5/Iranian J. Soil Research (Soil and Water Sci.) Vol. 39, No 1 , 2025
DOI: 10.22092/IJSR.2025.368115.766

Evaluation of the Application of Three Types of Organic Fertilizers on Yield and Yield Components of White Bean (*Phaseolus vulgaris*) in Hidaj Region, Zanjan Province

Edris Gavili Kilaneh*[1], Mohammad Babaakbari [2], Akbar Hassani [3], Milad Pero [4], Setareh Amanifar [5]and Asma Ahmadvand [6]

1- Ph.D. student of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.E-mail: Edris_Gavili@Yahoo.com
2- Associate professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.E-mail: Babaakbari@znu.ac.ir
3- Associate professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.E-mail: AKBAR.HASSANI@znu.ac.ir
4- Ph.D. in Food Engineering, Farhikhtegan Zarnam Industrial Research Group, Alborz Province, Hashtgerd city, Alborz Iran E-mail: M.Pero@zarholding.com
5- Associate professor of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.E-mail: Amanifar@znu.ac.ir
6- Ph.D. student of Soil Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan Iran.E-mail: Asma.a9344@gmail.com

«Research Article»
Received: January 01, 2025, and Accepted: July 22, 2025

Abstract

This study was conducted in the summer of 2024 in the Hidaj Region of Zanjan Province to evaluate the effects of three types of organic fertilizers on agronomic traits and yield of white bean, using a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments consisted of different mixing ratios of liquid organic fertilizers derived from corn prossing, molasses, and vinasse, applied at a rate of 90 liters per hectare. The treatments ratios included: 100-0-0 (Z1), 75-25-0 (Z2), 75-0-25 (Z3), 50-25-25 (Z4), 0-100-0 (M5), 25-75-0 (M6), 0-75-25 (M7), 25-50-25 (M8), 0-0-100 (V9), 25-0-75 (V10), 0-25-75 (V11), 25-25-50 (V12), and 0-0-0 (C13, control). Among the treatments applied, treatment (Z1) increased plant height, dry weight, number of seeds per plant and grain yield by 18.1%, 17.3%, 21.3% and 25.8%, respectively, compared to the control. Also, treatment (Z2) increased plant height, dry weight, number of seeds per plant and grain yield by 16.7%, 21.6%, 19.5% and 26.1%, respectively, and treatment (M6) increased plant height, dry weight, number of seeds per plant, and grain yield by 15.8%, 18.2%, 18.9% and 21.7%, respectively, compared to the control. Considering the cost price of these three types of organic fertilizers, the economic analysis of the studied treatments showed that treatment (Z2) increased yield by 26.17% compared to the control and ultimately led to an increase in net profit equivalent to 0.801 billion rials.

Keywords: Amino acid, Pulses, Biological yield, Nitrogen, Benefit-Cost.

* - Corresponding author's email: Edris_Gavili@Yahoo.com

Cite this article: Gavili Kilaneh, E., Babaakbari, M., Hassani,A., Pero, M., Amanifar, S., Ahmadvand ,A., 2025. Evaluation of the application of three types of organic fertilizers on the yield and yield components of white bean (Phaseolus vulgaris) in the Hidaj region, Zanjan province. Journal of Soil Research, 39 (1), 103-126

نشریه پژوهش‌های خاک / الف / جلد ۳۹ / شماره۱ / ۱۲۶/۱۴۰۴-۱۰۳

DOI: 10.22092/IJSR.2025.368115.766

ارزیابی کاربرد سه نوع کود آلی بر عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris*) در منطقه هیدج، استان زنجان

ادریس گویلی کیلانه[۱*]، محمد بابا اکبری ساری[۲]، اکبر حسنی[۳]، میلاد پرو[۴]، ستاره امانی‌فر[۵]و اسماء احمدوند[۶]

۱- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ایران. Edris_Gavili@Yahoo.com

۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ایران. Babaakbari@znu.ac.ir

۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ایران. AKBAR.HASSANI@znu.ac.ir

۴- دکتری مهندسی صنایع غذایی گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام، استان البرز، شهر هشتگرد، ایران. M.Pero@zarholding.com

۵- دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ایران. Amanifar@znu.ac.ir

۶- دانشجوی دکتری گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان ایران. Asma.a9344@gmail.com

« مقاله پژوهشی»

دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۲ و پذیرش:۱۴۰۴/۴/۳۱

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر سه نوع کود آلی بر خصوصیات زراعی و عملکرد لوبیا سفید در منطقه هیدج استان زنجان در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۴۰۳ انجام شد. تیمارهای این آزمایش شامل نسبت‌های مختلفی از کودهای آلی مایع حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس (به ترتیب به نسبت‌های ۱۰۰-۰-۰ (ذ۱)، ۷۵-۲۵-۰ (ذ۲)، ۷۵-۰-۲۵ (ذ۳)، ۵۰-۲۵-۲۵ (ذ۴)، ۰-۱۰۰-۰ (م۵)، ۲۵-۷۵-۰ (م۶)، ۰-۷۵-۲۵ (م۷)، ۲۵-۵۰-۲۵ (م۸)، ۰-۰-۱۰۰ (و۹)، ۲۵-۰-۷۵ (و۱۰)، ۰-۲۵-۷۵ (و۱۱) ، ۲۵-۲۵-۵۰ (و۱۲) و ۰-۰-۰ (ش۱۳) (بعنوان تیمار شاهد)) بود که به میزان ۹۰ لیتر در هکتار مصرف شد. در بین تیمارهای اعمال شده تیمار (ذ۱) به ترتیب سبب افزایش ۱۸/۱%، ۱۷/۳%، ۲۱/۳% و ۲۵/۸% ارتفاع گیاه، وزن خشک، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید. همچنین تیمار (ذ۲) به ترتیب سبب افزایش۱۶/۷%، ۲۱/۶%، ۱۹/۵% و ۲۶/۱% و تیمار (م۶) به ترتیب سبب افزایش ۱۵/۸%، ۱۸/۲%، ۱۸/۹% و ۲۱/۷% ارتفاع گیاه، وزن خشک، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه نسبت به شاهد شدند. با توجه به قیمت تمام شده این سه نوع کود آلی، تحلیل اقتصادی تیمارهای مورد بررسی نشان داد که تیمار (ذ۲) موجب افزایش ۲۶/۱% عملکرد نسبت به تیمار شاهد و در نهایت منجر به افزایش سود خالصی معادل ۰/۸۰۱ میلیارد ریال در هکتار شد.

واژه های کلیدی: اسید آمینه، حبوبات، عملکرد بیولوژیک، نیتروژن، هزینه- سود.

