ارزیابی کاربرد کود نیتروژن بر تجمع، تسهیم و انتقال مجدد ماده خشک در دو هیبرید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)

بهروز فرخی[۱]، ابراهیم خلیل‌وند بهروزیار[۲*]، بهرام میرشکاری[۳] ، مهرداد یارنیا[۴] و ورهرام رشیدی[۵]
۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.
نویسنده مسئول*: e.khalilvand@iaut.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.
تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۵/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی کاربرد کود نیتروژن بر تجمع، تسهیم و انتقال مجدد ماده خشک در دو هیبرید آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های تصادفی در سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در روستای قلعه شهرستان سلطانیه در استان زنجان طی دو سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳ به‌اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایشی شامل: دو هیبرید سینگل‌کراس آفتابگردان در دو سطح (شمس و قاسم) در کرت اصلی و پنج سطح نیتروژن کودی شامل: (تیمارهای شاهد، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره) در کرت فرعی بودند. برطبق نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، برهمکنش سه‌جانبه (سال × کود × رقم) بر وزن خشک برگ و اندام رویشی در گرده‌افشانی و برهمکنش (سال و بلوک) بر وزن خشک ساقه، طبق، اندام رویشی در رسیدگی، میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد و برهمکنش (سال و کود) بر وزن خشک ساقه و میزان انتقال مجدد و برهمکنش (کود و رقم) بر وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی، میزان انتقال مجدد، کارایی انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و عملکرد دانه آفتابگردان معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با بیشترین میانگین‌های ۵۲۰۱ و ۳۸۵۲ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین‌های عملکرد دانه به‌مقدار ۳۳۴۷ و ۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌ترتیب به‌میزان ۵۵/۴ و ۳۵/۶۸ درصد را نشان دادند. میزان انتقال مجدد در تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با بیشترین میانگین‌های ۷۵۳/۸ و ۶۸۴/۵ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با کم‌ترین میانگین‌های میزان انتقال مجدد به‌مقدار ۵۲۴/۳ و ۵۰۴/۲ کیلوگرم بر هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۴۳/۷۷ و ۳۵/۷۶ درصد را داشتند. در این تحقیق، در هر دو سال زراعی با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های گیاه آفتابگردان بتدریج افزایش یافت و این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم معنی‌دار بود. در مقابل میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان بتدریج کم‌تر شده است که این کاهش در هیبرید قاسم نسبت‌به هیبرید شمس محسوس‌تر بود. براساس نتایج حاصله با افزایش مصرف نیتروژن، عرضه مواد پرورده جهت تولید عملکرد دانه افزایش و میزان انتقال مجدد کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد ماده خشک، سطوح نیتروژن، عملکرد دانه و آفتابگردان.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

مقدمه

گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) به‌عنوان یکی از چهار گیاه روغنی مهم جهان، به‌دلیل سازگاری بالا با محیط و آب‌وهوای مختلف، به‌طور گسترده در کشورها و مناطق مختلف کشت می‌شود. آفتابگردان یک محصول رقابتی با هدف حصول غلظت بالای روغن و پروتئین است که در معرض تنوع ژنوتیپی و محیطی می‌باشد (Sinha *et al*., 2017). توسعه گونه‌های پرمحصول این گیاه، نیازمند دانش مکانیسم‌های فیزیولوژیکی و مولکولی دخیل در شکل‌گیری عملکرد است. قدرت منبع، تقاضای مقصد و برهمکنش‌های آن‌ها نقش مهمی در شکل‌گیری عملکرد گیاه آفتابگردان ایفا می‌کنند (Ma *et al*., 2015). غلات تحت‌اثر مجموعه‌ای از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی هستند. در غلات تأمین مواد فتوسنتزی دانه از طریق جذبی که مستقیماً به دانه‌ها منتقل می‌شود و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی که به‌طور موقت در بخش‌های رویشی گیاه ذخیره شده‌اند، انجام می‌شود (Santiveri *et al*., 2004). بنابراین ذخایر ذخیره‌شده در قسمت‌های رویشی گیاه قبل‌از گلدهی احتمالاً عملکرد دانه را در برابر شرایطی که برای جذب در طول دوره پرشدن دانه نامطلوب می‌باشد، کاهش می‌دهد (Przulj and Momcilovic, 2001). تداوم انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال رشد، عمدتاً تقاضای مقصد را تعیین می‌کند (Saadatmand *et al*., 2024). تولید مواد فتوسنتزی، ذخیره‌سازی و تسهیم آن‌ها، مسیرهای متعددی را برای گیاهان فراهم می‌کند (Lichthardt *et al*., 2020). استفاده کارآمد از کود نیتروژن هم برای امنیت غذایی و هم جهت حفظ محیط‌زیست ضروری است (Ma *et al*., 2022). نیتروژن می‌تواند به‌طور چشم‌گیری بر میزان فتوسنتز گیاهان اثر بگذارد. تحت کوددهی سنتی یا کاربرد نامناسب نیتروژن، نیتروژن برگ گیاهان اغلب برای حمایت از تجمع پروتئین دانه به جای فتوسنتز در مراحل بعدی رشد محصول، توزیع مجدد می‌شود. کودهای کنترل‌شده با تطبیق الگوی آزادسازی مواد مغذی با نیاز نیتروژنی محصول، به‌طور مؤثری از هدررفت نیتروژن کم‌کرده و موجب افزایش عملکرد می‌شوند (Ren *et al*., 2025). کاربرد نیتروژن می‌تواند عملکرد دانه را افزایش دهد، اما ممکن است اثرات مضری بر غلظت روغن دانه داشته باشد، به‌خصوص هنگامی‌که با نرخ بالا اعمال شود. بااین‌حال، میزان پاسخ هر صفت به‌کاربرد نیتروژن به ژنوتیپ و شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد (Nasim *et al*., 2017; Diovisalvi *et al*. 2018). طی آزمایشات انجام شده در گیاه آفتابگردان کاربرد تیمارهای خاک‌مصرف به‌میزان ۵۰ درصد کود نیتروژن و محلول‌پاشی برگی به‌مقدار ۰/۴ و ۰/۶ درصد نانواره سبب شد وزن دانه در هر بوته به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یابد (Devi *et al*., 2024). در یک تحقیق در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) با روش کم خاک‌ورزی همراه‌با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در شیوه کشت نشایی توانست سبب افزایش انتقال مجدد ماده خشک و عملکرد دانه در اراضی شالیزاری استان گیلان شود (ربیعی و همکاران، ۱۴۰۳). در یک بررسی در گیاه آفتابگردان با افزایش عرضه نیتروژن، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

و جذب کل نیتروژن به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت (Kurdali and Attar, 2025). در یک آزمایش، کاربرد ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، میزان بهینه برای کاشت زودهنگام گیاه آفتابگردان در خاک‌های مرطوب ساحلی دلتای گنگ را فراهم کرد (Sarker *et al*., 2022). در آزمایشی دیگر عملکرد، اجزای عملکرد و زیست‌توده هوایی گیاه آفتابگردان در ابتدا با افزایش سطح آبیاری و میزان مصرف نیتروژن افزایش یافته و سپس تثبیت شد (Chen *et al*., 2025). براساس نتایج آزمایشی در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌توان کاربرد ۱۲ تن زئولیت به‌همراه مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار را مؤثرترین تیمار به‌عنوان ماده افزودنی به خاک جهت افزایش شاخص‌های کارآیی مصرف نیتروژن موردِ استفاده قرارداد (نوریانی، ۱۴۰۴). همچنین طی تحقیقی سطوح بهینه نیتروژن و کاربرد نانواوره توانست به‌طورقابل‌توجهی بهره‌وری گیاه آفتابگردان را بهبود بخشد. نتایج این مطالعه پیامدهای مهمی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت کارآمدِ مواد مغذی برای افزایش عملکرد گیاه آفتابگردان در شرایط آبیاری را داشت (Hulmani *et al*., 2024). هدف از این مطالعه تعیین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاه آفتابگردان و همچنین تجمع، تسهیم و انتقال مجدد ماده خشک در دو هیبرید آفتابگردان شمس و قاسم در منطقه زنجان بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های متوالی ۱۴۰۴ و ۱۴۰۳ در مزرعه‌ای واقع در روستای قلعه از توابع بخش مرکزی شهرستان سلطانیه در فاصله ۴۳ کیلومتری شهر زنجان قرار دارد، اجرا گردید. این آزمایش به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. عوامل مورد آزمایش عبارت بودند از: کرت اصلی شامل: دو هیبرید آفتابگردان شمس و قاسم و کرت فرعی شامل: پنج سـطح نیتروژن کودی شامل: تیمارهای شاهد، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (از منبع اوره).

