



## افزایش راندمان گندم در شرایط دیم تحت جایگذاری کود اوره در زیر بذر

حسین حاتم‌زاده<sup>۱\*</sup>، هادی زحمتی<sup>۲</sup>، علی محمد ملوندی<sup>۳</sup>، اسماعیل ابراهیمی<sup>۴</sup>، داوود صدیقی نسب<sup>۴</sup>، سعید سجادی<sup>۳</sup>، مسعود درخشی<sup>۵</sup>، سید علیرضا رضوی<sup>۵</sup>، حبیب الله مقتدر<sup>۴</sup>، حمید کاروانی<sup>۴</sup>، سعید خوش قامت<sup>۳</sup>، ملک مسعود احمدی<sup>۵</sup>، فاطمه نور محمدزاده<sup>۴</sup>، الهام یعقوبی<sup>۵</sup>، زکیه شریعتمداری<sup>۵</sup>، علیرضا عرفانی<sup>۳</sup>، رضا قهرمانیان<sup>۶</sup>، ولی فیضی اصل<sup>۶</sup>

- ۱- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
- ۲- مرکز جهاد کشاورزی امامقلی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان قوچان، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ایران
- ۳- سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، مشهد، ایران
- ۴- مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان قوچان، سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی، ایران
- ۵- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
- ۶- موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۶/۲۴

### چکیده

**مقدمه و اهداف:** امروزه کشت گندم به ویژه در شرایط دیم توسط خطی کارها انجام می‌گیرد. وظیفه خطی کار قرار دادن بذر و کود در ردیف‌های کاشت در زیر خاک است به طوری که بذر را با فاصله ردیف‌ها و تراکم مورد نظر در عمق مشخصی از خاک قرار داده و کود را در فاصله مناسب و مشخصی از بذر در زیر آن قرار دهد. برای دستیابی به عملکرد مطلوب گندم در شرایط دیم، باید ۸۰-۷۵ درصد از کود اوره مورد نیاز گندم دیم در پاییز و همزمان با کاشت و به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر استفاده شود. عمق جایگذاری کود زیر بذر یا فاصله بین بذر و کود از اهمیت بسزایی برخوردار است. این تحقیق با هدف بررسی و تعیین بهترین عمق جایگذاری کود اوره در زیر بذر و مطالعه همبستگی صفات برای شناسایی عوامل موثر بر عملکرد دانه گندم دیم در دو تیمار جایگذاری عمق کود متفاوت بود که می‌تواند راهکارهای عملی برای افزایش بهره‌وری گندم دیم در مناطق شمالی خراسان رضوی و مناطق با آب و هوای مشابه ارائه دهد.

**مواد و روش‌ها:** این آزمایش در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۴ در بخش باجگیران شهرستان قوچان از استان خراسان رضوی با دو نوع شیار بازن ک با فاصله جایگذاری متفاوت کود زیر بذر (جایگذاری در عمق ۱ و ۵ سانتیمتری زیر بذر) پیاده گردید. هر تیمار در قطعه‌هایی به گستره‌ی ۱۰۰۰ متر مربع کشت گردیدند. رقم کشت شده گندم باران، میزان بذر ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره ۷۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کشت مصرف گردید و برای هر تیمار، ۱۵ نمونه در نظر گرفته شد. در طول فصل رشد و پس از برداشت، داده‌های مربوط به صفات آگرونومیکی ثبت و اندازه‌گیری گردید. تجزیه داده‌ها بر پایه تجزیه واریانس یک طرفه انجام گرفت. همچنین برای برآزش بهترین مدل خطی، از رگرسیون گام به گام بهره گرفته شد. همه تحلیل‌های آماری با نرم افزار R انجام پذیرفت.

**یافته‌های پژوهش:** نتایج تجزیه واریانس نشان داد، بین تیمارها از نظر صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. به عبارتی عمق جای‌گذاری کود زیر بذر اثر قابل توجهی بر صفات مورد بررسی نشان داد. تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر دارای ۷۴٪ عملکرد بیشتری (۱۴۰۲ کیلوگرم در هکتار) از تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر (۱۳۰۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار) برخوردار بود. تحلیل رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام نشان داد در تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ و ۵ سانتیمتر زیر بذر به ترتیب سه صفت وزن هزار دانه (TKW)، طول سنبله (SL) و طول مژوکوتیل (ML) و چهار صفت شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، طول مژوکوتیل (ML) و طول سنبله (SL) به- ترتیب و بر اساس کاهش مقدار انحراف، وارد مدل شدند.

**نتیجه‌گیری:** در نهایت می‌توان بیان داشت در کشتزارهایی که کشاورزان به ابزار دقیق جهت جای‌گذاری عمیق کود دسترسی ندارند، انتخاب ارقام با وزن هزار دانه بالا می‌تواند، بخشی از محدودیت‌های عملیاتی را جبران کرده و منجر به عملکرد مطلوب‌تری گردد. در مقابل، در زمین‌های کشاورزی مجهز به تجهیزات مناسب برای جای‌گذاری کود در عمق ۵ سانتی‌متر زیر بذر، توصیه می‌شود از ارقامی با شاخص برداشت بالا استفاده گردد. این انتخاب موجب افزایش عملکرد دانه در مزرعه‌ای و پایداری تولید خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: جایگذاری کود، دیم، گندم

## مقدمه

گندم از غلات مهم بشمار می‌رود که بیش از ۱۰۰۰۰ سال پیش اهلی گردیده و با کشت گسترده در مناطق معتدل و سرد حدود ۱۷ درصد از کل سطح زیر کشت را در دنیا اشغال می‌کند. بر اساس گزارش‌های منتشرشده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، ایران در سال ۲۰۲۲ با تولید حدود ۱۳ میلیون تن گندم، در رده سیزدهم تولیدکنندگان بزرگ گندم جهان پس از کشورهایمانند اتحادیه اروپا، چین، هند، روسیه، آمریکا، کانادا، استرالیا، پاکستان، ترکیه، اوکراین و آرژانتین قرار گرفته بود. با افزایش دمای کره زمین، شرایط رشدی گیاهان بسیار تحت تاثیر آن قرار گرفته است. از این روی مطالعه‌ای بر روی پیش بینی اثر تغییر اقلیم روی عملکرد دانه گندم در محیط‌های خشک، نشان داد که کوددهی CO<sub>2</sub> اثر مثبتی در افزایش عملکرد دانه گندم در این شرایط افزایش دمای جهانی دارد به طوری که می‌تواند اثر منفی افزایش دما را روی عملکرد دانه گندم جبران

نماید (Deihimfard et al., 2023). پازکی و همکاران (Pazoki et al., 2013) در آزمایشی جهت طبقه بندی ارقام دانه ذرت بر اساس ویژگی‌های رنگ و مورفولوژی بذر با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، گزارش کردند که متوسط دقت برای روش‌های پرسپترون چند لایه و عصبی-فازی بترتیب ۹۴٪ و ۹۶٪ بود و پس از گزینش ویژگی‌ها، خصوصیات موثرتر برگزیده شدند تا زمان پروسه طبقه بندی را کاهش دهند، بدون اینکه به طور معنی‌داری از دقت کاسته شود. در آزمایشی جهت شناسایی ارقام دانه جو دیم با کاربرد شبکه‌های عصبی، گزارش شد که ترکیبی از شبکه عصبی مصنوعی، پردازش تصویر و مدل بهینه دارای بهترین پتانسیل در شناسایی ارقام بودند (Pazoki et al., 2013).