*- آدرس ایمیل نویسنده مسئول:Edris_Gavili@Yahoo.com

استناد: گویلی کیلانه، ا.، باباکبری ساری، م.، حسنی، ا.، پرو، م.، امانی فر، س.، احمدوند، ا.، ۱۴۰۴. ارزیابی کاربرد سه نوع کود آلی بر عملکرد و اجزاءعملکرد لوبیا سفید (Phaseolus vulgaris) در منطقه هیدج، استان زنجان. مقاله پژوهشی، نشریه پژوهش های خاک، (۱) ۳۹، ۱۲۶-۱۰۳.

مقدمه

حبوبات با داشتن ۱۸ الی ۳۲ درصد پروتئین یکی از مهم‌ترین منابع تأمین پروتئین در رژیم غذایی انسان می‌باشند. لوبیا (*Phaseolus vulgaris L.*) در بین سایر حبوبات با داشتن میزان پروتئین بالا (۲۰-۲۵ درصد) و موارد مصرف متعدد از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد (فتحی و همکاران، ۲۰۲۳). ارزش غذایی این محصول به علت دارا بودن پروتئین و کربوهیدرات (حدود ۶۰ درصد) ، فیبر فراوان و برخی ویتامین‌ها، مواد معدنی (نظیر مس، کلسیم، آهن، منیزیم، منگنز و روی)، آنتی اکسیدانت‌ها و پلی‌فنل‌ها است (وانی و همکاران، ۲۰۱۳ ، راسیلز و همکاران، ۲۰۱۲). در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۴۰۱، سطح زیر کشت محصولات زراعی ایران حدود ۱۲/۵۷ میلیون هکتار بوده که سطح مربوط به حبوبات ۴/۸۸ درصد و معادل ۶۱۳/۱۰۹ هکتار بوده است (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰-۱۴۰۱). لوبیا در بین حبوبات از نظر سطح زیر کشت در جهان مقام اول و در ایران پس از نخود (۶۷/۲۷ درصد) و با ۱۶/۵۰ درصد معادل ۱۰۱۱۸۷ هکتار مقام دوم را دارا است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶). استان زنجان با سطح زیر کشت ۱۰۳۶۱ هکتار لوبیا بعد از استان‌های فارس، مرکزی و لرستان در رتبه چهارم کشور قرار دارد. گیاهان برای رشد و تولید محصول علاوه بر آب، به عناصر غذایی نیز وابسته هستند. نیتروژن و فسفر عناصر کلیدی در تغذیه گیاهان به حساب می‌آیند و به‌عنوان یک جزء اصلی در ساختمان تعدادی مولکول زنده از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و رنگیزه‌ها نقش اساسی در گیاهان ایفا می‌کنند (امیر یوسفی و همکاران، ۱۴۰۰). در سال ۲۰۲۰ میزان مصرف کودهای شیمیایی بالغ بر ۲۰۶ میلیون تن برآورد شده که ۶۳ درصد آن را کودهای ازته به خود اختصاص داده است. در ایران نیز مصرف کودهای شیمیایی از اواخر دهه ۵۰ شمسی در حال گسترش بوده به‌گونه‌ای که در حال حاضر در هر سال بیش از ۴/۴ میلیون تن کود شیمیایی در کشور مصرف می‌شود (کوچکی و همکاران، ۲۰۱۷). مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به افزایش شوری خاک و افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود. از طرف دیگر مصرف کودهای شیمیایی در اول فصل زراعی، منجر به تبدیل شدن قسمتی از فرم قابل استفاده عناصر به فرم‌های دیگر و همچنین از دسترس خارج شدن بخشی از کود از طریق آبشویی شده که افزایش شوری زمین‌های کشاورزی و آلودگی منابع آبی را بدنبال دارد (نصیرخان و همکاران، ۲۰۱۹). استفاده از کودهای آلی بعنوان یک روش مؤثر در کاهش اثرات منفی تنش‌های محیطی بر محصولات کشاورزی در مطالعات مختلف گزارش شده است. مواد آلی نظیر کودهای حیوانی، ضایعات جانبی محصولات کشاورزی و صنعتی، کمپوست و بقایای گیاهی به‌عنوان کودهای زیستی غنی از عناصر غذایی می‌توانند جهت بازسازی پایدار زمین‌های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (جابین و احمد، ۲۰۱۶؛ دیاکانو و مونتمورو، ۲۰۱۰). این نوع از کودها به‌دلیل دارا بودن مواد آلی زیاد توانایی اصلاح خاک را داشته و قادر به افزایش حاصلخیزی می‌باشند. مطالعات متعددی توانایی کودهای آلی در بهبود خصوصیات خاک و افزایش فعالیت بیولوژیکی آن را نشان داده‌اند (وانگ و همکاران ۲۰۱۴؛ تجادا و همکاران ۲۰۰۶). به دلیل غلظت بالای مواد آلی در کودهای آلی، می‌توان از آن‌ها برای اصلاح خاک‌های متأثر از نمک از طریق افزایش حاصلخیزی خاک استفاده کرد. مواد آلی اثرات مفید متعددی بر مزارع کشاورزی دارند. هنگامی که به عنوان اصلاح کننده خاک استفاده می‌شوند، مواد مغذی را به آرامی آزاد، ثبات ساختاری خاک را حفظ و از خاک در برابر فرسایش محافظت کرده و خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را برای افزایش حاصلخیزی کلی خاک بهبود می‌بخشند (دیاکانو و مونتمورو، ۲۰۱۰).

تولید محصولات جانبی در طی فرآیند تولید در صنعت و کشاورزی امری اجتناب ناپذیر است. در گذشته این محصولات جانبی منجر به ایجاد برخی مشکلات زیست‌محیطی می‌شدند، اما امروزه استفاده از آن‌ها در زمینه‌های مختلف با اهداف مناسب و کاربردی، تأثیرات این

