

تاثیر مقادیر کود نیتروژن در مراحل مختلف رشدی بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات موثر بر انباشت ماده خشک در دانه جو (*Hordeum vulgare* L.)

رئوف سید شریفی^{۱*}، فاطمه افسری^۱ و رضا سید شریفی^۲

^۱ گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی، ^۲ گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی.

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۲/۲۲)

چکیده:

به منظور بررسی تاثیر مقادیر کود نیتروژن در مراحل مختلف رشدی بر انتقال مجدد ماده خشک و صفات موثر بر انباشت ماده خشک در دانه جو بهاره، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی مقادیر کود نیتروژن (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره در مراحل مختلف رشدی در چهار سطح (T₀: همراه کاشت+، طولی شدن ساقه)، (T₁: همراه کاشت+، طولی شدن ساقه)، (T₂: همراه کاشت+، ظهور سنبله)، (T₃: همراه کاشت+، طولی شدن ساقه+، ظهور سنبله) شامل می شدند. نتایج نشان داد انتقال ماده خشک از ساقه، مشارکت انتقال مجدد ماده خشک از اندام های هوایی در عملکرد دانه، مولفه های رشد دانه، کارایی مصرف زراعی نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد به طور معنی داری تحت تاثیر فاکتورهای آزمایشی قرار گرفتند. بیشترین انتقال ماده خشک از اندام های هوایی و ساقه در تیمار شاهد و کمترین آن در بالاترین مقدار کود نیتروژن در زمان مصرف T₁ بدست آمد. بالاترین سرعت و طول دوره پرشدن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد در بالاترین سطح کاربرد نیتروژن در زمان مصرف T₁ بدست آمد. حداکثر کارایی زراعی مصرف کود نیتروژن (۳۱/۴۵ کیلوگرم بر کیلوگرم) در کاربرد ۶۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در زمان مصرف T₁ و کمترین آن (۲۳/۷۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) در بالاترین سطح از مصرف نیتروژن در زمان T₀ بدست آمد. بر اساس این نتایج، به نظر میرسد کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان مصرف T₁ می تواند برای سودمندی تولید جو در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد شود.

واژه های کلیدی: جو، سرعت پر شدن دانه، عملکرد، کارایی مصرف نیتروژن.

مقدمه:

یافته و برگها در مدت زمان کمتری نسبت به عدم مصرف نیتروژن رشد خود را تکمیل می کنند و مواد فتوسنتزی مازاد بر نیاز خود را ذخیره کرده و بعد از گرده افشانی به دانه منتقل می کنند (بحرانی، ۱۳۸۵). در سطوح پایین مصرف نیتروژن، مواد فتوسنتزی که قبل از مرحله گلدهی در اندام رویشی ذخیره شده و پس از تشکیل اندام زایشی به دانه منتقل می شود ممکن است تا بیش از ۴۰ درصد کل نشاسته ی موجود دانه باشد، در

در غلات طی دوره ای از رشد تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه بیشتر از میزان مصرف آن برای رشد است. این مواد مازاد اغلب در ساقه انباشته شده و در مراحل بعدی رشد که معمولا دو تا سه هفته بعد از گلدهی شروع می شود به دانه انتقال می یابد که به این فرآیند انتقال مجدد گویند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۵). با مصرف بهینه نیتروژن، سرعت رشد برگها افزایش

* نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: raouf_ssharifi@yahoo.com

حالی که در سطوح بالای نیتروژن، انتقال مجدد به کمتر از ۱۰ درصد می‌رسد (Mc Donald, 2002).

بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد افزایش تولیدات غذایی به واسطه استفاده از کودهای شیمیایی است. در این میان سهم کودهای نیتروژنه نسبت به سایر کودها بیشتر است، ولی کارایی استفاده از آن‌ها پایین است. کارایی زراعی مصرف نیتروژن به عنوان شاخصی ساده جهت بررسی و ارزیابی کارایی مصرف این عنصر برای تولید عملکرد دانه به ازای هر واحد از نیتروژن مصرفی تعریف می‌شود (Goodroad and Jellem, 1988). متوسط کارایی استفاده از نیتروژن را در دنیا برای غلات ۳۳ درصد ذکر کرده‌اند که این میزان برای کشورهای در حال توسعه و پیشرفته به ترتیب ۲۹ و ۴۲ درصد می‌باشد (Raun and Johnson, 1999).

Almodares (۱۹۹۶) اظهار داشت تعیین بهترین مقدار و زمان مصرف کود نیتروژنه، به طور معنی‌داری کارایی مصرف نیتروژن را بهبود می‌بخشد. کاربرد مقادیر بهینه از مصرف نیتروژن در زمان مناسب از مراحل رشدی، می‌تواند بر ظرفیت جذب نیتروژن در گیاه موثر باشد (Akintoye et al, 1997).

Fairhurst و Dobermann (۲۰۰۰) در رابطه با شیوه‌های تقسیم نیتروژن و کارایی زراعی نیتروژن گزارش کردند که رابطه مستقیمی بین شیوه‌های تقسیم و مجموع نیتروژن جذب شده با راندمان زراعی و راندمان بازیافت نیتروژن وجود دارد. میزان مواد فتوسنتزی که به دانه‌ها می‌رسند به سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد (Alvaroa et al, 2008).

دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی‌تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدا به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Grant, 1989). وزن دانه وابسته به مقدار انتقال ماده فتوسنتزی به دانه بوده که این میزان انتقال خود وابسته به سرعت و طول دوره انتقال است که به عنوان سرعت و دوره پر شدن دانه شناخته می‌شود (Jongkaewttana et al., 1993).

علی عباسی و اصفهانی (۱۳۸۵) طی آزمایشی بیان کردند که سرعت پر شدن دانه برنج تحت تاثیر مقادیر و تقسیم نیتروژن

قرار گرفت.

نیتروژن عنصر کلیدی تعیین کننده سرعت و طول دوره پر شدن دانه است (Overman and Brock, 2003; Bruns and Ma, 2009). وزن نهایی دانه به دو عامل سرعت، طول دوره پر شدن دانه و اثر متقابل بین آنها وابسته است (Wang et al., 1999; Sadras and Egli, 2008).

