پاسخ عملکرد و انتقال مجدد ماده خشک گندم به کاربرد ترکیبی کودهای سبز، آلی و شیمیایی

فرخنده رفیعی[۱]، اسفندیار فاتح[۲*]، علی منصفی[۳] و امیر آینه بند[۴]

۳،۲،۱و ۴) گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

نویسنده مسئول*:e.fateh@scu.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ دریافت:۱۴۰۴/۰۴/۱۶ **تاریخ پذیرش:۱۴۰۴/۰۷/۲۹**

چکیده

پژوهش حاضر به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳ اجرا شد. عامل اصلی نوع ماده آلی در پنج سطح شامل ۱- بدون بقایا، ۲- بقایای گندم، ۳- مخلوط بقایای کنجد و ماش، ۴- کود سبز جو و شبدر و ۵- کود سبز سسبانیا و فاکتور فرعی روش‌های مدیریت کود در چهار سطح: ۱- شیمیایی بر اساس میزان N-P-K توصیه شده (۵۰-۷۵-۹۰)، ۲- تلفیقی (۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی سوپرنیتروپلاس و کود بارور۲ + مخلوط عناصر ریزمغذی) ۳- ارگانیک۱ (کمپوست، سوپرنیتروپلاس + بیوسولفور + بارور۲ + هیومیک اسید و جاسمونیک اسید ۰/۱ میلی‌مولار به صورت محلول‌پاشی) و ۴-ارگانیک۲ (ورمی‌کمپوست، قارچ میکوریزا، سوپرنیتروپلاس + سالیسیلیک اسید) بودند. نتایج نشان داد که تحت سطوح مواد آلی مورد استفاده، عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، هدایت روزنه‌ای و شاخص سبزینگی به ترتیب ۴۹، ۳۸، ۸۵ و ۱۹ درصد در تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر نسبت به تیمار بدون کاربرد بقایای گیاهی بیشتر بود. در بین سطوح کوددهی نیز مشاهده شد که از نظر این صفات به ترتیب ۲۲، ۱۳، ۲۵ و ۱۵ درصد تحت تیمار کوددهی تلفیقی بیشتر از تیمار کود شیمیایی به تنهایی بود. بررسی صفات ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک نیز نشان داد که بیشترین میانگین انتقال مجدد ماده خشک ساقه و کارایی انتقال مجدد مربوط به تیمار کوددهی تلفیقی در دو شرایط کاربرد کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا بود. با این وجود سهم انتقال مجدد در تعیین عملکرد نهایی دانه در تیمارهای کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۲ در شرایط بدون بقایا و بقایای گندم بیشتر از سایر سطوح تیماری بود.

واژه‌های کلیدی: انتقال مجدد مواد فتوسنتزی، بیوسولفور، کشاورزی پایدار و کود سبز.

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

مقدمه

افزایش پایدار عملکرد غلات به‌ویژه گندم، از چالش‌های اساسی نظام‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود. بهبود حاصلخیزی خاک، حفظ ماده آلی و ارتقای کارایی استفاده از منابع غذایی، از مهم‌ترین راهبردهای دستیابی به پایداری تولید محسوب می‌شوند (Turmel *et al*., 2015). در این راستا، مدیریت بقایای گیاهی و به‌کارگیری کودهای آلی و سبز نقش مهمی در حفظ ساختار خاک، بهبود چرخه عناصر غذایی و افزایش فعالیت میکروبی دارند (Kaduwal *et al*., 2023). استفاده از اصلاح‌کننده‌های آلی و بقایای گیاهی نظیر بقایای گندم و یا کود سبز حاصل از گیاهان لگوم مانند شبدر، می‌تواند به افزایش ذخیره کربن آلی خاک، بهبود تغذیه نیتروژن و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی منجر شود (Albano *et al*., 2023).

در گیاهان زراعی، تجمع ماده خشک در طول رشد و انتقال مجدد آن از اندام‌های رویشی به دانه در مرحله پرشدن دانه، از عوامل تعیین‌کننده عملکرد نهایی دانه به‌شمار می‌رود (Joudi & Van Den Ende, 2018). میزان و کارایی انتقال مجدد ماده خشک و نیتروژن بستگی زیادی به شرایط تغذیه‌ای، نوع و مقدار کود مصرفی، و مدیریت بقایای گیاهی دارد. برهم‌کنش بین منابع مختلف تغذیه‌ای (کودهای شیمیایی، آلی و ترکیبی) با سطوح مختلف بقایا می‌تواند فرآیند تجمع ماده خشک پیش از گرده‌افشانی و سهم انتقال مجدد در مرحله رسیدگی را تغییر دهد (Li *et al*., 2025). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد کودهای آلی یا ترکیبی نسبت به کودهای شیمیایی صرف، می‌تواند سبب افزایش زیست‌توده و بهبود شاخص برداشت شود (یزدان‌پور و همکاران، ۱۴۰۱؛ قلمباز و همکاران، ۱۳۹۳). با این حال، اثرات آن بر انتقال مجدد ماده خشک و کارایی تبدیل ماده خشک به عملکرد دانه ممکن است به نوع منبع آلی و شرایط اقلیمی بستگی داشته باشد (Geng *et al*., 2019). از سوی دیگر، مدیریت بقایای گیاهی و نوع کود مصرفی می‌تواند بر کارایی فیزیولوژیک استفاده از ماده خشک و نیتروژن اثرگذار باشد؛ به‌گونه‌ای که در برخی موارد، بقایای دارای نسبت کربن به نیتروژن بالا (مانند گندم) موجب کاهش موقت دسترسی به نیتروژن و در نتیجه کاهش کارایی تبدیل ماده خشک به عملکرد دانه می‌شوند (Kaduwal *et al*., 2023). در این راستا بیان کردند که با تغییر درصد کودهای شیمیایی نسبت به کودهای بیولوژیک، کارایی ذخیره‌سازی و انتقال مواد فتوسنتزی میانگره‌های ساقه تغییر یافت و در این شرایط تیمار ۵۰ درصد کود شیمیایی و مجموع کودهای بیولوژیک بیشترین درصد کارایی انتقال مجدد (۴۳/۳۰ درصد)، درصد انتقال مجدد (۵۱/۱۰ درصد) و مقدار ماده خشک انتقال یافته (۲/۰۹ گرم) را دارا بودند. (قلمباز و همکاران، ۱۳۹۳). همچنین در بررسی اثر تعدیل کننده‌های تنش و کودهای آلی بر روند ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک گیاه جو تحت شوری گزارش دادند که در بالاترین سطح شوری، کاربرد توام کودهای آلی و تعدیل کننده‌های تنش (ورمی‌کمپوست، میکوریزا، پوترسین و

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

نانواکسیدروی)، انتقال مجدد ماده خشک از اندام هوایی و ساقه (به‌ترتیب ۲۱/۹ و ۲۴/۸ درصد) و سهم این فرآیندها در عملکرد دانه را به‌ترتیب ۶۴/۱ و ۶۸/۴ درصد) نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی، پوترسین و نانواکسیدروی، کاهش داد (محمدی و سید شریفی، ۱۴۰۳).

با وجود مطالعات متعدد در زمینه اثرات بقایا و کودهای آلی بر حاصلخیزی خاک و عملکرد محصولات، هنوز درک دقیقی از تعامل بین نوع و مقدار بقایای گیاهی و منابع مختلف کود (آلی، شیمیایی و تلفیقی) بر فرآیندهای فیزیولوژیک مانند تجمع و انتقال مجدد ماده خشک و کارایی تبدیل ماده خشک به عملکرد دانه وجود ندارد. بیشتر پژوهش‌های گذشته تنها به ارزیابی عملکرد نهایی یا زیست‌توده کل پرداخته‌اند و تأثیر مستقیم مدیریت بقایا و تغذیه بر سهم انتقال مجدد ماده خشک و شاخص‌های کارایی برداشت کمتر بررسی شده است (Joudi & Van Den Ende, 2018; Li *et al*., 2025). افزون بر این، نوع بقایای گیاهی و نسبت کربن به نیتروژن آن می‌تواند بر سرعت تجزیه و آزادسازی نیتروژن تأثیر بگذارد و در نتیجه، الگوی تجمع ماده خشک در مراحل مختلف رشد را دگرگون سازد. ازاین‌رو، بررسی دقیق این روابط در شرایط واقعی مزرعه و در حضور ترکیبات مختلف بقایا و منابع کودی، ضرورتی انکارناپذیر دارد. این موضوع به‌ویژه در مناطق خشک ایران که محدودیت نیتروژن و ماده آلی خاک دو عامل اصلی کاهش عملکرد محسوب می‌شوند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است .بنابراین هدف از پژوهش حاضر، تأثیر سطوح مختلف بقایای گیاهی مختلف همراه با کاربرد انواع کود (آلی، شیمیایی و ارگانیک) بر ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک ساقه و عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در شرایط آب و هوایی اهواز طی سال زراعی ۰۴-۱۴۰۳ در مزرعه آموزشی پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اجرا شد. آمار هواشناسی در محدوده زمانی انجام آزمایش در جدول ۱ و نتایج تجزیه آزمون خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول۱ : میانگین ماهانه شرایط آب و هوایی در طول فصل رشد در سال زراعی ۱۴۰۴-۱۴۰۳