محصولات را در محیط‌زیست کاملاً تغییر داده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۳) و استفاده صحیح و کاربردی از پسماندهای مختلف و استفاده از آن‌ها با کم‌ترین تهدیدات زیست‌محیطی در سطح ایران و جهان مطرح شده است. براساس نیاز جامعه به تولید محصولات کشاورزی سلامت-محور با هدف صیانت و حفاظت از محیط‌زیست، مواد آلی تولیدی ارزان قیمت و با درجه ریسک پایین برای محیط-زیست در صنایع مختلف شامل پالایشگاه غلات (آسیاب مرطوب ذرت)، کارخانه‌ی تولید قند و کارخانه تولید الکل مورد بررسی قرار گرفت. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت به عنوان پروتئین گیاهی هیدرولیز شده که بر پایه دانه ذرت و سازگار با محیط‌زیست می‌باشد در طی فرآیند فرآوری ذرت و تولید انواع مختلف شیرین‌کننده‌ها، نشاسته‌ها و خوراک دام و طیور در پالایشگاه غلات حاصل از فرآیندهای آنزیمی و تخمیری می‌باشد که حاوی ترکیبات مفید مورد نیاز جهت رشد گیاهان می‌باشد. همچنین طی فرآیند تولید قند، مقدار زیادی ملاس چغندرقند تولید می-شود و ملاس نیز به عنوان ترکیبی آلی با درصد بالای کربوهیدرات‌ها است که علاوه بر قند، حاوی مواد دیگری چون اسیدهای‌آمینه، پروتئین‌ها، اسیدهای آلی و عناصر معدنی است (لی و همکاران، ۲۰۲۰). در کارخانه‌های الکل‌سازی پس از تخمیر ملاس چغندرقند توسط مخمرها، قند تبدیل به الکل می‌شود و پسماند حاصل که حاوی اسیدهای‌آمینه متنوع است تحت عنوان ویناس به فاضلاب تصفیه‌خانه هدایت می‌گردد. به طور متوسط برای تولید هر لیتر الکل ۱۲ لیتر ویناس نیز تولید می‌شود. ویناس ماده‌ای با رنگ قهوه‌ای تیره و بوی شکر سوخته می‌باشد که غنی از پتاسیم، کلسیم، منیزیم، مقادیری نیتروژن و فسفر است (گلچین و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین با توجه به مطالب بیان شده در رابطه با اهمیت لوبیا در استان زنجان و بالاخص شهر هیدج و نقش مثبت کودهای آلی بر گیاهان زراعی این تحقیق با هدف بررسی کودهای آلی مایع حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس بصورت جداگانه و مخلوط (با توجه به اینکه هرکدام از این مواد دارای نقاط قوت و ضعف هستند و ترکیب آن‌ها می‌تواند سبب بهبود وضعیت آن کود نهایی گردد) بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سفید صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در تابستان ۱۴۰۳ در مزرعه تحقیقاتی شرکت دانش بنیان رویان بذر دانش واقع در شهر هیدج از توابع شهرستان ابهر واقع در استان زنجان با عرض ۳۶ درجه و ۲۶ دقیقه و طول ۴۹ درجه و ۱۳ دقیقه اجرا شد. به منظور ارزیابی ویژگی‌های خاک پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌گیری از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک صورت گرفت. نمونه خاک تهیه شده از الک دو میلی‌متری عبور داده و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روش‌های معمول استاندارد به شرح زیر اندازه-گیری شدند. بافت خاک (فراوانی نسبی ذرات شن، رس و سیلت) به روش هیدرومتری (جی و بادر، ۱۹۸۶)، pH در خمیر اشباع با دستگاه پ‌هاش‌متر (توماس، ۱۹۹۶)، ماده آلی به روش اکسایش با بی‌کرومات پتاسیم و سپس تیتر کردن با آمونیوم فروسولفات معروف به روش ترسوزانی (نلسون و سامرز، ۱۹۹۶)، فسفر قابل استفاده به روش اولسن و با عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴)، پتاسیم محلول از عصاره‌گیری گل اشباع و قرائت با دستگاه شعله سنج (هلمکه و اسپارکس، ۱۹۹۶) و نیتروژن کل به روش کلدال (برمنر، ۱۹۹۶) اندازه‌گیری شد (جدول ۱). میانگین بارندگی و دمای سالیانه در این منطقه به ترتیب ۵۲۷ میلی‌متر و ۱۰/۳ درجه سانتی‌گراد بود. آماده سازی زمین شامل شخم توسط گاوآهن برگردان‌دار و سپس تسطیح زمین توسط دیسک بود. بعد از انجام عملیات شخم و آماده سازی زمین بذرهای لوبیا سفید رقم هیدج در تاریخ ۲۰ تیرماه ۱۴۰۳ کشت و آبیاری آغاز شد. آبیاری به صورت قطره‌ای و با استفاده از نوار تیپ انجام شد. هر واحد (کرت) آزمایشی با مساحت ۵ مترمربع شامل ۳ ردیف ۲/۵ متری و پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری بود. جهت جلوگیری از اختلاط کودی، واحدهای آزمایشی نیز با یک فاصله ۵۰

سانتی‌متری از یکدیگر جدا شدند. بذور لوبیا در عمق ۵ سانتی‌متری بر روی خطوط کاشت و با فاصله‌ی ۵ سانتی‌متری از یکدیگر به صورت کپه‌ای (سه تا چهار بذر) کشت گردید و در مرحله دو برگچه‌ای جهت رسیدن به تراکم مورد نظر تنک شدند. تراکم توصیه شده ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در شرایط عاری از علف‌های هرز در نظر گرفته شد (لطفی و همکاران، ۱۳۹۶). ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده که با استفاده از روش‌های رایج (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۷) آنالیز گردیده در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به ماهیت متفاوت کودهای آلی استفاده شده و احتمال تأثیر بیشتر با مخلوط کردن این مواد، آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۳ تیمار از کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت (ذ)، ملاس (م) و ویناس (و) و هم‌چنین مخلوط آن‌ها با نسبت‌های مختلف به همراه شاهد (ش) (جدول ۳) انجام شد. کودهای مورد ارزیابی با فاصله زمانی ۲۱ روزه و در دو مرحله (۲۹ مرداد ماه و ۱۸ شهریورماه) و به میزان ۹۰ لیتر در هکتار در زمین اعمال گردید.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه مورد استفاده

شن	سیلت	رس	بافت	pH	ماده آلی	نیتروژن کل	فسفر قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم	پتاسیم محلول
درصد			–		درصد		میلی‌گرم در کیلوگرم خاک	
۱۸	۴۰	۴۲	رسی سیلتی	۷/۲۵	۰/۹۲	۰/۱۷	۳۰/۵۷	۱۱۶/۶۷

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های کودهای آلی مورد استفاده

	pH*	ماده آلی (OM)	نیتروژن کل (N)	فسفرقابل استفاده (P_2O_5)	پتاسیم محلول (K_2O)	اسید آمینه آزاد (FAA)
	–	درصد				
حاصل از فرآوری ذرت	۳/۵-۴/۵	۳۰	۳	۲/۵	۲	۶
ملاس	۶/۵-۷	۵۲/۶۷	۰/۷۵	۰/۱۵	۱/۵۴	۰/۲۴
ویناس	۶-۶/۵	۱۴/۰۳	۱/۱۷	۱/۷۹	۳/۰۳	۰/۱۶

* pH در محلول ۱ به ۱۰ قرائت گردید

جدول ۳- تیمارهای اعمال شده با نسبت‌های مختلف کود آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس

تیمار	ذ٪	م٪	و٪	تیمار	ذ٪	م٪	و٪	تیمار	ذ٪	م٪	و٪	تیمار	ذ٪	م٪	و٪
ذ ۱	۱۰۰	۰	۰	م ۵	۰	۱۰۰	۰	و ۹	۰	۰	۱۰۰	ش۱۳	۰	۰	۰
ذ۲	۷۵	۲۵	۰	م ۶	۲۵	۷۵	۰	و ۱۰	۲۵	۰	۷۵				
ذ۳	۷۵	۰	۲۵	م ۷	۰	۷۵	۲۵	و ۱۱	۰	۲۵	۷۵				
ذ۴	۵۰	۲۵	۲۵	م ۸	۲۵	۵۰	۲۵	و ۱۲	۲۵	۲۵	۵۰				

در انتهای فصل رشد و در تاریخ ۱۳ مهر ۱۴۰۳، همزمان با زرد شدن بوته‌ها و خشک شدن غلاف‌ها ابتدا صفات ارتفاع بوته و قطر ساقه با استفاده از ۵ بوته انتخابی در مرحله رسیدگی کامل به‌ترتیب به‌وسیله متر و کولیس

اندازه‌گیری شد (شکل ۱). وزن خشک ساقه و برگ و ریشه پس از شستشوی با آب معمولی و سپس آب مقطر با قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین با ترازوی دیجیتال به‌دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد. به‌صورت تصادفی از هر بلوک بعد از حذف اثر حاشیه‌ای تعداد ۵ بوته نمونه‌برداری و عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه تعیین شد. در نمونه‌برداری، دو ردیف کناری حذف و نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف نیز به عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف شدند و نمونه‌برداری از ردیف‌های میانی صورت گرفت. پس از برداشت ابتدا کل بوته‌ها توزین شدند (عملکرد بیولوژیک)، سپس دانه‌ها جدا شده و توسط ترازو دقیق توزین گردید (عملکرد دانه) و در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده، شاخص برداشت کل با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

(۱)

$$\text{شاخص برداشت} = \frac{\text{عملکرد دانه}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} * 100$$

نمونه‌های ساقه و برگ، ریشه و دانه آسیاب و با استفاده از دستگاه کجلدال درصد نیتروژن (Helrich, 1990) اندازه-گیری و سپس مطابق با رابطه زیر فاکتور انتقال نیتروژن محاسبه گردید:

(۲)

$$\text{فاکتور انتقال نیتروژن} = \frac{\text{درصد نیتروژن اندام‌های هوایی}}{\text{درصد نیتروژن ریشه}} * 100$$

شکل ۱- نمونه‌هایی از تصاویر مراحل مختلف آزمایش

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه واریانس داده‌ها براساس طرح آزمایشی (طرح بلوک کامل تصادفی) با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. نمودارها و شکل‌ها توسط برنامه Origin Pro ترسیم شد.

یافته‌های پژوهش

ارتفاع گیاه

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش (جدول ۴) نشان داد ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد تحت تأثیر تیمار کودهای آلی قرار گرفت. مقایسه میانگین مربوط به استفاده از کودهای آلی نشان داد که بیش‌ترین میزان ارتفاع بوته لوبیا سفید متعلق به تیمار (د۱) به میزان ۶۶/۸۷ سانتی‌متر و کم‌ترین ارتفاع مربوط به تیمار (و۹) به میزان ۵۵/۸۹ بود. هم‌چنین، نتایج نشان داد اگرچه استفاده

از کودهای آلی منجر به افزایش ارتفاع گیاه شده است اما تنها تیمارهای (ذ۱)، (ذ۲) و (م۶) اختلاف معنی‌دار با شاهد داشتند (شکل ۲). افزایش ارتفاع گیاه را می‌توان به افزایش در تعداد و طول میان‌گره‌ها نسبت داد که منتج به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود. دسترسی گیاه به عناصر غذایی کافی از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد (راثی‌پور و اصغرزاده، ۱۳۸۶)، که در این بین کودهای آلی با افزایش فراهمی و قابلیت جذب عناصر غذایی به این امر کمک می‌کنند. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت بیش‌ترین تأثیر را در افزایش طول ساقه داشته که احتمالاً مرتبط با ویژگی‌هایی مانند pH اسیدی، محتوای بالای نیتروژن و منبع غنی از اسیدهای آمینه آزاد مانند پرولین و گلوتامات می باشد. این ترکیبات نقش کلیدی در طویل‌شدن سلول‌های ساقه داشته و می‌توانند مستقیماً سنتز پروتئین‌های ساختاری و هورمون‌های رشد گیاهی را تحریک کنند. از طرفی ملاس با تأمین کربوهیدرات‌هایی مانند ساکارز و گلوکز، هم به عنوان منبع انرژی برای متابولیسم گیاه عمل می‌کند و هم با افزایش فعالیت میکروبی ریزوسفر، معدنی‌شدن نیتروژن و فسفر موجود در کود آلی حاصل از فرآوری ذرت را تسریع می‌نماید. این اثرات به صورت هم‌افزایی به ویژه در تیمار (ذ۲) یعنی نسبت ۷۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ۲۵ درصد ملاس مشهود است. دهمرده و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود به افزایش طول میان‌گره و ارتفاع بوته لوبیا تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی اشاره نمودند و بیان داشتند که کود زیستی فسفات به دلیل اینکه موجب حلالیت فسفر معدنی و آلی موجود در خاک می‌شود، احتمالاً وجود فسفر موجب افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه شده و در نتیجه افزایش رشد و تقسیم سلولی در اندام‌های هوایی را در پی داشته که منجر به افزایش طول میان‌گره و ارتفاع گیاه شده است. به‌طورکلی، فراهمی عناصر غذایی ضروری مورد نیاز گیاه که از طریق افزودن کودهای آلی تأمین می‌گردد می‌تواند با افزایش تعداد گره‌ها و طول میان‌گره‌های ساقه، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار بدهد.