Shrestha (۲۰۰۷) افزایش طول دوره پر شدن دانه را با افزایش مقادیر نیتروژن گزارش کردند. Borrás و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشتند که فقدان اسیمیلات های در دسترس در طول دوره پر شدن دانه می‌تواند موجب کاهش معنی‌دار وزن دانه شود. در شرایط کمبود نیتروژن افزایش مقدار انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها به سمت دانه موجب تسریع در پیری برگ و کاهش طول دوره پر شدن دانه می‌گردد (Uhart and Andrade, 1995). در شرایط کمبود عناصری مانند نیتروژن، انتقال مجدد ماده خشک از قسمت های مختلف گیاه افزایش یافته و سهم فرآیند انتقال مجدد در کمک به عملکرد دانه افزایش می‌یابد، ولی این در حالی است که معمولاً عملکرد دانه در شرایط مصرف بالاتر نیتروژن به مراتب بیشتر از شرایط کمبود این عنصر می‌باشد. از طرفی کاربرد بی رویه کودهای نیتروژنه موجب خسارت های زیست محیطی جبران ناپذیری می‌گردد. به عبارتی می‌توان چنین بیان نمود که دست یافتن به نقطه مطلوبی از مصرف نیتروژن که در آن بالاترین کارایی مصرف این عنصر حاصل می‌گردد در کنار استفاده متعادل از پتانسیل انتقال مجدد ماده خشک، می‌تواند در تصمیم‌گیری‌های مربوط به مدیریت کود نیتروژن نقش بسزایی داشته باشد. در این راستا هدف از اجرای این آزمایش، بررسی تاثیر مقادیر کود نیتروژن در مراحل مختلف رشدی بر انتقال مجدد، روند پر شدن دانه و کارایی زراعی مصرف کود نیتروژن به منظور یافتن مناسب ترین مقدار و زمان مصرف نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها:

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم

F: مقدار کود یا عنصر غذایی مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) به منظور ارزیابی تاثیر فاکتورهای مورد بررسی بر سرعت پر شدن دانه، نمونه برداری از ۱۵ روز بعد از گلدهی در فواصل زمانی هر چهار روز یکبار انجام شد. هر بار ۵ سنبله از هر کرت انتخاب و بعد از انتقال به آزمایشگاه دانه‌ها از سنبله جدا شده و به مدت دو ساعت در آن الکتریکی تهویه دار در دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. سپس، وزن خشک تک بذر از محاسبه وزن خشک کل به تعداد بذر برآورد گردید (Ronanini et al., 2004). به منظور برآورد، تجزیه و تحلیل و تفسیر پارامترهای مربوط به پر شدن دانه از یک مدل رگرسیون خطی (دو تکه ای) با استفاده از رویه DUD برنامه PROC NLIN نرم افزار SAS استفاده گردید (رابطه ۲).

$$GW = \begin{cases} a + bt, & t < t_1 \\ a + bt_1 + b(t - t_1), & t > t_1 \end{cases} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه GW وزن دانه، t زمان و b سرعت پر شدن دانه است، t₁ پایان دوره پر شدن دانه و a عرض از مبدا است. این مدل تغییرات وزن دانه نسبت به زمان را به دو مرحله تفکیک می کند: مرحله اول که در حقیقت مرحله خطی پر شدن دانه است، وزن دانه تا رسیدن به حداکثر مقادیر خود در زمان t₁ که در حقیقت زمان رسیدگی وزنی است، به صورت خطی افزایش پیدا می کند. شیب خط رگرسیون در این مرحله (t_1) سرعت پر شدن دانه را نشان می دهد. با برآزش این مدل بر کلیه داده‌ها ابتدا دو پارامتر مهم پر شدن دانه یعنی سرعت پر شدن دانه (b) و زمان رسیدگی وزنی (t₁) به دست آمد و سپس، مقدار عددی t₁ در قسمت دوم رابطه ۲ قرار داده شد و GW که وزن دانه است محاسبه گردید. برای تعیین دوره موثر پر شدن دانه از رابطه ۳ استفاده شد (Ellis and Pieta-Filho, 1992).

$$EGFP = MGW / GFR \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه EGFP (Effective Grain Filling Period) دوره موثر پر شدن دانه، MGW حداکثر وزن دانه و GFR سرعت پر شدن دانه است.

جهت بررسی روند انتقال ماده خشک هر پنج روز یک بار نمونه برداری به روش تخریبی صورت گرفت. به این ترتیب

کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. محل آزمایش از نظر آب و هوا و طبقه بندی اقلیمی جزو مناطق نیمه خشک سرد محسوب می شود. متوسط بارش آن بر اساس آمار ۳۰ ساله هواشناسی بین ۲۸۰-۳۰۰ میلی متر بوده که بیشتر آن به صورت برف در فصل زمستان صورت می گیرد. خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ و شرایط اقلیمی و نزولات طی فصل رشد در شکل ۱ آورده شده است.

مقادیر کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) از منبع اوره و زمان مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشدی به صورت (T₀): همراه کاشت + طولی شدن ساقه، (T₁): همراه کاشت + طولی شدن ساقه + ظهور سنبله، (T₂): همراه کاشت + طولی شدن ساقه + ظهور سنبله، (T₃): همراه کاشت + طولی شدن ساقه + ظهور سنبله) بودند. هر کرت حاوی پنج ردیف کاشت به طول سه متر با فاصله بین ردیفی ۲۰ سانتیمتر بود. رقم جو مورد استفاده LB- IRAN بود که از شرکت کشت و صنعت مغان تهیه شد. این رقم بهاره، پا کوتاه، دارای دوره رشد سریع بود و با تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع که تراکم مطلوب و توصیه شده برای این رقم است کشت گردید. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بسته به شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی انجام شد. در طول دوره رشد کنترل علف‌های هرز به روش دستی و با استفاده از علف‌کش توفوردی انجام شد.

کارایی زراعی مصرف نیتروژن با استفاده از فرمول پیشنهادی Jellem و Goodroad (۱۹۸۸) از طریق رابطه ۱ برآورد گردید.

