تأثیر سطوح و زمانهای مصرف کود ازته برروی رشد، نمو و عملکرد گندم قدس در کشت بهاره

مسعود عزت احمدی، حمداله کاظمی، محمد رضا شکیبا و مصطفی ولیزاده*

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح و زمانهای مختلف مصرف کود ازته بر روی رشد و نمو و عملکرد دانه گندم بهارهٔ رقم قدس، آزمایشی در سال زراعی ۷۴-۱۳۷۳ در مزارع تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی تبریز واقع در اراضی کرکج، به صورت کرتهای خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. کرتهای اصلی به پنج سطح کود ازته (صفر، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار) و کرتهای فرعی به پنج زمان مصرف کود ازته (تماماً در زمان کاشت، $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت + $\frac{1}{2}$ در مرحله پنجه‌زنی، $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت + $\frac{1}{2}$ در مرحلهٔ سنبله رفتن، $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت + $\frac{1}{3}$ در مرحلهٔ پنجه‌زنی + $\frac{1}{3}$ در مرحلهٔ سنبله رفتن و $\frac{1}{4}$ در زمان کاشت + $\frac{1}{4}$ در مرحلهٔ پنجه‌زنی + $\frac{1}{4}$ در مرحلهٔ ساقه‌رفتن + $\frac{1}{4}$ در مرحلهٔ سنبله‌رفتن) اختصاص یافت.

ارزیابی نتایج نشان داد که اثر سطوح کود ازته بر روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار، ولی اثر تقسیط کود ازته و نیز اثرات متقابل سطوح و زمانهای مختلف مصرف کود ازته بر روی این صفات معنی‌دار نبود. مراحل نمو گندم تحت تأثیر سطوح مختلف کود ازته و زمانهای متفاوت مصرف آن قرار نگرفت. میزان تجمع مادهٔ خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول نسبت به درجه ـ روزهای رشد در طول فصل رشد با افزایش میزان ازت مصرفی در مقایسه با سطوح پایین آن بالاتر بود. شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول با گذشت زمان و تا مرحلهٔ گرده افشانی افزایش و سپس کاهش یافت. سرعت رشد محصول در مرحلهٔ خمیری نرم به صفر رسیده و پس از آن منفی گردید. تغییرات میزان رشد نسبی و میزان جذب خالص نسبت به درجه روزهای رشد در سطوح مختلف کود ازته روند کاهشی داشت، به طوری که در ابتدای فصل رشد حداکثر بوده و با گذشت زمان تا صفر کاهش یافته و سپس منفی گردید. زمانهای مختلف مصرف کود ازته و اثرات متقابل میزان و زمان مصرف ازت در طول فصل رشد تأثیر چندانی بر روی روند تغییرات شاخصهای مورد مطالعه نداشت.

واژه‌های کلیدی –*گندم قدس، گندم بهاره، کود و زمان مصرف، کود ازته*

مقدمه

توصیه‌های کودی برای یک محصول باید بر پایهٔ آگاهی از نیاز گیاه، وضعیت مواد غذایی در خاک و امکان تغییر آنها در طول زمان رشد صورت گیرد. مدیریت مصرف کودهای شیمیایی، به ویژه کود ازته، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. رشد و نمو گندم (*Triticum aestivum L.*) و عملکرد آن در نتیجهٔ کمبود و یا فزونی ازت تحت تأثیر قرار می‌گیرد. واکنشهای گیاه به ازت، حتی در مدیریت صحیح زراعی، معمولاً می‌تواند در بین مکانها و سالها با توجه به آب

* به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

و هوا و حاصلخیزی خاک بسیار متغیر باشد. واکنش عملکرد دانه به افزایش تیمار ازت از صفر به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تقریباً خطی است. در صورتی که میزان کود ازته تا حدود ۲۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار، که در گندم پاییزه و با مدیریت متراکم معمول است، افزایش یابد، تغییری در عملکرد به وجود نمی‌آید؛ گندم بهاره در سطوح کم ازت به نحو مشابهی واکنش نشان می‌دهد (۱۳). افزایش مصرف ازت موجب افزایش سطح برگ، تشکیل و بقای پنجه و دوام سایه‌انداز (شاخص سطح برگ[1] و دوام سطح برگ[2]) می‌شود و این افزایش به نوبهٔ خود منجر به تولید مقادیر بیشتر مادهٔ خشک و عملکرد دانهٔ بالاتر می‌گردد (۱، ۱۱، ۲۳، ۳۰ و ۳۱).

در تجزیه و تحلیل رشد، واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی مختلف که در طول دورهٔ حیات خود با آنها مواجه می‌گردد، مورد توجیه و تفسیر قرار می‌گیرد(۳۴). شناخت و بررسی شاخصهای رشد گیاه در تجزیه و تحلیل کمّی اثرات عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد (۳). به کمک این روش، چگونگی توزیع مواد ساخته شدهٔ فتوسنتزی در اندامهای مختلف و انباشت آنها را از طریق اندازه‌گیری مادهٔ خشک تولید شده در طول فصل رشد گیاه بهتر می‌توان شناخت (۳۴). عملکرد محصولات زراعی معمولاً در واحد سطح برآورد می‌شود. بنابراین، آنالیز رشد گیاهان زراعی در واحد سطح نسبت به تجزیه و تحلیل بر مبنای تک بوته ترجیح داده می‌شود (۳ و ۲۷). دما در انتخاب محصول و رقم مورد کاشت، اعمال آبیاری و کوددهی، پیش‌بینی وقوع آفات و بیماریها و نحوهٔ مبارزه با آنها نقش مؤثر و تعیین‌کننده‌ای دارد (۴)، لذا می‌تواند به عنوان شاخص ثابت و پایدارتری به حساب آید که استفاده از آن به صورت دمای تجمعی یا درجه-روز رشد[3] یا واحد گرمایی در تجزیه و تحلیل رشد صحیحتر به نظر می‌رشد (۵). راسل و همکاران (۲۷) گزارش نمودند که با توجه به این که هر مرحله از رشد گیاه تحت تأثیر مستقیم دمای محیط قرار دارد، برای برقراری توابع رشد بهتر است از نسبت تغییرات وزن خشک به تغییرات شاخص دمایی به جای تقویم زمانی استفاده شود. آنها پیشنهاد کردند که تجزیه و تحلیل رشد بر اساس درجه ـ روز رشد در مقایسه با تقویم زمانی قابل اعتمادتر بوده و در مقایسهٔ ویژگیهای فیزیولوژیک ارقام مختلف، که مراحل نمو آنها بر هم منطبق نمی‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پیرمن و همکاران (۲۶) گزارش نمودند که مصرف کود ازته از طریق افزایش اندازه و طول عمر برگها و نیز ازدیاد پنجه‌های گندم موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.

جذب نور توسط پوشش گیاهی و عمل فتوسنتز با تغییرات شاخص سطح برگ ارتباط تنگاتنگی داشته و در بعضی از گیاهان زراعی تا زمانی که سطح برگ بتواند حدود ۹۵٪ نور را جذب کند این ارتباط به طور تقریباً خطی برقرار است (۲۸). وجود همبستگی قوی بین شاخص سطح سبز در مرحلهٔ گرده‌افشانی با عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، گویای اهمیت این شاخص در بررسیهای فیزیولوژیک رشد می‌باشد (۲۲). نقش مهم سطح برگ در جذب تشعشع خورشیدی و تأثیر آن بر رشد و عملکرد گندم در پژوهشهای فیشر (۱۹)، پیرمن و همکاران (۲۶) و فردریک و کامبراتو (۲۱) به اثبات رسیده است.

سرعت رشد محصول[4] عبارت از افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در متر مربع (سطح زمین) در روز بیان می‌گردد (۳). دیویدسون و کمپبل (۱۸) گزارش نمودند که سرعت رشد محصول در گندم تا هنگام گرده‌افشانی افزایش یافته و سپس در مرحلهٔ خمیری شدن دانه به صفر رسیده و بعد از این مرحله مقدار آن منفی می‌گردد. به طور کلی، کاهش مادهٔ خشک کل در پایان فصل رشد در نتیجهٔ منفی شدن شاخصهای رشد به علت سایه‌اندازی و وجود برگهای پیر و همچنین فتوسنتز خالص منفی در نتیجهٔ افت کربنی از برگها و ساقه‌ها در این مرحله می‌باشد (۹ و ۱۷). افزایش سرعت رشد محصول بر اثر مصرف کود ازته و همچنین تأثیر آن بر عملکرد دانه توسط پژوهشگران متعددی گزارش گردیده است (۱۸ و ۱۹).

1 - Leaf Area Index (LAI)
2 - Leaf Area Duration (LAD)
3- Growing Degree-Day (CDD)
4- Crop Growth Rate (CGR)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

مادهٔ خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در فواصل متوالی نمونه‌برداری، مبیّن رشد نسبی[1] محصول می‌باشد و معمولاً بر حسب گرم بر گرم وزن خشک در روز بیان می‌گردد (۳ و ۸). میزان رشد نسبی گیاهان زراعی در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (۳ و ۲۲). این کاهش بدین دلیل است که قسمتهای افزوده شده به وزن گیاه، بافتهای ساختمانی بوده و بافتهای فعال متابولیک نمی‌باشند و چنین بافتهایی سهمی در میزان رشد ندارند. کاهش میزان رشد نسبی همچنین تا اندازه‌ای مربوط به در سایه قرار گرفتن و افزایش سن برگهای تحتانی گیاه است (۶ و ۱۸). دیویدسن و کمپیل (۱۸) گزارش نمودند که میزان رشد نسبی گندم در ابتدای فصل بالا بوده و با گذشت زمان کاهش یافته، در مرحلهٔ خمیری دانه منفی می‌گردد. کریمی و سیدیک (۲۲) نشان دادند که زیادی عملکرد ارقام جدید و زودرس گندم در استرالیا به خاطر میزان رشد نسبی آنها در طول مرحلهٔ رویشی است که منجر به سرعت رشد محصول بیشتر در طول مرحلهٔ گرده‌افشانی و پر شدن دانه می‌شود.