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر کودهای آلی مایع حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس بر خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا سفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	وزن خشک ساقه و برگ	وزن خشک ریشه
تکرار	۲	۱۸/۹۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۲۰/۶۸ **	۰/۰۳ *
کودهای آلی	۱۲	۴۱/۲۱*	۰/۰۰۳ ns	۷/۸۴*	۰/۰۲ **
خطا	۲۴	۱۸/۸۶	۰/۰۰۲	۳/۱۵	۰/۰۰۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۰۶	۹/۲۴	۸/۸۶	۱۰/۷۴

* و ** معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

قطر ساقه

مطابق با تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش، کاربرد کودهای آلی اثر معنی‌داری بر قطر ساقه نداشتند(جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد استفاده از کودهای آلی تنها در تیمارهای (ذ۱) و (م۶) موجب افزایش معنی‌دار قطر ساقه نسبت شاهد به ترتیب به میزان ۱۴/۸۹ و ۱۲/۷۷ درصد شدند (شکل ۲). تیمار (ذ۱) یعنی ۱۰۰ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت با افزایش ۱۴/۸۹ درصدی قطر ساقه نسبت به شاهد، مؤثرترین ترکیب بود. این اثر را می‌توان به ترکیب غنی کود آلی حاصل از فرآوری ذرت از نظر نیتروژن آلی و اسیدهای آمینه نسبت داد که موجب تحریک تقسیم سلولی و توسعه بافت‌های گیاهی می‌شود. همچنین تیمار (م ۶) یعنی ۷۵ درصد ملاس و ۲۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت نیز سبب افزایش قطر ساقه نسبت به شاهد شد، که احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت میکروبی خاک بخاطر حضور قندهای محلول، بهبود جذب عناصر غذایی، و تأمین انرژی برای ریشه و اندام‌های رویشی بوده است. کودهای آلی کارکردهای مختلفی در بخش کشاورزی داشته و علاوه بر

کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، افزایش رشد گیاه، افزایش کمی و کیفی گیاه زراعی و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شوند (استامنکوویچ و همکاران، ۲۰۱۸). پوریوسف و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که کاربرد کودهای آلی و زیستی با ترشح ترکیبات تحریک-کننده رشد و تولید هورمون‌های رشدی و افزایش پویایی و فراهمی بیشتر عناصر غذایی در خاک، موجب افزایش میزان جذب عناصر غذایی و آب توسط ریشه‌ها شدند، که به نوبه خود، سبب گسترش شاخساره و افزایش سطح فتوسنتزکننده و همچنین رشد بیشتر اندام‌های هوایی گیاه، از جمله افزایش قطر ساقه می‌گردد.

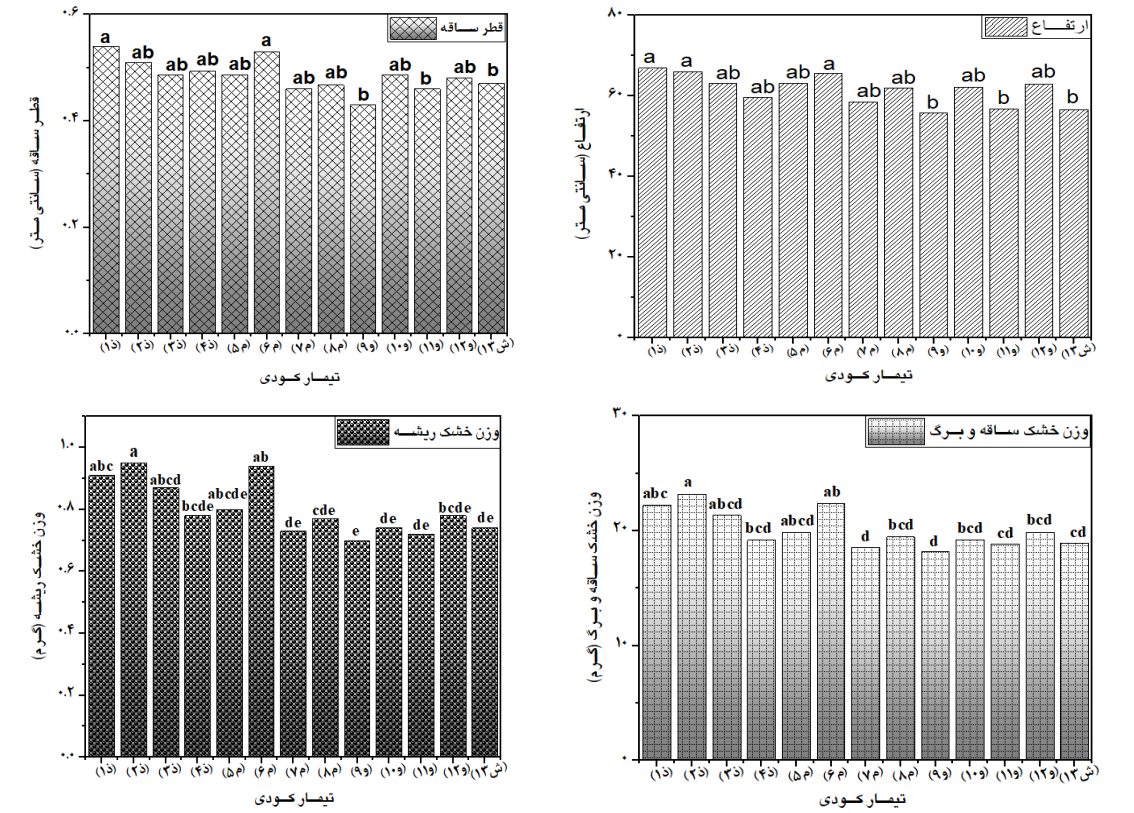
وزن خشک ساقه و برگ

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌های وزن خشک ساقه و برگ نشان دهنده وجود اختلاف معنی-دار بین تیمارهای کودهای آلی در سطح پنج درصد بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار وزن خشک ساقه و برگ مربوط به تیمار (ذ۲) به میزان ۲۳/۰۲ گرم و کم‌ترین میزان ۱۸/۱۹ گرم مربوط به تیمار (و ۹) بود (شکل ۲). برگ‌ها اندام‌های بسیار مهمی در گیاهان هستند که نقش فعالی در فتوسنتز دارند. برای دستیابی به عملکرد بالا، به حداکثر رساندن سطح برگ یک عامل مهم به شمار می‌رود. افزایش وزن خشک در تیمار (ذ۲) یعنی ۷۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ۲۵ درصد ملاس به دلیل فراهم‌سازی همزمان منابع غنی از نیتروژن آلی، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های محلول است که ضمن تأمین مواد غذایی لازم، موجب تحریک فعالیت میکروبی خاک و بهبود جذب عناصر غذایی می‌شوند. این شرایط باعث افزایش سنتز پروتئین و ساختار سلولی در اندام‌های رویشی مانند ساقه و برگ شده و نهایتاً منجر به افزایش وزن خشک گردیده است. از طرفی، تیمار (و۹) یعنی ویناس ۱۰۰ درصدی حاوی مقادیر بالایی از نمک‌ها (به‌ویژه پتاسیم) و ترکیبات فنولی بازدارنده است که می‌توانند موجب افزایش شوری خاک شوند. افزایش شوری باعث کاهش جذب آب توسط ریشه‌ها، اختلال در فرآیندهای متابولیکی و در نهایت کاهش رشد گیاهان می‌شود. یافته‌های مشابهی نیز توسط میرزا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است. افزایش وزن خشک برگ را می‌توان با بهبود در رشد ریشه‌ها و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال کربوهیدرات‌ها توضیح داد (سیاوشی و همکاران، ۲۰۱۷). برخی پژوهشگران نیز بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه، ایجاد فضای مناسب برای فعالیت ریزجانداران خاک‌زی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کودهای آلی را سبب تأمین به موقع و به اندازه عناصر غذایی در مراحل رشد گیاه گزارش نموده‌اند که در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌گردد (شهیدی کومله و همکاران، ۱۴۰۰).