پارامترهای هواشناسی	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
دمای حداقل (سانتی‌گراد)	۱۸	۱۱	۱۰	۱۰	۱۲	۱۷	۲۳
دمای حداکثر (سانتی‌گراد)	۳۱	۲۳	۲۳	۲۳	۲۵	۳۱	۳۶
بارندگی (میلی‌متر)	۷۰	۷	۹	۳۷	۸۱	۱	۱

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

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق خاک (سانتی متر)	بافت خاک	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن (درصد)	مواد آلی (درصد)
۰-۳۰	رسی لومی	۱۴۴	۱۴/۴	۷/۸	۱/۲۴	۰/۱	۰/۳

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی نوع ماده آلی در پنج سطح شامل ۱- بدون بقایا، ۲- بقایای گندم، ۳- مخلوط بقایای کنجد و ماش، ۴- کود سبز جو و شبدر و ۵- کود سبز سسبانیا بود. فاکتور فرعی روش‌های مدیریت کود در چهار سطح تیماری عبارت بودند از: ۱- شیمیایی بر اساس میزان N-P-K توصیه شده (۵۰-۷۵-۹۰)، ۲- تلفیقی: ۷۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر در لیتر) و کود بارور۲ (۱۰۰ گرم در هر هکتار) + کود مخلوط عناصر ریزمغذی (محلول‌پاشی)، ۳- ارگانیک۱: کود کمپوست (۲۰ تن در هکتار) ، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر در لیتر)+ بیوسولفور (۵ کیلوگرم در هکتار)+ بارور۲ (۱۰۰ گرم در هر هکتار)+ هیومیک اسید (۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و جاسمونیک اسید ۰/۱ میلی مولار (محلول پاشی) و ۴- ارگانیک۲ (کود ورمی کمپوست به مقدار۱۰ تن در هکتار، قارچ میکوریزا به مقدار۱۰۰ گرم درمتر مربع، سوپرنیتروپلاس (۳ میلی‌لیتر در لیتر)+ سالیسیلیک اسید (۱ میلی مولار). در این آزمایش هیومیک اسید از شرکت دانش بنیان مرسین کشت، بیوسولفور شرکت رِدساس، کود زیستی نیتروپلاس از شرکت دانش بنیان مروارید هامون و مایه تلقیح قارچ میکوریزا شرکت دانش بنیان زیست فناور پیشتاز واریان تهیه گردید. از آنجایی که هدف از کاربرد ترکیبات محرک رشد بهبود شرایط رشد رویشی گیاه است، لذا اسیدهای محرک رشد همگی در سه مرحله در طول دوره رشد رویشی گندم (در سه مرحله شروع ساقه رفتن، اواسط ساقه‌دهی و مرحله ظهور برگ پرچم) به کار برده شد. در این پژوهش کشت گیاهان کود سبز در تاریخ ۱۵ شهریور و بازگرداندن آن‌ها به خاک در ۱۵ مهرماه انجام شد و همزمان بقایای گیاهی به خاک اضافه شد. کودهای کمپوست و ورمی کمپوست نیز بعد از آماده‌سازی زمین و کرت‌بندی (قبل از کشت گندم) اضافه و با خاک مخلوط شد، سپس شیارکشی جهت عملیات کشت انجام شد. مواد گیاهی در این آزمایش شامل جو (رقم کارون)، شبدر برسیم، بقایای کنجد از رقم مهاجر از شهرستان شوشتر، بقایای ماش از بقایای رقم عمرانی از شهرستان شوشتر و سسبانیا از گونه *Sesbania cannabina* بود. مخلوط جو و شبدر به‌صورت کود سبز استفاده شد که تراکم هر کدام در مخلوط نصف تک-کشتی آن‌ها بود. با احتساب کاربرد ۳۰ درصد بقایا، مخلوط بقایای کنجد و ماش به‌ترتیب به میزان ۱۲۹ و ۲۸۸ گرم بر متر مربع، همچنین مقدار بقایای گندم به میزان ۹۰ گرم در متر مربع همزمان با برگرداندن کود سبز به کرت‌ها اضافه شد.

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

مقدار بذر برای کود سبز سسبانیا (*Sesbania sp.*) برابر با ۲۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ خط به طول سه متر و عرض ۱/۵ متر بود. مقادیر کود شیمیایی مورد استفاده در تیمارهای آزمایشی بر مبنای نتایج آزمون خاک برآورد و در زمان تهیه بستر کاشت (فسفر و پتاسیم به صورت پایه) و یا سرک (نیتروژن) به کار برده شد. برای نیتروژن از کود اوره، برای فسفر از سوپر فسفات تریپل و برای پتاسیم از کود سولفات پتاسیم استفاده شد. سپس کشت گیاه گندم در ۱۵ آبان و برداشت آن در اردیبهشت ماه انجام شد. بذر مصرفی گندم، رقم مهرگان بود که بر مبنای ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

صفات مورد اندازه‌گیری

عملکرد دانه

برای اندازه‌گیری عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه از یک کوادرات با ابعاد یک مترمربع استفاده شد. بوته‌های داخلی کوادرات کف‌بر و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از خشک شدن بوته‌ها در آون، نمونه‌های گیاهی توزین و به عنوان عملکرد زیست‌توده ثبت شد. در مرحله‌ی بعد بوته‌های خشک‌شده کوبیده و دانه‌ها جدا شد و وزن دانه‌ها در هر واحد آزمایشی به عنوان عملکرد دانه ثبت و گزارش شد.

هدایت روزنه‌ای برگ

هدایت روزنه‌ای برگ (که نشان‌دهنده سرعت خروج بخار آب از روزنه‌ها می‌باشد) برای هر واحد آزمایشی، در مرحله ۱۰ روز پس از گلدهی (۵۰ درصد گلدهی) با استفاده از دستگاه پرومتر (Decagon Devices, Inc, USA) بین ساعت ۱۰ صبح الی ۱۲ ظهر و بر روی قسمت میانی پهنک برگ پرچم صورت گرفت. اندازه‌گیری‌ها بر روی سه بوته در هر واحد آزمایشی انجام شد.

شاخص سبزینگی

به منظور مقایسه تیمارهای آزمایشی از نظر شاخص سبزینگی در مرحله‌ی گلدهی از دستگاه SPAD استفاده شد.

شاخص سطح برگ

برای تعیین شاخص سطح برگ، از هر واحد آزمایشی نمونه‌برداری انجام شد و بعد از جدا نمودن برگ‌ها، سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (مدل LI-3000A, USA) محاسبه شد. شاخص سطح برگ از تقسیم سطح برگ به سطح زمین تحت اشغال بوته‌ها محاسبه شد.

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

اندازه‌گیری پارامترهای ذخیره و انتقال ماده‌ی خشک فتوسنتزی در گیاه گندم

تعیین ذخیره‌سازی و انتقال مجدد کربوهیدرات‌های محلول ساقه، با استفاده از روش تغییرات وزن ساقه انجام شد (Liu *et al*., 2020، ربیعی و شاکرکوهی، ۱۴۰۳). جهت نمونه‌برداری پس از ظهور خوشه‌ها، از هر کرت آزمایشی تعداد ۲۰ ساقه اصلی گندم، حتی‌الامکان دو به دو کاملاً مشابه هم، انتخاب و علامت‌گذاری شد. نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی در دو مرحله ۱۶ روز پس از گرده‌افشانی (حداکثر ذخیره‌سازی)، و رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت، و در هر مرحله یک گروه ۱۰ تایی از نمونه‌های علامت‌گذاری شده از زمین کف‌بر و به آزمایشگاه انتقال یافت و به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند. بعد از خشک شدن نمونه‌ها، سنبله و غلاف برگ‌ها از ساقه جداشده و وزن و طول هر ساقه به‌طور جداگانه اندازه‌گیری شد و بر اساس آن‌ها صفات زیر محاسبه گردید.

توان ذخیره‌سازی ساقه

از وزن خشک ساقه و میانگره‌های ساقه ۱۶ روز پس از گرده‌افشانی به عنوان معیار برآورد توان ذخیره‌سازی ساقه استفاده شد (Arduini et al., 2006).