قبل‌از شروع آزمایش، به‌منظور تعیین ویژگی فیزیکوشیمیایی خاک محل، نمونه‌برداری‌های لازم از خاک انجام شد. جدول ۱ نتایج تجزیه خاک محل موردِ آزمایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد آزمایش طی سال‌های ۰۴-۱۴۰۳

کربن آلی (درصد)	ماده آلی (درصد)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت‌الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	اسیدیته	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	بافت‌خاک
۱/۷	۲/۹	۶۸	۱۸	۱۴	۱/۵۶	۷/۵۳	۴۸	۱۸	۰/۱۳۳	لوم‌شنی

بعداز انجام شخم و دیسک مزرعه، کودهای فسفر از نوع سوپرفسفات‌تریپل و پتاسیم از نوع سولوپتاس به‌صورت پیش‌کاشت و برحسب نتایج تجزیه مواد غذاییِ خاک، مصرف شد. آبیاری هر هفت روز یک بار انجام پذیرفت. هیبریدهای آفتابگردان با تراکم ۹ بوته در مترمربع در کرت‌های آزمایشی به طول ۳ متر و عرض ۴/۵ متر (۶ خط کاشت با فاصله بین

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

ردیف ۷۵ سانتی‌متر) کشت شد. در هر تکرار آزمایش، بین کرت‌های فرعی یک متر و بین کرت‌های اصلی دو متر فاصله درنظر گرفته‌شد. طی دو سال زراعی، وجین علف‌های هرز در تمام تیمارها به‌صورت دستی انجام شد و مزرعه عاری از بیماری و آفات بود.

هیبریدهای شمس و قاسم جزو بذور هیبرید سینگل‌کراس هستند. بذور هیبرید سینگل‌کراس نسل F1 از طریق تلاقی لاین نر عقیم سیتوپلاسمی (A-لاین) با لاین برگشت‌دهنده باروری (R-لاین) تهیه می‌شوند. بذور هیبرید از پایه مادری برداشت و به عنوان بذر گواهی شده جهت کشت گسترده توزیع می‌شوند. هیبرید سینگل‌کراس شمس با اعمال روش گزینش همزمان و از تلاقی لاین نر AF81-112 با لاین رستورر RF81-82 به دست آمده است. هر دو هیبرید از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند.

کود نیتروژن (منبع اوره) مورد نیاز برای هر یک از سطوح تیمارهای کودی به سه بخش تقسیم شد. یک بخش از آن پیش‌از کاشت، یک بخش در مرحله ۷-۶ برگی و یک بخش در مرحله ظهور طبق به‌صورت خاک‌مصرف استفاده شد. تیمارها شامل شاهد، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بودند. تیمار شاهد بدون مصرف کود نیتروژن بود. سایر تیمارها نیز به سه قسمت تقسیم شدند و در هر مرحله ذکرشده، به خاک مزرعه اضافه شدند.

در این آزمایش برای اندازه‌گیری وزن خشک ساقه، برگ، طبق، اندام رویشی در زمان گرده‌افشانی، اندام رویشی در زمان رسیدگی و عملکرد دانه از هر کرت، ۵ بوته برداشت شد که یکی از بوته‌ها به عنوان داده پرت حذف شد و از ۴ بوته دیگر میانگین گرفته شد. سطح برداشت ۷ مترمربع در هر کرت بود. اثر حاشیه از طرفین کرت به مقدار ۱ متر حذف شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه در مرحله رسیدگی، محاسبه براساس وزن دانه‌های پُر با اعمال تراکم در هکتار برحسب کیلوگرم اعمال شد. سپس میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد بر حسب وزن خشک اندام‌های رویشی در زمان گرده‌افشانی و رسیدگی در رابطه‌های ذکر شده، جایگذاری گشته و محاسبه شدند. برای خشک‌کردن ساقه، برگ و طبق گیاه آفتابگردان، از آون تهویه‌دار با دمای ۷۵°C به‌مدت ۴۸ ساعت استفاده شد و سپس اندام‌ها به تفکیک توزین گردیدند.

میزان انتقال مجدد بر اساس رابطه ۱ بر حسب کیلوگرم بر هکتار اندازه گیری شد (Ehdaie *et al*., 2006; López Pereira *et al*., 2008):

رابطه ۱: $$R = Y2 - Y1$$

R: میزان انتقال مجدد، Y_2: وزن خشک اندام‌های رویشی در زمان گرده‌افشانی، Y_1: وزن خشک اندام‌های رویشی در رسیدگی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

سهم انتقال مجدد بر اساس رابطه ۲ بر حسب درصد محاسبه گردید (Ehdaie *et al*., 2006; López Pereira *et al*., 2008):

رابطه ۲: $$RC = \frac{R}{GY} \times 100$$

RC: سهم انتقال مجدد، R: میزان انتقال مجدد، GY: عملکرد دانه.

کارایی انتقال مجدد بر اساس رابطه ۳ بر حسب درصد محاسبه گردید (Ehdaie *et al*., 2006; López Pereira *et al*., 2008):

رابطه ۳: $$RE = \frac{R}{Y2} \times 100$$

RE: کارایی انتقال مجدد، R: میزان انتقال مجدد، Y_2: وزن خشک اندام‌های رویشی در زمان گرده‌افشانی.

پس از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات، از نرم‌افزار (SAS) جهت تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها استفاده شد و میانگین تیمارها به روش آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها با کمک نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات حاصل از وزن خشک ساقه در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثرهای رقم و کود در سطح احتمال یک درصد و اثر سال، برهمکنش سال × بلوک و سال × کود در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای سال اول + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال دوم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین‌های ۲۲۹۴ و ۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال اول + عدم کوددهی و سال دوم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین وزن خشک ساقه به‌مقدار ۱۲۱۷ و ۱۱۳۹ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۸۸/۵ و ۱۲۱/۱ درصد را نشان دادند. با افزایش نیتروژن مصرفی، وزن خشک ساقه در گیاه آفتابگردان بتدریج بیشتر شده که این افزایش در سال دوم نسبت‌به سال اول در تیمارهای کودی ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی‌دار بود (جدول ۴).