وزن خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس حاصل از کاربرد کودهای آلی بر وزن خشک ریشه بیانگر وجود یک اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای کاربردی نیز نشان داد که تیمارهای (ذ۱)، (ذ۲) و (م۶) توانسته‌اند که وزن خشک ریشه را به ترتیب به مقدارهای ۲۲/۹۷، ۲۸/۳۸ و ۲۷/۰۲ درصد نسبت به شاهد افزایش دهند (شکل ۲). این افزایش را می‌توان به دسترسی به نیتروژن آلی، اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های محلول موجود در کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ملاس نسبت داد که با تقویت فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند فتوسنتز، جذب آب و مواد معدنی و سنتز پروتئین‌ها موجب رشد بهتر سیستم ریشه‌ای شده‌اند. ریشه قوی‌تر نه‌تنها خود بخشی از زیست‌توده را تشکیل می‌دهد، بلکه با افزایش سطح تماس با خاک و توان بیشتر در جذب مواد غذایی، رشد اندام‌های هوایی (ساقه و برگ) را نیز بهبود می‌بخشد. یافته‌های وانگ و همکاران، (۲۰۲۳) نشان داد کاربرد کود آمینواسید محلول در آب در مقایسه با کودهای شیمیایی محلول در آب، از طریق اثر بر ترشحات ریشه‌ای و همچنین اثر بر ترکیب، فراوانی و تنوع جامعه میکروبی خاک ریشه، رشد گیاه و کیفیت میوه گوجه فرنگی را به طور معنی‌داری افزایش داد. برخی دیگر از پژوهشگران

نیز ایجاد محیط مطلوب برای رشد و فعالیت ریزجانداران خاکزی و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی از کودهای آلی و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه را سبب تأمین به هنگام و به اندازه عناصر غذایی در مراحل رشد گیاه گزارش کردند (شهیدی کومله و همکاران، ۱۴۰۰).



شکل ۲- مقایسه میانگین خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا سفید تحت تاثیر کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

تعداد غلاف در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر تعداد غلاف در بوته بود (جدول ۵). همانطورکه مشاهده می‌شود (شکل ۳) مصرف کودهای آلی اگرچه در برخی موارد موجب افزایش تعداد غلاف نسبت به شاهد شده‌اند اما این اثر از نظر آماری معنی‌دار نیست و تأثیر چندانی بر افزایش تعداد غلاف نداشته‌اند. بیش‌ترین مقدار غلاف مربوط به تیمار (م۶) به میزان ۱۹/۵۲ و کم ترین مقدار مربوط به تیمار (و۹) به میزان ۱۵/۵۳ می‌باشد که با توجه به ماهیت کودهای حاصل از فرآوری ذرت و ملاس که حاوی درصد بالاتری از عناصر شامل نیتروژن، فسفر، منیزیم و همچنین حضور کربوهیدرات‌هایی مانند اسید لاکتیک و اسیدهای آمینه در سیستم خود هستند، سبب افزایش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به اندام‌های زایشی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته شده‌اند، درحالی‌که ویناس باتوجه به درصد کم‌تر عناصر و همچنین میزان شوری بالاتر، موجب اختلال در جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن و فسفر گردیده که نهایتاً سبب کاهش فعالیت آنزیم‌های کلیدی متابولیسم کربن و توقف تقسیم سلولی در مریستم‌های زایشی و کاهش غلاف در بوته شده است. افزودن کودهای آلی از طریق بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه باعث افزایش قدرت رشد گیاه، افزایش تعداد گل و به دنبال

آن افزایش تعداد غلاف بارور در بوته می‌شود. برخلاف نتایج بدست آمده در این مطالعه، احمد و همکاران (۲۰۲۳) گزارش کردندکه تعداد کل غلاف در بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کود آلی قرار گرفتند.

تعداد دانه در غلاف

تجزیه واریانس نتایج تیمارهای کودهای آلی بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). اگرچه اکثر تیمارها سبب افزایش تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد شدند اما فقط تیمار (ذ۲) نسبت به شاهد سبب افزایش ۳۰ درصدی تعداد دانه در غلاف به صورت معنی‌دار گردید که می‌توان این افزایش را به حضور عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و همچنین درصد بالاتر اسیدهای آمینه در این تیمار کودی مخلوط و میزان پایین‌تر شوری آن نسبت داد (شکل ۳). از آنجا که کود آلی حاصل از فرآوری ذرت نتیجه هیدرولیزهای آنزیمی و تخمیری می‌باشد، منجر به ایجاد محیطی غنی از اسیدهای آمینه می‌شود که تقسیم سلولی در مریستم‌های زایشی و رشد غلاف‌ها را تحریک می‌کنند. همچنین حضور ترکیبات کربوهیدراتی موجود در ملاس (مانند قندهای محلول) با تأمین پیش‌سازهای لازم، نرخ فتوسنتز را افزایش می‌دهند که این مواد به‌عنوان منبع انرژی برای تشکیل غلاف‌ها و پر شدن دانه‌ها استفاده می‌شوند. افزایش تعداد دانه در غلاف با کاربرد کودهای آلی می‌تواند به دلیل افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه باشد. محققان در پژوهشی روی گیاه لوبیا سبز و ذرت دریافتند که تیمار کود زیستی و آلی موجب فتوسنتز بیشتر، بهبود رشد گیاه و در نتیجه باعث افزایش زیست‌توده گیاه و تعداد دانه می‌شود. همچنین کود آلی به دلیل در دسترس قرار دادن عنصر فسفر و سایر عناصر غذایی برای گیاه، سبب افزایش عملکرد در واحد زایشی و پر شدن دانه می‌شود (جدیدالاسلام و همکاران، ۱۳۹۶). احمد و همکاران (۲۰۲۳) نیز با بررسی اثرات کودهای آلی بر رشد و عملکرد لوبیا بیان کردند که در تمامی تیمارها، با افزایش سطوح کود آلی تعداد دانه در غلاف نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