رابطه ۱: وزن ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک - وزن ساقه در ۱۶ روز پس از گرده‌افشانی = انتقال مجدد

رابطه ۲: $$\text{کارآیی انتقال مجدد} = \frac{\text{انتقال مجدد ماده خشک}}{\text{حداکثر ماده خشک تولید شده در زمان گرده افشانی}}$$

رابطه ۳: $$\text{سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه} = \frac{\text{انتقال مجدد ماده خشک}}{\text{عملکرد دانه}} \times 100$$

رابطه ۴: انتقال مجدد ماده‌ی خشک – عملکرد دانه هر بوته = میزان فتوسنتز جاری (گرم در بوته)

رابطه ۵: $$\text{سهم فتوسنتز جاری در عملکرد دانه} = \frac{\text{انتقال جاری ماده خشک}}{\text{عملکرد دانه}} \times 100$$

رابطه ۶: $$\text{وزن مخصوص ساقه} = \frac{\text{وزن ساقه در هر مرحله}}{\text{طول ساقه}}$$

در نهایت تجزیه‌ی آماری با استفاده از نرم افزار SAS (نسخه ۹/۴) و ترسیم نمودارها با استفاده برنامه‌های Word و Excel انجام شد. مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی¬دار (LSD) در سطح ۵ درصد انجام شد.

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

نتایج و بحث

هدایت روزنه‌ای

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی بیانگر تأثیرپذیری هدایت روزنه‌ای گیاه از اثرات اصلی نوع ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح نوع ماده آلی نشان داد که کمترین میانگین هدایت روزنه‌ای مربوط به تیمار بدون بقایا (۲۷۱ میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه) بود که تحت سطوح کاربرد تیمارهای بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شبدر و کود سبز سسبانیا به ترتیب ۱۷، ۴۰، ۸۵ و ۶۰ درصد افزایش یافت. بر این اساس مشاهده شد که بیشترین میانگین هدایت روزنه‌ای مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر بود که برتری آماری معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری داشت (جدول ۴). مقایسه اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که کمترین میانگین هدایت روزنه‌ای مربوط به کاربرد کود ارگانیک ۲ و بیشترین میانگین مربوط به کود تلفیقی بود که با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری داشتند. نتایج این صفت نشان داد که کاربرد کودهای تلفیقی و ارگانیک ۱ نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی، به ترتیب ۲۵ و ۱۵ درصد هدایت روزنه‌ای را افزایش و کود ارگانیک ۲ میانگین هدایت روزنه‌ای را ۱۰ درصد کاهش داد (جدول ۴).

این نتایج نشان داد که کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی، زیستی (مانند بارور ۲، بیوسولفور، هیومیک اسید، سوپرنیتروپلاس) و آلی مانند کمپوست و جاسمونیک اسید موجب افزایش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای گندم شد. این افزایش احتمالاً ناشی از بهبود وضعیت تغذیه‌ای، فعالیت میکروبی ریزوسفر و تنظیم هورمونی (به‌ویژه تعامل جاسمونیک اسید با آبسیزیک اسید) است که منجر به بهبود تبادل گازی و فتوسنتز می‌شود (Roy *et al*., 2025؛ kobra Hatami, 2023). در نتیجه، مدیریت تلفیقی کودها می‌تواند کارایی فیزیولوژیکی گیاه را افزایش دهد. کود سبز شبدر و سسبانیا به‌دلیل خاصیت تثبیت نیتروژن، محتوای نیتروژن خاک را پس از تجزیه بالا می‌برد و رشد برگ و بازماندن روزنه‌ها را تقویت می‌کند (Islam *et al*., 2019). همچنین جو به‌عنوان کود سبز غیرلگوم با تولید زیست‌توده زیاد و بهبود ساختمان خاک، بیشتر از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب و تحریک فعالیت ریزجانداران مؤثر است (Khan *et al*., 2020).

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

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		هدایت روزنه‌ای	شاخص سبزینگی	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه	عملکرد زیست‌توده
بلوک	۲	۴۷۵	۳/۲۹	۰/۴۲	۸۲۶۸۹	۲۶۵۶۱۱۱
ماده آلی	۴	۶۴۸۸**	۱۱۰**	۰/۵۴*	۷۳۸۵۱۳۶**	۳۴۴۲۹۳۰۲**
خطای کرت اصلی	۸	۲۳۰	۵/۱۰	۰/۱۴	۷۲۶۷۲	۳۷۹۹۱۹
سطوح کودی	۳	۲۷۴۱۶**	۱۳۹**	۰/۸۴**	۶۶۰۴۰۴۰**	۱۷۰۴۴۵۳۴**
ماده آلی × سطوح کودی	۱۲	۳۲۵ ns	۲/۳۶ ns	۰/۰۰۳ ns	۱۵۳۳۳۸ ns	۵۰۵۴۷۶ ns
خطای کرت فرعی	۵۷	۳۸۴	۱/۸۶	۰/۱۴	۷۸۲۸۶	۳۸۹۹۸۲
ضریب تغییرات		۶/۵۶	۳/۸۶	۹/۰۸	۵/۸۵	۴/۹۴

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴: مقایسه میانگین برخی از صفات فیزیولوژیک و عملکرد گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

نوع ماده آلی	هدایت روزنه ای (میلی مول بر متر مربع در ثانیه)	شاخص سبزینگی	شاخص سطح برگ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)
بدون بقایا	۲۷۱c	۳۲/۹b	۳/۹b	۳۸۸۸e	۱۰۷۴۶d
بقایای گندم	۲۸۳c	۳۳/۱b	۴b	۴۱۴۹d	۱۱۲۴۳d
مخلوط بقایای کنجد و ماش	۲۹۸b	۳۳/۶b	۴/۲ab	۴۸۰۶c	۱۲۷۱۰c
کود سبز جو و شبدر	۳۳۰a	۳۹/۳a	۴/۵a	۵۸۰۶a	۱۴۸۷۴a
کود سبز سسبانیا	۳۱۲b	۳۸/۱a	۴/۲ab	۵۲۴۴b	۱۳۶۱۰b
سطوح کودی					
شیمیایی	۲۷۸c	۳۴c	۴cb	۴۵۰۲c	۱۲۳۷۱c
تلفیقی	۳۴۷a	۳۹/۱a	۴/۴a	۵۴۸۸a	۱۳۹۳۴a
ارگانیک۱	۳۱۹b	۳۶/۴b	۴/۳ab	۵۱۳۱b	۱۲۸۷۰b
ارگانیک۲	۲۵۰d	۳۲/۱d	۳/۹c	۳۹۹۳d	۱۱۳۷۲d

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح پنج درصد).

شاخص سبزینگی

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که شاخص سبزینگی تنها تحت تأثیر اثرات اصلی ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). بررسی نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی ماده آلی نشان داد که بین سطوح تیماری عدم کاربرد بقایای گیاهی و بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و میانگین پایین‌تری نسبت به دو سطح تیماری کاربرد کود سبز جو و شبدر و کود سبز سسبانیا داشتند (جدول ۴). همچنین نتایج مقایسه سطوح کودی نیز نشان داد که تیمار کود تلفیقی بیشترین و تیمار کاربرد کود ارگانیک ۲ کمترین شاخص سبزینگی را داشتند (جدول ۴). هم‌راستا با نتایج حاضر، مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد هیومیک اسید به‌صورت برگی یا خاکی، منجر به افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل و عدد SPAD در گیاهانی مانند گندم و ذرت شده است (Shen et al., 2020; Oktem & Oktem, 2020). همچنین، محلول‌پاشی اسید جاسمونیک تحت شرایط تنش شوری

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

افزایش معنی‌داری در کلروفیل کل گیاه به‌دنبال داشته است (Ali *et al*., 2022). در یک مطالعه دیگر، تلفیق کودهای زیستی و بیوسولفور سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل برگ شد (kobra Hatami, 2023).

شاخص سطح برگ

بررسی شاخص سطح برگ گندم تحت تأثیر عوامل آزمایشی بیانگر تأثیرپذیری این صفت از اثرات اصلی ماده آلی و سطوح کودی به ترتیب در سطح پنج و یک درصد بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که بیشترین میانگین شاخص سطح برگ مربوط به کاربرد کود سبز جو و شبدر بود که البته از این نظر با تیمارهای کاربرد کود سبز سسبانیا و مخلوط بقایای کنجد و ماش اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۴). در بین سطوح کودی نیز مشاهده شد که بیشترین میانگین شاخص سطح برگ مربوط به کاربرد کود تلفیقی و ارگانیک ۱ بود که نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشتند. کمترین میانگین شاخص سطح برگ نیز مربوط به تیمار کاربرد کود ارگانیک ۲ بود. برتر بودن شاخص سطح برگ در شرایط استفاده از کود سبز شبدر +جو، سسبانیا و کنجد + ماش می‌تواند ناشی از تاثیرات مثبت گیاهان لگوم بر شرایط فیزیکی خاک و همچنین فراهم آوردن نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن موجود در خاک اشاره داشت؛ بیان این نکته نیز می‌تواند به تفسیر این مطلب کمک کند که بخش زیادی از نیتروژن تثبیت شده در ریشه‌های گیاهان خانواده لگوم پس از برداشت این گیاهان و با تجزیه ریشه آن‌ها در خاک قابل استفاده خواهد بود (فراهمی این نیتروژن در زمان رشد گندم) که این موضوع می‌تواند در رشد بهتر گیاه موثر باشد (Qiao *et al*., 2024؛ Perrone *et al*., 2020). همچنین هم راستا با نتایج پژوهش حاضر که مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد کوددهی تلفیقی بر شاخص سطح برگ گندم بود، جهانگیری نیا و همکاران (۱۳۹۵) گزارش دادند که کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست به همراه کود زیستی میکوریزا از طریق افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی و سهولت جذب آب، موجب بهبود وضعیت فتوسنتزی گیاه و افزایش شاخص سطح برگ شد.