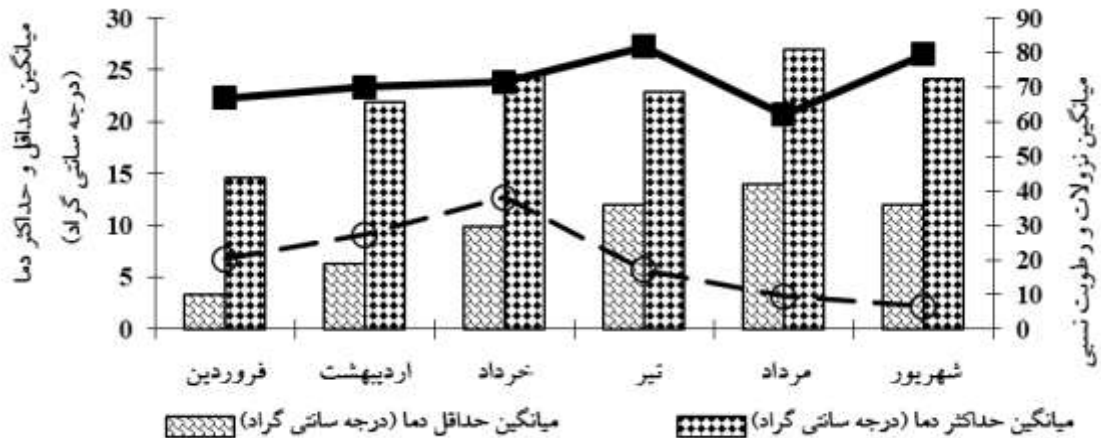
$$E_e = Y_{df} - Y_{ef} / F \quad \text{رابطه ۱}$$

Y_{df}: عملکرد دانه تولید شده توسط کرتی که کود دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)

Y_{ef}: عملکرد دانه تولید شده توسط کرتی که کود دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار)

جدول ۱- تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک محل آزمایش

مشخصه	pH	درصد اشباع	آهک (درصد)	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت لومی رسی	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر PPM	پتاسیم PPM
مقدار	۷/۸	۴۹	۱۴/۴۵	۲۳	۴۲	۳۵		۰/۶۲	۰/۰۶۲	۲۹/۲	۲۱۲



شکل ۱- میزان بارندگی، رطوبت نسبی، میانگین حداقل و حداکثر دما در طول دوره رشد

خشک اندام هوایی (به جز دانه) در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک است.

$$\text{CDMAG} = \text{DMT} / \text{GY} * 100 \quad \text{رابطه ۵:}$$

در این رابطه (Contribution of Dry Matter to Grain Assimilates) سهم فرآیند انتقال مجدد ماده خشک کل در تشکیل دانه بر حسب درصد، DMT میزان انتقال ماده خشک بر حسب گرم در مترمربع و GY (Grain Yield) عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع می‌باشد.

$$\text{SDMT} = \text{SDMA} - \text{SDMM} \quad \text{رابطه ۶:}$$

در این رابطه (Stem Dry Matter Translocation) SDMT میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر حسب گرم در مترمربع، SDMA (Stem Dry Matter at Anthesis) حداکثر وزن خشک ساقه در برداشت اول و SDMM (Stem Dry Matter at Maturity) وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌باشد.

$$\text{CSAG} = \text{SDMT} / \text{GY} * 100 \quad \text{رابطه ۷:}$$

در این رابطه (Contribution of Stem to Grain Assimilates) سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه بر حسب درصد، SDMT میزان انتقال ماده خشک از ساقه بر

که هر بار ۵ سانتیمتر از خطوط اصلی هر کرت (سطحی معادل ۰/۰۱ متر مربع) با رعایت اثر حاشیه‌ای و از یک هفته قبل از برداشت دانه تا رسیدگی فیزیولوژیک، انتخاب و برداشت نمونه انجام گرفت. بوته‌های برداشت شده به ساقه، برگ، سنبله و دانه تفکیک شدند. نمونه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه به مدت ۷۲ ساعت و یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) در آون الکتریکی تهویه‌دار در دمای 70 ± 5 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم توزین شدند. از این داده‌ها میزان انتقال ماده خشک از ساقه، سهم مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه، میزان انتقال ماده خشک از کل بوته، سهم فرآیند انتقال ماده خشک بر عملکرد دانه با استفاده از رابطه‌های ۴ تا ۷ برآورد گردید (Papakosta and Gagianas, 1991).

$$\text{DMT} = \text{DMA} - \text{DMM} \quad \text{رابطه ۴:}$$

که در آن (Dry Matter Translocation) DMT میزان انتقال ماده خشک کل بر حسب گرم در مترمربع، DMA (Dry Matter at Anthesis) حداکثر میزان ماده خشک اندام هوایی در برداشت اول و DMM (Dry Matter at Maturity) میزان ماده

مربع) و سهم مشارکت ذخایر ساقه در کمک به عملکرد دانه (۱۳/۸۷ درصد) در سطح شاهد و کمترین مقادیر این صفات (به ترتیب ۱۳/۱۷ درصد، ۲۵ گرم در متر مربع و ۵/۸۴ درصد) در بالاترین سطح از کاربرد نیتروژن در زمان مصرف T₁ بدست آمد. حکم علی پور و همکاران (۱۳۸۶) کاهش میزان و سهم فرایند انتقال مجدد به دنبال کاهش کاربرد کود نیتروژن را در ذرت گزارش کردند. به نظر می رسد که مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به دلیل بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ های بالایی و تاخیر در پیری برگ، موجب افزایش فتوسنتز جاری شده (Murchie *et al.*, 2002) و این امر موجب کاهش انتقال مجدد ماده خشک برای پاسخگویی به نیاز دانه می گردد. Souza و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که با مصرف کود نیتروژنه پس از گلدهی، انتقال مجدد از اندام های هوایی به دانه کاهش می یابد.

روند پر شدن دانه: نتایج نشان داد اثر ساده و متقابل فاکتورهای آزمایشی بر مولفه های رشد دانه و حداکثر وزن دانه معنی دار می بود (جدول ۲ و ۳). بررسی روند تغییرات سرعت پر شدن دانه در مقادیر مختلف نیتروژن در یک زمان ثابت از سطح تقسیم، نشان داد که الگوی نمو بذر در کلیه ترکیب های تیماری مشابه است بدین ترتیب که ابتدا وزن دانه به صورت خطی افزایش یافته و به حداکثر خود رسید، پس از این مرحله وزن دانه از تغییرات چندانی برخوردار نبوده و به صورت یک خط افقی درآمد (شکل ۲). بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که شیب خط برازش شده برای ترکیبات مختلف تیماری یکسان نبود. حداکثر وزن تک بذر (۰/۳۷ گرم) در بالاترین سطح کودی در سطح دوم مصرف و حداقل آن (۰/۱۹ گرم) در ترکیب تیماری شاهد (عدم مصرف کود) برآورد گردید (جدول ۴). با افزایش نیتروژن، وزن تک بذر افزایش یافته و با کاهش آن کاهش یافت. به طوری که در کاربرد ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان دوم مصرف، وزن تک بذر به ترتیب برابر ۰/۰۳ و ۰/۳۶ گرم برآورد گردید. حداکثر وزن دانه به طور مشترک در ترکیب های تیماری کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار x سطح دوم

حساب گرم در مترمربع و GY عملکرد دانه بر حسب گرم در مترمربع می باشد.