وزن خشک ساقه، فعالیت اندام‌های فتوسنتزی و رشد گیاه را نشان می‌دهد. پتانسیل ساقه برای ذخیره‌سازی کربوهیدرات‌ها بستگی به طول و چگالی وزنی ساقه دارد (Zhang *et al*., 2014). در یک تحقیق، با مصرف سطوح مختلف نیتروژن در گیاه آفتابگردان، وزن خشک ساقه زیاد شد (شری‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). طی تحقیقی با کاربرد نیتروژن به‌میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل و بعداز گلدهی آفتابگردان، تخصیص ماده خشک به ساقه بیشترین مقدار بود (Khan *et al*., 2025).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس حاصل از وزن خشک برگ در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثرهای رقم و کود در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سال × بلوک، سال × رقم، سال × کود، کود × رقم و سال × کود × رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). برهمکنش سه‌جانبه در سال اول زراعی نشان داد که تیمارهای سال اول + هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال اول + هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۲۱۱ و ۱۹۸۹ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال اول + هیبرید شمس + عدم کوددهی و سال اول + هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین‌های وزن خشک برگ به‌مقدار ۱۰۹۰ و ۹۵۲/۷ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۱۰۲/۸۴ و ۱۰۸/۷۸ درصد را داشتند. همچنین در سال دوم زراعی تیمارهای سال دوم + هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال دوم + هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین ۲۴۴۰ و ۱۸۲۹ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال دوم + هیبرید شمس + عدم کوددهی و سال دوم + هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین وزن خشک برگ به‌مقدار ۱۱۴۹ و ۹۲۷/۷ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۱۱۲/۳۶ و ۹۷/۲ درصد را نشان دادند. با افزایش نیتروژن مصرفی، وزن خشک برگ در گیاه آفتابگردان بتدریج بیشتر شد که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم بیشتر بود. همچنین در هیبرید شمس در سال دوم نسبت‌به سال اول افزایش معنی‌دار بود. مصرف تیمارهای کودی ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، اختلاف آماری معنی‌داری نسبت‌به تیمار شاهد و همچنین نسبت‌بهم در هر دو سال زراعی نشان دادند (جدول ۶).

در گیاه آفتابگردان، اثر ژنوتیپ در سطح منبع ازطریق تفاوت در ظرفیت سبزماندن و دینامیک پیری برگ‌ها مشاهده می‌شود. در یک بررسی، با کاربرد سطوح مختلف نیتروژن، وزن خشک برگ‌ها در بوته آفتابگردان زیاد شد (شری‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). طی تحقیقی، در شروع گرده‌افشانی آفتابگردان در ارقام قاسم و آذرگل، وزن خشک برگ‌ها به‌ترتیب ۹/۸ و ۵/۹ گرم در بوته گزارش شد (نجف‌آبادی و همکاران، ۱۴۰۴).

وزن خشک طبق

نتایج تجزیه واریانس حاصل از وزن خشک طبق در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود و برهمکنش سال × بلوک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای سال اول + بلوک سه و سال دوم + بلوک دو با بیشترین میانگین‌های ۹۵۵/۷ و ۸۹۸/۹ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال اول + بلوک یک و سال دوم + بلوک یک با کم‌ترین میانگین وزن خشک ساقه به‌مقدار ۵۵۸/۶ و ۵۳۵/۸ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۷۱/۱ و ۶۷/۷۷ درصد را نشان دادند (جدول ۳).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

اندازه و وزن طبق، پتانسیل عملکرد در گیاه آفتابگردان را نشان می‌دهد. همزمان با تشکیل طبق، میزان قابل‌توجهی اسمیلات، به آن اختصاص می‌یابد. طی تحقیقی، با کاربرد نیتروژن به‌میزان ۵۰، ۷۵ و۱۰۰ درصد، وزن خشک طبق آفتابگردان بتدریج زیاد شد (شری‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲). در یک بررسی در گیاه آفتابگردان با بالاترین میزان مصرف نیتروژن در حدود ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، حداکثر قطر طبق، وزن طبق با دانه، تعداد دانه در طبق و وزن دانه طبق حاصل شد (Mahapatra *et al*., 2024). طی آزمایشی دیگر در گیاه آفتابگردان استفاده از نیتروژن به‌میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله قبل و بعداز گلدهی، سبب شد که وزن خشک طبق‌ها به حداکثر مقدار برسد (Khan *et al*., 2025).

وزن خشک اندام رویشی در زمان گرده‌افشانی

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات حاصل از وزن خشک اندام رویشی در گرده‌افشانی در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثر رقم و برهمکنش سال × بلوک، کود × رقم و سال × کود × رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). برهم‌کنش سه‌جانبه در سال اول زراعی نشان داد که تیمارهای سال اول + هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال اول + هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین ۶۰۹۵ و ۵۵۱۹ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال اول + هیبرید شمس + عدم کوددهی و سال اول + هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین وزن خشک برگ به‌مقدار ۳۵۱۰ و ۲۸۴۰ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۷۳/۶۵ و ۹۴/۳۳ درصد را داشتند. همچنین در سال دوم زراعی تیمارهای سال دوم + هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال دوم + هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین ۶۳۷۹ و ۴۹۴۷ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای سال دوم + هیبرید شمس + عدم کوددهی و سال دوم + هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین وزن خشک برگ به‌مقدار ۳۱۲۵ و ۲۹۱۷ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۱۰۴/۱۳ و ۶۹/۶ درصد را نشان دادند. با افزایش نیتروژن مصرفی، وزن خشک اندام رویشی در گرده‌افشانی در گیاه آفتابگردان در هر دو سال زراعی بتدریج بیشتر شد که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم بیشتر بود. مصرف تیمارهای کودی ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، اختلاف آماری معنی‌داری نسبت‌به تیمار شاهد و همچنین نسبت‌بهم در هر دو سال زراعی نشان دادند (جدول ۶).

از اولین گرده‌افشانی تا بلوغ فیزیولوژیکی، جریان بی‌وقفه مواد فتوسنتزی تا پرشدن دانه وجود دارد (Saeedipour and Moradi, 2011). طی تحقیقی ترکیب دور آبیاری متوسط و کوددهی، انتقال و تجمع ماده خشک را پس‌از گرده‌افشانی در گندم زمستانه بهبود بخشید و ظرفیت تولید آن را افزایش داد (Ma *et al*., 2024). در یک بررسی در گیاه ذرت تیمارهای NO_3—N و NH_{4+}-N تجمع کل ماده خشک را در مراحل گرده‌افشانی و رسیدگی گیاه افزایش داد (Wu *et al*., 2024).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

وزن خشک اندام رویشی در زمان رسیدگی

نتایج تجزیه واریانس حاصل از وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثر رقم و برهمکنش سال × بلوک و کود × رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین ۵۷۱۳ و ۵۲۴۸ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین وزن خشک ساقه به‌مقدار ۲۵۶۴ و ۲۳۰۵ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۱۲۲/۸۲ و ۱۲۷/۶۸ درصد را نشان دادند. با افزایش نیتروژن مصرفی، وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی در گیاه آفتابگردان بتدریج بیشتر شده که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم محسوس‌تر می‌باشد. مصرف تیمارهای کودی ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت‌به تیمار شاهد، اختلاف آماری معنی‌داری در وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی نشان دادند (جدول ۵).

از روش‌های ارزیابی میزان رشد گیاه، اندازه‌گیری وزن خشک می‌باشد. گیاهانی که وزن خشک کم‌تری دارند، توانایی کم‌تری نیز برای استفاده از منابع محیطی دارند. وزن خشک نهایی، شاخص خوبی برای ارزیابی رشد و عملکرد گیاه محسوب می‌شود. لذا وزن خشک بیشتر، نشان‌دهنده کارآیی گیاه در تولید مواد فتوسنتزی و ارسال آن به اندام‌های در حال رشد می‌باشد. طی تحقیقی ماده خشک اندام هوایی گیاه آفتابگردان تحت تیمارهای مختلف آبیاری و کاربرد نیتروژن، به‌طور تدریجی افزایش یافت (Chen *et al*., 2024). براساس داده‌های میانگینِ سه سال پژوهشی، بیشترین وزن خشک گیاه آفتابگردان شامل هیبرید Ratnyk به‌میزان ۲۲۳/۲ گرم بود که بخش رویشی به‌میزان ۱۴۷/۶ گرم در کشت سیستم کلاسیک با کمک کودهای معدنی $N_{60}P_{60}K_{60}$ حاصل گردید (Polyakov and Litoshko, 2022).