میزان جذب خالص[2] عبارت از مقدار مواد ساخته شدهٔ خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد زمان است و معمولاً بر حسب گرم (وزن خشک) بر متر مربع (سطح برگ) در روز بیان می‌گردد. میزان فتوسنتز خالص در واقع تخمینی از میانگین کارایی فتوسنتزی برگها در یک گیاه یا در یک جامعهٔ گیاهی است و زمانی به بالاترین مقدار خود می‌رسد که تمام برگها در معرض نور کامل قرار گیرند. این مقدار با مقدار مربوط به زمانی که گیاه کوچک بوده و سایه‌اندازی برگی وجود ندارد، مطابقت می‌کند. با ادامهٔ رشد گیاه و افزایش شاخص سطح برگ به علت سایه‌اندازی متقابل برگها و کاهش راندمان فتوسنتزی برگهای پیرتر، میزان جذب خالص در طول فصل رشد کاهش می‌یابد (۶ و ۸).

با توجه به این که تأمین ازت مورد نیاز گیاه در جهت افزایش تولید محصولی با کیفیت مطلوب بسیار با اهمیت می‌باشد نقش مناسب‌ترین سطح کود ازته و بهترین زمان مصرف آن در رابطه با روند رشد و عملکرد یک رقم از گندم به نام قدس مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روشها

این بررسی در نیمهٔ اول سال ۱۳۷۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی تبریز واقع در اراضی کرکج در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز اجرا گردید. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۱۳۶۰ متر و مختصات جغرافیایی آن به ترتیب ۱۷ ,° ۴۶ طول شرقی و °۳۸ °۵, عرض شمالی می‌باشد (۲). مشخصات خاک‌شناسی و شرایط جوّی محل آزمایش به ترتیب در جداول ۱ و ۲ منعکس گردیده است. طرح آزمایشی مورد استفاده، کرتهای خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار بود. کرتهای اصلی به پنج سطح کود ازته [صفر $(N)_0$، ۴۰ $(N)_1$، ۸۰ $(N)_2$، ۱۲۰ $(N)_3$و ۱۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار $(N)_4$] و کرتهای فرعی به پنج زمان مصرف کود ازته [تماماً در زمان کاشت (T_0)، $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت + $\frac{1}{2}$ در مرحلهٔ پنجه‌زنی[3] (T_1)، $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت +$\frac{1}{2}$ در مرحلهٔ سنبله‌رفتن (T_2)، $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت +$\frac{1}{3}$ در مرحلهٔ پنجه‌زنی + $\frac{1}{3}$ در مرحلهٔ سنبله رفتن[4] (T_3) و $\frac{1}{4}$ در زمان کاشت +$\frac{1}{4}$ در مرحلهٔ پنجه‌زنی +$\frac{1}{4}$ در مرحله ساقه رفتن[5] +$\frac{1}{4}$ در مرحله سنبله رفتن (T_4)] اختصاص یافت.

هر بلوک شامل ۲۱ کرت به مساحت ۶ متر مربع (۱/۵×۴ متر) بود. هر کرت شامل ۷ خط کشت به طول ۴ متر و فاصلهٔ بین ردیفها ۲۰ سانتیمتر بود که خطوط کناری از هر طرف به عنوان حاشیه، دو خط کشت از یک طرف به عنوان خطوط نمونه‌برداری و خط کنار آن به عنوان حاشیه و سپس دو خط از طرف دیگر به عنوان خطوط عملکرد اصلی در نظر گرفته شد. جهت تعیین عملکرد نهایی، مساحت برداشت ۱/۲ متر مربع در نظر گرفته شد که شامل خطوط عملکرد اصلی بود و ۰/۵ متر از

1- Relative Growth Rate (RGR)

2- Net Assimilation Rate (NAR)

۳- GS21 : ساقهٔ اصلی و یک پنجه (بر اساس سیستم زادوکس)

۴- GS49 : مشاهدهٔ اولین ریشکها (بر اساس سیستم زادوکس)

۵- GS31 : تشخیص اولین گره ساقه (بر اساس سیستم زادوکس)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

جدول ۱ - مشخصات خاک‌شناسی محل آزمایش

عمق (cm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	کلاس بافت	جرم مخصوص ظاهری (g/cm^3)	جرم مخصوص حقیقی (g/cm^3)	pH	E.C. (ds/m)	ماده آلی (%)	ازت کل (%N)	فسفر قابل جذب P_2O_5 (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	CEC (cM^+/kg)
۰-۲۰	۶۴/۵	۲۲/۸	۱۲/۷	لوم- شنی	۱/۵۳	۲/۵۲	۸/۱۳	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۰۵۲	۶/۴	۱۹۲	۱۷/۹۷
۲۰-۴۰	۶۵/۹	۲۲/۷	۱۱/۴	لوم- شنی	۱/۴۷	۲/۶	۸/۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۰۲۹	۵	۱۵۷	۱۵/۴۴

جدول ۲ - مشخصات و شرایط جوی محل آزمایش از سال ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۴، از فروردین تا مرداد ماه

پارامتر	میانگین دما (سانتیگراد)					میزان بارندگی (میلیمتر)					حداکثر رطوبت نسبی (درصد)				
ماه / سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
۱۳۶۸	۱۵/۱	۲۰/۱	۲۴/۲	۲۸/۲	۲۷/۱	۷/۳	۲۹/۳	۲/۷	۰/۲	۸/۶	۹۵	۹۴	۶۷	۶۲	۶۹
۱۳۶۹	۸/۴	۱۵/۲	۳۲/۲	۲۵/۸	۲۶/۴	۴۳	۲۲	۱	۲	۰	–	–	–	–	–
۱۳۷۰	۸/۲	۱۳/۴	۱۶/۶	۲۲/۹	۲۴	۴۶/۵	۲۶	۳۸/۵	۴	۰	۸۰/۳	۷۴	۷۳	۶۰	۶۴/۲
۱۳۷۱	۵/۲	۹/۳	۱۶/۲	۲۱/۳	۲۱/۷	۴۷	۶۷/۴	۳۰/۲	۱	۷/۸	۹۱/۶	۹۱	۸۴	۶۹/۵	۶۸
۱۳۷۲	۷/۲	۱۰/۴	۱۶/۶	۲۱/۷	۲۲/۵	۵۷/۷	۸۹/۳	۲۸/۶	۵/۲	۸/۶	۷۶/۶	۸۲/۲	۸۰/۵	۶۶/۲	۶۶/۹
۱۳۷۳	۸/۹	۱۲/۶	۱۹/۵	۲۰	۲۲/۷	۵۳	۱۰۲	۱۵	۸	۰	۸۲	۸۲/۵	۷۳/۸	۷۲/۵	۶۲
۱۳۷۴	۷/۹	۱۲/۴	۱۷/۸	۲۱/۸	۲۴/۳	۴۸/۵	۳۸/۵	۴۴/۵	۷	۰	۸۵	۸۲	۷۸/۶	۷۴	۷۲/۴

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

هر طرف آن به عنوان حاشیه حذف گردیده بود. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش به صورت آیش بوده و در پاییز ۱۳۷۳ با انجام شخم (گاوآهن) برگردانده شده بود. پس از یک شخم مجدد در بهار سال ۱۳۷۴، مقدار ۹۰ کیلوگرم کود فسفره به صورت P_2O_5 با ۵۰ کیلوگرم پتاس به صورت K_2O در هر هکتار بر روی زمین مورد آزمایش پاشیده شد و به کمک دیسک به خوبی با خاک مخلوط گردید. بذور گندم رقم قدس ابتدا با سم کاربوکسین تیرام ضدعفونی و سپس بذرکاری با تراکم ۴۰۰ بذر در هر متر مربع در تاریخ ۸ اردیبهشت ماه سال ۱۳۷۴، پس از امکان‌پذیر شدن کشت به صورت دستی انجام گرفت. مزرعهٔ آزمایشی به دلیل بارندگیهای مکرر تا پس از سبز شدن بذور، مورد آبیاری قرار نگرفت. اولین آبیاری پس از سبز شدن بذور صورت گرفت و متعاقباً در طول فصل رشد، با توجه به شرایط آب و هوایی و شرایط فنولوژیک گیاه و بر حسب نیاز به صورت کرتی انجام شد. مبارزه با علفهای هرز به طور دستی و در چند مرحله صورت پذیرفت. تیمارهای کودی مورد نظر در مراحل تعیین شده به صورت دستی مصرف گردید. به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، وزن خشک اندامهای هوایی و شاخصهای رشد در طول فصل رشد، تعداد ۹ نمونه‌برداری به فاصله هر ۱۰ روز یک بار، از ۲۵ روز پس از کاشت انجام گرفت. در هر نمونه‌برداری بوته‌های موجود در سطح ۰/۱ متر مربع دو ردیف نمونه‌برداری از محل طوقه بریده شده و در پاکت قرار داده شد و به آزمایشگاه منتقل و در یخچال نگهداری گردید. برای تعیین مساحت برگ از نمونه‌های برداشت شده از سطح ۰/۱ متر مربعی، ۵ گیاه به طور تصادفی انتخاب و طول و بزرگترین عرض پهنک کلیه برگها با دقت میلیمتر اندازه‌گیری شد. مساحت برگها با استفاده از رابطهٔ $A=0/7(L.W)$ که در آن A مساحت، L و W به ترتیب طول و بزرگترین عرض پهنک برگ می‌باشد، محاسبه شد. پس از محاسبهٔ مساحت برگ، شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از تراکم بوته در واحد سطح به دست آمده (۷). ضریب ۰/۷ از طریق ترسیم تصویر ۱۰ برگ در هر بار از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری سطوح آنها و تعیین رابطهٔ رگرسیون خطی بین سطوح مزبور و حاصلضرب طول × بزرگترین عرض تعیین گردید. نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دستگاه خشک کننده (آون)[1] الکتریکی تهویه‌دار و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند (۱۴ و ۲۵) و نمونه‌های خشک شده با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و ثبت گردیدند. صفات مورد اندازه‌گیری در این مطالعه عبارت بود از :

۱ - عملکرد دانه : عملکرد دانه هر واحد آزمایشی پس از جدا کردن دانه‌ها از کاه با استفاده از یک کمباین آزمایشگاهی کوچک اندازه‌گیری شد، به طوری که پس از قرار دادن بذور در دستگاه خشک کننده در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۴۸ ساعت با دقت یک دهم گرم با روش بولمن و اسمیت (۱۴) و مسّداک و اسمیت (۲۵) توزین گردید.

