., G. Niedbała, E. Roohi, M. Niazian, P. Szulc, H.A. Rahmani, and V. Feiziasl.** 2022. Comparative Analysis of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Characteristics of Rainfed Wheat. Agronomy, 12: 1524. https://doi.org/10.3390/agronomy1207152.

Application Increases Grain Yield and Photosynthetic Capacity in Drip-Irrigated Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Different Water Regimes in the North China Plain. Frontiers in Plant Science, 13: 1105006. doi:10.3389/fpls.2022.1105006.

**Harish, M.S., A. Bhuker, and B.S. Chauhan.** 2024. Millet Production, Challenges, and Opportunities in the Asia-Pacific Region: A Comprehensive Review. Frontiers in Sustainable Food Systems, 8: 1386469. doi:10.3389/fsufs.2024.1386469.

**Ibarra-Villarreal, A.L., M.F. Villarreal-Delgado, F.I. Parra-Cota, E.A. Yepez, C. Guzmán, M.A. Gutierrez-Coronado, L.C. Valdez, C. Saint-Pierre, and S. de Los Santos-Villalobos.** 2023. Effect of a Native Bacterial Consortium on Growth, Yield, and Grain Quality of Durum Wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. durum) under Different Nitrogen Rates in the Yaqui Valley, Mexico. Plant Signaling & Behavior, 18(1): 2219837. https://doi.org/10.1080/15592324.2023.2219837.

**Jalal, A., C.E.d.S. Oliveira, H.B. Fernandes, F.S. Galindo, E.C.d. Silva, G.C. Fernandes, T.A.R. Nogueira, P.H.G. de Carvalho, V.R. Balbino,**

Optimization of Water and Nitrogen Application Systems Based on the AquaCrop Model. Agronomy, 14: 110. https://doi.org/10.3390/agronomy14010110.

**Wang, T., J. Xu, J. Chen, P. Liu, X. Hou, L. Yang, and L. Zhang.** 2024. Progress in Microbial Fertilizer Regulation of Crop Growth and Soil Remediation Research. Plants, 13: 346. https://doi.org/10.3390/plants1303034.

**Shankar, A. and V. Prasad.** 2023. Potential of Desiccation-Tolerant Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in Growth Augmentation of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Drought Stress. Frontiers in Microbiology, 14: 1017167. doi:10.3389/fmicb.2023.1017167.

**Sivojienė, D., A. Masevičienė, L. Žičkienė, A. Ražukas, and A. Kačergius.** 2024. Soil Microbial Community Structure and Carbon Stocks Following Fertilization with Organic Fertilizers and Biological Inputs. Biology, 13: 534. https://doi.org/10.3390/biology1307053

**Singh, B.D., G.J. Abhishek, P. Priya, S. Kumar, S.P. Shinde, S. Kumar, S. Bhushan, M. Behera, M. Vajha, and A.K. Pandey.** 2024. Millets as an Ancient Grain for Modern Food Security and Sustainable Agriculture. Journal of Scientific Research and Reports, 30(6): 706–714. https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i62089.

**Wang, S., D. Wang, T. Liu, Y. Liu, M. Luo, Y. Li, W. Zhou, M. Yang, S. Liang, and K. Li.** 2024. Simulation of Winter Wheat Growth Dynamics and

# The impact of nitrogen management and soil moisture on the yield and agronomic traits of winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Sirvan cultivar

**Z. Nabipour[1], R. Hamid[2], M. Zare[1*], Sh. Sharafzadeh[1], F. Bazrafshan[1]**

1. Department of Agriculture, Firoozabad Branch, Islamic Azad University, Firoozabad, Iran.
2. Department of Agriculture, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.

## Abstract

This study aimed to evaluate the effects of organic and inorganic nitrogen fertilizers and different soil moisture levels on the yield and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivar Sirvan was done during crop season 2015-2016 was done. The experiment was conducted as a split-plot arrangement in a randomized complete block design with four replications. The experimental treatments included three types of nitrogen fertilizers (7 liters per hectare Nitroxine, 5 liters per hectare Azotobacter, and 180 kilograms per hectare urea) and three soil moisture levels (100, 200, and 300 mm evaporation from a class A pan). The results indicated that the effects of nitrogen fertilizers and soil moisture levels were significant on various indices, including plant height, the number of spikes per square meter, dry weight of plants, grain yield, and harvest index. The highest grain yield and harvest index were observed in the treatment with 180 kg of urea and a soil moisture level of 200 mm. Overall, the optimal combination of fertilizer and soil moisture can play a critical role in enhancing wheat productivity.

**Keywords**: Grain yield, Harvest index, Nitrogen fertilizer, Soil moisture, Wheat

* Corresponding author (maza572002@yahoo.com)