امروزه کشت گندم به ویژه در شرایط دیم توسط خطی کارها انجام می‌گیرد که کیفیت کار آنها بسته به نوع موزع، نوع شیاربازکن، تعداد ردیف‌ها و فاصله بین آنها، نوع پوشاننده و نوع چرخ‌های فشاردهنده متفاوت می‌باشد. وظیفه خطی کار قرار دادن بذر و

گیاه ۶-سوزی خواهد شد. توشیح و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که کاربرد کود به صورت مخلوط با بذر به واسطه افزایش غلظت نمک‌ها و ایجاد فشار اسمزی در منطقه ریشه موجب کاهش جوانه زنی، تضعیف گیاه و در نهایت، ایجاد اثر منفی بر عملکرد محصول می شود. مینایی و همکاران (۱۳۷۹) و اسکندری و محمودی (۱۳۸۰) در آزمایش‌های جداگانه‌ای نشان دادند جداسازی کود اوره از بذر و قرار دادن آن با فاصله در زیر بذر گندم در شرایط دیم عملکرد را افزایش داده است به طوری که جایگذاری کود اوره در ۹ سانتی متری زیر بذر، بهترین عملکرد را داشت. جایگذاری عمیق کود یکی از راهبردهای امیدبخش برای افزایش عملکرد محصول و کارایی مصرف نیتروژن (N) است، در حالی که موجب کاهش آبشویی نیتروژن و انتشار اکسید نیتروژن (N<sub>2</sub>O) ناشی از کود به خاک و به اتمسفر خواهد شد (Rychel, 2023).

در بررسی صفاری و لطف‌الهی (۱۳۸۸) کاربرد اوره به روش جایگذاری زیر بذر، وزن هزاردانه و درصد پروتیین دانه در مقایسه با روش پخش سطحی افزایش یافت. به نظر می‌رسد محدودیت رطوبت

کود در ردیف های کاشت در زیر خاک است به طوری که بذر را با فاصله ردیفها و با تراکم مورد نظر در عمق مشخصی از خاک قرار داده و کود را در فاصله مناسب و مشخصی از بذر در زیر آن قرار می‌دهد.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف بهینه نیتروژن (مقدار و زمان مناسب مصرف) نقش بسیار مهمی در کاهش تنش رطوبتی در گندم دیم دارد (فیضی اصل و همکاران، ۱۳۹۳). نتایج پژوهش‌های انجام گرفته در موسسه تحقیقات کشاورزی دیم در دیمزارهای شمال غرب کشور نشان داد، در زراعت گندم دیم ارجحیت با مصرف پاییزه کودهای نیتروژنی به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر می‌باشد (فیضی اصل، ۱۳۷۹ و فیضی اصل و ولیزاده، ۱۳۸۲). همانطور که عمق قرار گیری بذر در زیر خاک (عمق کشت) اهمیت زیادی دارد، فاصله مناسب کود از بذر (جایگذاری کود زیر بذر) نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا در صورتی که کود در فاصله کمتری از بذر قرار گیرد، به دلیل بروز صدمات ناشی از افزایش شوری و سمیت کود، درصد جوانه‌زنی کاهش یافته و منجر به

همبستگی صفات برای شناسایی عوامل مؤثر بر عملکرد دانه گندم دیم در دو تیمار جایگذاری عمق کود متفاوت بود. این پژوهش با تمرکز بر شرایط اقلیمی شمال خراسان رضوی، می‌تواند راهکارهای عملی برای افزایش بهره‌وری گندم دیم در مناطق مشابه ارایه دهد.

نوآوری این پژوهش در آن است که برای نخستین بار اثر جایگذاری کود اوره در عمق‌های متفاوت زیر بذر گندم دیم در شرایط اقلیمی شمال خراسان رضوی به‌طور کمی و اقتصادی ارزیابی شد. نتایج نشان داد جایگذاری کود در عمق ۵ سانتی‌متر زیر بذر، عملکرد دانه را به میزان ۷/۷ درصد افزایش داده و میانگین تولید را از ۱۵۰۰ به ۱۶۱۵ کیلوگرم در هکتار ارتقا می‌دهد. این افزایش عملکرد معادل رشد قابل توجه درآمد کشاورزان و ارتقای بهره‌وری در سطح ملی است و می‌تواند زمینه‌ساز توسعه سطح زیر کشت در مناطق سرد و کم‌بارش کشور شود. بنابراین، پژوهش حاضر علاوه بر جنبه علمی، دارای دستاوردهای اقتصادی و کاربردی مهم برای مدیریت پایدار زراعت گندم دیم است.

خاک در زراعت دیم به عنوان محدودکننده ترین عامل رشد، مانع از آن می‌شود که گیاه بتواند از کود پخش شده در تمام قسمت‌های ناحیه ریشه (Root zone) به درستی استفاده نماید. در حالی که در زراعت آبی به علت عدم محدودیت رطوبت، ریشه گستردگی بیشتری داشته و رطوبت خاک در حد بهینه بوده و ریشه به راحتی می‌تواند از کود توزیع شده در ناحیه ریشه استفاده نماید. بنابراین، شاید بتوان روش جایگذاری کود در زیر بذر را برای زراعت گندم آبی یک انتخاب دانست اما برای دستیابی به عملکرد اقتصادی گندم دیم، روش جایگذاری کود در زیر بذر یک ضرورت می‌باشد.

به منظور تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام استفاده شد. در واقع تحلیل رگرسیون ابزاری آماری برای بررسی روابط میان متغیرهاست که اثر علی یک متغیر بر متغیر دیگر را مشخص می‌کند (Kleinbaum *et al.*, 1988).