عملکرد زیست‌توده

بررسی نتایج صفت عملکرد زیست‌توده نشان داد که این صفت تحت تأثیر اثرات اصلی نوع ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده، مشاهده شد که کمترین میانگین این صفت مربوط به تیمار بدون بقایای گیاهی (۱۰۷۴۵ کیلوگرم در هکتار) بود که تحت شرایط کاربرد تیمارهای بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا به ترتیب ۵، ۱۸، ۳۸ و ۲۷ درصد افزایش یافت (جدول ۴). براین اساس، تیمار کاربرد کود سبز جو + شبدر نسبت به سایر سطوح تیماری برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). بررسی مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده تحت تأثیر اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که بیشترین

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

میانگین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار کود تلفیقی و کمترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار ارگانیک ۲ بود. این نتایج بیانگر آن بود که تیمارهای کود تلفیقی و ارگانیک ۱ به ترتیب سبب ۱۳ و ۴ درصد افزایش عملکرد زیست‌توده و و کود ارگانیک ۲ سبب ۸ درصد کاهش عملکرد زیست‌توده نسبت به تیمار کاربرد کود شیمیایی شدند (جدول ۴). این نتایج نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار کود تلفیقی و کمترین عملکرد زیست‌توده مربوط به تیمار ارگانیک ۲ بود. به طور کلی، تیمارهای کودی تلفیقی میزان عملکرد زیست‌توده بیشتری را داشتند. در این راستا، محققان بیان کردند که کاربرد کودهای زیستی به واسطه باکتری‌ها از طریق تولید متابولیت‌های محرک رشد مانند اکسین، سیتوکینین، جیبرلین می‌توانند بر رشد رویشی گیاه تأثیر گذاشته و وزن اندام‌های هوایی و عملکرد تر را افزایش دهند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۹).

عملکرد دانه

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی، عملکرد دانه به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات اصلی عوامل آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین صفت عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح نوع ماده آلی نشان داد که میانگین عملکرد دانه در شرایط بدون بقایای گیاهی نسبت به تیمارهای کاربرد تیمارهای بقایای گندم، مخلوط بقایای کنجد و ماش، کود سبز جو و شبدر و کود سبز سسبانیا به ترتیب ۷، ۲۴، ۴۹ و ۳۵ درصد افزایش یافت (جدول ۴). بر این اساس مشاهده شد که بیشترین میانگین عملکرد دانه مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر بود (جدول ۴). تحت سطوح مختلف کودی نیز مشخص شد که میانگین عملکرد دانه تحت تیمارهای کود تلفیقی و ارگانیک ۱ در مقایسه با کاربرد ترکیب کودی شیمیایی به ترتیب ۲۲ و ۱۴ درصد افزایش یافت. در مقابل میانگین عملکرد دانه در شرایط کاربرد کود ارگانیک ۲ نسبت به تیمار کودی شیمیایی ۱۱ درصد کاهش یافت. بر این اساس مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کاربرد کود تلفیقی و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار کاربرد کود کود ارگانیک ۲ بود که از این نظر با یکدیگر با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری داشتند (جدول ۴).

اثر مثبت کود سبز بر ساختمان خاک و افزایش محتوی مواد آلی خاک و همچنین افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه از مهمترین دلایل بهبود عملکرد دانه گیاه در شرایط مصرف کود سبز می‌باشد (کیخا و همکاران، ۱۴۰۰). در واقع نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی در تلفیق با کودهای زیستی نسبت به تیمار کود شیمیایی به تنهایی، توانسته است عملکرد دانه را به مقدار بیشتری افزایش دهد. در این راستا باید بیان کرد که کودهای زیستی، علاوه بر افزایش فراهمی عناصر غذایی، از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفر، پتاسیم و گوگرد، کنترل عوامل بیماری‌زا و تولید هورمون‌های تنظیم کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sturz &

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

Christie, 2003). محققان بیان داشتند که افزودن کودهای آلی و زیستی به‌صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی به خاک، از طریق بهبود شرایط فیزیکی-شیمیایی خاک تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را در مقایسه با استفاده صرف از منابع کودهای شیمیایی افزایش داد (Maltas *et al*., 2018). در مقابل محققان دیگر نشان دادند که بالاترین میزان عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد استفاده از کود شیمیایی حاصل شد و تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی توصیه شده با مواد آلی (کود دامی و بقایای گیاهی) در مرتبه‌ی دوم قرار گرفت (Sarkar *et al*., 2020).

ذخیره‌سازی و انتقال مجدد ماده خشک

وزن خشک ساقه در مرحله‌گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که وزن خشک ساقه در مرحله‌ی گرده‌افشانی تحت تأثیر اثرات اصلی نوع ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد و وزن خشک ساقه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر اثر اصلی سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۵). بررسی مقایسه میانگین اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که میانگین این صفت تحت تیمارهای کود سبز جو و شبدر، کود سبز سسبانیا و مخلوط بقایای کنجد و ماش با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشتند و بالاتر از سطوح بدون بقایا و کاربرد بقایای گندم بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح کودی نیز نشان داد که بیشترین میانگین وزن خشک ساقه در مرحله‌ی گرده افشانی مربوط به تیمار کاربرد کود تلفیقی بود که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر سطوح تیماری بود. کمترین میانگین این صفت نیز مربوط به تیمار کاربرد کود ارگانیک ۲ (۱۰۷۶ میلی‌گرم بر ساقه) بود. بررسی وزن خشک ساقه در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک نیز نشان داد تحت سطوح مختلف کودی، تیمارهای کاربرد کود تلفیقی با ارگانیک ۱ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته و نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشتند (جدول ۶). کمترین میانگین این صفت نیز مربوط به تیمار کاربرد کود ارگانیک ۲ بود (جدول ۶).

به طور کلی نتایج نشان داد که کوددهی تلفیقی شامل کودهای شیمیایی، کودهای زیستی و اصلاح‌کننده‌های آلی به‌طور معنی‌داری رشد کلی گیاه، وزن ساقه و تجمع ماده‌ی خشک گندم را افزایش داد. این اثر احتمالاً از ترکیب افزایش دسترسی و جذب عناصر به‌ویژه نیتروژن توسعه‌ی ریشه و بهبود هیدرولیک و تنظیم هورمونی/متابولیکی ناشی می‌شود که تخصیص بیشتر آسیمیلات را به ساقه و اندام‌های ذخیره‌ای موجب می‌گردد (Chang *et al*., 2024؛ Rathor *et al*., 2024).

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

جدول ۵: تجزیه واریانس برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

		میانگین مربعات							
		وزن ساقه		وزن مخصوص					
منابع تغییرات	درجه آزادی	مرحله‌ی گرده‌افشانی	مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک	مرحله‌ی گرده‌افشانی	مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک	انتقال مجدد	کارایی انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد از عملکرد دانه	میزان فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری از عملکرد دانه
بلوک	۲	۷۲۹۶	۷/۱۶	۳/۳۵	۲/۳۱	۶۸۶۳	۲۳	۶۸	۲۳۹۲۵	۶۸
ماده آلی	۴	۴۰۵۹۹**	۱۷۷۰ ^{ns}	۵/۹۳**	۰/۳۹ ^{ns}	۳۲۲۶۴**	۱۰۲**	۱۸/۸*	۲۵۶۱۵۹**	۱۸/۸*
خطا	۸	۶۷۴۵	۷۷۷۶	۰/۳۷	۰/۶۹	۴۰۹	۸/۵۹	۴/۲۴	۳۶۱۷	۴/۲۴
سطوح کودی	۳	۱۲۹۸۸۹**	۲۴۴۳۲**	۲/۲۸*	۰/۵۵^{ns}	۴۱۷۰۳**	۶۴**	۱/۱۹ ^{ns}	۱۹۲۳۸۵**	۱/۱۹ ^{ns}
ماده آلی × سطوح کودی	۱۲	۲۵۶۶ ^{ns}	۲۱۲۲ ^{ns}	۱/۱۴ ^{ns}	۰/۷۰*	۱۲۷۲**	۷**	۲۱/۳**	۱۳۰۹۹*	۲۱/۳**
خطا	۵۷	۲۴۶۱	۱۵۰۸	۰/۷۲	۰/۳۰	۳۰۳	۱/۰۸	۶/۲۳	۵۰۵۳	۶/۲۳
ضریب تغییرات		۴/۱۶	۴/۶۹	۵/۲۶	۵/۲۷	۴/۷۹	۳/۴۴	۸/۱۴	۸/۵۴	۳/۶۰