میزان انتقال مجدد

میزان انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان تحت‌تاثیر سال و رقم و برهمکنش سال × بلوک، سال × کود و کود × رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با بیشترین میانگین ۷۵۳/۸ و ۶۸۴/۵ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با کم‌ترین میانگین میزان انتقال مجدد به‌مقدار ۵۲۴/۳ و ۵۰۴/۲ کیلوگرم بر هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۴۳/۷۷ و ۳۵/۷۶ درصد را داشتند. با افزایش نیتروژن مصرفی، میزان انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان بتدریج کم‌تر شده که این کاهش در هیبرید قاسم نسبت‌به هیبرید شمس محسوس‌تر می‌باشد. در هیبریدهای

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

شمس و قاسم، میزان انتقال مجدد در تیمار شاهد نسبت‌به سایر تیمارهای کودی مصرف‌شده، به‌طور معنی‌داری زیاد بود که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم معنی‌دار بوده است (جدول ۵). میزان انتقال مجدد بر حسب وزن خشک اندام‌های رویشی در زمان گرده‌افشانی و رسیدگی محاسبه شد.

مقایسه میانگین داده‌های سال × کود در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای سال اول + عدم کوددهی و سال دوم + عدم کوددهی با بیشترین میانگین ۷۴۵/۲ و ۶۹۳/۲ کیلوگرم بر هکتار و تیمارهای سال اول + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و سال دوم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با کم‌ترین میانگین میزان انتقال مجدد به‌مقدار ۵۱۹/۵ و ۵۰۹ کیلوگرم بر هکتار بودند که افزایشی به‌میزان ۴۳/۴۵ و ۳۶/۱۹ درصد را داشتند. با افزایش نیتروژن مصرفی در دو سال زراعی، میزان انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان بتدریج کم‌تر شده است که این کاهش طی دو سال، تفاوت معنی‌داری نسبت‌بهم نشان نداده است. میزان انتقال مجدد در تیمارهای شاهد در هر دو سال نسبت‌به سایر تیمارهای کودی مصرف‌شده، به‌طور معنی‌داری زیاد بود که این افزایش در سال اول نسبت‌به سال دوم معنی‌دار بوده است (جدول ۴).

میزان انتقال مجدد ماده خشک در طول دوره پُرشدن دانه به ژنوتیپ، محیط، زمان کشت، تراکم، مواد غذایی و آب در دسترس بستگی دارد (Zhang *et al*., 2014). باتوجه‌به شرایط محیطی، مصرف کود نیتروژن و اعمال آبیاری می‌تواند سبب ذخیره‌سازی اسیمیلات‌های مازاد بر نیاز گیاه در اندام‌های رویشی و انتقال مجدد آن‌ها در دوره پُرشدن دانه گردد. افزایش عرضه نیتروژن ممکن است انتقال مجدد نیتروژن رویشی به دانه را کاهش دهد و بنابراین لزوماً غلظت نیتروژن دانه را افزایش نمی‌دهد. انتقال مجدد بیشتر نیتروژن در برگ‌ها، فتوسنتز برگ را در طول پرشدن دانه کاهش می‌دهد (Peng *et al*., 2017). افزایش میزان مصرف کود نیتروژن در گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، منجربه افزایش تجمع مواد مغذی پس‌از ظهور کاکل، تأخیر در پیری برگ‌ها، حفظ تجمع و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی و افزایش همزمان عملکرد دانه می‌شود (Huang *et al*., 2007). طی تحقیقی کاربرد سطوح متفاوتی از کود نیتروژن، تأثیر معنی‌داری بر انتقال مجدد کل در گیاه گندم داشته است (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰).

کارایی انتقال مجدد

نتایج تجزیه واریانس حاصل از کارایی انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثر کود و برهمکنش کود × رقم در سطح احتمال یک درصد و برهمکنش سال × بلوک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با بیشترین میانگین ۲۳/۸۸ و ۱۸/۹۸ درصد و تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با کم‌ترین میانگین کارایی انتقال مجدد به‌مقدار ۸/۵۷ و ۸/۵۳ درصد بودند که افزایشی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

به‌میزان ۱۷۸/۶۵ و ۱۲۲/۵۱ درصد را داشتند. با افزایش نیتروژن مصرفی، کارایی انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان بتدریج کم‌تر شده که در هر تیمار کودی مصرف‌شده، هیبریدهای شمس و قاسم نسبت‌بهم اختلاف معنی‌داری ندارند. در هیبریدهای شمس و قاسم کارایی انتقال مجدد در تیمار شاهد، نسبت‌به تیمارهای کودی مصرف‌شده بیشتر بوده که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم معنی‌دار بود (جدول ۵).

عملکرد نهایی دانه گیاهان ازجمله غلات را دو فرایند فیزیولوژیک فتوسنتز جاری و انتقال مجدد ماده انباشته‌شده قبل‌از گلدهی تشکیل می‌دهند (Dordas and Sioulas, 2009). در یک تحقیق، استفاده از کود نیتروژن با سطوح مختلف در گندم، توانست تأثیر معنی‌داری بر کارایی انتقال مجدد ماده خشک ساقه + غلاف برگ و سنبله داشته باشد (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰). در یک بررسی در گندم مشاهده شد که خصوصیات ژنتیکی ارقام در کارایی انتقال مجدد نقش مهمی دارند (Bahrani and Sarestani, 2006). طی مطالعه‌ای در ذرت کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و مایکوریزا در شرایط آبیاری در تمام مراحل رشدی توانست سبب معنی‌دار شدن میزان انتقال مجدد، سهم انتقال مجدد و بهبود تولید ذرت شود (برنجانی و همکاران، ۱۴۰۰).

سهم انتقال مجدد

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات حاصل از سهم انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان نشان داد که اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود و برهمکنش کود × رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با بیشترین میانگین ۲۱/۰۲ و ۲۹/۴۷ درصد و تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با کم‌ترین میانگین سهم انتقال مجدد به‌مقدار ۱۰/۱ و ۱۳/۳۲ درصد بودند که افزایشی به‌میزان ۱۰۸/۱۲ و ۱۲۱/۲۵ درصد را داشتند (جدول ۵). با افزایش نیتروژن مصرفی، سهم انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان بتدریج کم‌تر شده که این کاهش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم معنی‌دار بود. در هیبریدهای شمس و قاسم بیشترین سهم انتقال مجدد متعلق‌به تیمار شاهد بوده است که هیبرید قاسم نسبت‌به هیبرید شمس افزایش معنی‌داری داشته است (جدول ۵).

در شرایط مطلوب، سطوح بالاتر مصرف نیتروژن به‌دلیل تولید سطح برگ بالاتر با تداوم بیشتر و همچنین بالابودن مقدار فتوسنتز جاری، از میزان انتقال مجدد کم‌تری برخوردار بوده و سهم مواد ذخیره‌ای در تولید عملکرد دانه کاهش یافته است. در هر محیطی سهم انتقال ماده خشک در عملکرد دانه به روابط منبع و مخزن در طول پرشدن دانه مربوط می‌شود (Asseng and Van Herwaarden, 2003). با توجه به مواد غذایی تامین‌شده مخصوصاً نیتروژن برای گیاه، می‌توان سهم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

انتقال مجدد، در پرکردن ماده خشک در دانه را افزایش داد (Nehe *et al*., 2020). در یک بررسی در گیاه گندم مشخص شد که اثرهای ساده تاریخ کاشت و رقم در سطح احتمال یک درصد بر صفت کارایی انتقال مجدد ماده خشک به دانه معنی‌دار شد (خسروی و همکاران، ۱۴۰۰).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از عملکرد دانه آفتابگردان نشان داد که اثر رقم و برهمکنش کود × رقم در سطح احتمال پنج درصد و اثر کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها در دو سال زراعی نشان داد که تیمارهای هیبرید شمس + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و هیبرید قاسم + ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن با بیشترین میانگین ۵۲۰۱ و ۳۸۵۲ کیلوگرم در هکتار و تیمارهای هیبرید شمس + عدم کوددهی و هیبرید قاسم + عدم کوددهی با کم‌ترین میانگین عملکرد دانه به‌مقدار ۳۳۴۷ و ۲۸۳۹ کیلوگرم در هکتار بودند که افزایشی به‌ترتیب به‌میزان ۵۵/۴ و ۳۵/۶۸ درصد را نشان دادند. با افزایش نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه آفتابگردان بتدریج بیشتر شده است که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم معنی‌دار بود. در هیبریدهای شمس و قاسم عملکرد دانه در تیمار کودی ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نسبت‌به تیمارهای کودی مصرف‌شده بیشترین بود که این افزایش در هیبرید شمس نسبت‌به هیبرید قاسم افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۵).