هدف از اجرای این تحقیق، بررسی و تعیین بهترین عمق جایگذاری کود اوره در زیر بذر و مطالعه

## مواد و روش‌ها

به منظور تعیین فاصله مناسب عمق جایگذاری کود زیر بستر بذر پروژه تحقیقاتی با دو نوع شیاربازکن با فاصله جایگذاری متفاوت کود زیر بذر مورد آزمون قرار گرفت. تیمارهای آزمایش شامل دو نوع شیاربازکن با فاصله‌های جایگذاری متفاوت کود از بذر بود. به طوری که کود اوره در ۱ سانتیمتری زیر بذر با شیار بازکن‌های معمول و رایج در دیم کاری و در ۵ سانتیمتری زیر بذر با شیار بازکن ساخت شرکت ماشین برزگر همدان قرار گرفت. هر تیمار در قطعه‌هایی به گستره‌ی ۱۰۰۰ متر مربع کشت گردیدند. آزمایش در ۱۳ آبان ۱۴۰۳ در زمین آقای احمد قربانی در روستای آسی بلاغ بخش باجگیران شهرستان قوچان از استان خراسان رضوی پیاده گردید. رقم کشت شده گندم باران، میزان بذر ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره ۷۰ کیلوگرم در هکتار همزمان با کشت داده شد. برای اطمینان از عمق ۵ سانتیمتر جایگذاری کود در زیر بذر، در زمان کشت عمق جایگذاری اندازه گیری گردید. در طی فصل رشد صفات طول مزوکوتیل، طول کلیوپتیل، طول ریشه جنینی، شاخص نرمال شده پوشش

گیاهی (NDVI)، ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله، تعداد دانه در هر سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح اندازه گیری شد و پس از برداشت وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت محاسبه گردید. برای بررسی توزیع نرمال بودن خطاهای آزمایشی، از آزمونهای شاپیروویلیک و آزمون یک نمونه‌ای کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. تجزیه داده‌ها بر پایه تجزیه واریانس یک طرفه (ولی‌زاده و مقدم، ۱۳۷۳) انجام گرفت. همچنین برای برازش بهترین مدل خطی، از رگرسیون گام به گام بهره گرفته شد. همه تحلیل‌های آماری با نرم افزار R انجام شدند.

## نتایج و بحث

آزمون توزیع نرمال خطاهای آزمایشی صفات تحت مطالعه با دو آماره شاپیروویلیک و آزمون یک نمونه‌ای کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که همه صفات تحت مطالعه دارای توزیع نرمال بودند (جدول ۱). پس از تایید نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی، داده‌های آزمایش بر اساس تجزیه واریانس

گروه‌بندی یک طرفه (ولی‌زاده و مقدم، ۱۳۷۳) برای صفات فوق آنالیز شدند.

جدول ۱- توزیع خطاهای آزمایشی صفات تحت مطالعه با دو آماره شاپیرو ویلک و آزمون یک نمونه‌ای کولموگروف-اسمیرنوف

Shapiro-Wilk normality test	Exact one-sample Kolmogorov-Smirnov test
Mesocoty Length data: normal W = 0.94308, p-value = 0.1101	Mesocoty Length data: normal D = 0.22779, p-value = 0.07523 alternative hypothesis: two-sided
Coleoptile Length data: normal W = 0.97437, p-value = 0.6641	Coleoptile Length data: normal D = 0.12973, p-value = 0.6465 alternative hypothesis: two-sided
Seminal Root Length data: normal W = 0.97426, p-value = 0.6608	Seminal Root Length data: normal D = 0.15862, p-value = 0.3957 alternative hypothesis: two-sided
NDVI data: normal W = 0.97665, p-value = 0.7312	NDVI data: normal D = 0.12148, p-value = 0.7227 alternative hypothesis: two-sided
PH data: normal W = 0.97227, p-value = 0.6031	PH data: normal_data D = 0.10946, p-value = 0.827 alternative hypothesis: two-sided
PL data: normal W = 0.93022, p-value = 0.04977	PL data: normal D = 0.16199, p-value = 0.3704 alternative hypothesis: two-sided
SL data: normal W = 0.97741, p-value = 0.7533	SL data: normal D = 0.1559, p-value = 0.4169 alternative hypothesis: two-sided
NSPS	NSPS

data: normal  
W = 0.97829, p-value = 0.7786

NSPA

data: normal  
W = 0.94874, p-value = 0.1564

TKW

data: normal  
W = 0.98031, p-value = 0.8338

BYgm2

data: normal  
W = 0.98088, p-value = 0.8484

GYgm2

data: normal  
W = 0.9847, p-value = 0.932

GYKgha

data: normal  
W = 0.94569, p-value = 0.1295

BYKgha

data: normal  
W = 0.98202, p-value = 0.8764

HI

data: normal  
W = 0.98877, p-value = 0.9834

data: normal

D = 0.10277, p-value = 0.8774  
alternative hypothesis: two-sided

NSPA

data: normal  
D = 0.18239, p-value = 0.2401  
alternative hypothesis: two-sided

TKW

data: normal  
D = 0.14322, p-value = 0.5233  
alternative hypothesis: two-sided

BYgm2

data: normal  
D = 0.12179, p-value = 0.7199  
alternative hypothesis: two-sided

GYgm2

data: normal  
D = 0.17578, p-value = 0.2781  
alternative hypothesis: two-sided

GYKgha

data: normal  
D = 0.14727, p-value = 0.488  
alternative hypothesis: two-sided

BYKgha

data: normal  
D = 0.20707, p-value = 0.132  
alternative hypothesis: two-sided

HI

data: normal  
D = 0.16418, p-value = 0.3546  
alternative hypothesis: two-sided

---

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، طول کلیوپتیل (Coleoptile Length)، طول ریشه جنینی (Seminal Root Length)، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، ارتفاع بوته (PH)، طول پدانکل (PL)، طول سنبله (SL)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، وزن هزاردانه (TKW)، عملکرد بیولوژیک (BY)، عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI).

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد، بین تیمارها از نظر صفات ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن هزار دانه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. به عبارتی عمق جای گذاری کود زیر بذر اثر قابل توجهی بر صفات مورفولوژیکی و عملکردی نشان داد. این یافته‌ها با نتایج تحقیقات پیشین در دیمزارهای شمال غرب کشور (فیضی اصل، ۱۳۷۹؛ فیضی اصل و ولیزاده، ۱۳۸۲) همراستا بوده و تاکید می‌کند که در زراعت گندم دیم، مصرف پاییزه کود نیتروژنی به صورت جایگذاری در زیر بستر بذر، نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت دارد. ضریب تغییرات (CV٪) پایین صفات تحت بررسی حاکی از دقت خوب در پیاده سازی آزمایش و تجزیه داده‌ها داشت.

جدول ۲- میانگین مربعات صفات مورد بررسی در تجزیه واریانس طرح کامل تصادفی

PL	PH	Mesocotyl Length	Coleoptile Length	Seminal Root Length	NDVI	df	SOV
52/008	576/41**	1/49633333	0/00033333	0/80033333	0/00192	1	TRT
18/788	36/34	1/22947619	0/08004762	7/4197619	0/0042581	28	Error
16/90	9/90	25/89	27/83	27/18	20/48		CV%

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، طول ریشه جنینی (Seminal Root Length)، طول کلیوپتیل (Coleoptile Length)، طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، ارتفاع بوته (PH)، طول پدانکل (PL).

## ادامه جدول ۲

SL	NSPS	NSPA	TKW	HI%	GY	BY	SOV
15/4083**	97/2	2803/3	12950**	4/1408	76003	645333	TRT
0/8976	40/081	1509/7	15	12/1523	178415	704524	Error
11/04	23/56	23/88	9/76	8/46	31/25	25/91	CV%

عملکرد بیولوژیک (BY)، عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI)، وزن هزاردانه (TKW)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، تعداد دانه در هر سنبله

(NSPS)، طول سنبله (SL).