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول ۶: مقایسه میانگین برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

نوع ماده آلی	وزن ساقه (میلی‌گرم بر ساقه)		وزن مخصوص (میلی‌گرم بر سانتی‌متر)		انتقال مجدد (میلی‌گرم در ساقه)	کارایی انتقال مجدد (درصد)	سهم انتقال مجدد از عملکرد دانه (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (میلی‌گرم در بوته)	سهم فتوسنتز جاری از عملکرد دانه (درصد)
	مرحله‌ی گرده‌افشانی	مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک	مرحله‌ی گرده‌افشانی	مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک					
بدون بقایا	۱۱۲۷b	۸۳۱a	۱۵/۳c	۱۰/۸a	۲۹۶d	۲۶/۲b	۳۱/۱ab	۶۷۶d	۶۸/۹cb
بقایای گندم	۱۱۳۶b	۸۱۲a	۱۵/۸b	۱۰/۳a	۳۲۴c	۲۸/۵b	۳۱/۷a	۷۱۳d	۶۸/۳c
مخلوط بقایای کنجد و ماش	۱۲۰۲ab	۸۱۸a	۱۶/۳b	۱۰/۵a	۳۸۵b	۳۱/۷a	۳۱/۸a	۸۱۷c	۶۸/۲c
کود سبز جو و شبدر	۱۲۶۲a	۸۳۸a	۱۷/۲a	۱۰/۵a	۴۲۴a	۳۳/۶a	۲۹/۲c	۱۰۲۷a	۷۰/۸a
کود سبز سسبانیا	۱۲۲۵a	۸۳۹a	۱۶/۲b	۱۰/۴a	۳۸۶b	۳۱/۴a	۲۹/۵cb	۹۲۵b	۷۰/۵ab
سطوح کودی									
شیمیایی	۱۱۵۷c	۸۱۳b	۱۶/۱ab	۱۰/۵a	۳۴۴c	۲۹/۶b	۳۱a	۷۸۱c	۶۹a
تلفیقی	۱۲۸۷a	۸۷۰a	۱۶/۳ab	۱۰/۳a	۴۱۷a	۳۲/۳a	۳۰/۵a	۹۵۵a	۶۹/۵a
ارگانیک۱	۱۲۴۱b	۸۴۹a	۱۶/۶a	۱۰/۷a	۳۹۳b	۳۱/۵a	۳۰/۷a	۸۹۰b	۶۹/۳a
ارگانیک۲	۱۰۷۶d	۷۷۸c	۱۵/۷b	۱۰/۳a	۲۹۸d	۲۷/۷c	۳۰/۴a	۷۰۰d	۶۹/۶a

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح پنج درصد)

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

وزن مخصوص ساقه

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی مشاهده شد که وزن مخصوص ساقه در مرحله‌ی گرده افشانی تحت تأثیر اثرات اصلی نوع ماده آلی و سطوح کودی به ترتیب در سطوح یک و پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین اثر اصلی نوع ماده آلی نشان داد که بیشترین وزن مخصوص ساقه در مرحله‌ی گرده افشانی مربوط به تیمار کاربرد کود سبز جو و شبدر بود که به طور معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری برتری داشت (جدول ۵). کمترین میانگین این صفت نیز مربوط به تیمار بدون کاربرد بقایای گیاهی بود که با سایر سطوح اختلاف آماری معنی‌داری داشت (جدول ۶). در بین سطوح کودی نیز مشاهده شد که بین تیمارهای کود شیمیایی، تلفیقی و ارگانیک ۱ اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. در مقابل تیمار کودی ارگانیک ۲ سانتی‌متر کمترین وزن مخصوص ساقه در مرحله‌ی گرده افشانی را داشت (جدول ۶).

درمقابل وزن مخصوص ساقه در مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک تنها تحت تأثیر اصلی برهمکنش دوگانه ماده آلی و کود در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه ماده آلی در کود نشان داد که سطوح تیماری اختلاف آماری معنی‌داری وجود داشت ولی کمترین میانگین مربوط به تیمار کود سبز جو و شبدر در شرایط کاربرد کود ارگانیک ۲ (۹/۷ میلی‌گرم بر سانتی‌متر) بود (جدول ۷).

به طور کلی، استفاده از کود سبز باعث افزایش تراکم ساقه در مرحله گرده‌افشانی شد، در حالی که ترکیب ارگانیک ۲ و کود سبز جو + شبدر در مرحله رسیدگی، وزن مخصوص ساقه را کاهش داد. این امر نشان‌دهنده انتقال منابع از ساقه به اندام‌های مصرف‌کننده و تأثیر مواد آلی و محرک‌های رشد بر توزیع رشد ساقه و بافت است. افزایش وزن مخصوص ساقه در کود سبز جو + شبدر در مرحله گرده‌افشانی با یافته‌های Aytenew and Bore (2020) همخوانی دارد که نشان‌دهنده اثر مثبت کود سبز بر تراکم ساقه و رشد رویشی است. کاهش وزن مخصوص ساقه در تیمار ارگانیک ۲ با یافته‌های Barea et al, (2008) مطابقت دارد و ناشی از افزایش رشد حجمی و انتقال مواد به اندام‌های مصرف‌کننده در مراحل بعدی رشد می‌باشد.

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

جدول ۷: مقایسه میانگین برهمکنش برخی از صفات گندم تحت سطوح مختلف ماده آلی و سطوح کودی

سطوح تیماری		وزن مخصوص در مرحله رسیدگی (میلی‌گرم بر سانتی‌متر)	انتقال مجدد (میلی‌گرم در ساقه)	کارایی انتقال مجدد (درصد)	سهم انتقال مجدد از عملکرد دانه (درصد)	میزان فتوسنتز جاری (میلی‌گرم در بوته)	سهم فتوسنتز جاری از عملکرد دانه (درصد)
بدون بقایا	شیمیایی	۱۱a	۲۸۶lk	۲۵/۸i	۳۳/۸ab	۵۵۸i	۶۶/۲fe
	تلفیقی	۱۰bc	۳۴۳hi	۲۸/۸g	۲۸/۹ecdf	۸۷۲d-g	۷۱/۱a-d
	ارگانیک۱	۱۱a	۳۰۸jk	۲۶/۵i	۲۸/۸ecdf	۷۶۴gh	۷۱/۲abcd
	ارگانیک۲	۱۱a	۲۴۷m	۲۳/۶j	۳۲/۹abc	۵۰۹i	۶۷/۱fde
بقایای گندم	شیمیایی	۱۰bc	۳۱۳jk	۲۸/۳hg	۳۳/۳ab	۶۲۷i	۶۶/۷fe
	تلفیقی	۱۰bc	۳۴۵hi	۲۸/۹g	۲۸edf	۸۹۱de	۷۲abc
	ارگانیک۱	۱۰/۷ab	۳۶۹hfg	۳۰/۹fe	۳۱/۸abcd	۸۰۲efgh	۶۸/۲fcde
	ارگانیک۲	۱۰/۳abc	۲۷۰lm	۲۶i	۳۳/۶ab	۵۳۳i	۶۶/۴fe
مخلوط بقایای کنجد و ماش	شیمیایی	۱۱a	۳۵۴hg	۲۹/۹fg	۳۱/۵ebcd	۷۷۳efgh	۶۸/۵bcde
	تلفیقی	۱۰bc	۴۴۴cb	۳۲/۶cde	۲۷/۲f	۸۳۸d-h	۶۴/۲f
	ارگانیک۱	۱۰/۳abc	۴۳۲cd	۳۴cb	۳۵/۸a	۸۸۷def	۶۷/۳fde
	ارگانیک۲	۱۰/۷ab	۲۸۶lk	۲۶/۶hi	۳۲/۷abc	۷۷۰fgh	۷۲/۸a
کود سبز جو و شبدر	شیمیایی	۱۰/۷ab	۳۹۳ef	۳۲/۵cde	۲۷/۶ef	۱۰۲۸abc	۷۲/۴ab
	تلفیقی	۱۰/۷ab	۴۸۶a	۳۴/۷ab	۳۰/۷ebcdf	۱۰۹۴a	۶۹/۳abcde
	ارگانیک۱	۱۱a	۴۵۱cb	۳۴/۴b	۳۰/۱ebcdf	۱۰۴۸ab	۶۹/۹a-e
	ارگانیک۲	۹/۷c	۳۶۷hfg	۳۲/۶cd	۲۸/۱edf	۹۳۸dbc	۷۱/۹abc
کود سبز سسبانیا	شیمیایی	۱۰bc	۳۷۶efg	۳۱/۸de	۲۸/۹ecdf	۹۲۱dc	۷۱/۱abcd
	تلفیقی	۱۱a	۴۶۷ab	۳۶/۴a	۲۹/۱ecdf	۱۰۸۰a	۷۰/۹a-d
	ارگانیک۱	۱۰/۷ab	۴۰۴ed	۳۱/۸de	۲۹/۸ebcdf	۹۴۹dbc	۷۰/۲a-e
	ارگانیک۲	۱۰bc	۳۲۱ji	۲۹/۵fg	۳۰ebcdf	۷۵۰h	۷۰a-e