۲ - عملکرد بیولوژیک : بیوماس هوایی شامل برگ، ساقه و سنبله بود و از عملکرد اصلی هر کرت اندازه‌گیری شد، به طوری که پس از قرار دادن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و به مدت ۴۸ ساعت، با دقت یک دهم گرم، با روشهای مذکور در منابع ۱۲ و ۲۴ توزین گردید و سپس به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد.

۳ - شاخصهای رشد : عبارت بود از مادهٔ خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، میزان رشد نسبی و میزان جذب خالص.

برای ارزیابی شاخصهای رشد از مقادیر وزن خشک اندامهای هوایی به دست آمده در واحد سطح (متر مربع) برای هر تیمار در هر بار نمونه‌برداری استفاده گردید و با توجه به دلایلی که قبلاً ذکر شد، در محاسبه CGR و RGR با استفاده از درجه ـ روزهای رشد به جای تقویم زمانی، معادلات زیر به کار گرفته شد (۲۷).

3- Oven

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

$$CGR = \frac{\Delta DM}{\Delta H}$$

$$RGR = (\frac{1}{DM}) \cdot (\frac{\Delta DM}{\Delta H})$$

در این معادلات DM = وزن خشک اندامهای هوایی بر حسب گرم بر متر مربع، H = شاخص دمایی ($H=\Sigma H_i$) که بر حسب واحدهای درجه ـ روز رشد اندازه‌گیری شده و با به کارگیری معادلهٔ زیر برای هر روز، از کاشت تا تاریخ هر نوبت نمونه‌برداری محاسبه گردید (۵ و ۲۲).

$$H_i = [(T_{max} + T_{min})/2] - T_b$$

که در این معادله نیز، H_i درجه ـ روز رشد برای روز i ام، T_{max} حداکثر دمای روزانه با یک حد بالایی ۳۰ درجه سانتیگراد T_{min} حداقل دمای روزانه با یک حد پایینی صفر درجه سانتیگراد و T_b دمای مبنا، به عنوان دمایی که پایین‌تر از آن رشد صورت نمی‌گیرد، بوده که برای گندم برابر صفر درجه سانتیگراد گزارش شده است (۱۲، ۲۰ و ۲۲).

بر اساس روش برخی از پژوهشگران (۱۵) و از طریق روش حداقل مربعات، برای تعیین معادله ریاضی که بتواند تغییرات وزن خشک و شاخص سطح برگ را نسبت به شاخص دمایی بیان نماید، با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای SAS معادلات چند جمله‌ای متفاوتی مورد آزمون آماری قرار گرفت تا معادله‌ای که بهترین برازش را با داده‌های مشاهده شده در این پژوهش داشته باشد، به دست آید. از میان معادلات چند جمله‌ای متفاوتی که مورد آزمایش قرار گرفت، معادلات زیر بهترین ضریب تبیین (R^2) را برای پیش‌بینی تغییرات وزن خشک اندامهای هوایی و شاخص سطح برگ نسبت به شاخص دمایی نشان دادند.

$$DM = EXP\ (a + bH^{\frac{1}{2}} + cH + dH^2)$$

$$= e^{(a + bH^{\frac{1}{2}} + cH + dH^2)}$$

$$LAI = EXP\ (a' + b'H^{\frac{1}{2}} + c'H + d'H^2)$$

$$= e^{(a' + b'H^{\frac{1}{2}} + c'H + d'H^2)}$$

در این معادلات DM ، وزن خشک اندامهای هوایی، و LAI، شاخص سطح برگ به عنوان متغیرهای وابسته، و H شاخص دمایی بر حسب درجه ـ روز رشد به عنوان متغیرهای مستقل و $a, b, c, d, a', b', c', d'$ ثابتهای معادلات می‌باشد.

دیگر شاخصهای رشد به صورت زیر محاسبه شد :

$$CGR = (\frac{1}{2}bH^{-\frac{1}{2}} + c + 2dH) \cdot (e^{(a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2)})$$

$$RGR = \frac{1}{2}bH^{-\frac{1}{2}} + c + 2dH$$

$$NAR = \frac{(1/2bH^{-\frac{1}{2}} + c + 2dH) \cdot (e^{(a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2)})}{e}$$

$$(a' + b'H^{\frac{1}{2}} + c'H + d'H^2)$$

داده‌های آزمایش به صورت طرح آماری کرتهای خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم‌افزار رایانه‌ای Mstat-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگینهای هر صفت با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

۱ - تغییرات آب و هوا

تغییرات دمای هوا، میزان بارندگی و رطوبت نسبی در طول دورهٔ رشد در سال زراعی ۱۳۷۴، در جدول ۳ آمده است. در

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

جدول ۳ - تغییرات دمای هوا، میزان بارندگی و رطوبت نسبی در ایستگاه تحقیقاتی کرکج در طول فصل رشد گندم قدس در سال زراعی ۱۳۷۴

ماهها	دمای هوا (درجه سانتیگراد)					میزان بارندگی (میلیمتر)	رطوبت نسبی (درصد)		
	میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین ماهانه	حداقل مطلق	حداکثر مطلق		میانگین حداقل	میانگین حداکثر	میانگین ماهانه
اردیبهشت	۵/۵	۱۹/۳	۱۲/۴	-۲	۲۷/۵	۳۸/۵	۳۲/۴	۸۲	۵۷/۲
خرداد	۱۰/۳	۲۵/۳	۱۷/۸	۸	۳۲/۵	۴۴/۵	۳۱	۷۸/۶	۵۴/۸
تیر	۱۴/۴	۲۹/۳	۲۱/۸	۱۱	۳۴/۳	۷	۳۰/۴	۷۴	۵۲/۲
مرداد	۱۵/۹	۳۲/۷	۲۴/۳	۱۱	۳۶	۰	۲۴/۴	۷۲/۴	۴۸/۴

جدول ۴ - زمانهای وقوع مراحل نمو گندم رقم قدس بر اساس GDD تجمعی و روزهای پس از کاشت

مرحله رشد	کد زادوکس	روزهای متعلق به مرحله	GDD مرحله	DAP (روزهای پس از کاشت)	GDD تجمعی
سبز شدن	۱۰	۸ - صفر	۱۰۳/۵	۸	۱۰۳/۵
چهار برگی	۱۴	۲۳-۸	۲۰۰	۲۳	۳۰۳/۵
اواسط پنجه‌زنی	۲۱	۳۴-۲۳	۱۹۴/۲۵	۳۴	۴۹۷/۷۵
ساقه رفتن	۳۲	۴۲-۳۴	۱۲۶/۲۵	۴۲	۶۲۴
ظهور ریشک	۴۹	۵۵-۴۲	۲۴۸/۵	۵۵	۸۷۲/۵
ظهور کامل سنبله	۵۹	۶۱-۵۵	۱۱۸/۸۵	۶۱	۹۹۱/۳۵
گرده‌افشانی	۶۵	۶۵-۶۱	۸۱/۸۵	۶۵	۱۰۷۳/۲
اوایل شیری	۷۳	۷۱-۶۵	۱۲۲/۹۵	۷۱	۱۱۹۶/۱۵
اواخر شیری	۷۷	۸۲-۷۱	۲۴۸	۸۲	۱۴۴۴/۱۵
خمیری نرم	۸۵	۹۳-۸۲	۲۵۵/۷۵	۹۳	۱۶۹۹/۹
خمیری سخت	۸۷	۱۰۲-۹۳	۲۱۶	۱۰۲	۱۹۱۵/۹
رسیدگی کامل دانه	۹۵	۱۱۰-۱۰۲	۱۸۱/۲۵	۱۱۰	۲۰۹۷/۱۵