مقادیر میانگین صفات در تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر، بیشتر بود (جدول ۳). فقط چهار صفت طول مزوکوتیل، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، وزن هزار دانه و شاخص برداشت دارای میانگین‌های بیشتر برای تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر بودند. ریشل (Rychel, 2023) در یک آزمایش میدانی دوساله با تیمارهای مختلف کود گزارش کرد که جایگذاری عمیق کود موجب افزایش معنی‌دار جذب نیتروژن دانه و عملکرد شده بود و در عین حال آبشویی نیتروژن را کاهش داده بود.

همانطور که از نتایج پیداست میانگین وزن هزار دانه در تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر از تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر بیشتر شده بود که آن به رابطه منفی بین تعداد دانه در سنبله و وزن دانه بر می‌گردد. این یافته با گزارش جعفری حقیقی (۱۳۸۸) هم‌خوانی دارد که وجود همبستگی منفی بین تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه را گزارش کرده بود.

نتایج نشان دادند عمق مناسب جایگذاری کود باعث افزایش کارایی جذب نیتروژن و در نتیجه بهبود صفاتی مانند وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه شده است. در شرایط دیم که منابع آبی محدودند، بهینه‌سازی عمق کود می‌تواند عملکرد محصول را به طور چشم‌گیری بهبود دهد. همچنین اثر برهم‌کنشی بین تیمارها بیانگر آن است که واکنش گیاه به عمق جایگذاری ممکن است وابسته به صفات خاص و مرحله رشدی باشد. در آزمایشی که بر روی اثر قرار گیری کود اوره در کنار بذر انجام شده بود، گزارش گردید که تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره می‌تواند به‌طور ایمن همراه با بذر غلات و در کنار آن قرار داده شود، مشروط بر اینکه از دستگاه بذرکار هوایی یا دیسکی استفاده شود و خاک از ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (بیش از ۲۵ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم) و رطوبت سطحی کافی برخوردار باشد. (Cowell & Bullock, 1990).

مقادیر میانگین در بیشتر صفات برای تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر از

جدول ۳- میانگین صفات تحت مطالعه

PL (cm)	PH (cm)	Mesocotyl Length (cm)	Coleoptile Length (cm)	Seminal Root Length (cm)	NDVI	TRT
24/33	56/53	4/51	1/01	9/86	0/33	1 cm
26/97	65/30	4/06	1/02	10/19	0/31	cm $\Delta$
25/65	60/92	4/28	1/02	10/02	0/32	Mean

شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، طول ریشه جنبینی (Seminal Root Length)، طول کلیوپتیل (Coleoptile Length)،

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، ارتفاع بوته (PH)، طول پدانکل (PL).

ادامه جدول ۳

SL (cm)	NSPS	NSPA	TKW (g)	HI%	GY (Kg/ha)	BY (Kg/ha)	TRT
7/87	25/07	153/07	41/55	41/59	1301/33	3093/33	1 cm
9/30	28/67	172/40	37/80	40/84	1402/00	3386/67	cm $\Delta$
8/58	26/87	162/73	39/68	41/22	1351/67	3240/00	Mean

عملکرد بیولوژیک (BY)، عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI)، وزن هزاردانه (TKW)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPS)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPA)، طول سنبله (SL).

(۱۴۰۲) در گزارشی اعلام نمودند، سیتوکینین باعث افزایش تعداد دانه شد، ولی در برخی موارد وزن هزار دانه کاهش یافت، آنان این پدیده را به رقابت درون سنبله‌ای برای منابع نسبت دادند که تایید کننده وجود تعارض رشد کمی با کیفیت دانه است به عبارتی حاکی از وجود تعارض بین افزایش تعداد دانه و کیفیت آن است.

در واقع افزایش عمق جای‌گذاری کود موجب بهبود رشد ساختاری گیاه نظیر ارتفاع بوته و طول سنبله گردید اما برخی صفات کمی مانند وزن هزار دانه تحت تاثیر منفی قرار گرفتند که این امر به احتمال زیاد ناشی از رقابت درون گیاهی برای منابع در سنبله‌های پُر دانه بوده و نشان‌دهنده تعارض رشد کمی با کیفیت دانه است. تیموری و همکاران

### تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر

در تیمار جای گذاری کود در عمق ۱ سانتی متر زیر بذر، همبستگی منفی و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ میان طول ریشه جنینی و طول مزوکوتیل ( $r = -0.77$ ) مشاهده شد (جدول ۴). این تضاد فیزیولوژیک به احتمال زیاد ناشی از رقابت درون گیاهی برای تخصیص منابع در مراحل آغازین رشد است. به گونه ای که توسعه مزوکوتیل به عنوان ساختاری موثر در رشد هوایی، می تواند سهم ریشه جنینی در جذب مواد غذایی و گسترش در خاک را کاهش دهد. در شرایط فیزیکی دشوار خاک، این پدیده به اولویت دهی گیاه برای توسعه اندام هایی که در دستیابی به نور یا عبور از خاک نقش دارند، مرتبط است. از منظر تنظیم هورمونی، رشد مزوکوتیل عمدتاً تحت تأثیر سیتوکینین ها تحریک می شود، در حالی که رشد ریشه جنینی با افزایش غلظت اکسین ها تقویت می گردد. بنابراین تغییر در نسبت این فیتوهورمون ها می تواند موجب بروز تعارض میان رشد اندام های زیرزمینی و هوایی شده و همبستگی منفی مذکور را توجیح کند. چنین نتایجی درک بهتری از مکانیسم های تخصیص منابع

فراهم کرده و می تواند در بهینه سازی شرایط رشدی برای افزایش بهره وری گندم دیم مؤثر باشد. نتایج نشان داد بین ارتفاع بوته و طول پدانکل ( $r = 0.68$ ) و بین تعداد دانه در سنبله و طول سنبله ( $r = 0.54$ ) همبستگی مثبت معنی داری بترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ وجود داشت. افزون بر این بین وزن هزار دانه با تعداد سنبله در متر مربع و شاخص برداشت در سطح احتمال ۵٪ همبستگی های مثبت معنی داری (بترتیب  $r = 0.58$  و  $r = 0.61$ ) دیده شد. همچنین همبستگی های مثبت معنی داری بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک (بترتیب  $r = 0.68$ ،  $r = 0.65$  و  $r = 0.98$ ) در سطح احتمال ۱٪ و با تعداد سنبله در متر مربع ( $r = 0.57$ ) در سطح احتمال ۵٪ مشاهده شد (جدول ۴). مطالعات مختلف نشان دادند که عملکرد دانه گندم با تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه، تعداد سنبله یا پنجه بارور در بوته و تعداد سنبلچه در هر سنبله همبستگی مثبت معنی داری داشتند (Iftikhar et al, 2012; Mohiuddin & Cory, 1980; Shanahan et al, 1985).