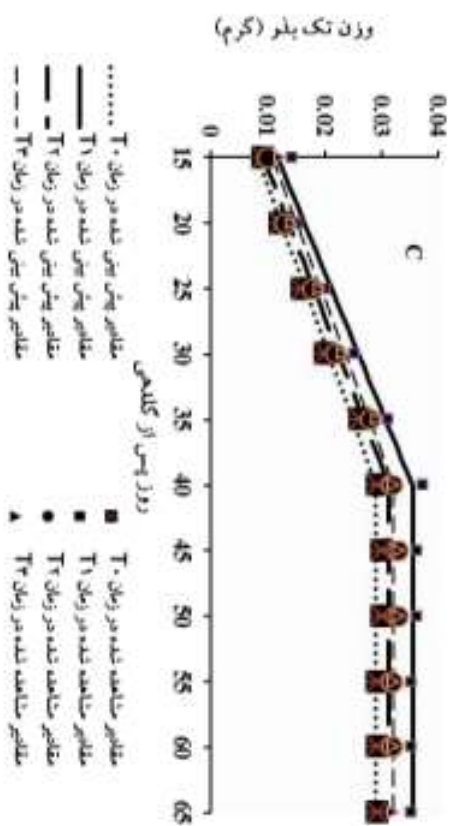
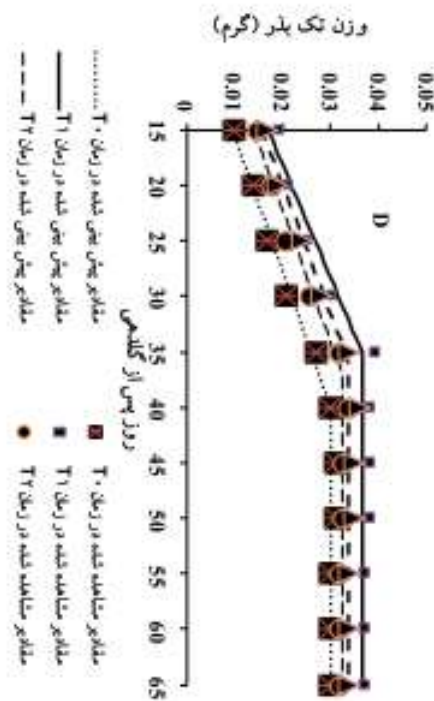
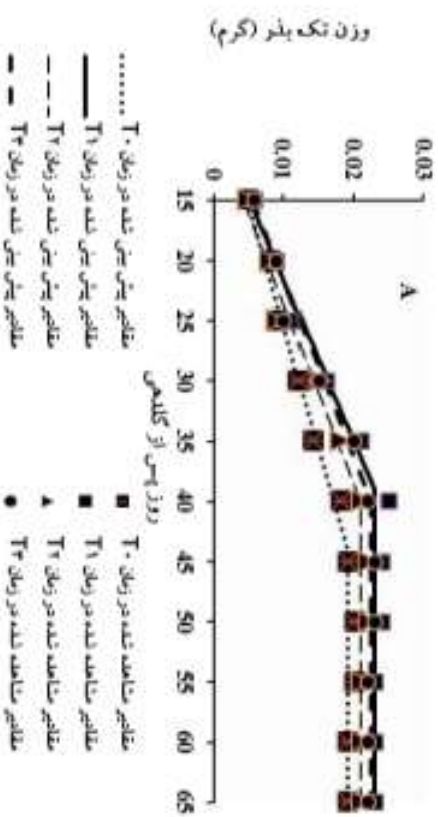
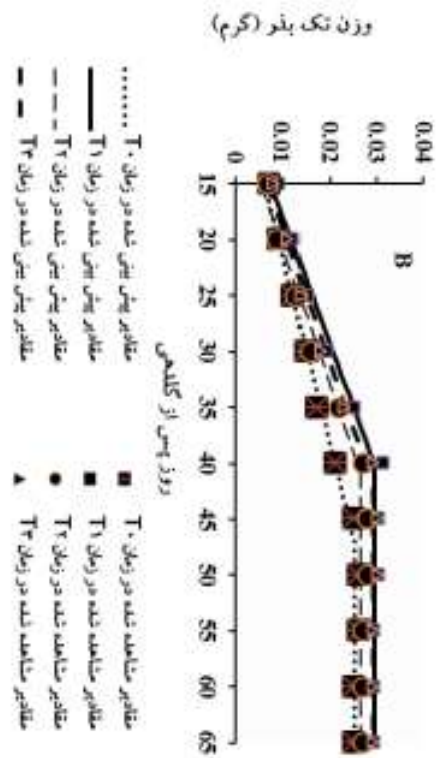
در این روابط کاهش ناشی از تنفس در نظر گرفته نشده است و فرض شده است که تنفس برای شرایط محیطی مورد استفاده در این بررسی یکسان است (Ehdaie and Wanies, 1996).

اجزای عملکرد و برخی صفات مرتبط با آن، با استفاده از ۱۰ بوته که به طور تصادفی در خطوط اصلی هر کرت در زمان برداشت مشخص شده بود برآورد گردید و میانگین داده های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس به کار گرفته شد. عملکرد دانه از سطحی معادل ۰/۲ مترمربع از هر کرت برآورد گردید. برای برآورد وزن ریشه ها در زمان برداشت، قبل از کاشت در خطوط اصلی هر کرت تعدادی کیسه پلاستیکی در عمق ۴۰ سانتی متری (که حداکثر عمق توسعه ریشه های جو است) قرار داده شد (عباس پور و سید شریفی، ۱۳۹۳). پس از خارج سازی ریشه ها از سطحی معادل ۰/۲ متر مربع از هر کرت، ریشه ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۰±۵ درجه سانتی گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شدند و سپس، وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. حجم ریشه با استفاده از حجم مشخصی از آب در استوانه مدرج اندازه گیری شد. تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای SAS و Excel انجام شد. برای مقایسه میانگین ها، از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث:

انتقال مجدد ماده خشک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد تاثیر مقادیر، زمان مصرف نیتروژن و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر میزان انتقال مجدد ماده خشک از ساقه، میزان مشارکت ذخایر ساقه در عملکرد دانه و سهم فرآیند انتقال مجدد در عملکرد دانه معنی دار بود (جدول های ۲ و ۳).

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری مقدار و زمان مصرف نیتروژن نشان داد بیشترین سهم انتقال مجدد ماده خشک از کل بوته (۳۹/۸۷ درصد)، میزان انتقال از ساقه (۴۰/۲۸ گرم در متر



شکل ۲- روند پر شدن دانه جو متأثر از مقادیر مختلف از مصرف نیتروژن: علم مصرف (A)، کاربرد ۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (B)، ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (C) و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (D) در مراحل مختلف رشدی جو.