بحرانی‌ترین دوره در طول رشد گیاه آفتابگردان، مراحل گل‌دهی و دوره پُرشدن دانه می‌باشد. مهم‌ترین صفت مورد بررسی در آزمایش‌ها، عملکرد دانه است؛ زیرا که اجزای عملکرد، منتهی به این فاکتور خواهند شد. در محصولات دانه‌ای، فتوسنتز جاری و انتقال مواد فتوسنتزی به‌صورت مستقیم به دانه (فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها، ریشک، میانگره و غلاف برگ) و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره‌شده در بخش‌های رویشی، در عملکرد دانه سهیم می‌باشند (Ma *et al*., 2015). برهم‌کنش معنی‌دار کود نیتروژن × هیبرید برای عملکرد دانه می‌تواند به‌علت پاسخ متمایز هیبریدهای آفتابگردان به استفاده از کود نیتروژن باشد. وجود تنوع ژنتیکی با توجه به کارایی مصرف نیتروژن در بین هیبریدهای آفتابگردان سبب می‌شود که برای شرایط محیطی مختلف، هیبریدهای متفاوتی انتخاب شود؛ که سبب ایجاد یک پایه برای اصلاح ژنوتیپ‌های آفتابگردان با نیتروژن کارآمد می‌باشد (Sheoran *et al*., 2016). احتمالاً در این تحقیق نیز تفاوت افزایش عملکرد در هیبریدهای مختلف گیاه آفتابگردان می‌تواند به‌دلیل تنوع ژنتیکی باشد. نتایج مطالعات متعدد نشان داده که افزایش مصرف نیتروژن در گیاه گندم، سبب افزایش تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه شده است (Liu *et al*., 2020). در یک بررسی در گیاه گندم با آبیاری و مصرف نیتروژن، تعداد دانه در مترمربع و به تبع آن عملکرد دانه افزایش پیدا کرده

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

است (Si *et al*., 2020). در یک تحقیق، تیمارهای مختلف آبیاری و کاربرد نیتروژن بر عملکرد گیاه آفتابگردان اثرات معنی‌داری طی دو سال زراعی داشتند (Chen *et al*., 2024).

جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد اندازه‌گیری در آفتابگردان

		میانگین مربعات				
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک طبق	وزن خشک اندام‌رویشی در گرده‌افشانی	وزن خشک اندام‌رویشی در رسیدگی
سال (Y)	۱	۴۱۰۱۹۲/۰۱۷*	۳۳۳۰/۱۵۰^{ns}	۱۲۹۴/۵۶۲^{ns}	۹۸۰۴/۸۱۷^{ns}	۷۵۴۸۸۱/۶۶۷^{ns}
سال×بلوک (Y×C)	۴	۷۳۰۸۱۰/۰۱۷*	۶۱۸۷۶۴/۳۳۳*	۳۸۱۳۰۰/۸۶۱**	۲۴۳۳۹۷۱/۱۳۳^{ns}	۳۲۳۱۳۳۱/۷۶۷*
رقم (A)	۱	۲۵۳۵۸۷۰/۴۱۷**	۱۸۵۷۵۰۴/۱۵۰**	۴۷۵۰۵/۹۴۷*	۱۵۷۸۰۹۰۷/۳۵۰*	۸۴۵۲۵۰۶/۶۶۷*
سال×رقم (Y×A)	۱	۱۳۲۲۵۸/۱۵۰^{ns}	۲۱۳۷۲۶/۰۱۷*	۲۱۵۶/۴۰۲^{ns}	۲۰۲۶۵۲/۸۱۷^{ns}	۱۵۵۲۴۵/۰۶۷^{ns}
خطا (Ea)	۴	۶۸۶۴۸/۶۸۳	۴۵۵۹۰/۶۳۳	۵۳۵۰/۴۳۰	۱۲۴۲۲۵۵/۷۳۳	۶۸۱۴۶۳/۰۶۷
کود (B)	۴	۲۸۵۱۸۸۲/۳۹۲**	۲۲۴۸۶۷۴/۵۱۷**	۶۴۱۳۰۳/۴۰۳**	۱۲۷۴۴۰۶۲/۴۴۲**	۱۷۰۹۲۷۹۲/۲۰۸**
سال×کود (Y×B)	۴	۶۰۵۲۳/۶۴۲*	۲۹۵۱۴/۲۳۳*	۱۲۳۹/۴۰۷^{ns}	۶۹۸۹۸/۶۰۸^{ns}	۱۴۸۴۷۴/۸۷۵^{ns}
رقم×کود (A×B)	۴	۸۴۹۱/۲۹۲^{ns}	۳۱۱۲۷/۶۵۰*	۵۷۹/۳۹۴^{ns}	۳۶۴۶۳۱/۸۰۸*	۴۳۹۵۹۰/۲۰۸*
سال×رقم×کود (Y×A×B)	۴	۱۱۰۱۴/۶۰۸^{ns}	۲۷۲۷۰/۷۶۷*	۱۲۳۲/۱۸۰^{ns}	۲۸۶۴۹۱/۷۷۵*	۱۷۳۸۷۴/۹۴۲^{ns}
خطا (Eb)	۳۲	۲۷۹۳۳/۸۷۱	۱۱۳۴۵/۳۱۷	۵۸۷۵/۰۵۶	۱۲۴۹۰۹/۵۵۸	۱۹۸۹۰۲/۳۳۳
CV (%)	-	۹/۲۰	۶/۶۹	۱۰/۱۲	۷/۸۹	۱۱/۱۶

		میانگین مربعات			
منابع تغییر	درجه آزادی	میزان انتقال مجدد	کارایی انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۷۶۱۶/۲۶۷*	۱/۹۸۰^{ns}	۰/۷۹۳^{ns}	۶۷۲۸۸۸/۶۰۰^{ns}
سال×بلوک (Y×C)	۴	۱۳۶۸۰/۰۱۷*	۶۱/۲۰۹*	۳۴/۹۳۴^{ns}	۷۸۱۱۸۱/۹۰۰^{ns}
رقم (A)	۱	۲۲۰۴۱/۶۶۷*	۲۳/۱۸۸^{ns}	۵۸۸/۴۴۰*	۱۲۹۰۲۹۱۶/۲۶۷*
سال×رقم (Y×A)	۱	۱۳۲۵/۴۰۰^{ns}	۱/۳۸۰^{ns}	۲/۲۸۲^{ns}	۵۰۴/۶۰۰^{ns}
خطا (Ea)	۴	۱۳۱۲/۴۸۳	۶/۳۹۷	۳۸/۴۱۳	۱۶۹۰۲۳۲/۲۳۳
کود (B)	۴	۷۸۵۷۵/۲۳۳**	۳۰۸/۷۱۳**	۳۷۹/۰۶۲**	۳۹۳۹۴۴۱/۶۰۰**
سال×کود (Y×B)	۴	۸۵۰/۶۸۳*	۴/۷۳۶^{ns}	۱/۲۴۸^{ns}	۶۷۰۶/۲۶۷^{ns}
رقم×کود (A×B)	۴	۱۰۴۸/۵۰۰*	۱۳/۸۱۷**	۲۸/۹۷۱**	۳۰۶۶۵۵/۹۳۳*
سال×رقم×کود (Y×A×B)	۴	۲۲۲/۳۱۷^{ns}	۰/۴۰۱^{ns}	۳/۸۸۶^{ns}	۱۹۵۹۶/۲۶۷^{ns}
خطا (Eb)	۳۲	۳۳۶/۸۳۳	۲/۹۲۱	۳/۵۶۶	۸۱۳۴۹/۹۴۲
CV (%)	-	۳/۰۵	۱۲/۷۷	۱۰/۵۱	۷/۳۹