دانه (TKW)، طول سنبله (SL) و طول مزوکوتیل (ML) به ترتیب و بر اساس کاهش مقدار انحراف وارد مدل شدند. در هر مرحله با ورود یک متغیر جدید، میزان انحراف مدل کاهش یافت و شاخص اطلاعات آکایک (Akaike Information Criterion – AIC) بهبود یافت. در نهایت، بهترین مدل با حداقل مقدار AIC برابر با ۱۶۹/۹۰ به دست آمد که حاکی از برآزش مناسب مدل نسبت به سایر مراحل انتخاب متغیر بود. روند کاهش مقدار AIC در مراحل مختلف ورود صفات مستقل در جدول ۵ نشان داده شده است. مدل نهایی شامل سه متغیر مستقل مذکور بود. ضرایب رگرسیونی این صفات به ترتیب ۵۸/۹۹، ۱۸۷/۲۸ و ۱۱۸/۳۱- محاسبه شدند و مقدار عرض از مبدا مدل برابر با ۲۰۹۰/۰۱- بود (جدول ۵).

تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر در تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتی متر زیر بذر، همبستگی منفی و معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ بین طول ریشه جنینی و طول مزوکوتیل ( $r = -0.53$ ) مشاهده شد (جدول ۶). پیداست

همچنین طباطبایی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای گزارش کردند که عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و با عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۱ داشت.

به منظور شناسایی صفات موثر بر عملکرد دانه، تحلیل رگرسیون چند متغیره به روش گام به گام با بهره گیری از شاخصهای Deviance و AIC صورت گرفت. از آنجا که این شاخص‌ها در مدل‌های تعمیم یافته (GLM) یا مدل‌های پیچیده‌تر قابل اعتمادتر هستند و ضریب تبیین ( $R^2$ ) در این مدل‌ها به خوبی تعریف نمی‌شوند و معنای دقیقی ندارند و از طرفی کیفیت کلی برآزش، با شاخصهای Deviance و AIC نشان داده می‌شود، از این دو شاخص برای انتخاب بهترین مدل با کمترین پیچیدگی و بهترین برآزش رگرسیونی به روش گام به گام بهره گرفته شد (McCullagh & Nelder, 1989 ; Akaike, 1974).

در این مدل، عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و صفات مستقل شامل وزن هزار

این تضاد فیزیولوژیک ناشی از رقابت درون‌گیاهی برای اختصاص دادن منابع، از مراحل آغازین رشد قابل مشاهده بود. زیرا منابع محدود می‌تواند سهم ریشه جنینی که در رشد اندام‌های زیر زمینی نقش دارد را کاهش دهد در نتیجه جذب مواد خوراکی و نیز گسترش آن را در خاک کم می‌نماید.

جدول ۴- همبستگی پیرسون صفات تحت مطالعه در تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر

	Mesocotyl Length	Coleoptile Length	Seminal Root Length	NDVI	PH	PL	SL	NSPS	NSPA	TKW	HI	GY
Mesocotyl Length	1											
Significant Level												
Coleoptile Length	0.41	1										
Significant Level	0.13											
Seminal Root Length	-0.77	-0.09	1									
Significant Level	0.001	0.75										
NDVI	-0.05	0.03	0.36	1								
Significant Level	0.85	0.92	0.18									
PH	-0.20	-0.36	0.05	0.002	1							
Significant Level	0.48	0.18	0.86	0.995								
PL	-0.15	-0.34	0.14	0.05	0.68	1						
Significant Level	0.60	0.22	0.62	0.85	0.006							
SL	0.07	0.25	-0.14	-0.45	-0.11	-0.20	1					
Significant Level	0.80	0.37	0.61	0.09	0.71	0.47						
NSPS	-0.04	0.02	-0.23	-0.53	-0.08	-0.39	0.54	1				
Significant Level	0.89	0.94	0.42	0.04	0.78	0.15	0.038					
NSPA	-0.11	-0.20	0.00	-0.02	0.31	0.47	0.16	0.22	1			
Significant Level	0.69	0.48	1.00	0.93	0.25	0.08	0.57	0.42				
TKW	0.23	0.20	-0.25	-0.01	0.04	0.13	-0.04	0.20	0.58	1		
Significant Level	0.41	0.48	0.37	0.96	0.88	0.66	0.90	0.47	0.023			
HI	-0.15	0.38	0.23	-0.20	-0.10	-0.16	0.07	0.19	0.35	0.61	1	
Significant Level	0.59	0.16	0.41	0.47	0.73	0.56	0.80	0.49	0.20	0.016		
GY	-0.15	0.04	0.01	-0.27	-0.07	-0.06	0.32	0.39	0.57	0.680	0.65	1
Significant Level	0.60	0.90	0.96	0.33	0.80	0.84	0.24	0.15	0.026	0.005	0.008	
BY	-0.11	-0.04	-0.06	-0.26	-0.05	0.00	0.35	0.41	0.59	0.65	0.49	0.98
Significant Level	0.69	0.89	0.83	0.35	0.85	0.99	0.21	0.13	0.020	0.009	0.061	<.0001

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، طول کلیپوتیل (Coleoptile Length)، طول ریشه جنینی (Seminal Root Length)، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، ارتفاع بوته (PH)، طول پدانکل (PL)، طول سنبله (SL)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، وزن هزاردانه (TKW)، عملکرد بیولوژیک (BY)، عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI).

جدول ۵- برازش بهترین مدل رگرسیون چند متغییره به روش گام به گام در تیمار جایگذاری کود در عمق ۱ سانتیمتر زیر بذر

Step	Df	Deviance	Resid. Df	Resid.	
				Dev	AIC
1	NA	NA	14	2431173.3	181.9375
2	+ TKW	-1 1123650.1	13	1307523.3	174.6339
3	+ SL	-1 292588.1	12	1014935.2	172.8343
4	+ Mesocoty Length	-1 284438.2	11	730496.9	169.9015

(Intercept)	TKW	SL	Mesocotyl Length
-2090.01	58.99079	187.2778	-118.30762

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، طول سنبله (SL)، وزن هزاردانه (TKW)

می‌توانند در تشخیص مکانیسم‌های تخصیص منابع و بهینه‌سازی شرایط رشدی برای افزایش بهره‌وری گندم سود بخش باشند. از سوی دیگر، بین ارتفاع بوته و طول پدانکل ( $r = 0.73$ ) همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت که بیانگر هماهنگی رشدی اندام‌های هوایی در گیاه است. در صفات عملکردی نیز برای وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌داری ( $r = 0.57$ ) در سطح احتمال ۵٪ دیده شد. افزون بر این، بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک (بترتیب ۰/۶۸، ۰/۸۵ و ۰/۹۹) همبستگی‌های مثبت معنی‌داری در سطح

چنین رویکردی منجر به کاهش توان جذب و گستردگی ریشه در محیط خاک می‌شود. همچنین در شرایط دشوار فیزیکی خاک، الویت گیاه به توسعه ساختارهایی است که در رسیدن به منابع نوری، ناچار است از موانع فیزیکی خاک عبور نماید. از دریچه تنظیم هورمونی، افزایش غلظت سیتوکینین‌ها سبب تحریک رشد مزوکوتیل و افزایش غلظت اکسین‌ها رشد ریشه جنینی را تقویت می‌نمایند. بنابراین مشاهده همبستگی منفی میان این دو صفت می‌تواند ناشی از تغییر نسبت این فیتوهورمون‌ها باشد که رقابت در رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی را رقم می‌زند. چنین یافته‌هایی