ستون‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند (LSD در سطح پنج درصد)

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

انتقال مجدد ماده خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی نشان داد که انتقال مجدد ماده خشک ساقه تحت تأثیر اثرات اصلی ماده آلی و کود و برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۵). بررسی مقایسه میانگین صفات آزمایشی نشان داد که بیشترین میانگین انتقال مجدد ماده خشک ساقه مربوط به تیمار کوددهی تلفیقی در دو شرایط کاربرد کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا به ترتیب با مقادیر ۴۸۶ و ۴۶۷ میلی‌گرم بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته ولی نسبت به سایر سطوح تیماری برتری آماری معنی‌داری داشتند. کمترین میانگین انتقال مجدد نیز مربوط به تیمار کاربرد کود ارگانیک ۲ در دو شرایط بدون کاربرد بقایا و کاربرد بقایای گندم (به ترتیب با مقادیر ۲۴۷ و ۲۷۰ میلی‌گرم) بود که به طور معنی‌داری با سایر سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد، تلفیق نهاده‌های شیمیایی و زیستی در تیمار کوددهی تلفیقی (شیمیایی + کود زیستی سوپرنیتروپلاس و کود بارور۲ + کود مخلوط عناصر ریزمغذی) همراه با تیمار کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا، نه‌تنها توانسته یک هماهنگی بین مراحل رشدی ایجاد کند، بلکه با تکیه بر انتقال مجدد مواد خشک ذخیره شده در اندام‌های رویشی، نیاز دانه‌ها را فراهم و بهبود عملکرد را در پی داشته است. گزارش شده است که پتانسیل انتقال مجدد ماده‌ی خشک ذخیره شده در اندام‌های رویشی به دانه‌ها، تحت تأثیر عواملی همچون نوع گیاه تابستانه کشت شده، تأثیر گیاه قبلی بر رشد اولیه گندم، اثر نوع عملیات زراعی در گیاه تابستانه بر گندم و همچنین میزان نهاده‌های مصرفی در گیاه تابستانه بستگی خواهد داشت (گورویی و همکاران، ۱۴۰۰). از طرفی کاهش انتقال مجدد ماده خشک ساقه در تیمار ارگانیک ۲ احتمالاً ناشی از فراهمی یکنواخت عناصر غذایی، افزایش جذب مستقیم توسط میکوریزا و کاهش فتوسنتز جاری و قدرت مخزن اندام‌های مصرف‌کننده بوده است، به طوری که گیاه کمتر به ذخایر ساقه برای تأمین نیاز دانه‌ها متکی بوده است (Aytenew & Bore, 2020 ؛Hayat et al., 2010).

کارایی انتقال مجدد ماده خشک

بررسی نتایج تجزیه واریانس صفات آزمایشی گویای تأثیرپذیری این صفت از اثرات اصلی ماده آلی و سطوح کودی و همچنین برهمکنش آن‌ها در سطح یک درصد بود (جدول ۵). در بررسی مقایسه صفات آزمایشی مشخص شد که بیشترین کارایی انتقال مجدد ساقه مربوط به تیمار کوددهی تلفیقی در دو شرایط کاربرد کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا به ترتیب با مقادیر ۳۴/۷ و ۳۶/۴ درصد بود که برتری آماری معنی‌داری نسبت به سایر سطوح تیماری داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که ترکیب نهاده‌های شیمیایی و زیستی باعث افزایش ذخیره عناصر غذایی در ساقه در مراحل اولیه رشد و تسهیل انتقال آن‌ها به اندام‌های مصرف‌کننده (دانه‌ها) در مراحل بعدی شده است. علاوه بر این، کود سبز باعث افزایش نیتروژن خاک و رشد رویشی قوی‌تر می‌شود که زمینه را برای بسیج بهتر منابع ساقه فراهم می‌کند. این نتایج با یافته‌های برخی محققین مطابقت داشت (Gopinath *et al*., 2008). کمترین درصد کارایی انتقال مجدد مربوط به تیمار کوددهی ارگانیک ۲ در

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

شرایط کاربرد بدون بقایا (۲۳/۶ درصد) بود که تفاوت معنی‌داری با سایر سطوح تیماری داشت (جدول ۷). از دلایل این موضوع می‌توان گفت که عناصر غذایی به‌صورت تدریجی و یکنواخت از ورمی‌کمپوست و مواد آلی در دسترس گیاه قرار گرفته‌اند، بنابراین گیاه بخش زیادی از نیاز دانه‌ها را مستقیماً از خاک تأمین کرده و به بسیج ذخایر ساقه کمتر نیاز داشته است. از طرفی کاهش فتوسنتز جاری و قدرت مخزن در این تیمار نیز باعث کاهش تقاضا برای انتقال مجدد ماده خشک از ساقه شده است. همچنین، ترکیب همزیستی میکوریزایی و محرک‌های رشد باعث شده رشد حجمی و طولی ساقه بیشتر شود، اما استفاده از ذخایر ساقه برای دانه کاهش یابد.

سهم انتقال مجدد ماده خشک از عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سهم انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد نهایی دانه گندم تحت تأثیر اثر اصلی ماده آلی در سطح پنج درصد و برهمکنش ماده آلی در سطوح کودی در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول ۵). براساس نتایج مقایسه میانگین صفات آزمایشی مشخص شد که بین تیمارهای کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۲ در شرایط بدون بقایا (به ترتیب ۳۳/۸ و ۳۲/۹ درصد)، کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۱ و ۲ در شرایط کاربرد بقایای گندم (به ترتیب ۳۳/۳، ۳۱/۸ و ۳۳/۶ درصد) و کوددهی ارگانیک ۱ و ۲ در شرایط کاربرد مخلوط بقایای کنجد + ماش (به ترتیب ۳۵/۸ و ۳۲/۷ درصد) اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت و نسبت به سایر سطوح تیماری انتقال مجدد ماده خشک ساقه سهم بیشتری در تعیین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد که در دو سیستم کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۲ در شرایط بدون بقایای گیاهی و بقایای گندم، فتوسنتز جاری به‌تنهایی قادر به فراهمی مواد پرورده برای پر شدن دانه‌های تولید شده نبوده، لذا گیاه برای تامین نیاز مقاصد فیزیولوژیکی تولید شده تکیه‌ی گسترده‌ای بر انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی در قبل و بعد از گرده‌افشانی داشته است و بر این اساس سهم انتقال مجدد در این تیمارها در تعیین عملکرد نهایی دانه افزایش یافته است. نتایج ما که نشان‌دهنده افزایش سهم انتقال مجدد در شرایط محدودیت فتوسنتز جاری (کودهای شیمیایی و ارگانیک ۲ بدون بقایا) بود، با نتایج گزارش‌شده در سایر مطالعات هم‌راستا است. در گندم و دیگر غلات، بخش عمده‌ای از عناصر غذایی دانه از ذخایر اندام‌های رویشی قبل از گل‌دهی تأمین می‌شود، و زمانی که فتوسنتز پس از گل‌دهی محدود شود، گیاه برای جبران نیازهای اندام‌های مصرف‌کننده به بسیج این ذخایر روی می‌آورد (Kong et al., 2016).

میزان فتوسنتز جاری

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان فتوسنتز جاری تحت تأثیر اثرات اصلی ماده آلی و کود در سطح یک درصد و برهمکنش آن‌ها در سطح پنج درصد قرار گرفت (جدول ۵). مقایسه میانگین میزان فتوسنتز جاری نشان داد که بیشترین مقدار این صفت مربوط به سطوح تیماری کوددهی تلفیقی و ارگانیک ۱ در شرایط کاربرد کود سبز جو + شبدر و کوددهی تلفیقی در شرایط کاربرد کود سبز سسبانیا بود که با یکدیگر اختلاف آماری معنی‌داری نداشته ولی نسبت به سایر سطوح

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

تیماری برتری داشتند (جدول ۷). در مقابل سطوح تیماری کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۲ به همراه کاربرد بدون بقایا و بقایای گندم کمترین میزان فتوسنتز جاری را داشتند (جدول ۷). مطالعات نشان داده است که عملکرد دانه در وهله‌ی اول به طور عمده همبستگی بسیار نزدیکی به میزان فتوسنتز جاری به‌ویژه در مراحل پر شدن دانه دارد. از این‌رو به‌نظر می‌رسد که دریافت به‌موقع و منظم نیتروژن در سیستم‌های کوددهی تلفیقی و ارگانیک ۱ شرایط کاربرد کود سبز جو + شبدر و کود سبز سسبانیا از جمله عوامل تاثیرگذار بر افزایش میزان فتوسنتز جاری بوده است. افزایش معنی‌دار میزان فتوسنتز جاری در شرایط استفاده از کودهای سبز لگوم‌ها می‌تواند به‌علت تبدیل تدریجی عناصر آلی و زیستی موجود در نهاده‌های کاربردی به عناصر معدنی و قابل دسترس باشد. به‌ویژه که هوای مرطوب در فصل زمستان (در طول رشد گندم)، شرایط را برای تجزیه و فعالیت ریزموجودات خاکزی فراهم می‌آورد. در واقع کاربرد این ترکیبات آلی، زیستی و شیمیایی سبب تثبیت زیستی نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن به‌صورت پیوسته و تدریجی شده و شرایط رویشی مطلوب‌تری را برای گیاه فراهم آورده و از این طریق سبب شده تا گیاه در مرحله رشد فعال (پر شدن دانه‌ها) با کمبود مواد پرورده برای تامین نیاز دانه‌ها روبرو نشود (Liu *et al*., 2020).