^{ns}، * و **: به‌ترتیب اختلاف غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

جدول ۳: مقایسه میانگین برهم‌کنش سال × بلوک در آفتابگردان

تیمار	وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)		وزن خشک طبق (کیلوگرم در هکتار)		وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی (کیلوگرم در هکتار)		میزان انتقال مجدد (کیلوگرم بر هکتار)		کارایی انتقال مجدد (درصد)	
سال اول × بلوک یک	۱۴۶۸	d	۵۵۸/۶	c	۳۳۴۸	b	۶۴۳/۱	a	۱۵/۴۲	ab
سال اول × بلوک دو	۱۷۸۲	bcd	۷۷۲/۵	b	۴۱۰۲	ab	۵۸۲/۴	cd	۱۲/۷۹	bc
سال اول × بلوک سه	۱۹۵۰	ab	۹۵۵/۷	a	۴۱۹۹	ab	۶۱۴/۷	abc	۱۱/۳۹	c
سال دوم × بلوک یک	۱۹۰۳	abc	۵۳۵/۸	c	۳۳۵۱	b	۶۳۱/۸	ab	۱۶/۸۴	a
سال دوم × بلوک دو	۱۶۰۳	cd	۸۹۸/۹	ab	۴۵۱۶	a	۵۴۶/۸	d	۱۱/۹۸	c
سال دوم × بلوک سه	۲۱۹۱	a	۸۲۴/۲	ab	۴۴۵۵	a	۵۹۴/۰	bc	۱۱/۸۷	c

جدول ۴: مقایسه میانگین برهم‌کنش سال × کود در آفتابگردان

تیمار	میزان انتقال مجدد (کیلوگرم بر هکتار)		وزن خشک ساقه (کیلوگرم در هکتار)	
سال اول × عدم کوددهی	۷۴۵/۲	a	۱۲۱۷	f
سال اول × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۶۵۵/۰	c	۱۴۵۵	e
سال اول × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۸۴/۳	d	۱۶۸۳	d
سال اول × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۶۳/۰	de	۲۰۱۸	c
سال اول × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۱۹/۵	f	۲۲۹۴	b
سال دوم × عدم کوددهی	۶۹۳/۲	b	۱۱۳۹	f
سال دوم × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۶۳۷/۲	c	۱۶۲۷	de
سال دوم × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۶۵/۲	de	۱۹۰۵	c
سال دوم × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۴۹/۸	e	۲۳۰۵	b
سال دوم × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۰۹/۰	f	۲۵۱۸	a

جدول ۵: مقایسه میانگین برهم‌کنش کود × رقم در آفتابگردان

تیمار	وزن خشک اندام رویشی در رسیدگی (کیلوگرم در هکتار)		میزان انتقال مجدد (کیلوگرم بر هکتار)		کارایی انتقال مجدد (%)		سهم انتقال مجدد (%)		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	
هیبرید شمس × عدم کوددهی	۲۵۶۴	e	۷۵۳/۸	a	۲۳/۸۸	a	۲۱/۰۲	c	۳۳۴۷	e
هیبرید شمس × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۳۸۴۰	cd	۶۶۴/۵	b	۱۵/۵۳	c	۱۶/۹۲	d	۳۹۵۹	cd
هیبرید شمس × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۴۵۷۱	b	۵۹۳/۳	d	۱۱/۸۳	de	۱۴/۰۰	ef	۴۲۵۵	c
هیبرید شمس × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۱۶۵	a	۵۷۰/۵	e	۱۰/۲۰	ef	۱۲/۱۵	fg	۴۸۵۰	b
هیبرید شمس × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۷۱۳	a	۵۲۴/۳	gh	۸/۵۶۷	f	۱۰/۱۰	g	۵۲۰۱	a
هیبرید قاسم × عدم کوددهی	۲۳۰۵	e	۶۸۴/۵	b	۱۸/۹۸	b	۲۹/۴۷	a	۲۸۳۹	f
هیبرید قاسم × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۲۷۷۱	e	۶۲۷/۷	c	۱۴/۱۲	cd	۲۶/۷۲	b	۳۱۵۶	ef
هیبرید قاسم × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۳۴۲۵	d	۵۵۶/۲	ef	۱۲/۱۵	de	۲۰/۹۸	c	۳۳۹۲	e
هیبرید قاسم × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۴۳۵۱	bc	۵۴۲/۳	fg	۱۰/۰۲	ef	۱۵/۰۲	de	۳۷۳۶	d
هیبرید قاسم × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۵۲۴۸	a	۵۰۴/۲	h	۸/۵۳۳	f	۱۳/۳۲	ef	۳۸۵۲	d

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

جدول ۶: مقایسه میانگین برهم‌کنش سه‌جانبه سال × کود × رقم در آفتابگردان

تیمار	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار)		وزن خشک اندام رویشی در گرده‌افشانی (کیلوگرم در هکتار)	
سال اول × هیبرید شمس × عدم کوددهی	۱۰۹۰	ij	۳۵۱۰	ijk
سال اول × هیبرید شمس × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۵۴۶	ef	۴۴۶۹	fg
سال اول × هیبرید شمس × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۷۹۴	d	۵۱۲۷	cde
سال اول × هیبرید شمس × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۸۶۵	cd	۵۵۳۱	bc
سال اول × هیبرید شمس × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۲۲۱۱	b	۶۰۹۵	ab
سال اول × هیبرید قاسم × عدم کوددهی	۹۵۲/۷	j	۲۸۴۰	l
سال اول × هیبرید قاسم × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۲۲۲	hi	۳۱۴۴	jkl
سال اول × هیبرید قاسم × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۴۰۹	fg	۳۹۰۵	ghi
سال اول × هیبرید قاسم × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۷۷۰	d	۴۷۷۷	def
سال اول × هیبرید قاسم × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۹۸۹	c	۵۵۱۹	bc
سال دوم × هیبرید شمس × عدم کوددهی	۱۱۴۹	hi	۳۱۲۵	jkl
سال دوم × هیبرید شمس × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۵۳۵	ef	۴۵۴۰	efg
سال دوم × هیبرید شمس × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۷۷۲	d	۵۲۰۲	cd
سال دوم × هیبرید شمس × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۲۲۸۱	ab	۵۹۳۹	ab
سال دوم × هیبرید شمس × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۲۴۴۰	a	۶۳۷۹	a
سال دوم × هیبرید قاسم × عدم کوددهی	۹۲۷/۷	j	۲۹۱۷	kl
سال دوم × هیبرید قاسم × ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۰۷۵	ij	۳۵۲۱	ijk
سال دوم × هیبرید قاسم × ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۲۹۸	gh	۳۷۴۴	hij
سال دوم × هیبرید قاسم × ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۶۹۱	de	۴۳۴۷	fgh
سال دوم × هیبرید قاسم × ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن	۱۸۲۹	cd	۴۹۴۷	cdef