(SL)، بر اساس کاهش مقدار انحراف (Deviance) به ترتیب وارد مدل شدند. در هر مرحله با ورود یک متغیر جدید، میزان انحراف مدل کاهش یافته و شاخص برازش، یا همان شاخص اطلاعات آکاییک (Akaike Information Criterion – AIC)، بهبود یافت. روند انتخاب صفات و بهبود مدل در مراحل مختلف در جدول ۷ نشان داده شده است. مدل نهایی شامل چهار صفت مذکور بوده و با کمترین مقدار AIC برابر با ۳۲/۱۴۷، بهترین برازش را ارائه داد. ضرایب رگرسیونی صفات به ترتیب برابر با ۱۱۳/۶۵، ۳/۷۲، ۱۰۴/۵۷ و ۸۶/۳۳ - محاسبه شدند و عرض از مبدا مدل برابر با ۳۵۰۲/۹۴ - گزارش شد (جدول ۷).

احتمال ۱٪ یافت شد. بر عکس، همبستگی‌های منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع بوته و تعداد سنبله در متر مربع (بترتیب ۰/۵۳ - و ۰/۵۸ -) در سطح احتمال ۵٪ مشاهده گردید. در تایید یافته‌های مذکور، Fatemi Rika *et al* (2013) و همکاران (۲۰۱۳) نیز در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم همبستگی‌هایی معنی‌دار میان عملکرد دانه، تعداد پنجه بارور، وزن هزار دانه، عملکرد گاه و کلش، بیوماس و شاخص برداشت گزارش نموده‌اند. هم‌چنین پژوهش‌های Kahrizi *et al* (2010) و Naghavi *et al* (2015) به همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و تعداد سنبلچه در هر بوته اشاره داشته‌اند.

به منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه، تحلیل رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام انجام شد. در این مدل، عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد و صفات مستقل شامل شاخص برداشت (HI)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، طول مزوکوتیل (ML) و طول سنبله

جدول ۶- همبستگی پیرسون صفات تحت مطالعه در تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر

	Mesocotyl Length	Coleoptile Length	Seminal Root Length	NDVI	PH	PL	SL	NSPS	NSPA	TKW	HI	GY
Mesocotyl Length	1											
Significant Level												
Coleoptile Length	0.01	1										
Significant Level	0.98											
Seminal Root Length	-0.53	0.44	1									
Significant Level	0.04	0.10										
NDVI	0.51	-0.06	-0.22	1								
Significant Level	0.05	0.84	0.42									
PH	0.11	0.29	0.31	0.54	1							
Significant Level	0.70	0.30	0.26	0.04								
PL	0.07	0.28	0.25	0.36	0.73	1						
Significant Level	0.79	0.31	0.38	0.19	0.002							
SL	0.10	0.15	0.26	0.17	0.35	-0.002	1					
Significant Level	0.73	0.60	0.35	0.54	0.20	0.995						
NSPS	-0.04	-0.04	0.28	0.24	0.59	0.16	0.29	1				
Significant Level	0.87	0.89	0.32	0.39	0.02	0.56	0.29					
NSPA	-0.14	-0.49	-0.39	-0.09	-0.25	-0.45	0.09	-0.35	1			
Significant Level	0.62	0.06	0.15	0.75	0.38	0.09	0.75	0.20				
TKW	0.06	-0.33	-0.26	0.11	-0.38	-0.04	-0.42	-0.48	0.25	1		
Significant Level	0.83	0.22	0.36	0.71	0.16	0.90	0.12	0.07	0.36			
HI	-0.20	-0.02	0.13	-0.45	-0.46	-0.17	-0.20	-0.51	0.11	0.57	1	
Significant Level	0.48	0.94	0.64	0.09	0.08	0.53	0.48	0.05	0.70	0.03		
GY	-0.01	-0.21	-0.18	-0.35	-0.53	-0.35	-0.31	-0.58	0.45	0.68	0.85	1
Significant Level	0.98	0.45	0.52	0.20	0.04	0.20	0.26	0.02	0.10	0.01	<.0001	
BY	0.04	-0.23	-0.24	-0.31	-0.54	-0.40	-0.32	-0.59	0.51	0.68	0.78	0.99
Significant Level	0.89	0.41	0.38	0.25	0.04	0.15	0.25	0.02	0.05	0.01	0.001	<.0001

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، طول کلیوپتیل (Coleoptile Length)، طول ریشه جنینی (Seminal Root Length)، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، ارتفاع بوته (PH)، طول پدانکل (PL)، طول سنبله (SL)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، وزن هزاردانه (TKW)، عملکرد بیولوژیک (BY)، عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI)

جدول ۷- برازش بهترین مدل رگرسیون چند متغییره به روش گام به گام در تیمار جایگذاری کود در عمق ۵ سانتیمتر زیر بذر

Step		Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	AIC	
1		NA	NA	14	2564440	182.738	
2	+	HI	-1	1873185	13	691254.6	165.0732
3	+	NSPA	-1	326146.8	12	365107.8	157.4985
4	+	Mesocotyl Length	-1	115026.8	11	250080.9	153.8223
5	+	SL	-1	108218.2	10	141862.8	147.3185

(Intercept)	HI	NSPA	Mesocotyl Length	SL
-3502.94	113.6481	3.720559	104.569585	-86.3302

طول مزوکوتیل (Mesocoty Length)، تعداد سنبله در متر مربع (NSPA)، شاخص برداشت (HI)

همبستگی مثبت معنی داری با همدیگر داشتند و نیز هر کدام از آنها با عملکرد دانه همبستگی مثبت معنی داری در سطح احتمال ۱٪ نشان دادند بنابراین با گزینش ژنوتیپ‌هایی با شاخص برداشت بالا به ژنوتیپ‌هایی با وزن هزار دانه بالا دست خواهیم یافت. این توصیه از نظر عملی نیز کاربردی است زیرا در اراضی که کشاورزان به ابزار دقیق برای جای‌گذاری عمیق کود دسترسی دارند یا کارنده‌های مناسبی در اختیار دارند، انتخاب چنین ارقامی جهت کشت با سود بخشی بیشتر و عملکردهای مطلوب‌تر همراه خواهد شد.