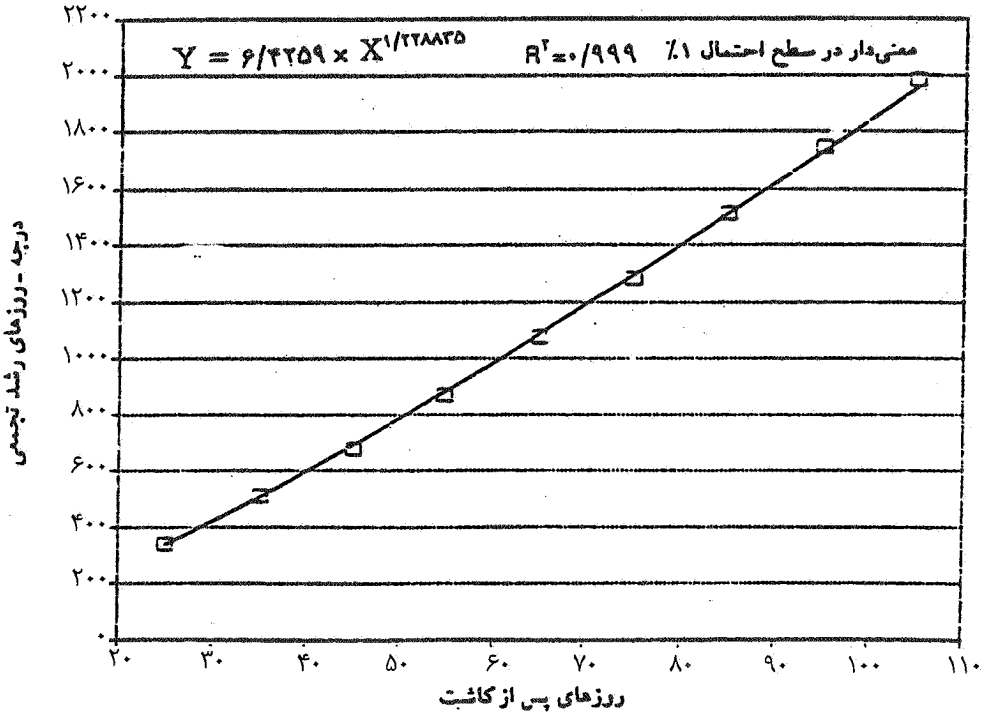
طول فصل رشد، از کاشت (اوایل اردیبهشت ماه) تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها (اواخر مرداد ماه)، میزان بارندگی حدود ۹۰ میلیمتر بوده که ۸۳ میلیمتر آن طی ماههای اردیبهشت و خرداد صورت گرفته است. متوسط ماهانهٔ دمای هوا در دورهٔ رشد این گیاه بین ۱۲/۴ و ۲۴/۳ درجه سانتیگراد متغیر بود که به ترتیب برای ماههای اردیبهشت و مرداد ثبت شد. میانگین حداقل و حداکثر دما در اولین ماه از فصل رشد، اردیبهشت، به ترتیب ۵/۵ و ۱۹/۳ درجه سانتیگراد و در آخرین ماه از فصل رشد، مرداد، به ترتیب ۱۵/۹ و ۳۲/۷ درجه سانتیگراد بود. مرداد ماه با میانگین حداقل و حداکثر دماهای ذکر شده، گرمترین ماه از فصل رشد گندم بود. همچنین طی این مدت بالاترین حداکثر مطلق دما، ۳۶ درجه سانتیگراد برای مرداد ماه و پایین‌ترین حداقل دما، ۲- درجه سانتیگراد به اردیبهشت ماه تعلق داشته است.

۲ - مراحل نمو

درجه‌روز رشد تجمعی و زمان وقوع هر یک از مراحل نمو رویشی و زایشی رقم مورد مطالعه در جدول ۴ درج شده است. لازم به یادآوری است که در تعیین مراحل اساسی رشد و نمو گیاهان زراعی، استفاده از تقویم زمانی، به دلیل متفاوت بودن شرایط محیطی در مناطق و در سالهای مختلف، از دقت کافی برخوردار نیست (۱۲). به همین دلیل با توجه به توصیه‌های برخی از پژوهشگران (۱۵ و ۲۷) استفاده از GDD قابل اعتمادتر به نظر می‌رسد. در این آزمایش، مراحل نمو گندم تحت تأثیر سطوح مختلف کود ازته و زمانهای متفاوت مصرف آن قرار نگرفت و در تیمارهای مختلف به طور قابل توجهی این مراحل بر روی هم منطبق بود. رقم مورد آزمایش با دریافت ۲۰۹۷/۱۵ درجه - روز رشد (GDD) در مدت ۱۰۲ روز، از مرحلهٔ سبز شدن به مرحلهٔ رسیدگی کامل (بلوغ فیزیولوژیک) گام گذاشت. میزان GDD لازم در ارقام دیررس گندم بهاره ۲۵۳۰ گزارش شده است (۲۲) که تقریباً ۴۳۳ درجه-روز رشد بیشتر از GDD لازم برای گندم رقم قدس در این بررسی می‌باشد. فاصلهٔ زمانی کاشت تا سبز شدن ۸ روز و واحد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]



شکل ۱ - رابطهٔ بین روزهای پس از کاشت (DAP) و درجه- روزهای رشد (GDD) تجمعی گندم قدس در مزرعهٔ واقع در ایستگاه تحقیقاتی کرکج در سال زراعی ۱۳۷۴. مربعها نقاط واقعی را نشان می‌دهند.

گرمایی لازم در این مدت ۱۰۳/۵ درجه - روز رشد بود. کریمی و سیدیک (۲۲) GDD لازم از کاشت تا ۵۰ درصد سبز شدن را در ارقام گندم بهارهٔ استرالیایی ۱۶۶ درجه - روز رشد گزارش نموده‌اند. GDD لازم از کاشت تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی، در حدود ۶۵ روز پس از کاشت، برابر ۱۰۷۳/۲ بود. میزان GDD لازم از کاشت تا این مرحله در ارقام بهارهٔ گندم بین ۱۲۸۶ تا ۱۴۸۸ گزارش شده است (۲۲). در این آزمایش GDD لازم از آغاز ۵۰ درصد گرده‌افشانی تا رسیدگی کامل ۱۰۲۳/۹۵ بود. با توجه به طول دورهٔ رشد گیاه مورد آزمایش، این رقم طی فصل رشد خود از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک، در هر روز به طور متوسط در حدود ۱۹ درجه - روز رشد دریافت کرد. شکل ۱ رابطهٔ بین تعداد روز و درجه - روز رشد تجمعی پس از کاشت تا رسیدگی کامل را نشان می‌دهد. بهترین معادله‌ای که در برازش منحنی تغییرات به دست آمده، عبارت بود از :

$$GDD = ۶/۴۲۵۲ \times DAP^{۱/۲۲۸۸۳۵}$$

در این رابطه GDD و DAP[1] به ترتیب درجه - روز رشد تجمعی و تعداد روزهای پس از کاشت می‌باشند. ضریب تبیین (R^2) این معادله برابر ۰/۹۹۹ است که در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

۳ - عملکرد دانه

اثر سطوح کود ازته بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (از ذکر جداول مربوطه به خاطر خلاصه نمائی خودداری شده است). مقایسه میانگینهای مذکور حاکی از اختلاف معنی‌دار بین آنها می‌باشد. تغییرات عملکرد دانه به ازای افزایش مصرف ازت از قانون بازدهی نزولی میچرلیخ پیروی می‌نماید. تأثیر مثبت مصرف کود ازته تا یک حد معین، بر عملکرد دانه در بسیاری از آزمایشها مشاهده شده است (۱۰، ۱۳، ۲۴ و ۲۵). افزایش کود ازته تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به

1- Days After Planting (DAP)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

طور معنی‌دار موجب افزایش عملکرد دانه گردید، ولی مصرف بیشتر آن تأثیر چندانی در افزایش عملکرد دانه نداشت، به نحوی که اثر تیمارهای N_3 و N_4 (به ترتیب ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار) با همدیگر مشابه بوده است. افزایش عملکرد دانه ناشی از سطوح بالای ازت، عمدتا" مربوط به افزایش عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در متر مربع (تعداد سنبله در متر مربع و تعداد دانه در سنبله) بود. زیرا با افزایش سطوح ازت، عملکرد بیولوژیک و تعداد دانه در متر مربع تقریبا" به طور خطی افزایش یافته است (داده‌های منتشر نشده). دیگر پژوهشگران نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده‌اند (۱۰ و ۲۵). اثر تقسیط کود ازته بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۸ درصد معنی‌دار بود. عملکرد دانهٔ بالاتر در اثر تیمار T_1، شاید عمدتا" مربوط به بیشتر بودن تعداد سنبله در متر مربع در مقایسه با سایر تیمارها باشد (داده‌ها منتشر نشده‌اند). ایوب و همکاران (۱۰) و مسداک و اسمیت (۲۵) عدم یا کمی واکنش عملکرد دانه نسبت به تأخیر در مصرف ازت را تأیید کرده‌اند. از طرف دیگر برخی آزمایشها نیز نتایج متناقضی را نشان می‌دهد (۱۴). آنچه از پژوهشهای انجام شده در زمینهٔ اثرات تقسیط کود ازته به دست می‌آید این است که مدیریت استفاده از کود ازته بر روی گیاه شدیدا" بستگی به شرایط محیطی دارد و با توجه به آن شرایط، نتایج حاصل نیز متفاوت می‌باشد. بین اثرات متقابل میزان و زمان مصرف کود ازته بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. تیمار N_1T_3 با ۳۱۷۰/۲۳ کیلوگرم در هکتار کمترین و تیمار N_4T_1 (نصف ۸۰ کیلوگرم ازت در زمان کاشت و نصف دیگر در مرحلهٔ سنبله رفتن) با ۵۰۸۴/۲۳ کیلوگرم در هر هکتار بیشترین عملکرد دانه را دارا بود. مسداک و اسمیت (۲۵) و استانفورد و هانتر (۳۳) نیز چنین نتایجی را به دست آورده‌اند (۱۰ و ۳۳)