سطح کاربرد کود نیتروژن (۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و زمان مصرف T_0 ، کمترین میزان این صفت (۱۹/۸۳ کیلوگرم بر کیلوگرم) بدست آمد (شکل ۳).

Goodroad و Jellem (۱۹۸۸) و Ericson (۱۹۹۳) اظهار داشتند بالاترین کارایی مصرف کود در اولین واحدهای مصرف آن به دست می آید و با مصرف مقادیر بالاتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه بر طرف شده و واکنش گیاه در برابر کود مصرفی کم می شود و به همین دلیل کارایی مصرف آن کاهش می یابد. De Jusu Valero و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که کاهش کارایی مصرف نیتروژن در سطح بالای کود در مقایسه با سطوح پایین آن به بیش از ۵۰ درصد نیز می رسد. کاهش کارایی زراعی مصرف نیتروژن با افزایش کاربرد این عنصر توسط حکم علیپور و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است. Olesen و همکاران (۲۰۰۸) کارایی مصرف نیتروژن را ۲۹ تا ۳۸ درصد در جو بهاره گزارش کردند. Roy و Beyart (۲۰۰۵) اظهار داشتند که تقسیط نیتروژن جهت افزایش کارایی مصرف در مقایسه با مصرف یکباره آن مفید بود. مصرف تقسیطی نیتروژن موجب کاهش دنیتریفیکاسیون، آبشویی و افزایش کارایی مصرف نیتروژن می شود.

وزن خشک ریشه و حجم ریشه: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس وزن خشک و حجم ریشه تحت تاثیر مقدار نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید. ولی زمان مصرف نیتروژن و اثر متقابل دو عامل غیر معنی دار گردید (جدول های ۱ و ۲). با افزایش سطوح کود نیتروژنه وزن خشک افزایش یافت. بیشترین وزن خشک ریشه از سطح کودی ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کمترین آن از سطح کودی شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (شکل ۴). همچنین در مصرف ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تفاوت آماری معنی داری در وزن خشک ریشه مشاهده نگردید. حجم ریشه نیز با افزایش سطوح کود نیتروژنه افزایش یافت، بیشترین حجم ریشه به سطح کودی ۱۸۰ و کمترین آن به سطح شاهد تعلق داشت (شکل ۴). افزایش نیتروژن موجب گسترش و حجیم شدن ریشه ها و جذب بیشتر رطوبت از خاک می شود. افزایش حجم

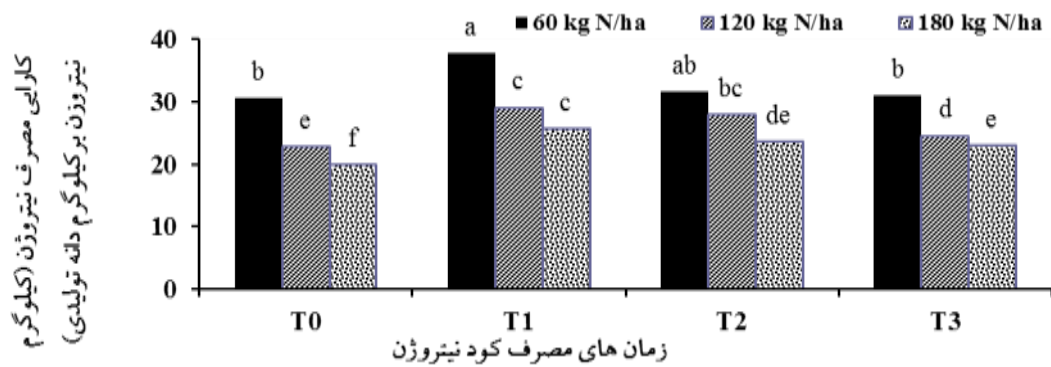
زمان مصرف و کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سطح دوم زمان مصرف به دست آمد (جدول ۴). نتایج نشان داد که طول دوره پر شدن دانه و دوره موثر پر شدن دانه با افزایش سطح کود نیتروژنه افزایش یافت، حداکثر طول دوره پر شدن دانه (۵۰/۴۰ روز) به ترکیب تیماری کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در زمان T_1 و حداقل طول دوره (۴۰ روز) به ترکیب تیماری شاهد تعلق داشت. شیب خط برازش شده در حالت عدم مصرف نیتروژن ۰/۰۰۰۵۴ و در حالت مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و در زمان T_1 برابر ۰/۰۰۱۴ برآورد گردید. نتیجه این که ترکیب تیماری کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار \times سطح دوم زمان مصرف از حداکثر شیب یا از سرعت پر شدن دانه بالاتر و ترکیب تیماری شاهد از حداقل شیب برخوردار بود (جدول ۴). دوره پر شدن دانه مرحله اصلی تشکیل عملکرد دانه است و طولانی تر بودن این دوره امکان انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر از مبدا به مقصد و در نتیجه افزایش عملکرد دانه را فراهم می سازد (Grant, 1989). Tsuno و همکاران (۱۹۹۴) بالا بودن سرعت پر شدن دانه را در بوته هایی گزارش کردند که کود نیتروژن به صورت سرک دریافت کرده بودند و علت را به غلظت بالای نیتروژن برگ طی مرحله پر شدن دانه نسبت دادند، زیرا مصرف نیتروژن در طول دوره رشد به ویژه دوره پر شدن دانه، با بالا نگه داشتن میزان کلروفیل برگ های بالایی و تاخیر در پیری برگ موجب افزایش میزان مواد فتوسنتزی و شدت فتوسنتز در اندام های فتوسنتز کننده و افزایش وزن دانه می گردد (Murchie et al, 2002).