بررسی نتایج نشان داد که شاخص برداشت، به عنوان نخستین صفت وارد شده به مدل بیشترین قدرت توضیحی بر عملکرد دانه را دارا بود و نقش برجسته‌ای در کاهش انحراف و بهبود شاخص AIC داشته و تاثیر کلیدی در افزایش کیفیت برازش مدل ایفا نموده بود. این موضوع، نشان‌دهنده‌ی اهمیت بالای شاخص برداشت در تبیین عملکرد دانه در شرایط مورد مطالعه می‌باشد. همچنین این صفت می‌تواند به‌عنوان شاخص انتخاب برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر در شرایط جای‌گذاری کود در عمق ۵ سانتی‌متر زیر بذر پیشنهاد شود. از آنجا که شاخص برداشت با وزن هزار دانه

انتخاب ارقام با وزن هزار دانه بالا می‌تواند بخشی از محدودیت‌های عملیاتی را جبران کرده و منجر به عملکرد مطلوب‌تری گردد. در مقابل، در زمین‌های کشاورزی مجهز به تجهیزات مناسب برای جای‌گذاری کود در عمق ۵ سانتی‌متر، توصیه می‌شود از ارقامی با شاخص برداشت بالا استفاده شود، این انتخاب موجب افزایش عملکرد دانه در مقیاس مزرعه‌ای و پایداری تولید خواهد شد.

در مجموع، هماهنگی مدیریت مزرعه‌ای با ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام، کلید دستیابی به عملکرد بالا و توسعه پایدار در نظام‌های نوین کشاورزی محسوب می‌شود. پیشنهاد می‌شود آزمایش دو سال دیگر پیاده شود تا نتایج قطعی‌تر و معتبرتری بدست آید تا با اطمینان بیشتری راهکار و توصیه ارایه نمود.

در مقابل، ضریب رگرسیونی منفی مربوط به طول سنبله نشان داد که افزایش این صفت ممکن است با کاهش عملکرد دانه همراه باشد. این پدیده به احتمال زیاد ناشی از توزیع نامتناسب منابع گیاه در سنبله‌های بلندتر یا اثرات منفی متقابل با سایر صفات گیاهی است. دشتی و همکاران (۱۴۰۳) نیز در مطالعه‌ای بر ۸۰۰ ژنوتیپ گندم پاییزه در منطقه رفسنجان، اثر منفی افزایش طول سنبله را بر عملکرد دانه، به‌ویژه در شرایط افت وزن دانه یا کاهش شاخص برداشت، گزارش کردند.

بنابراین، در اراضی مجهز به تجهیزات مناسب برای جای‌گذاری دقیق کود در عمق، پیشنهاد می‌شود ارقام دارای شاخص برداشت بالا به‌عنوان گزینه‌های اصلاحی و زراعی انتخاب شوند. این انتخاب می‌تواند عملکرد دانه را در مقیاس مزرعه‌ای بهبود بخشیده و به پایداری تولید منجر گردد.

### نتیجه‌گیری کلی

در کشتزارهایی که کشاورزان به ابزار دقیق جهت جای‌گذاری عمیق کود دسترسی ندارند،

## منابع

- اسکندری ا. و ح. محمودی. ۱۳۸۰. اثر جایگذاری کود بر عملکرد گندم دیم. نهال و بذر، ۱۷(۲): ۲۰۳-۲۱۵.
- توشیح، و.، م.ح. سدري، ل. رضایی، و ا. اسکندری. ۱۳۸۸. بررسی اثرات جایگذاری مختلف کود نسبت به بذر بر عملکرد و درصد پروتئین دانه گندم دیم. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، گرگان، ۲۱-۲۴ تیر ۱۳۸۸. ص ۱۰۰۸-۱۰۰۹.
- تیموری ر.، م. سعیدی، س. جلالی هنرمند، م.ا. قبادی، و م. قبادی. ۱۴۰۲. اثر کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر عملکرد کمی و کیفی دانه و سرعت تبادلات گازی رقم‌های مختلف گندم نان. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۴(۱): ۲۲۷-۲۱۳.
- جعفری حقیقی، ب. ۱۳۸۸. بررسی رابطه بین عملکرد دانه و اجزای آن در مناسب‌ترین تراکم در ارقام گندم با استفاده از تجزیه علیت. اکوفیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد واحد ارسنجان، ۱(۲): ۱۴-۲۵.
- دشتی ح.، م. قلی‌زاده وزوانی م، و م.ر. بی‌همتا. ۱۴۰۳. بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم نان و روابط بین صفات زراعی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره. علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۵(۳): ۱۴۸-۱۳۳. doi:10/22 / 059/ijfcs/2024/370255/655054.
- صفاری، ح. و م. لطف‌الهی. ۱۳۸۸. جایگذاری کودهای نیتروژنه راهکاری مناسب جهت افزایش کارایی کود و افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گندم. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران (مدیریت خاک و امنیت غذایی)، گرگان، ۲۱-۲۴ تیر ۱۳۸۸. ص ۱۴۵۸-۱۴۵۶.
- طباطبایی، س.م.ت.، ب.ع. فاخری، م. اسماعیل‌زاده، و ن. مهدی‌نژاد. ۱۳۹۶.

ولی زاده، م. و م. مقدم. ۱۳۷۳. طرح های آزمایشی در کشاورزی ۱. انتشارات پیشناز علم، تبریز. ۳۵۰ ص.

مینایی س.، ر. رحیم زاده، و ا. صادقی. ۱۳۷۹. اصلاح و بهینه سازی خطی کار ایرانی برای جایگذاری کود و بذر در عمق های متفاوت. علوم خاک و آب، ۱۴(۲): ۲۱۰-۱۹۷.

**Akaike H.** 1974. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans Autom Control*, 19(6):716-23. doi:10/1109/TAC/1974/1100705.

**Cowell, L.E. and P.R. Bullock.** 1990. Seed-placed urea fertilizer for cereals using discer and air seeding implements. In: 1989 Field Research Report. Saskatchewan Institute of Pedology Report M95. Saskatoon (SK): Department of Soil Science, University of Saskatchewan. available from: <http://hdl.handle/net/10388/11418>.

**Deihimfard R., S. Rahimi-Moghaddam, F. Javanshir, A. R.**

ارزیابی عملکرد دانه و روابط بین صفات لاین های خالص نوترکیب گندم نان (*Triticum aestivum L.*) حاصل از

تلاقی Babax/SeriM82 در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۹ (۴): ۴۱-۶۵.

**فیضی اصل، و. ۱۳۷۹.** مصرف بهینه کودهای ازته برای گندم دیم در مناطق سرد و نیمه سردسیر کشور (نشریه ترویجی). انتشارات نشر آموزش کشاورزی.

**فیضی اصل، و.، ا. فتوت، ع. آستارایی، ا. لکزیان، و س.ب. موسوی.** ۱۳۹۳. اثر مصرف بهینه نیتروژن در کاهش اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه برخی ژنوتیپ های گندم نان دیم. مجله به زراعی نهال و بذر، ۲ (۳۰): ۱۶۹-۱۹۸.

**فیضی اصل، و. و غ.ر. ولیزاده.** ۱۳۸۲. تأثیر زمان و مصرف ازت در عملکرد گندم دیم. مجله خاک و آب، ۱۷ (۲): ۲۹-۳۸.

related to morpho-agronomic traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* var. durum). Biharean Biol, 4(2):93–7.