سهم فتوسنتز جاری از عملکرد نهایی دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی‌دار اثر اصلی ماده آلی در سطح پنج درصد و برهمکنش ماده آلی و سطوح کودی در سطح یک درصد بر سهم فتوسنتز جاری از عملکرد نهایی دانه بود (جدول ۵). بررسی سهم فتوسنتز جاری از عملکرد دانه گندم تحت تیمارهای آزمایشی نشان داد که به طور کلی تیمارهای کوددهی شیمیایی و ارگانیک ۲ در شرایط بدون بقایا و بقایای گیاهی گندم و کوددهی تلفیقی و ارگانیک ۱ در شرایط کاربرد مخلوط بقایای کنجد + ماش کمترین سهم فتوسنتز جاری در تعیین عملکرد نهایی دانه را داشتند. در مقابل بین سایر سطوح تیماری اختلاف کمی وجود داشت. به‌نظر می‌رسد، شرایط آب و هوایی در سطح قابل توجهی بر میزان فتوسنتز جاری و سهم این شاخص بر پر شدن دانه تاثیرگذار است (Djanaguiraman *et al*., 2020). به‌علاوه، سهم ماده‌پرورده تأمین‌شده از فتوسنتز جاری در پر شدن دانه‌ها با تغییر بوم‌نظام و نهاده‌های ورودی (مانند فراهمی عناصر غذایی و مدیریت تغذیه‌ای) به‌طور معنی‌داری تغییر می‌کند. در سیستم‌هایی که تامین عناصر غذایی بهینه شده و شاخص سطح برگ و گسترش کانوپی بالاتر است، افزایش جذب CO_2 و فتوسنتز جاری باعث می‌شود گیاه بخش اعظم نیاز کربنی دانه‌ها را از طریق فتوسنتز جاری تأمین کند و در نتیجه وابستگی به انتقال مجدد ذخایر ساقه و برگ کاهش یابد؛ اما در شرایط محدودیت آب یا کمبود عناصر غذایی، سهم انتقال مجدد ذخایر در تغذیه‌ی دانه افزایش می‌یابد (Sanchez-Bragado *et al*., 2016؛ Li *et al*., 2025). همچنین، تأثیر مثبت کودهای سبز شبدر–جو و کود سبز سسبانیا بر سهم فتوسنتز جاری، تایید کننده برتری حضور گیاهان لگوم نسبت به غلات، بر عملکرد دانه می‌باشد.

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

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای سبز به‌ویژه ترکیب شبدر + جو، با افزایش محتوای کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و در نهایت افزایش تولید زیست‌توده و عملکرد دانه، نقش مهمی در بهبود رشد و کارایی فیزیولوژیکی گندم دارد، به گونه‌ای که این تیمار سبب افزایش ۴۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شد. همچنین، کوددهی تلفیقی (ترکیب کودهای آلی و شیمیایی) بیشترین میزان انتقال مجدد ماده خشک ساقه و کارایی انتقال مجدد را ایجاد کرد که نشان‌دهنده بهبود بهره‌وری استفاده از مواد فتوسنتزی و منابع ذخیره‌ای در گیاه است و تحت این تیمار عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد، ۲۲ درصد افزایش یافت. در مجموع، نتایج حاکی از آن است که استفاده از کودهای سبز در کنار مدیریت تلفیقی تغذیه‌ای می‌تواند ضمن کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی، باعث بهبود انتقال مجدد ماده خشک، افزایش عملکرد و پایداری سیستم‌های تولید گندم شود. ازاین‌رو، توصیه می‌شود در چارچوب کشاورزی پایدار، به‌کارگیری ترکیب کودهای سبز و آلی به‌عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود کارایی فیزیولوژیکی و بهره‌وری گندم مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فنآوری دانشگاه شهید چمران اهواز جهت تأمین هزینه این پژوهش که قسمتی از قرارداد پژوهانه می‌باشد سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

جهانگیری نیا، ا.، سیادت، س.، کوچک زاده، ا.، سیاح فر، م. و مرادی تلاوت، م. (۱۳۹۵). اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا تحت شرایط تنش کم‌آبی، بوم شناسی کشاورزی. ۸(۴)، ۵۸۳-۵۹۷.

ربیعی، م. و شاکرکوهی، س. (۱۴۰۳). بررسی انتقال مجدد ماده خشک و فتوسنتز جاری در کلزا تحت تأثیر سطوح نیتروژن، شیوه‌های کاشت و خاک‌ورزی به‌عنوان کشت دوم پس از برنج. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۶(۶۲)، ۱۲۵-۱۴۱.

قلمباز، س.، آینه بند، ا. و معزی، ع. (۱۳۹۳). اثر مدیریت تلفیقی کود و رقابت علف‌های هرز بر کارایی، توان ذخیره‌سازی و انتقال مواد فتوسنتزی میانگره‌های ساقه‌ی اصلی گندم. تولیدات گیاهی، ۳۷(۴)، ۱۳۱-۱۴۴.

کرمی، ر.، محسن آبادی، غ.، مجیدیان، م. و مشتاقی، م. (۱۳۹۹). کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی پتاسیم و نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی توتون نر عقیم. دانش کشاورزی وتولید پایدار، ۳۰(۳)، ۱۱۳-۱۳۱.

کیخا، ز.، توسلی، ا. و پیری، ع. (۱۴۰۰). اثر کاربرد کود سبز لگوم و سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی بر جنبه‌های زراعی، اکولوژیکی و فیزیکوشیمیایی خاک در کشت ذرت. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱۱(۳)، ۱۱۹-۱۳۷.

گورویی، آ.، آینه بند، ا.، و راهنما، ا. (۱۴۰۰). مطالعه اگرواکولوژیکی سیستم‌های کشت مضاعف گندم در نظام‌های فشرده، پایدار و ارگانیک. علوم گیاهان زراعی ایران. (۲) ۵۲. ۱۴۵-۱۵۶.

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

محمدی کله سرلو، س. و سیدشریفی، ر. (۱۴۰۳). تاثیر برخی تعدیل‌کننده‌های تنش و کودهای آلی بر انتقال ماده خشک و مولفه های پر شدن دانه جو تحت تنش شوری. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۶(۶۳)، ۱۱۷-۱۳۹.

یزدان‌پور، ا.، سلوکی، م.، دهمرده، م. و خمری، ع. (۱۴۰۱). بررسی تاثیر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی کینوا تحت تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۵(۴)، ۱۰۵۹-۱۰۷۲.