۴ - عملکرد بیولوژیک

اثر سطوح کود ازته مصرفی بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌داربود. افزایش عملکرد بیولوژیک ناشی از مصرف کود ازته به دلیل تأثیر مثبت ازت بر روی رشد گیاه، افزایش تعداد پنجه و بقای آنها، افزایش ارتفاع گیاه، افزایش قطر ساقه و نیز افزایش عملکرد دانه بود (داده‌های منتشر نشده). تأثیر مثبت ازت روی تجمع مادهٔ خشک توسط تعدادی از پژوهشگران گزارش شده است (۱۶، ۱۹ و ۳۲). اثر تقسیط کود ازته بر عملکرد بیولوژیک، در سطح احتمال ۷ درصد معنی‌دار بود. عملکرد بیولوژیک بالاتر در تیمار T_1 (جدول ۵)، به دلیل افزایش تعداد پنجه و بقای آنها، افزایش عملکرد دانه و همچنین احتمالا" در اثر افزایش ارتفاع گیاه بوده است. عملکرد بیولوژیک پایین‌تر در تیمار T_4 (جدول ۵) ممکن است ناشی از پایین بودن ارتفاع گیاه، کمی قطر ساقهٔ اصلی و کمی عملکرد دانه در اثر این تیمار بوده باشد (داده‌های منتشر نشده). برخی از پژوهشگران کاهش عملکرد بیولوژیک در واکنش به ازت را ناشی از تأخیر در مصرف آن دانسته‌اند (۱۰، ۲۵ و ۳۵). پژوهشگران دیگر نیز اثر متقابل میزان مصرف کود ازته و زمان مصرف آن را بر عملکرد بیولوژیک غیرمعنی‌دار گزارش کرده‌اند (۱۰ و ۳۳). با این حال، تیمار N_1T_4 (یک چهارم ۸۰ کیلوگرم ازت در هر یک از زمانهای کاشت، پنجه‌زنی، ساقه رفتن و سنبله رفتن) با تولید ۷۴۵۹/۲۷ و تیمار N_4T_1 (نصف ۱۶۰ کیلوگرم ازت در زمان کاشت و نصف دیگر در مرحلهٔ پنجه‌زدن) با تولید ۱۲۰۹۴/۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب کمترین و بیشترین عملکرد بیولوژیک را دارا بود.

۵ - مادهٔ خشک (DM)

در ارتباط مادهٔ خشک با درجه - روزهای رشد تجمعی، معادلهٔ $DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$، که در آن DM وزن خشک اندامهای هوایی و H میزان GDD تجمعی پس از کاشت می‌باشد، بهترین رابطه‌ای بود که در این بررسی توانست تغییرات تجمع مادهٔ خشک را در طول فصل رشد به خوبی توضیح دهد. ضرایب تبیین (R^2) بالا و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات مادهٔ خشک از نظر فیزیولوژیک،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

جدول ۵ - مقایسهٔ میانگین صفات مورد ارزیابی در سطوح متفاوت کود ازته و زمان مصرف آن*

صفت / تیمار	عملکرد بیولوژیک (kg/ha)	عملکرد دانه (kg/ha)
سطوح ازت[1]		
N_0	۷۴۸۰/۶۷d	۴۰۳۹/۰۷d
N_1	۷۵۴۷/۶۹c	۳۲۰۱/۶c
N_2	۹۶۸۱/۳۴b	۴۱۱۵۰۲b
N_3	۱۱۵۲۳/۰۷a	۴۸۸۸/۶۳a
N_4	۱۱۸۰۹/۰۹a	۵۰۰۵/۵۸a
زمان مصرف[2]		
T_0	۱۰۱۹۹/۷۲ab	۴۳۷۶/۲ab
T_1	۱۰۳۴۱/۰۴a	۴۳۹/۸۸a
T_2	۱۰۰۶۴/۳۶ab	۴۲۸۴/۸ab
T_3	۱۰۱۰۱/۰۳ab	۴۳۸۵/۲ab
T_4	۹۹۷۰/۳۴b	۴۲۲۷/۷۱b

*- در هر ستون ارقامی که با حروف مشابه نشان داده شده است فاقد اختلاف معنی‌دار ($p>0/05$) هستند.

۱-

N_0 = صفر کیلوگرم N_1 = ۴۰ کیلوگرم N_2 = ۸۰ کیلوگرم

N_3 = ۱۲۰ کیلوگرم N_4 = ۱۶۰ کیلوگرم

۲-

T_0 = تماماً در زمان کاشت

T_1 = $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت و $\frac{1}{2}$ در مرحلهٔ پنجه زنی

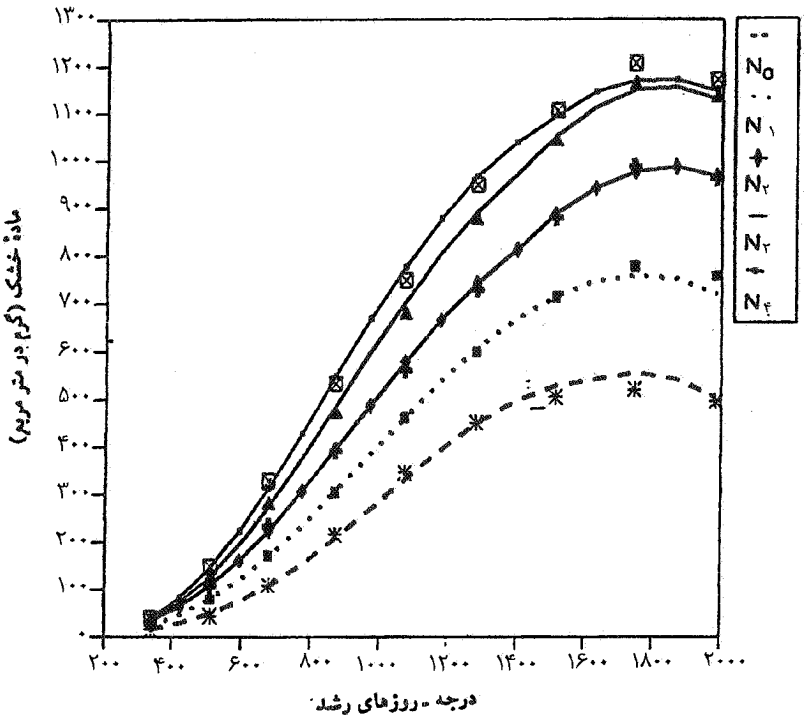
T_2 = $\frac{1}{2}$ در زمان کاشت و $\frac{1}{2}$ در زمان سنبله رفتن

T_3 = $\frac{1}{3}$ در زمان کاشت ، $\frac{1}{3}$ در زمان پنجه زنی و $\frac{1}{3}$ در مرحلهٔ سنبله رفتن

T_4 = $\frac{1}{4}$ در زمان کاشت ، $\frac{1}{4}$ در در مرحلهٔ پنجه زنی، $\frac{1}{4}$ در مرحله ساقه رفتن و $\frac{1}{4}$ در مرحلهٔسنبله رفتن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]



شکل ۲- تغییرات مادهٔ خشک (DM) نسبت به درجه روزهای رشد (GDD) تجمعی از زمان کاشت گندم رقم قدس در سطوح مختلف کود ازته. علایم، داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می دهند.

جدول ۶ - ضرایب معادلهٔ چند جمله‌ای تغییرات مادهٔ خشک اندامهای هوایی (DM) نسبت به درجه - روزهای رشد (GDD) در سطوح مختلف ازت و زمان مصرف آن

تیمار	a	b	c	d	R^2	معادلهٔ پیش‌بینی شده
N_0	-۴/۶۷۷۷۴۷۰۹۱	۰/۴۹۲۸۱۵۶۱۲	-۰/۰۰۴۹۱۰۲۵۲	-۳/۴۶×۱۰$^{-۷}$	۰/۹۹۸	$DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_1	-۵/۴۰۴۸۱۵۱۳۷	۰/۶۲۶۹۶۵۰۸۸	-۰/۰۰۸۸۳۴۸۴۵	۴/۱۸×۱۰$^{-۷}$	۰/۹۹۹	$DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_2	-۵/۸۴۴۱۸۰۹۲۱	۰/۷۰۲۶۰۳۸۱۳	-۰/۰۱۰۹۲۸۶۹۸	۷/۹۴×۱۰$^{-۷}$	۰/۹۹۹	$DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_3	-۶/۹۲۸۳۲۸۳۶۳	۰/۸۰۶۶۲۸۵۹۶	-۰/۰۱۳۲۳۶۵۱۵	۱/۰۹۹×۱۰$^{-۷}$	۰/۹۹۹	$DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_4	-۷/۴۰۹۵۰۵۸۳۳	۰/۸۶۳۵۵۲۴۰۷	-۰/۰۱۴۶۰۲۰۳	۱/۲۹۲×۱۰$^{-۷}$	۰/۹۹۹	$DM = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$

گویای انتخاب صحیح این معادله برای کلیهٔ تیمارها بود (داده‌های منتشر نشده). کریمی و سیدیک (۲۲) نیز رابطهٔ مشابهی را برای ارقام گندم استرالیایی به عنوان بهترین رابطه گزارش نموده‌اند. ضرایب a ، b ، c و d و ضرایب تبیین (R^2) معادلات برای سطوح مختلف کود ازته در جدول ۶ ارائه شده است. روند افزایش مادهٔ خشک در سطوح مختلف کود ازته به

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

صورت منحنی سیگموئیدی (S شکل) بود (شکل ۲). در اوایل فصل رشد سرعت تجمع مادهٔ خشک کم و تدریجی بود و با گذشت زمان و تولید پنجه و افزایش سطح برگ میزان فتوسنتز جامعهٔ گیاهی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع مادهٔ خشک شدت بیشتری به خود گرفته و بعد از آن به دلیل افزایش سن گیاه و پیری برگها از مقدار افزایش مادهٔ خشک کاسته شده و نهایتا" متوقف گردیده است. کاهش وزن خشک اندامهایی هوایی در اواخر فصل رشد، احتمالا" به دلیل زردی و یا ریزش احتمالی برگها و منفی شدن فتوسنتز خالص بود. وجود رابطهٔ نمایی در مورد نحوهٔ تغییرات مادهٔ خشک اندامهای هوایی بر حسب زمان و یا درجه ـ روزهای رشد به وسیلهٔ برخی از پژوهشگران مورد تأیید قرار گرفته است (۹، ۱۷، ۲۲ و ۲۹). میزان تجمع مادهٔ خشک در طول فصل رشد در تیمار N_4 (۱۶۰ کیلوگرم ازت در هکتار) بیشترین و در تیمار N_0 (بدون مصرف کود ازته) کمترین بود و این روند تا انتهای فصل رشد ادامه یافت (شکل ۴).