کارایی زراعی مصرف نیتروژن: براساس نتایج تجزیه واریانس مقدار، زمان های مختلف مصرف کود نیتروژنه و اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی بر کارایی زراعی مصرف نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری مقدار در زمان مصرف نیتروژن نشان داد که در پایین ترین سطح کاربرد نیتروژن (۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در زمان مصرف T_1 ، بالاترین کارایی زراعی مصرف نیتروژن (۳۷/۷۲ کیلوگرم بر کیلوگرم) و در بالاترین

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر کارایی مصرف نیتروژن جو

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
کارایی زراعی مصرف نیتروژن		
تکرار	۲	۳۵۲/۱۹۱**
مقدار نیتروژن	۲	۱۸۸/۱۶۷**
زمان مصرف	۳	۳۰/۶۰۰**
مقدار نیتروژن × زمان مصرف	۶	۱۸/۲۴۸**
خطا	۲۲	۱۵/۳۶۹**
ضریب تغییرات	-	۷/۰۸

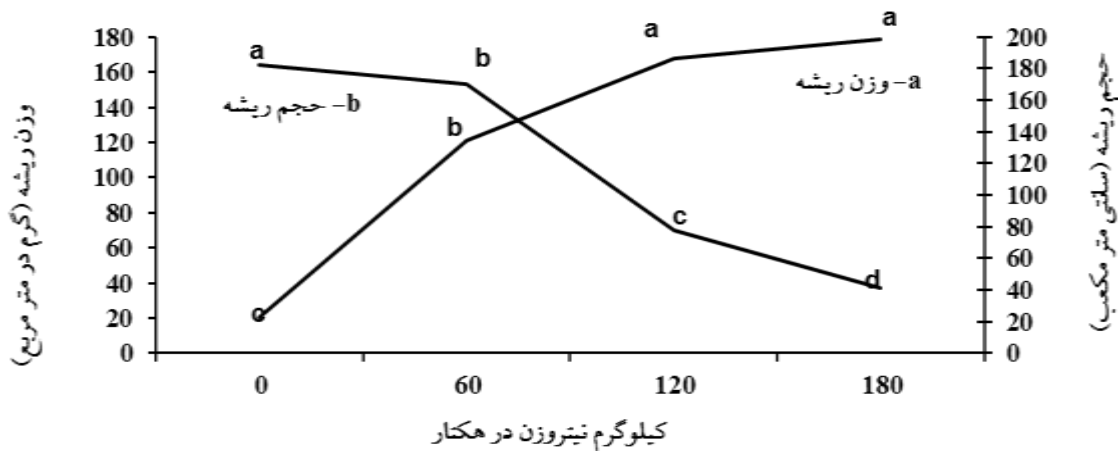
ns و** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۳- کارایی زراعی مصرف نیتروژن متاثر از مقادیر مصرف نیتروژن در زمان های مصرف کود نیتروژن

(میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون شکل، اختلاف آماری معنی داری با هم دارند)

T₀: (½ همراه کاشت + ½ طویل شدن ساقه)، T₁: (⅓ همراه کاشت + ⅓ طویل شدن ساقه + ⅓ ظهور سنبله)، ج) T₂: (¼ همراه کاشت + ¼ طویل شدن ساقه + ¼ ظهور سنبله)، د) T₃: (½ همراه کاشت + ¼ طویل شدن ساقه + ¼ ظهور سنبله)



شکل ۴- تاثیر مقادیر مختلف نیتروژن بر (a) وزن ریشه و (b) حجم ریشه جو.

(میانگین های با حروف غیر مشابه در هر ستون شکل، اختلاف آماری معنی داری با هم دارند).

ترکیب تیماری شاهد به دست آمد، همچنین سطح کودی ۱۲۰ و ۱۸۰ در سطح دوم زمان مصرف تفاوت آماری معنی داری نداشتند (جدول ۴). خادمی و همکاران (۱۳۷۹) گزارش کردند با افزایش کود نیتروژنه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. Ayoub و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله با کود دهی نیتروژنه افزایش یافت و علت افزایش عملکرد با مصرف نیتروژن را به افزایش تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه در متر مربع نسبت دادند. مصرف نیتروژن در مراحل مختلف رشد جو از طریق افزایش تعداد پنجه در هر بوته، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و تجمع بیشتر ماده خشک موجب افزایش عملکرد دانه گردید (Gerdon, 1993). احمدی و همکاران (۱۳۸۵) نیز در بررسی اثر تقسیط کود نیتروژنه و نحوه‌ی واکنش ارقام گندم دوروم دریافتند که تقسیط نیتروژن و مصرف صحیح و متناسب آن عملکرد دانه‌ی گندم را عمدتاً از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بالا می‌برد. Shamsavari و Safa (۲۰۰۵) اظهار داشتند که با مصرف مقادیر بالاتر کود نیتروژنه در مرحله‌ی گرده‌افشانی، تعداد سنبله در متر مربع به طور معنی داری افزایش می‌یابد.

تعداد دانه در سنبله: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر مقدار، زمان و اثر ترکیب تیماری این دو فاکتور بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین تعداد دانه در سنبله (۲۶/۵۴) از ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار x سطح دوم زمان مصرف و کمترین آن (۱۷/۹۰) در سطح شاهد به دست آمد (جدول ۴). افزایش دانه در سنبله، تعداد کل دانه را افزایش و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود. بنابراین، تامین به موقع عواملی مانند نیتروژن، می‌تواند با افزایش تعداد دانه در سنبله به افزایش عملکرد دانه کمک کند. قرنجیک و گالشی (۱۳۸۰) علت افزایش تعداد دانه در سنبله بر اثر مصرف کود نیتروژنه را به زیاد شدن طول سنبله، تعداد سنبلچه بارور و تعداد دانه در سنبلچه نسبت دادند.

ریشه بیانگر توسعه بیش‌تر ریشه است که افزایش توان جذب آب و عناصر غذایی بیشتر را در حجم وسیع تری از خاک امکان پذیر می‌سازد. Cakmakci و همکاران (۲۰۰۷) افزایش ۲۸ درصدی در وزن خشک ریشه جو را در کاربرد کود نیتروژنه گزارش کردند.

عملکرد دانه: نتایج نشان داد اثر مقدار، زمان و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار در زمان مصرف نیتروژن نشان داد که بالاترین عملکرد دانه (۳۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) در بالاترین سطح کاربرد کود نیتروژن (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) و زمان مصرف T_1 حاصل گردید. کمترین عملکرد دانه (۳۰۹۲ کیلوگرم در هکتار) نیز در سطح شاهد ملاحظه گردید (جدول ۴). Mossedeq و Smith (۱۹۹۴) در بررسی تاثیر زمان مصرف نیتروژن بر افزایش عملکرد دانه گندم بهاره اظهار داشتند عملکرد دانه با مصرف نیتروژن افزایش یافت. بیشترین واکنش هنگامی مشاهده شد که باقی مانده‌ی نیتروژن درست قبل از طویل شدن ساقه مصرف گردید و حداقل واکنش، زمانی به دست آمد که باقیمانده‌ی نیتروژن در مرحله گرده افشانی به کار برده شده بود. Aulakh و همکاران (۱۹۸۴) گزارش نمودند چنانکه مصرف کود نیتروژنه به صورت کود سرک با مراحل ساقه روی، گرده‌افشانی و گل دهی همزمان باشد عملکرد دانه ۳۰ تا ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. بنابر گزارش Mossedeq و Smith (۱۹۹۴) مصرف نیتروژن در شروع مرحله ساقه روی، تحریک توسعه سطح برگ و ظرفیت فتوسنتزی را به دنبال داشته، که افزایش سطوح فتوسنتزی در اثر مصرف نیتروژن در مراحل اولیه رشد از عوامل موثر افزایش عملکرد به شمار می‌رود.