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، در سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳، با افزایش میزان نیتروژن مصرفی، عملکرد دانه و وزن خشک اندام‌های گیاه آفتابگردان به‌تدریج افزایش یافت. این افزایش در هیبرید شمس در مقایسه با هیبرید قاسم معنی‌دار بود. به نظر می‌رسد تفاوت در میزان افزایش وزن خشک و عملکرد دانه بین هیبریدهای آفتابگردان، ناشی از تفاوت‌های ژنتیکی آن‌ها باشد. در مقابل، با افزایش مصرف نیتروژن، میزان انتقال مجدد و کارایی انتقال مجدد در گیاه آفتابگردان به‌تدریج کاهش یافت؛ به‌طوری‌که این کاهش در هیبرید قاسم نسبت به هیبرید شمس محسوس‌تر بود. به نظر می‌رسد تأمین نیتروژن مورد نیاز دانه، بیش از تأمین ماده خشک آن، به فرایند تخصیص مجدد وابسته باشد. احتمالاً افزایش مصرف نیتروژن با افزایش مقدار نیتروژن در دسترس گیاه، ظرفیت تولید و انتقال مواد پرورده به دانه را افزایش داده و در نتیجه، موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود؛ درحالی‌که هم‌زمان، وابستگی دانه به انتقال مجدد مواد از اندام‌های رویشی کاهش می‌یابد. به بیان دیگر، فراهمی بیشتر نیتروژن می‌تواند نیاز به تخصیص مجدد ماده خشک و نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه را کاهش دهد و بدین‌ترتیب، میزان انتقال مجدد و کارایی آن را تحت تأثیر قرار دهد.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

منابع

برنجانی، ش.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ. و شکوهفر، ع. (۱۴۰۰). اثر سوپرجاذب و سویه‌های مایکوریزا بر عملکرد کمی و میزان انتقال مجدد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کمبود آب. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۱۳، شماره ۵۰، صفحات ۸۳-۶۷.

خسروی، ح.، اکبری، ن.، دانشور، م.، اکبرپور، ا.ع. و رحیمی مقدم، س. (۱۴۰۰). بررسی اثرات تاریخ کاشت و رقم بر اجزای عملکرد و میزان انتقال مجدد ماده خشک سه ژنوتیپ گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه خرم‌آباد. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۱۳، شماره ۵۲، صفحات ۵۸-۴۱.

ربیعی، م. و شاکرکوهی، س. (۱۴۰۳). بررسی انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری در کلزا تحت تأثیر سطوح نیتروژن، شیوه‌های کاشت و خاک‌ورزی به عنوان کشت دوم پس از برنج. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۱۶، شماره ۶۲، صفحات ۱۴۱-۱۲۵.

شری‌زاده، ا.، جلیلیان، ج. و طهماسبی، ر. (۱۴۰۲). واکنش عملکرد، اجزای عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب آفتابگردان به آرایش فضایی و سطوح مختلف نیتروژن. دوره ۵۴. شماره ۱. صفحات ۲۶۲-۲۴۹.

مرادی، ل.، سی و سه مرده، ع.، سهرابی، ی.، بهرام‌نژاد، ب. و حسین پناهی، ف. (۱۴۰۰). ارزیابی انتقال مجدد ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم دیم تحت تاثیر آبیاری تکمیلی و کود نیتروژن. دوره ۱۴. شماره ۴. صفحه ۹۳۹-۹۴۹.

نجف‌آبادی، م.س. (۱۴۰۴). عوامل موثر در شکل‌گیری عملکرد هیبریدهای آفتابگردان در کشت دوم از دیدگاه فیزیولوژی مولکولی. دوره ۱۷، شماره ۲.

نوریانی، ح. (۱۴۰۴). واکنش برخی شاخص‌های کارآیی مصرف نیتروژن و محتوای پروتئین دانه گندم به سطوح مختلف زئولیت و نیتروژن. نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۱۷، شماره ۶۵، صفحات ۷۳-۵۹.

Asseng, S. and Van Herwaarden, A.F. 2003. Analysis of the benefits to wheat yield from assimilates stored prior to grain filling in a range of environments. Plant and Soil Journal. 256: 217-229.

Bahrani, A. and Sarestani, Z.T. 2006. Effects of rate and time of nitrogen fertilizer on yield, yield component, and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. Journal of Agricultural Sciences. 12,2: 369-376.

Chen, X., Zhang, H., Yu, S., Zhou, C., Teng, A., Lei, L., Ba, Y. and Li, F. 2024. Optimizing irrigation and nitrogen application strategies to improve sunflower yield and resource use efficiency in a cold and arid oasis region of Northwest China. Frontiers in Plant Science Journal. Volume 15. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1429548

Chen, X., Zhang, H., Zhou, C., Teng, A., Lei, L., Ba, Y., Li, F. and Li, H. 2025. Optimizing water-nitrogen management enhances sunflower productivity and seed quality while mitigating soil nitrogen residues in a cold and arid environment. Plant and Soil Journal. 515: 471–495.

Devi, S., Kalita, J., Borkotoki, B., Baruah, N. and Choudhury, H. 2024. Comparative Evaluation of Nano Urea Versus Conventional Urea for Nitrogen Management in Rainfed Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Cultivation in Acid Sandy Loam Soils of Assam. Asian Research Journal of Agriculture. 17(1): 22-32.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Diovisalvi, N., Calvo, N.R., Izquierdo, N., Echeverría, H., Divito, G.A. and García, F. 2018. Effects of genotype and nitrogen availability on grain yield and quality in sunflower. Agronomy Journal. 110(4): 1532-1543.

Dordas, C.A. and Sioulas, C. 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. Field Crops Research Journal. 110(1): 35-43.

Ehdaie, B., Alloush, G.A., Madore, M.A. and Waines, J.G. 2006. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat: I. post anthesis changes in internode dry matter. Crop Science Journal. 46(2): 735-746. https://doi.org/10.2135/cropsci2005.04-0033

Huang, Z.X., Wang, Y.J., Wang, K.J., Li, D.H., Zhao, M., Liu, J.G., et al. 2007. Photosynthetic characteristics during grain filling stage of summer maize hybrids with high yield potential of 15,000 kg/ha. CABI: Sci. AgriculturaSinica 40,9: 1898–1906.

Hulmani, S., Sridhara, C.J., Veeranna, H.K., Sunil, C., Salimath, S.B. and Nandish, M.S. 2024. Growth and yield response of sunflower to varied nitrogen levels and foliar nano urea and zinc applications. International Journal of Advanced Biochemistry Research. SP-8(9): 1219-1228. https://doi.org/10.33545/26174693.2024.v8.i9So.2354

Khan, B., Khan, A.A., Amanullah and Muhammad, D. 2025. Pre and post anthesis dry matter partitioning in sunflower influenced by green manuring and nutrient management. Sarhad Journal of Agriculture. 41(5): 238-247.

Kurdali, F. and Attar, J. 2025. Growth, N-uptake and yield attributes of sunflower plants grown on an aridisols in response to N-fertilizer. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 21(1): 86-94.

Lichthardt, C., Chen, T.-W., Stahl, A. and Stützel, H. 2020. Co-Evolution of sink and source in the recent breeding history of winter wheat in Germany. Frontiers in Plant Science Journal. 10: 1771.

Liu, M., Wu, X., Li, C., Li, M., Xiong, T. and Tang, Y. 2020. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in synthetic-derived wheat cultivars under nitrogen deficiency at the post-jointing stage. Field Crops Research Journal. 248: 107720.

López Pereira, M., Berney, A., Hall, A.J. and Trápani, N. 2008. Contribution of pre-anthesis photoassimilates to grain yield: Its relationship with yield in Argentine sunflower cultivars released between 1930 and 1995. Field Crop Research Journal. 105(1–2): 88-96. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.08.002

Ma, S.C., Duan, AW., Wang, R., Guan, Z.M., Yang, S.J., Ma, S.T. and Shao, Y. 2015. Root sourced signal and photosynthetic traits, dry matter accumulation and remobilization, and yield stability in winter wheat as affected by regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management Journal. 148: 123-129.