۶ - شاخص سطح برگ (LAI)

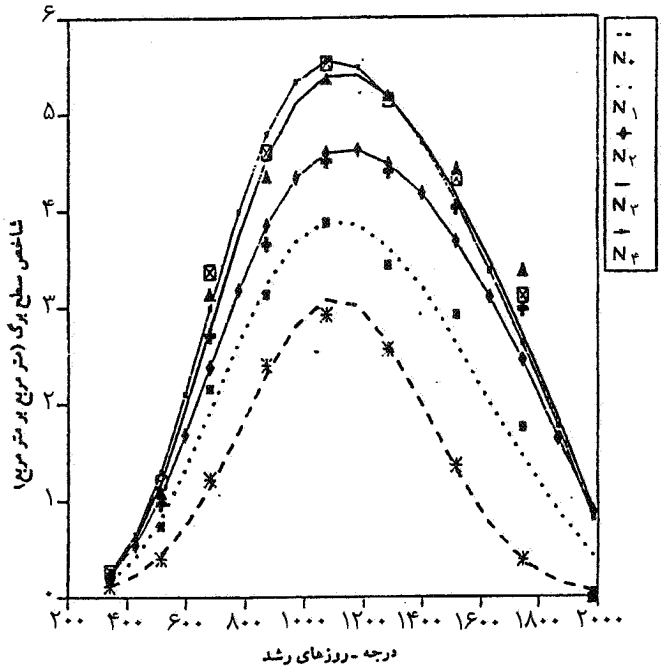
به منظور مطالعهٔ تغییرات شاخص سطح برگ نسبت به شاخص دمایی درجه ـ روز رشد، معادلات متعددی مورد آزمون قرار گرفت که در این میان، معادلهٔ نمایی $LAI = e^{a'+b'H+c'H^2+d'H^3}$ که ضرایب تبیین آن برای تیمارهای مختلف بیشتر از ۰/۹۹۶ (معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ بود (داده‌ها منتشر نشده)، به عنوان بهترین توجیه کنندهٔ تغییرات شاخص سطح برگ در طول فصل رشد تعیین گردید. ضرایب معادله و نیز ضرایب تبیین (R^2) معادلات برای سطوح مختلف کود ازته در جدول ۷ ارائه شده است. افزایش شاخص سطح برگ در ابتدای فصل، کند و تدریجی بود و با شروع پنجه‌زنی و متناسب با آن تولید برگ فراوان توسط گیاه، با سرعت زیادی افزایش یافت و در مرحلهٔ گرده‌افشانی به حداکثر مقدار خود رسید. در مرحلهٔ پر شدن دانه، تعداد زیادی از برگها که رشد آنها کامل شده است، مواد غذایی خود را به ساقه منتقل کرده و سپس زرد شده و از بین می‌روند. روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود ازته، از یک رابطهٔ درجه دوم پیروی می‌کند (شکل ۳). با مصرف مقادیر بالاتر کود ازته، سطح برگ در سطوح مختلف کود ازته، از یک رابطهٔ درجه دوم پیروی می‌کند (شکل ۳). با مصرف مقادیر بالاتر کود ازته، سطح برگ بیشتری به وجود آمده، که به نوبهٔ خود با جذب تشعشع بیشتر موجب افزایش میزان فتوسنتز در گیاه شده و در نتیجه مادهٔ خشک بیشتری تولید شده است (شکل ۲). محققین دیگر نیز نتایج مشابهی را به دست آورده‌اند (۱۹، ۲۱ و ۲۶).

۷ - سرعت رشد محصول (CGR)

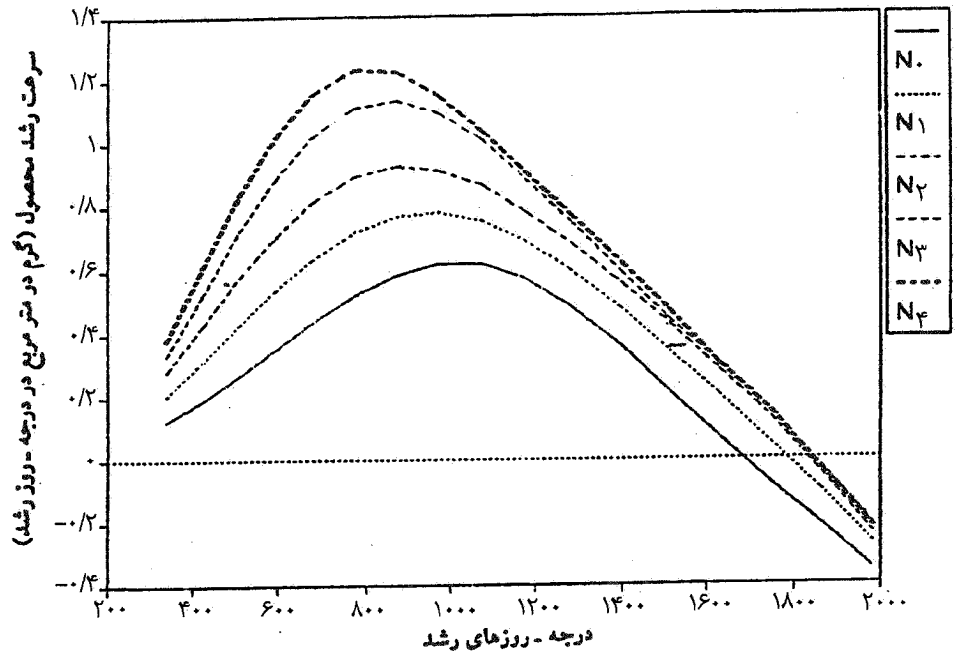
سرعت رشد محصول در کلیهٔ سطوح ازت، در طول فصل رشد افزایش یافته و در فاصلهٔ بین ۹۰۰ تا ۱۰۰۰ درجه ـ روز رشد به حداکثر مقدار خود رسیده و سپس کاهش یافته و در تیمارهای N_0 ، N_1 ، N_2 ، N_3 و N_4 به ترتیب در محدودهٔ ۱۶۹۰، ۱۷۹۰، ۱۸۳۰، ۱۸۳۵ و ۱۸۴۰ درجه ـ روز رشد، صفر شده و بعد از آن منفی گردیده است (شکل ۴). چنین روندی به دلیل افزایش تدریجی و فزایندهٔ جذب تشعشع خورشیدی، همزمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع مادهٔ خشک در گیاه می‌باشد. به طوری که با گذشت زمان، سرعت تجمع مادهٔ خشک پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگها و کاهش فتوسنتز خالص کاهش یافته و CGR تقلیل می‌یابد. کاهش CGR تا صفر را می‌توان به کاهش فتوسنتز خالص و منفی شدن آن را به کاهش مادهٔ خشک بر اثر ریزش برگها و فتوسنتز خالص منفی نسبت داد. ریزش برگها در تیمار N_0 بیشتر از سایر سطوح ازت بوده و به همین دلیل مقدار CGR این تیمار منفی‌تر شده است (شکل ۴). بیشترین مقدار CGR مربوط به تیمار N_4 و کمترین آن مربوط به N_0 بود. از ابتدای رشد تا حدود مرحلهٔ گرده‌افشانی افزایش LAI ،جبران کاهش NAR را کرده و در نتیجه CGR افزایش یافته است. در اواخر دورهٔ رشد، به دلیل کاهش LAI از یک طرف و کاهش NAR از طرف دیگر، روند تغییرات CGR سیر نزولی داشته است، به طوری که در مرحلهٔ خمیری شدن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]



شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به درجه روزهای رشد (GDD) تجمعی از زمان کاشت گندم رقم قدس در سطوح مختلف کود ازته. علایم، داده‌های اندازه‌گیری شده را نشان می دهند.