تعداد سنبله در واحد سطح: نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای آزمایشی بر تعداد سنبله در واحد سطح نشان داد که اثر مقدار، زمان و اثر متقابل این دو عامل بر این صفت معنی دار می‌باشد (جدول‌های ۱ و ۲). بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح (۳۶۵/۵۶) از ترکیب تیماری ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار x سطح دوم زمان مصرف و کمترین آن (۳۱۸/۵) از

افزایش سطوح کود نیتروژنه، طول دوره پر شدن دانه افزایش و به این ترتیب در افزایش وزن دانه نیز موثر بود. Zebart و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود نیتروژنه در گندم، وزن هزار دانه افزایش یافت. Khourgami و Bour (۲۰۰۸) نتیجه گرفتند که استفاده از نیتروژن منجر به افزایش محتوای پروتئین دانه و وزن هزار دانه ارقام مختلف گندم شد.

نتیجه گیری کلی:

افزایش مصرف کود نیتروژنه در زمان مناسب موجب افزایش صفات وابسته به رشد دانه (نظیر طول دوره پر شدن دانه، سرعت و دوره موثر پر شدن دانه)، عملکرد، اجزای عملکرد و دیگر صفات مرتبط (نظیر طول سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن و حجم ریشه) گردید. از این رو به نظر میرسد استفاده بهینه از مقادیر کود نیتروژنه در مراحل مختلف رشدی، عاملی مناسب در بهبود عملکرد و دیگر خصوصیات زراعی جو می باشد. بر اساس نتایج این پژوهش مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در سه تقسیط مساوی (۱/۳ همراه کاشت + ۱/۳ طولی شدن ساقه + ۱/۳ ظهور سنبله) می تواند برای بهبود عملکرد و اجزای عملکرد جو در شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه پیشنهاد شود.

Ayoub و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که عملکرد دانه، تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله با مصرف کود نیتروژنه افزایش یافت و مقادیرهای بالاتر از مصرف نیتروژن با افزایش تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه در متر مربع منجر به افزایش عملکرد دانه میشوند. بحرانی و طهماسبی سروستانی (۱۳۸۵) گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن تعداد دانه در سنبله افزایش می یابد. Michael و Ottmana (۲۰۰۰) اعلام نمودند که زمان مصرف کود نیتروژن در مراحل ساقه روی و گل دهی، منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله می شود.

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که این صفت به طور معنی داری تحت تاثیر سطوح مختلف کود نیتروژنه و زمان های مصرف قرار گرفت (جدول ۱ و ۲). مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به شکل ۱/۳ همراه کاشت + ۱/۳ طولی شدن ساقه + ۱/۳ ظهور سنبله مناسب ترین شیوه تقسیط کود برای افزایش وزن هزار دانه محسوب میشود (جدول ۳). Thakur و Malhorta (۱۹۹۱) دریافتند که وزن هزار دانه به طور معنی داری با کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن در مقایسه با شاهد افزایش یافت. Marschner (۱۹۹۵) معتقد است که مصرف نیتروژن دوره رشد گیاه را افزایش داده و در اواخر فصل رشد با طولانی تر کردن دوره پر شدن دانه، به افزایش وزن هزار دانه کمک میکند. در آزمایش حاضر نیز با

منابع:

- احمدی، ع.، عسینوند، ح. ر.، و پوستینی، ک. (۱۳۸۵) اثر متقابل خشکی و زمان بندی مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با آن در گندم ا: ۱۲۳-۱۱۳.
- بحرانی، ع.، و طهماسبی سروستانی، ز. (۱۳۸۵) اثر میزان و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد و کارایی انتقال مجدد ماده خشک در دو رقم گندم زمستانه، مجله علوم کشاورزی ۲: ۳۶۹-۳۷۷.
- حاتمی، ح.، آینه بند، ا.، عزیزی، م.، و دادخواه، ع. (۱۳۸۸) تاثیر کود نیتروژن بر رشد و عملکرد ارقام سویا در خراسان شمالی، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۲۵-۴۲.
- حکم علی پور، س.، سیدشرفی ر.، و قدیم زاده م. (۱۳۸۶) بررسی اثر تراکم بوته و سطوح کود نیتروژن بر عملکرد دانه و انتقال مجدد ماده خشک در ذرت. مجله علوم خاک و آب. ۲۱: ۱۵-۲۱.
- خادمی، ز.، ملکوتی، م. ح.، و لطف الهی، م. (۱۳۷۹) مدیریت بهینه ی ازت در مزرعه ی گندم به منظور افزایش عملکرد و بهبود عملکرد محصول. تغذیه متعادل گندم (مجموعه مقالات)، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران ۵۴۴ ص.