تعداد دانه در بوته

همان‌طور که در جدول ۵ آورده شده است، آنالیز واریانس نشان داد که پارامتر تعداد دانه در بوته متأثر از کاربرد تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد قرار می‌گیرد. هم‌چنین، مطابق با مقایسه میانگین ارائه شده در شکل ۳، بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در بوته به ترتیب در تیمارهای (ذ۱) و (م۷) به مقدار ۶۶/۳۳ و ۴۹/۶۷ مشاهده شد. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت با دارا بودن درصد بالاتری از اسیدهای آمینه و همچنین منیزیم، سبب بهبود جذب نیتروژن و فسفر می‌شود که این عناصر برای تشکیل گل، توسعه غلاف و پر شدن دانه ضروری هستند از طرفی ملاس به‌عنوان ترکیبی غنی از کربن آلی و قندهای محلول، سبب افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز می‌گردد که انرژی لازم برای انتقال مواد غذایی و پر شدن دانه‌ها را تأمین می‌کند. کودهای آلی به کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی کمک می‌کنند و کمبود ریز مغذی‌ها در خاک را برطرف می‌کنند و در نتیجه عملکرد دانه را بهبود می‌بخشند (جینگ و همکاران، ۲۰۱۹). همچنین مهدی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند، عملکرد دانه در بوته نیز به طور قابل توجهی تحت تأثیر کاربرد کود آلی قرار گرفت. افزایش مقادیر زیست‌فراهمی عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به دنبال کاربرد کودهای آلی عملکرد محصول را بهبود خواهد داد که در پژوهش گندو و همکاران (۲۰۲۰) به خوبی به آن اشاره شده است.

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر انواع کودهای آلی مایع حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۵/۴۸ ns	۰/۰۰۴ ns	۱۱۷/۴ **	۶/۴ ns	۸۲۸۱۴۷ *	۲۲۷۳۷۰۱ **	۴/۱۸ ns
کودهای آلی	۱۲	۳/۴۴ ns	۰/۲۳ *	۹۲/۵ **	۱۱/۸ ns	۴۵۵۹۲۰ *	۹۱۷۳۵۱*	۳/۹۲ ns
خطا	۲۴	۴/۲۳	۰/۰۸	۱۷/۷	۶/۷	۲۱۲۱۰۸	۳۵۱۷۴۰	۹/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۱/۵۲	۸/۹۰	۷/۳۴	۴/۹۰	۱۱/۴۰	۸/۸۱	۵/۱۰

* و ** معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

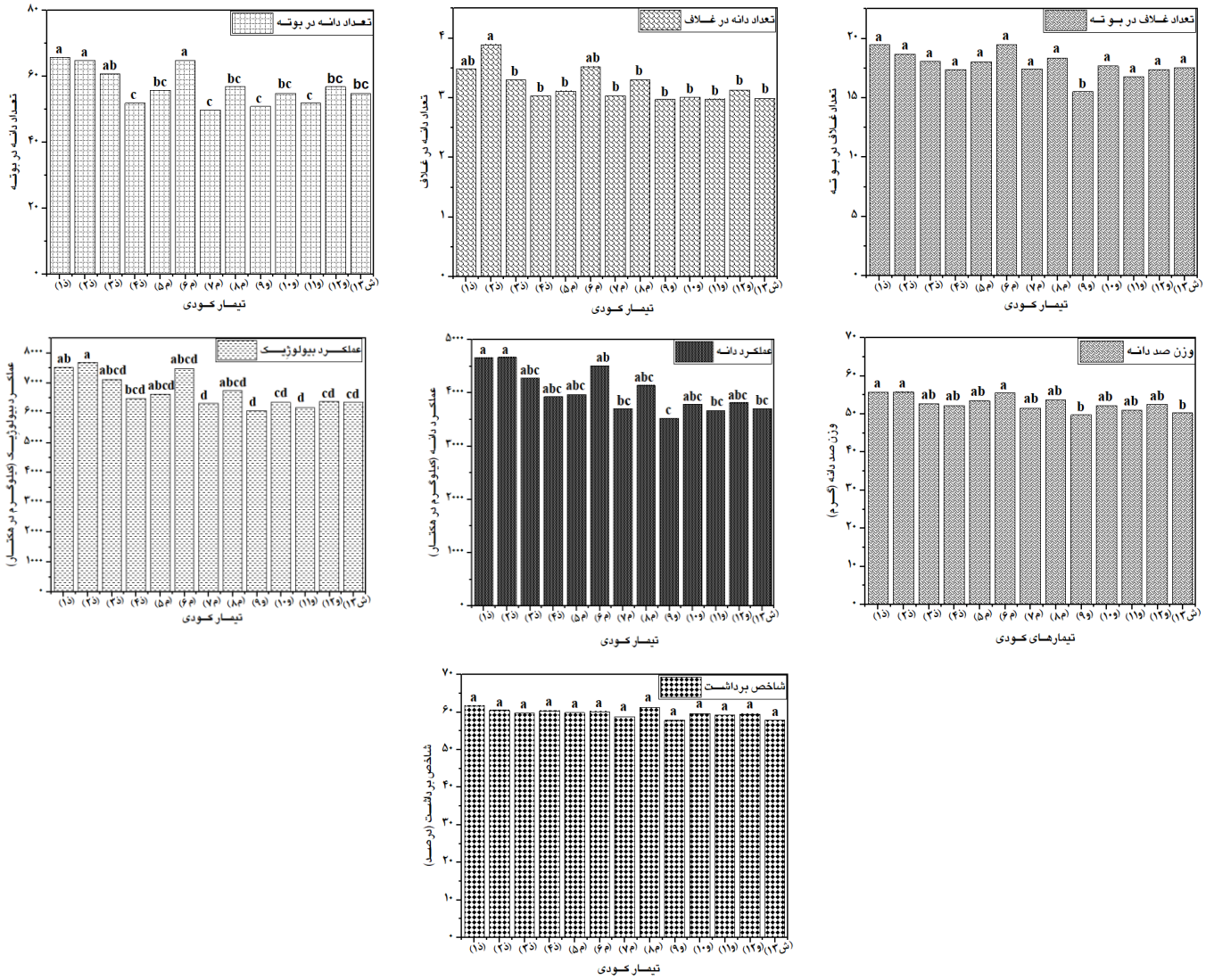
وزن صد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن صد دانه لوبیا سفید نشان داد که اثر کاربرد کودهای آلی بر این ویژگی معنی-دار نبود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اکثر تیمارهای کودهای آلی، سبب افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد شدند. اگرچه این افزایش تنها در تیمارهای (ذ۱)، (ذ۲) و (م۶) به ترتیب به میزان‌های ۱۰/۸۱، ۱۰/۹۷ و ۱۰/۳۸ درصد، نسبت به شاهد معنی‌دار شدند (شکل ۳). تأمین عناصر مورد نیاز گیاه باعث افزایش فتوسنتز، سنتز پروتئین و هورمون‌های محرک رشد گیاه شده و انتقال مواد فتوسنتزی و تولید گیاه را افزایش می‌دهد که در نهایت به عنوان یک مبدأ قوی، به تجمع ماده خشک در بذر کمک نموده و انتقال مواد فتوسنتزی را از مبدأ (برگ‌ها و اندام‌های فتوسنتزی) به مقصد (دانه‌ها و اندام-های زایشی) افزایش داده و دانه‌های درشت‌تر با وزن بیشتر را تولید می‌کند. وزن صد دانه مستقیماً تحت تأثیر جریان مواد فتوسنتزی بعد از گرده‌افشانی است. این مواد می‌توانند از فتوسنتز جاری گیاه و یا انتقال مجدد مواد ذخیره شده در ساقه‌ها، برگ‌ها و یا غلاف‌ها تأمین شوند (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۹). روزتی و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که با کاربرد کود بیولوژیک شامل دو باکتری تثبیت کننده نیتروژن به بذر گندم، توان تثبیت زیستی نیتروژن، سطح ریشه، جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید برخی ویتامین‌ها افزایش یافته که در نتیجه رشد کمی و کیفی گیاه تقویت شده و نتیجه آن به‌صورت افزایش وزن صد دانه نمایان گردید. زاهدی‌فر و همکاران (۱۴۰۲) نشان دادند کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی محتوی آمینواسید، عملکرد دانه، شاخص سبزینگی و کارآیی مصرف آب در گندم را افزایش داد. حسنی و امیری (۱۳۹۵) نیز گزارش نمودند محلول‌پاشی ترکیبات آلی دارای اسیدهای آمینه به‌طور معنی‌داری تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد گیاه جو را در مقایسه با شاهد افزایش داد.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کودهای آلی بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۵). بیشترین مقدار عملکرد در این آزمایش مربوط به تیمار (ذ۲) به میزان ۴۶۸۰ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به شاهد افزایش ۲۶/۱۸ درصدی را نشان داد. علیرغم افزایش در اکثر تیمارهای کودی نسبت به شاهد اما در تیمار (و۹) کاهش عملکرد ۴/۸ درصدی مشاهده شد (شکل ۳). حضور ترکیبات دارای گروه‌های کربن مانند اسیدهای آمینه و قندهای محلول در تیمارهای کودی مانند ملاس و کود آلی حاصل از فرآوری ذرت به عنوان کلات کننده‌های طبیعی عمل کرده و جذب عناصر ریزمغذی (مانند آهن و روی) را افزایش می‌دهند، همچنین ترکیبات دیگری مانند نیتروژن موجب افزایش سنتز پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه شده و رشد رویشی و زایشی را تقویت می‌کند درحالی‌که پتاسیم به تنظیم فشار اسمزی، فعال‌سازی آنزیم‌ها و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها کمک می‌کند که در نهایت سبب افزایش عملکرد دانه در گیاه خواهد شد، در حالی‌که ویناس به‌تنهایی با توجه به شوری بالا سبب مختل شدن جذب عناصر به‌ویژه پتاسیم و کلسیم می‌شود که برای پر شدن دانه‌ها حیاتی هستند. این امر می‌تواند سبب کاهش عملکرد دانه شود. یادانا و همکاران (۲۰۰۹) و کاکار و همکاران (۲۰۲۰) نیز نتایج مشابهی در افزایش عملکرد گیاه برنج طی کاربرد کودهای آلی به دست آوردند. افزایش عملکرد دانه در پژوهش حاضر عمدتاً به دنبال کاربرد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت اتفاق افتاد. بهبود زیست‌فراهمی عناصر مغذی همراه با افزایش وزن خشک ریشه و سطح برگ منجر به بهبود فرآیند آسیمیلاسیون می‌شود، به نظر می‌رسد که بهبود فرآیند آسیمیلاسیون به دنبال کاربرد کودهای آلی، عملکرد را بهبود داده است (سیاوش و همکاران، ۲۰۱۱). هم‌چنین، مقادیر پایین ماده آلی در خاک‌های زراعی مناطق خشک و نیمه خشک، با کاهش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، کاهش زیست‌فراهمی عناصر