Albano, X., Whitmore, A. P., Sakrabani, R., Thomas, C. L., Sizmur, T., Ritz, K., ... & Haefele, S. M. (2023). Effect of different organic amendments on actual and achievable yields in a cereal-based cropping system. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 2122-2137. DOI: 10.1007/s42729-023-01167-w

Ali, A. Y. A., Zhou, G., Elsiddig, A. M., Zhu, G., Meng, T., Jiao, X., ... & Ibrahim, M. E. H. (2022). Effects of jasmonic acid in foliar spray and an humic acid amendment to saline soils on forage sorghum plants' growth and antioxidant defense system. PeerJ, 10, e13793. DOI: 10.7717/peerj.13793

Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., & Mariotti, M. (2006). Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. European *Journal of Agronomy*, 25(4), 309–318. DOI: 10.1016/j.eja.2006.06.003

Aytenew, M., & Bore, G. (2020). Effects of organic amendments on soil fertility and environmental quality: A review. *Plant Science*, 8(5), 112-119. DOI: 10.11648/j.jps.20200805.12

Barea, J. M., Ferrol, N., Azcón-Aguilar, C., & Azcón, R. (2008). Mycorrhizal symbioses. In The ecophysiology of plant-phosphorus interactions. Springer Netherlands. (pp. 143-163). DOI: 10.1007/978-1-4020-8435-5_7

Chang, X., He, H., Cheng, L., Yang, X., Li, S., Yu, M., ... & Li, J. (2024). Combined application of chemical and organic fertilizers: effects on yield and soil nutrients in spring wheat under drip irrigation. *Agronomy*, 14(4), 655-666. DOI: 10.3390/agronomy14040655

Djanaguiraman, M., Narayanan, S., Erdayani, E., & Prasad, P. V. (2020). Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling periods on photosynthesis, lipids and grain yield in wheat. *BMC Plant Biology*, 20(1), 268-281. DOI: 10.1186/s12870-020-02479-0

Dordrecht: Springer Netherlands. Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and Experimental Botany*, 68(1), 14-25. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2009.10.004

Geng, Y., Cao, G., Wang, L., & Wang, S. (2019). Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution. PloS one, 14(7), e0219512. DOI: 10.1371/journal.pone.0219512

Gopinath, K. A., Saha, S., Mina, B. L., Pande, H., Kundu, S., & Gupta, H. S. (2008). Influence of organic amendments on growth, yield and quality of wheat and on soil properties during transition to organic production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 82(1), 51-60. DOI: 10.1007/s10705-008-9168-0

Islam, M. M., Urmi, T. A., Rana, M. S., Alam, M. S., & Haque, M. M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. Physiology and *Molecular Biology of Plants*, 25(1), 303-312. DOI: 10.1007/s12298-018-0613-3

Joudi, M., & Van Den Ende, W. (2018). Genotypic variation in Pre-and Post-anthesis dry matter remobilization in Iranian wheat cultivars: Associations with stem characters and grain yield. Czech *Journal of Genetics and Plant Breeding*, 54(3), 123-135. DOI: 10.17221/93/2017-CJGPB

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

Kaduwal, S., Karki, T. B., Neupane, R., Battarai, R. K., Chaulagain, B., Ghimire, P., ... & Das, S. K. (2023). Residue management and nutrient dynamics in conservation agriculture: A Review. *Agronomy Journal of Nepal*, 7, 139-148. DOI: 10.3126/ajn.v7i1.62169

Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., & Kim, P. J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147, 103400. DOI: 10.1016/j.apsoil.2019.103400

Kobra Hatami, S. (2023). *Combined effect of sulfur and sulfofertilizer1 on physiological traits and grain yield of wheat cultivars* (*Triticum Aestivum* L.) in mahshahr county (south west of iran). *Journal of Crop Nutrition Science*, 9(4), 76-90.

Kong, L., Xie, Y., Hu, L., Feng, B., & Li, S. (2016). Remobilization of vegetative nitrogen to developing grain in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*, 196, 134-144. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.06.015

Li, C., Shi, Y., Yu, Z., Zhang, Y., & Zhang, Z. (2025). Optimizing nitrogen application strategies can improve grain yield by increasing dry matter translocation, promoting grain filling, and improving harvest indices. *Frontiers in Plant Science*, 16(2), 1565446. DOI: 10.3389/fpls.2025.1565446

Li, Q., Ye, Y., Wang, D., Wang, Y., Zhang, M., Cai, R., ... & Liu, X. (2025). Temporal dynamics of pre-flowering dry matter remobilization and post-flowering photosynthetic compensation in wheat under combined high temperature and drought stress. *Plant Growth Regulation*, 1-15. DOI: 10.1007/s10725-025-01336-0

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*. 248: 107720. DOI: 10.1016/j.fcr.2020.107720

Maltas, A., Kebli, H., Oberholzer, H. R., Weisskopf, P., & Sinaj, S. (2018). The effects of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long term field experiment under a Swiss conventional farming system. *Land Degradation & Development*, 29(4), 926-938. DOI: 10.1002/ldr.2913

Oktem, A. G., & Oktem, A. (2020). Effect of humic acid application methods on yield and some yield characteristics of corn plant (Zea mays L. indentata). *Journal of Applied Life Sciences International*, 23(11), 31-37. DOI: 10.9734/jalsi/2020/v23i1130196

Perrone, S., Grossman, J., Liebman, A., Sooksa-Nguan, T., & Gutknecht, J. (2020). Nitrogen fixation and productivity of winter annual legume cover crops in Upper Midwest organic cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(1), 61-76. DOI: 10.1007/s10705-020-10055-z

Qiao, M., Sun, R., Wang, Z., Dumack, K., Xie, X., Dai, C., ... & Chen, Y. (2024). Legume rhizodeposition promotes nitrogen fixation by soil microbiota under crop diversification. *Nature Communications*, 15(1), 2924. DOI: 10.1038/s41467-024-47159-x

Rathor, P., Upadhyay, P., Ullah, A., Gorim, L. Y., & Thilakarathna, M. S. (2024). Humic acid improves wheat growth by modulating auxin and cytokinin biosynthesis pathways. *AoB Plants*, 16(2), plae018. DOI: 10.1093/aobpla/plae018

Roy, D., Zakarya, M., Mondal, D., Bandhan, B., Bahadur, M., Islam, M., ... & Pramanik, S. (2025). Humic acid mediates drought tolerance in wheat through the modulation of morphophysiological traits, leading to improve the grain yield in wheat. *Phyton,* 94(3), 763. DOI: 10.32604/phyton.2025.062717

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

Sanchez-Bragado, R., Molero, G., Reynolds, M. P., & Araus, J. L. (2016). Photosynthetic contribution of the ear to grain filling in wheat: a comparison of different methodologies for evaluation. *Journal of Experimental Botany*, 67(9), 2787-2798. DOI: 10.1093/jxb/erw116

Sarkar, S., Skalicky, M., Hossain, A., Brestic, M., Saha, S., Garai, S., ... & Brahmachari, K. (2020). Management of crop residues for improving input use efficiency and agricultural sustainability. *Sustainability*, 12(23), 1-24. DOI: 10.3390/su12239808

Shen, J., Guo, M. J., Wang, Y. G., Yuan, X. Y., Wen, Y. Y., Song, X. E., ... & Guo, P. Y. (2020). Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. *Plant Signaling & Behavior*, 15(8), 1774212. DOI: 10.1080/15592324.2020.1774212

Sturz, A. V., & Christie, B. R. (2003). Beneficial microbial allelopathies in the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, 72(2), 107-123. DOI: 10.1016/S0167-1987(03)00082-5

Turmel, M. S., Speratti, A., Baudron, F., Verhulst, N., & Govaerts, B. (2015). Crop residue management and soil health: A systems analysis. *Agricultural Systems*, 134, 6-16. DOI: 10.1016/j.agsy.2014.05.009

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

Response of wheat yield and dry matter remobilization to the combined application of green, organic, and chemical fertilizers

F. Rafiei[1], E. Fateh[2*], A. Monsefi[3] and A. Aynehband[4]

1,2,3& 4) Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

***Corresponding author: e.fateh@scu.ac.ir**

This article is taken from a doctoral dissertation.

Received date: 2025.07.07 **Accepted date: 2025.10.21**

Abstract

The experimental design was split plot based on randomized complete block design in three replications, in the research farm of the Faculty of Agriculture of Shahid Chamran University during the crop year of 2023-24. The main factor was the type of organic matter in five levels including 1- no residues, 2- wheat residues, 3- a mixture of sesame and mung bean residues, 4- barley and clover green manure and 5- Sesbania green manure). The sub-factor of fertilizer management methods in four treatment levels were: 1- Completely chemical based on the recommended N-P-K amount (50-75-90), 2- Combined: 75% chemical fertilizer+ supernitroplus biological fertilizer (3 ml) and barvar-2 (100 g. ha^{-1})+ mixed fertilizer with micronutrient elements (spraying solution), 3- Organic 1: compost (20 tons. ha^{-1}), supernitroplus (3 ml)+ biosulfur (5 kg. ha^{-1})+ barvar-2 (100 g. ha^{-1})+ humic acid (300 mg. l^{-1}) and jasmonic acid 0.1 mM (spray solution) and 4- organic 2 (vermicompost fertilizer in the amount of 10 tons. ha^{-1}, mycorrhizal fungus in the amount of 100 g.m^{-2}, supernitroplus (3 ml)+ salicylic acid (1 mM). Grain yield, biomass yield, stomatal conductance and greenness index were 49, 38, 85 and 19 percent higher in the treatment of barley and clover green manure application than in the treatment without plant residues. It was also observed among the fertilization levels that in terms of these traits, they were 22, 13, 25 and 15 percent higher under the combined fertilization treatment than the chemical fertilizer treatment alone. Examination of dry matter storage and remobilization traits also showed that the highest mean stem dry matter remobilization and remobilization efficiency were related to the integrated fertilization treatment under both barley + clover and Sesbania green manure conditions. However, the contribution of remobilization to final grain yield determination was higher in the chemical and organic 2 fertilization treatments under both no-residue and wheat-residue conditions than in the other treatment levels.

Key words: Photosynthetic material remobilization, biosulfur, sustainable agriculture and green manure.

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