- علی عباسی، ح ر و اصفهانی، م. (۱۳۸۵) تاثیر تقسیط کود نیتروژنه و زمان مصرف آن بر سرعت رشد و طول دوره سبز شدن برنج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۱۲: ۳۰-۲۰.
- فتحی، ق ا و سیادت، س.ع. (۱۳۷۷) بررسی اثر تقسیط کود ازته بر روند رشد عملکرد دانه دو رقم بومی و اصلاح شده برنج در شرایط خوزستان. خلاصه مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج ۹-۱۳ شهریور ۵۴۲ ص.
- قرنجیک، ا. و گالشی، س. (۱۳۸۰) تاثیر کود نیتروژن بر روی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دو رقم گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی: ۲۳۴-۲۴۸.
- عباس پور، س و سید شریفی، ر. (۱۳۹۳) تاثیر مقادیر نیتروژن و تلقیح بذر با باکتری های PGPR بر عملکرد کمی و کیفی، خصوصیات ریشه، سرعت ظهور برگ و طول دوره پر شدن دانه تریتیکاله. مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۳: ۱۳۳-۱۴۷.
- Akintoye, H.A., Lucas, E.O. and Kling, J.G. (1997) Effects of density of planting and time of nitrogen application on maize varieties in different ecological zones of West Africa communications in soil. *Crop Science* 28: 1163-1175.
- Almodares, A. (1996) Effect of genotype and nitrogen content on protein of grain sorghum. *Journal of Agriculture Research* 32: 60-65.
- Alvaroa, F., Isidrob, J., Villegasa, D., del Moralb, L. and Royo, C. (2008) Breeding effect on grain filling, biomass partitioning, and remobilization in Mediterranean durum wheat., *Agronomy Journal* 100: 361-370
- Aulakh, D., Rennhe, A. and Paul, E.A. (1984) The influence of plant residues on the denitification rates in conventional and zero tilled soils. *Soil Science Society of America Journal* 48: 790-794
- Ayoub. M., Guertin, S., Fregcau Reidel, J. and Smith, D. L. (1994) Nitrogen fertilizer effect on bread making quality of hard spring wheat in cistern Canada. *Agricultural Science* 34: 1346 - 1352.
- Beyart, R. P. and Roy, R. C. (2005) Influence of nitrogen fertilization on multi-cut forage sorghum- sudangrass yield and nitrogen use. *Agronomy Journal* 97: 1493-1501.
- Borr´as, L., Slafer, G. A. and Otegui, M. E. (2004) Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research* 86: 131-146.
- Bruns, H. A. and Ebelhar, M. W. (2006) Nutrient uptake of maize affected by nitrogen and potassium fertility in a humid subtropical environment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 37: 275-293.
- Cakmakci, R. M., Donmez, F. and Erdogan, U. (2007a) The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. *Turkish Journal of Agricultural* 31 :189-199.
- De Junn Valero, J. A., Maturano, M., Artigao Ramirez , A., Tarjuelo Martin- Benitol, J. M. and Ortega Alvarez, J.F. (2005) Growth and nitrogen use efficiency of irrigated maize in a semiarid region as effected by nitrogen fertilization. *Agricultural Science* 3(1): 134-144.
- Dobermann, A. and Fairhurst, T. (2000) Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC), and International Rice Research Institute (IRRI), Singapore and Los Banos. 191 pp.
- Ehdaie, B. and Wanies, J.G.1996. Genetic variation for contribution of preanthesis assimilates to grain yield in spring wheat. *Journal of Genetic and Breeding* 50: 47-56.
- Ellis, R.H. and Pieta-Filho, C.F. (1992) The development quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. *Seed Science and Research* 2: 19-25.
- Ericson, N.A. (1993) Quality and storability in relation to fertigation of apple tress cv. Summerred. *Acta. Horticulture* 326: 73-83.
- Gerdon, W. B., Whitney, B. A. and Raney, R. J. (1993) Nitrogen management in farrow irrigated, ridge – tilled corn. *Agriculture Science*: 213 – 217.
- Goodroad, L. L. and Jellem, M. D. (1988) Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. *Crop Science* 106:85-89.
- Grant, R.F. (1989) Simulation of maize phenology. *Agronomy Journal* 81: 451- 457.
- Jacobsen و J. S., Tanaka D. L. and Bauder J. W. (1993) Spring wheat response to fertilizer placement and nitrogen rate withlimited moisture. *Communications in Soil Science and Plant* 24: 187-195.
- Jongkaewwttana, S., Geng, S., Hill, J. E. and Miller, B. C. (1993) Within panicle fixation and yield of soybean (*Glycine max*). *Journal of Agronomy and Crop Science* 192: 417-426

- Khourgami, A. and Bour, G. (2008) Effect of nitrogen and zinc fertilizers on yield and protein content of durum wheat (*Triticum turgidum* Var. durum). In: Proceeding of the 14th Australian Agronomy Conference. September. (2008) Adelaide, South Australia.
- Marschner, H. (1995) Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Second Edition. London.
- Mc Donald, G. K. (2002) Effects of nitrogen fertilizer on the growth, grain yield and grain protein concentration of wheat. Australian Journal of Agricultural Research 43: 949 – 967
- Michael, J. and Ottmana, T. (2000) Wheat Durm Grain Quality as affected by nitrogen fertilization near anthesis and irrigation during grain filling. Agronomy Journal 92: 1053-1041.
- Mossedeq, F. and Smith, D. M. (1994) Timing of nitrogen application to enhance spring wheat yield in Mediterranean climate. Agronomy Journal 86: 221- 226.
- Murchie, E. H., Yang, J., Hubbart, S., Horton, P. and Peng, S. (2002) Are there associations between grain-filling rate photosynthesis in flag leaves of field grown rice? Journal of Experimental Botany 53: 2217-2224.
- Olesen, J. E., Rasmussen, I. A. and Askegaard, M. (2008) Nitrogen use efficiency of cereals in arable organic farming, 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20.
- Overman, A. R. and Brock, K. H. (2003) Model analysis of response of maize silage to applied nitrogen, phosphorus, and potassium. Communication in Soil Science and Plant Analysis 34: 2951–2965.
- Papakosta, D. and Gagianas, A. (1991) Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864-870.
- Raun, W. R. and Johnson, G. V. (1999) Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357-363.
- Ronanini, D., Savin, R. and Hall, A. J. (2004) Dynamic of fruit growth and oil quality of sunflower environmental stress during grain filling. CAB Abstract.
- Sadras, V. O. and Egli, D. B. (2008) Seed size variation in grain crops: Allometric relationships between rate and duration of seed growth. Crop Science 48: 408–416.
- Shahsavari, N. and Safai, M. (2005) Effect of nitrogen quantity on yield of three wheat in kerman. Crop Science 66: 82-87.
- Shrestha, J. (2007) Growth and productivity of winter maize under different levels of nitrogen and plant population. M.Sc. Thesis, Institute of Agriculture and Animal Science, Rampur. pp. 113.
- Souza, S. R., Mariam, E., Stark, L. M. and Fernandes M. S. (1998) Nitrogen remobilization during the reproductive period in two Brazilian rice varieties. Journal of Plant Nutrition 21: 2049-2053.
- Strong, W. M. (1986) Effects of nitrogen application before sowing, compared with effects of split application before and after snowing. Journal of Agriculture and Experimental Botany 26: 201-207.
- Subedi, K. D. and Ma, B. L. (2009) Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment. Field Crops Research 110: 21–26.
- Thakur, D. R. and Malhorta, V. V. (1991) Response of pop corn to row spacing and nitrogen. Indian Journal of Agricultural Science 61: 586-591.
- Tsuno, Y., Yamaguchi, T. and Nakano, J. (1994) Potential dry matter production and grain filling process of rice plant from the viewpoint of source-sink relationships and the role of root respiration in its relationship. Agronomy Journal 47: 1-10.
- Uhart, S. A. and Andrade, F. H. (1995) Nitrogen and carbon accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source-sink ratios. Crop Science 35: 183–190.
- Wang, G., Kang, M. S. and Moreno, O. (1999) Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. Field Crops Research 61: 211–222.
- Zebart, B. J. and Shear, R. W. (1992) Influence of rate Timing of nitrogen Fertilization on yield and quality of red winter wheat in Ontario. Plant Science 72: 13 - 19.