Ma, T., Chen, K., He, P., Dai, Y., Yin, Y., Peng, S., Ding, J., Yu, S. and Huang, J. 2022. Sunflower photosynthetic characteristics, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency under different soil salinity and nitrogen applications. Water Journal. 14(6): 982. https://doi.org/10.3390/w14060982

Ma, L., Ali, M.F., Ye, Y., Huang, X., Peng, Z., Naseer, M.A., Wang, R. and Wang, D. 2024. Irrigation and nitrogen management determine dry matter accumulation and yield of winter wheat under dryland conditions. Journal of Agronomy and Crop Science. 210(5): e12745. https://doi.org/10.1111/jac.12745

Mahapatra, K.S. Banerjee, H., Pahari, A., Banik, A., Nayak, J. and Pal, S. 2024. Variation in growth, yield and quality traits of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) due to sowing method and nitrogen level under coastal agroecosystem. Plant Archives Journal. 24, 2: 743-752.

Nasim, F., Ahmad, A., Ahmad, S., Nadeem, M., Masood, N., Shahid, M., Mubeen, M., Hoogenboom, G. and Fahad, S. 2017. Response of sunflower hybrids to nitrogen application grown under different agro-environments. Journal of Plant Nutrition. 40(1): 82-92.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Nehe, A.S., Misra, s., Murchie, E.H., Chinnathambi, K., Singh Tyagi, B. and Foulkes, M.J. 2020. Nitrogen partitioning and remobilization in relation to leaf senescence, grain yield and protein concentration in Indian wheat cultivars. Field Crops Research Journal. 251: 107778.

Peng, Z., Liu, Y., Li, Y., Abawi, Y., Wang, Y., Men, M.et al. 2017. Responses of nitrogen utilization and apparent nitrogen loss to different control measures in the wheat and maize rotation system. Frontiers in plant science plant nutrition. 8: 160.

Polyakov, O.I. and Litoshko, S.V. 2022. Dynamics of sunflower dry matter accumulation depending on growing conditions. Institute of Oilseed Crops NAAS. No. 32: 84-98.

Przulj, N. and Momcilovic, V. 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley: I. Dry matter translocation. European Journal of Agronomy Journal. 15(4): 241-254.

Ren, W., Li, X., Liu, T., Chen, N., Xin, M., Qi, Q. and Liu, B. 2025. Controlled-release fertilizer affects leaf nitrogen allocation and photosynthesis to improve nitrogen use efficiency and yield in the sunflower field. Frontiers in Plant Science Journal. Volume: 16. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1622766

Saadatmand, M., Najafabadi, M.S. and Mirfakhraei, S.R. 2024. Exploring source-sink relationship for the formation of grain yield in sunflower. Journal of Agricultural Science and Technology. 26(6): 1373-1388.

Saeedipour, S. and Moradi, F. 2011. Comparison of the drought stress responses of tolerant and sensitive wheat cultivars during grain filling: impact of invertase activity on carbon metabolism during kernel development. Journal of Agricultural Science. 3(2): 32-44.

Santiveri, F., Royo, C. and Romagosa, I. 2004. Growth and yield responses of spring and winter triticale cultivated under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy. 20(3): 281-292.

Sarker, B.C., Ali, Md. Y., Richard, B.W.; Kabir, Md. E. 2022. Effect of nitrogen rate and application ratio on late sown sunflower in wet soil under zero tillage in the coastal zone of Southwestern Bangladesh. EBSCO: Indian Journal of Agricultural Research. v. 56, n. 4, p. 415.

Sheorana, P., Sardanab, V., Singh, S., Kumara, A., Manna, A. and Sharma, P. 2016. Agronomic and physiological assessment of nitrogen use, uptake and acquisition in sunflower. International Journal of Plant Production. 10(2): 109-122.

Si, Z., Zain, M., Mehmood, F., Wang, G., Gao, Y. and Duan, A. 2020. Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management Journal. 231: 106002.

Sinha, I., Buttar, G.S. and Brar, A.S. 2017. Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Indian Punjab. Agricultural Water Management Journal. 185: 58-64. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.02.008

Wu, B., Cui, Z., Zechariah, E., Guo, L., Gao, Y., Yan, B., Liu, H., Wang, Y., Wang, H. and Li, L. 2024. Post-anthesis dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and translocation in maize under different nitrate–ammonium ratios in Northwestern China. Frontiers in Plant Science Journal. Volume: 15. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1257882

Zhang, Y.Z., Sun, N.S., Hong, J.H., Zhang, Q.Z., Chao, W.C., QingWu, X.Q., ShunLi, Z.S., Qin, H. and ZhiMin, W. 2014. Effect of source-sink manipulation on photosynthetic characteristics of flag leaf and the remobilization of dry mass and nitrogen in vegetative organs of wheat. Journal of Integrative Agriculture. 13,8: 1680-1690.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Evaluation of nitrogen fertilizer application on dry matter accumulation, partitioning and remobilization in two sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.)

B. Farrokhi[1], E. Khalilvand Behrouzyar[2*], B. Mirshekari[3], M. Yarnia[4] and V. Rashidi[5]

1, 2, 3, 4 & 5) Department of Agronomy, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

***Corresponding author: e.khalilvand@iaut.ac.ir**
This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2025.07.28 **Accepted date: 2025.09.24**

Abstract

To evaluate of nitrogen fertilizer application on dry matter accumulation, partitioning and remobilization in two sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids, a split-plot experiment based on a randomized complete block design with three replications was conducted over two growing seasons (2024–2025) in a field located in Qaleh village, Soltaniyeh County, Zanjan Province. The experimental factors consisted of: two sunflower single-cross hybrids at two levels (Shams and Ghasem) in main plots and five levels of nitrogen fertilizer (control, and 40, 80, 120, and 160 kg/ha of pure nitrogen from urea source) in sub plots. Based on the analysis of variance results, the three-way interaction (year × fertilizer × cultivar) were significant for dry weights of leaves and vegetative organ at anthesis; the interaction (year × block) for dry weights of stem, head and vegetative organ at maturity as well as for the remobilization of storage material and remobilization efficiency; the interaction (year × fertilizer) for stem dry weight and remobilization of storage material; the interaction (fertilizer × cultivar) for dry weight of vegetative organ at maturity, remobilization of storage material, remobilization efficiency, remobilization contribution, sunflower grain yield. A comparison of the mean data across the two cropping seasons revealed that treatments Shams hybrid + 160 kg/ha nitrogen fertilizer and Ghasem hybrid + 160 kg/ha nitrogen fertilizer yielded the highest averages 5.201 and 3.852 kg/ha and treatments Shams hybrid + without fertilizer and Ghasem hybrid + without fertilizer produced the lowest grain yields 3.347 and 2.839 kg/ha representing increases of 55.4% and 35.68%, respectively. The highest mean rates of remobilization of storage material were observed in treatments Shams hybrid + without fertilizer and Ghasem hybrid + without fertilizer at 753.8 and 684.5 kg/ha and the lowest mean rates were found in treatments Shams hybrid + 160 kg/ha nitrogen fertilizer and Ghasem hybrid + 160 kg/ha nitrogen fertilizer at 524.3 and 504.2 kg/ha representing increases of 43.77% and 35.76%, respectively. In this study, across both cropping seasons, grain yield and the dry weight of sunflower plant parts increased progressively with rising nitrogen application; this increase was significant for the Shams hybrid compared to the Ghasem hybrid. In contrast, remobilization of storage material and remobilization efficiency in the sunflower gradually declined; this reduction was more pronounced in the Ghasem hybrid compared to the Shams hybrid. With increased nitrogen application, a greater supply of assimilates becomes available for grain yield production and the remobilization of storage material decreases.

Key words: Dry matter remobilization, nitrogen levels, grain yield, and sunflower.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]