شکل ۴- تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) نسبت به درجه روزهای رشد (GDD) تجمعی از زمان کاشت گندم رقم قدس در سطوح مختلف کود ازته.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

جدول ۷ - ضرایب معادلهٔ چند جمله‌ای تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) نسبت به درجه ـ روزهای رشد (GDD) در سطوح مختلف ازت و زمان مصرف آن

تیمار	a	b	c	d	R^2	معادلهٔ پیش‌بینی شده
N_0	-۷/۶۹۵۵۸۰۳۲۴	۰/۱۸۸۹۰۴۴۲۵	-۰/۰۰۷۴۱۱۰۵۹	۴/۶۲۳×۱۰$^{-۶}$	۰/۹۹۶	$LAI = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_1	-۱۶/۴۸۱۱۰۹۸۵	۱/۱۵۳۰۵۶۲۳	-۰/۰۱۹۷۷۹۰۵	۱/۱۲×۱۰$^{-۶}$	۰/۹۹۶	$LAI = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_2	-۱۶/۸۹۲۵۲۳۳۸	۱/۲۴۷۷۳۱۶۶	-۰/۰۲۳۱۱۶۷۵	۲/۰۴×۱۰$^{-۶}$	۰/۹۹۶	$LAI = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_3	-۱۷/۵۹۶۳۴۴۹۱	۱/۳۱۲۰۱۲۵۳	-۰/۰۲۴۴۰۱۸۱	۲/۱۶×۱۰$^{-۶}$	۰/۹۹۶	$LAI = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$
N_4	-۱۷/۵۷۹۶۷۲۴۲	۱/۳۲۰۹۳۰۶۸	-۰/۰۲۴۶۵۱۱۶	۲/۱۵×۱۰$^{-۶}$	۰/۹۹۶	$LAI = e^{a+bH^{\frac{1}{2}}+cH+dH^2}$

دانه به صفر رسیده و سپس منفی گردیده است. بالا بردن میزان تنفس نسبت به میزان فتوسنتز جاری در مراحل انتهایی رشد، موجب منفی شدن NAR شده است و با توجه به این که شاخص سطح برگ نیز سیر نزولی را طی می‌کند، بنابراین CGR منفی می‌گردد. پس، این چنین استنباط می‌شود که منفی شدن شاخصهای رشد به دلیل کاهش فتوسنتز خالص و نیز کاهش ماده خشک به علت ریزش برگ و فتوسنتز منفی در انتهای دوره رشد بوده است. چنین روندی در تغییرات CGR با نتایج حاصل از مطالعات سایر پژوهشگران نیز مشابهت دارد (۷، ۹، ۱۷، ۱۸ و ۲۲).

۸ - میزان رشد نسبی (RGR)

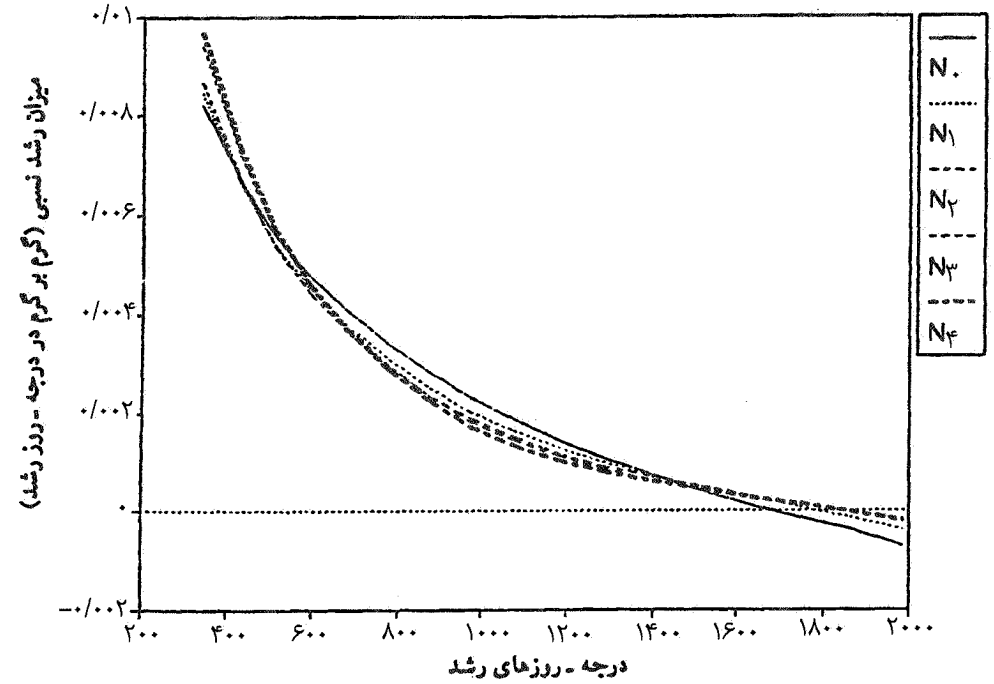
بیشترین RGR در اوایل فصل رشد، در کلیه سطوح ازت مشاهده شد و به تدریج با رشد گیاه و افزایش سن آن RGR کاهش یافت (شکل ۵). علت کاهش RGR در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سن برگهای پایین‌تر، در سایه قرار گرفتن آنها و نیز افزایش بافتهای ساختمانی که در فتوسنتز نقشی ندارند، نسبت داد. نتایج مشابهی در تأیید این روند، توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (۳، ۷، ۱۸ و ۲۲). کاهش RGR با افزایش درجه ـ روزهای رشد، در مراحل اولیهٔ رشد شدیدتر بوده و با گذشت زمان به تدریج از شدت آن کاسته شده است. بالاترین مقدار RGR در مراحل اولیهٔ رشد مربوط به تیمار N_4 و پایین‌ترین آنها مربوط به تیمار N_0 بود. زیادی مقدار RGR بر اثر مصرف مقادیر بالاتر ازت در اوایل فصل رشد، احتمالاً به دلیل افزایش NAR ناشی از این تیمارها و کارایی بالاتر مصرف ازت در تولید ماده خشک در این زمان می‌باشد. از آن جایی که ازت تأثیر مستقیم بر روی افزایش سطح برگ و در نتیجه NAR دارد، بنابراین تیمار N_4 در اوایل رشد بیشترین مقدار RGR را به خود اختصاص داده است. مقادیر پایین‌تر RGR در اواسط فصل رشد در سطوح بالاتر ازت ممکن است به دلیل کاهش بیشتر NAR در این تیمارها باشد. سرعت رشد نسبی بسته به تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابدو به همین دلیل با افزایش سن برگهای پایین‌تر، در سایه قرار گرفتن و ریزش آنها، افزایش بافتهای ساختمانی و مقدار تنفس و نیز منفی شدن CGR، مقدار آن در اواخر فصل رشد منفی می‌گردد (۷، ۱۸ و ۲۲).

۹ - میزان جذب خالص (NAR)

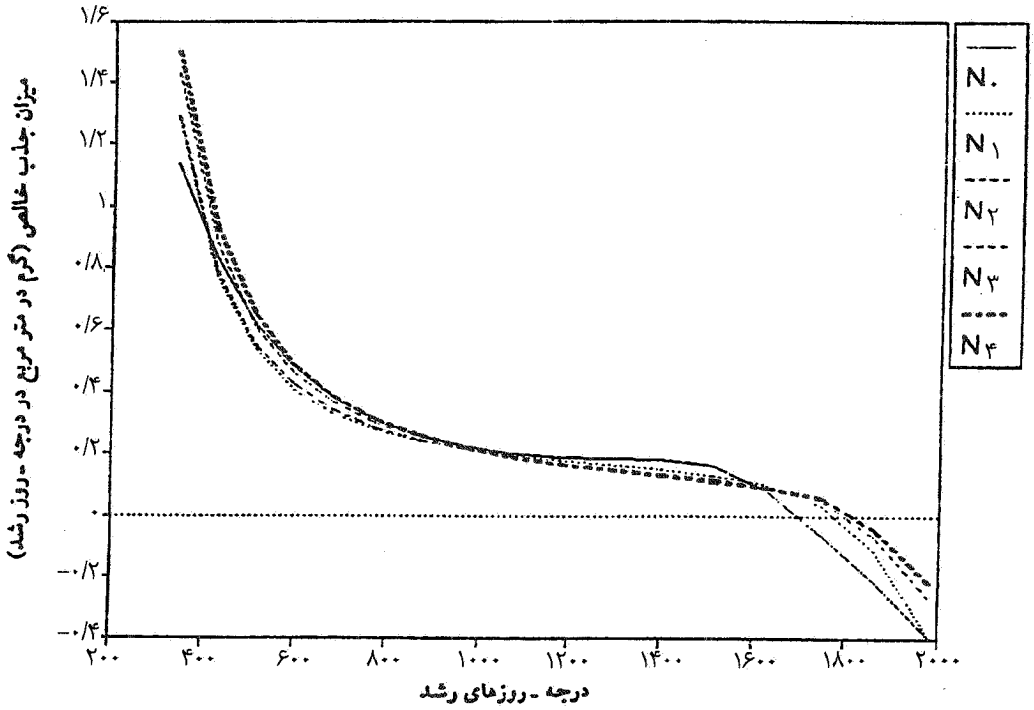
در کلیهٔ سطوح ازت، NAR در اوایل فصل رشد بالا بوده و به تدریج همراه با رشد و افزایش سن گیاه تا محدودهٔ ۱۰۰۰

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]



شکل ۵- تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) نسبت به درجه روزهای رشد (GDD) تجمعی از زمان کاشت گندم رقم قدس در سطوح مختلف کود ازته



شکل ۶- تغییرات جذب خالص (NAR) نسبت به درجه روزهای رشد (GDD) تجمعی از زمان کاشت گندم رقم قدس در سطوح مختلف کود ازته

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

درجه ـ روز رشد کاهش شدیدی داشته است (شکل ۶). این امر احتمالاً" به دلیل سایه‌اندازی برگها بر روی یکدیگر و کاهش کارایی فتوسنتزی برگها می‌باشد. از حدود ۱۰۰۰ تا ۱۶۰۰ درجه ـ روز رشد روند تغییرات NAR کاهش ناچیزی داشته است، که ممکن است به دلیل اهمیت ضمایم سبز گیاه به غیر از برگها در فتوسنتز و نیز کاهش سطح برگ بوده باشد. زیادی NAR در تیمارهای بالای ازت در اوایل فصل رشد، می‌تواند به دلیل سطح زیادتر برگ و عدم سایه‌اندازی برگها بر روی یکدیگر باشد. مقادیر پایین‌تر NAR در اواسط فصل رشد در سطوح بالاتر ازت، نیز ممکن است به دلیل بالاتر بودن شاخص سطح برگ و سایه‌اندازی بیشتر برگها بر روی یکدیگر اتفاق افتد. پژوهشگران دیگر نیز کاهش NAR را در طول فصل رشد گزارش نموده‌اند (۵، ۶ و ۸). در این آزمایش، زمانهای مختلف مصرف کود ازته و اثرات متقابل میزان و زمان مصرف ازت در طول فصل رشد، تأثیر چندانی بر روی روند تغییرات هر یک از شاخصهای رشد مورد بررسی نداشت.