**McCullagh P. and JA. Nelder.** 1989. Generalized linear models. 2nd ed. Chapman & Hall. ISBN: 9780387953649.

**Mohiuddin, S.H. and L.I. Cory.** 1980. Flag leaf and peduncle area duration in relation to winter wheat grain yield. Agron J. 72:299–301. doi:10/2134/agronj1980/00021962007200020011x.

**Naghavi, M.R., M. Toorchi, M. Moghaddam, and M.R. Shakiba.** 2015. Evaluation of diversity and traits correlation in spring wheat cultivars under drought stress. Not Sci Biol. 7(3):349–54. doi:10/15835/nsb/7/3/9592.

**Pazoki A. R., F. Farokhi and Z. Pazoki.** 2013. Corn Seed Varieties Classification Based on Mixed Morphological and Color Features Using Artificial Neural Networks. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(19): 3506-3513. ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467.

**Pazoki.** 2023. Quantifying major sources of uncertainty in projecting the impact of climate change on wheat grain yield in dryland environments. Journal of Arid Land, <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0056-x>

**FAO.** 2023 .Crop Prospects and Food Situation – Quarterly Global Report. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

**Fatemi Rika, Z., F. Paknejhad, E. Amiri, M.N. Eilkaee, and S.M. Mirtaheri.** 2013. Investigation of traits correlations and path analysis of barley (*Hordeum vulgare* L.) seed yield under terminal drought-stress conditions. Int J Biosci 3(11):115–21.

**Iftikhari, R., I. Khaliq, M. Ijaz, and A.M. Rashid Rahman.** 2012 .Association analysis of grain yield and its components in spring Wheat (*Triticum aestivum* L.). Am-Eurasian J Agric Environ Sci. 12(3):289–92.

**Kahrizi, D., M. Maniee, R. Mohamadi, and K. Cheghamirza.** 2010. Estimation of genetic parameters

Agricultural Sciences, Department of Soil and Environment.  
doi:10/54612/a/323phkg6bv.

**Shanahan, J.F., K.J. Donnelly, D.H. Smith, and D.E. Sminka.** 1985. Shoot developmental properties associated with grain yield in winter wheat. *Crop Sci.* 25:770.5.doi:10/2135/cropsci1985/0011183X0025000500011x.

**Pazoki A. R., Z. Pazoki and B. Sorkhilalehloo.** 2013. Rain Fed Barley Seed Cultivars Identification Using Neural Network and Different Neurons Number. *World Applied Sciences Journal* 22 (5): 755-762. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.22.05.2036.

**Rychel, K.** 2023. Fertilizer placement for improved nitrogen use efficiency and mitigation of N<sub>2</sub>O emissions [PhD thesis]. Uppsala: Swedish University of

## Improving yield of rain-fed Wheat under sub-seed placement of urea fertilizer

Hossein Hatamzadeh<sup>1\*</sup>, Hadi Zahmati<sup>2</sup>, Ali Mohammad Malvandi<sup>3</sup>, Esmael Ebrahimi<sup>4</sup>, Davood Seddighi Nasab<sup>4</sup>, Saeed Sajjadi<sup>3</sup>, Masoud Derakhshi<sup>5</sup>, Seyyed Alireza Razavi<sup>5</sup>, Habib Allah Moghtader<sup>4</sup>, Hamid Karevani<sup>4</sup>, Saeed Khoshghamat<sup>3</sup>, Malek Masoud Ahmadi<sup>5</sup>, Fatomeh Noormohammadzadeh<sup>4</sup>, Elham Yaghoubi<sup>5</sup>, Zakeyeh Shariatmadari<sup>5</sup>, Alireza Erfani<sup>3</sup>, Reza Ghahramanian<sup>6</sup>, Vali feyzi asl<sup>6</sup>

1. Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research and Training Center of Razavi Khorasan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

2. Imamgholi Agricultural Service Center. Quchan Agricultural Jihad Management. Razavi Khorasan Agricultural Jihad Organization, Iran.

3. Razavi Khorasan Agricultural Jihad Organization, Iran.

4. Quchan Agricultural Jihad Management. Razavi Khorasan Agricultural Jihad Organization, Iran.

5. Agricultural Research and Training Center of Razavi Khorasan. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

6. Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Iran.

Received: 2025/9/15

Accepted: 2025/12/11

### Abstract

**Background and Objectives:** Today, wheat cultivation is done by seed drill openers especially under rain-fed. Seed drill opener fits in seed and fertilizer in the cultivation rows in order to seed was places in suitable deep of soil accompanied with interested density and fertilizer was put down below the seed in a proper distance from one. To achieve optimal yield in rain-fed wheat, 75–80% of the required urea fertilizer should be applied in autumn, simultaneously with sowing, and placed beneath the seedbed. The depth of fertilizer placement below the seed or the distance between seed and fertilizer is of great importance. The goal of research was investigation and determining the best depth of urea fertilizer placement beneath the seed and study traits correlation which were identified effective factors on grain yield of rain-fed wheat at two different treatments of urea fertilizer depth placement that can present practical approaches for increasing productivity in rain-fed wheat in north of Razavi Khorasan and regions with similar climate.

**Materials and Methods:** This experiment was implemented by two kind of seed drill openers with different fertilizer depth placement beneath the seed (placement in depth of 1 and 5 cm below seed) in Bajgiran part of Qouchan city of Razavi Khorasan in 2024-25. Each treatment cultivated in a plot 1000 square meters. Cultivated cultivar, the rate of seed and urea fertilizer were Baran, 130 and urea fertilizer 70 kg. ha<sup>-1</sup>, respectively. The number of measured samples were 15 samples in each treatment. During the growing season and after harvesting, agronomic traits were recorded and measured. Data analysis was performed based on one-way analysis of variance, Pearson's correlation analysis and stepwise regression analysis were done using R software (Version 4.2.1).

**Research findings:** The results of analysis of variance showed that there were significant differences between treatments at the 1% probability level for plant height, spike length, and thousand kernel weight. In other words, the depth of fertilizer placement below the seed had a considerable effect on the studied traits. The treatment of fertilizer placement at 5 cm below the seed resulted in 7.74% higher yield (1402 kg. ha<sup>-1</sup>) compared to fertilizer placement at 1 cm below the seed (1301.33 kg. ha<sup>-1</sup>). Stepwise multiple regression analysis indicated that in the 1 cm and 5 cm placement treatments, three traits thousand kernel weight (TKW), spike length (SL), and mesocotyl length (ML) and four traits harvest index (HI), number of spikes per square meter (NSPA), mesocotyl length (ML), and spike length (SL) were sequentially entered into the model based on reduction in deviation.

**Conclusion:** In conclusion, in fields where farmers lack precise equipment for deep fertilizer placement, selecting cultivars with high thousand kernel weight can compensate for operational limitations and lead to better yields. Conversely, in fields equipped with suitable implements for fertilizer placement at 5 cm below the seed, it is recommended to use cultivars with a high harvest index. This choice will enhance grain yield at the farm scale and contribute to production sustainability.

**Keywords:** Fertilizer placement, Rain-fed, Wheat

---

\* Coressponding author (h.hatamzadeh@areeo.ac.ir)