۱۰ - همبستگی بین حداکثر مقادیر شاخصهای رشد و عملکرد دانه

حداکثر مقادیر شاخصهای رشد مورد بررسی، همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح احتمال ۱٪) با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۸)، به طوری که بالاترین همبستگی به شاخص سطح برگ و پایین‌ترین آنها به میزان رشد نسبی تعلق داشت (به ترتیب $r = ۰/۹۸$ و $r = ۰/۸۵$). همچنین، حداکثر سرعت رشد محصول، همبستگی بالایی با عملکرد دانه نشان داد. همبستگی بین حداکثر LAI و عملکرد دانه، مبیّن این واقعیت است که CGR بالاتر می‌تواند به مقادیر LAI بالاتر نسبت داده شود. به علاوه، میزان رشد نسبی بالاتر در طول مرحلهٔ رشد رویشی، منجر به سرعت رشد محصول بیشتر در طول مرحلهٔ سنبله‌دهی و پر شدن دانه می‌شود و در نتیجه، بالا بودن CGR در طول این دوره، موجب افزایش میزان عملکرد بیولوژیک و نهایتاً" میزان عملکرد دانه می‌گردد. کریمی و سیدیک (۲۲) نیز نشان دادند که عملکرد بالای ارقام جدید زودرس گندم در استرالیا، به خاطر میزان رشد نسبی بیشتر آنها در طول مرحلهٔ رشد رویشی بوده، که منجر به سرعت رشد محصول بیشتر در طول مرحلهٔ ظهور سنبله و پر شدن دانه می‌شود.

نتیجه گیری

به طور خلاصه می‌توان گفت که با افزایش مصرف کود ازته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری افزایش یافت. اثر تقسیط کود ازته بر روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود. مصرف ۱۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار با میانگین عملکرد ۵۰۰۵/۵۸ کیلوگرم در مقایسه با سایر مقادیر آن، هر چند با سطح کودی ۱۲۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار از نظر آماری در یک گروه قرار گرفت، ولی بالاترین عملکرد دانه را تولید کرد. تیمار T_1 ($\frac{1}{2}$ ازت در زمان کاشت $\frac{1}{2}$ در مرحلهٔ سنبله‌رفتن) با میانگین ۴۳۹۱/۸۸ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با سایر زمانهای مصرف کود ازته بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد، در عین حال با تیمارهای T_1 ، T_2 و T_3 اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان تجمع مادهٔ خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول در طول فصل رشد در سطوح بالای کود ازته، در مقایسه با سطوح پایین آن، بالاتر بود. شاخص سطح برگ با گذشت زمان و تا مرحلهٔ گرده‌افشانی زیاد شده و سپس کاهش می‌یابد. تغییرات میزان رشد نسبی و میزان جذب خالص نسبت به درجه ـ روزهای رشد، در سطوح مختلف کود ازته روند کاهشی نشان داد، به طوری که در ابتدای فصل رشد زیاد و با گذشت زمان تا صفر کاهش یافته و سپس منفی گردید.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

منابع مورد استفاده

۱ - امام،ی. و م. نیک نژاد. ۱۳۷۳. مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.

۲ - جعفرزاده، ع. ا.، ر. کسرایی و م. ر. نیشابوری. ۱۳۷۴. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی مطالعات تفصیلی ۱۸ هکتار از اراضی و خاکهای ایستگاه تحقیقاتی کرکج. انتشارات ادارهٔ امور پژوهشی دانشگاه تبریز.

۳ - سرمدنیا، غ، و ع. کوچکی. ۱۳۶۸. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

۴ - کریمی، م. ۱۳۷۲. آنالیز شاخصهای رشد بر اساس واحد گرمایی. خلاصه مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج.

۵ - کوچکی، ع. و م. نصیری محلاتی. ۱۳۷۱. اکولوژی گیاهان زراعی (جلد اول). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

۶ - کوچکی، ع.، م.ح. راشد محصل، م. نصیری و ر. صدرآبادی. ۱۳۶۷. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۷ - لباسچی، م. ح.، ع. رضایی و م. کریمی. ۱۳۷۳. بررسی شاخصهای فیزیولوژیکی رشد مؤثر بر عملکرد یولاف و ارقام جو. فصلنامهٔ پژوهش و سازندگی، انتشارات اطاق چاپ.

۸ - هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی، مشهد.

9 - Austin, R.B., J.A. Edrich, M.A. Ford and R.D. Blackwell. 1977. The fate of dry matter, carbohydrates and C^{14} lost from the leaves and the stems of wheat during grain filling. Ann. Bot. 41: 1309-1321

10 - Ayoutb. M., S. Guertin. S. Lussier and D.L. Smith. 1994. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in eastern Canada. Crop Sci. 34: 748-756.

11 - Banziger. M., B. Feil and P. Stamp. 1994. Competition between nitrogen accumulation and grain growth for carbohydrates during grain filling of wheat. Crop Sci. 34: 440-446.

12 - Bauer. A., A.B. Frank and A.L. Black. 1984. Estimation of spring wheat leaf growth rates and anthesis from air temperature. Agron. J. 76: 829-835.

13 - Boyde, D.A., L.T.K. Yuen and P. Needham. 1976. Nitrogen requirements of cereals. I: Response curve. Agric. Sci. Camb. 87:149-162.

14 - Bulman. P. and D.L. Smith. 1993. Yield and yield components response of spring barley to fertilizer nitrogen. Agron. J. 85: 226-231.

15- Buttery, B.R. 1969. Analysis of the growth of soybeans as affected by plant population and fertilizer. Can. J. Plant Sci. 49: 675-684.

16 - Camberato, J.J. and B.R. Bock. 1990. Spring wheat response to enhanced amonium supply. I:Dry matter and nitrogen content. Agron. J. 82: 463-467.

17 - Campbell, C.A. H.R. Davidson and T.N. McGaig. 1983. Disposition of nitrogen and soluble sugars in Manitou spring wheat as influenced by N fertilizer, temperature and duration of moisture stress. Can. J. Plant Sci. 63: 73-90.

18 - Davidson, H.R. and C.A. Campbell. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of Manitou spring wheat as influenced by nitrogen, temperature and moisture. Can. J. Plant Sci. 64: 825-839.

19 - Fischer, F.A. 1993. Irrigated spring wheat and timing and amount of nitrogen fertilizer. II: Physiology of grain yield response. Field Crops Res. 33: 57-80.

20 - Frank, A.B. and A. Bauer. 1996. Temperature, nitrogen and carbon dioxide effects on spring wheat development and spikelet numbers. Crop Sci. 36: 659-665.

21 - Frederick, J.R. and J.J. Camberato. 1994. Leaf net CO_2-exchange rate and associated leaf traits of winter

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]

wheat grown with various spring nitrogen fertilization rates. Crop Sci. 34: 432-439.

22 - Karimi, M.M. and K.H.M. Siddique. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Aust. J. Agric. Res. 42: 13-20.

23 - Khalifia, M.A. 1973. Effects of nitrogen on leaf area index, leaf area duration, net assimilation rate, and yield of wheat. Agron. J. 65: 253-256.

24 - Morghan, J. and L.J. Smith. 1996. Nitrogen in sugarbeet tops and the growth of a subsequent wheat crop. Agron. J. 88: 521-526.

25 - Mossedaq, F. and D.H. Smith. 1994. Timing nitrogen application to enhance spring wheat yields in a mediterranean climate. Agon. J. 86: 221-226.

26- Pearman, I., S.M. Thomas and G.N. Thoren. 1978. Effect of nitrogen fertilizer on growth and yield of semi-dwarf and tall varieties of winter wheat. J. Agric. Sci. Camb. 91: 31-45.

27 - Russell, M.P., W.W. Wilhelm, R.A. Olson and J.F. Power. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Sci. 24:28-32.

28 - Sibma, L. 1970. Relation between total radiation and yield of some field crops in the Netherlands. Neth. J. Agric. Sci. 18: 126-131.

29 - Siddique, K.H.M., R.K. Belford, M.W. Perry and D. Tennant. 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean type environment. Aust. J. Agric. Res. 40: 473-487.

30 - Simons, R.G. 1982. Tiller and ear Production of winter wheat. Field Crops Abst. 35: 857-870.

31 - Smith, C.J., J.R. Freney, S.L. Chapman and I.E. Galbally 1989. Fate of urea nitrogen applied to irrigated wheat at heading. Aust. J. Agric. Res. 40: 951-963.

32 - Spierts, J.H.J. and N.M. Devos. 1983. Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. Plant and Soil. 75: 379-391.

33 - Stanford, G. and A.S. Hunter. 1973. Nitrogen requirements of winter wheat (Triticum aestivum L.) varieties Lueboy and Redcoat. Agron. J. 65: 442-447.

34 - Tesar, M.B. 1984. Physiological basis of crop growth and development. Am. Soc. Agron. Madison. Wisconsin. pp. 291-321.

35 - Zebart, B.J. and R.W. Sheard. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization on yield and quality of hard red winter wheat in Ontario. Can. J. Plant Sci. 72: 13-19.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-10]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1377.2.2.6.2]