غذایی، افزایش تثبیت عناصر معدنی در خاک و کاهش تهویه در محیط ریشه‌ها می‌تواند در روند رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه اختلال ایجاد کند. بنابراین، گیاه نمی‌تواند اجزای عملکرد مطلوبی ایجاد نماید و عملکرد دانه آن کاهش خواهد یافت. بهبود کیفیت خاک پس از کاربرد کودهای آلی شامل بهبود ویژگی‌های مرتبط با نگهداشت آب در خاک، فراهمی عناصر غذایی، فلور میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی توسط پژوهشگران مختلفی گزارش شده است (لیو وهمکاران، ۲۰۲۱; سیهی و همکاران، ۲۰۱۷ و قسوار و همکاران، ۲۰۲).



شکل ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سفید تحت تاثیر کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

عملکرد بیولوژیک

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از عملکرد بیولوژیک نشان داد که کاربرد کودهای آلی در سطح احتمال ۵ درصد سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری شده‌اند (جدول ۵). علیرغم اینکه بعضی از تیمارهای کودی سبب کاهش غیرمعنی‌دار عملکرد نسبت به شاهد شدند اما بیشترین میزان مربوط به تیمار (ذ۲) به میزان ۷۷۰۵ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به شاهد سبب افزایش ۲۱/۰۵ درصدی عملکرد بیولوژیک شد (شکل ۳). افزایش عملکرد بیولوژیک را می‌توان ناشی از تأثیر مثبت کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت و ملاس بر بهبود کیفیت و ساختار محیط ریشه دانست که با توجه به حضور عوامل کلات کننده طبیعی یعنی اسیدهای آمینه و کربوهیدرات‌های محلول، باعث افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند. بهبود جذب مواد مغذی موجب ارتقاء فرآیندهای رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیایی گیاه، از جمله فتوسنتز و سنتز ترکیبات آلی گردیده که در نهایت موجب افزایش ماده خشک گیاه می‌شود و مستقیماً عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد. بنابراین، استفاده بهینه از ترکیبات کودهای آلی مانند کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ملاس می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد لوبیا سفید داشته باشد. اسدی پور وهمکاران (۲۰۱۳)، گزارش کردند که استفاده از کود آلی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه ماش شد. آن‌ها بیان داشتند که افزایش فراهمی عناصر غذایی، توسعه بهینه سطح فتوسنتز کننده گیاهی، بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، که در اثر کاربرد کود آلی ایجاد شده است نهایتاً سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه خواهد شد. همچنین نتایج سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد افزایش ارتفاع گیاه، تعداد پنجه، عملکرد و وزن هزاردانه گندم در اثر افزودن کودهای آلی و کمپوست به دلیل افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی بوده است و این عناصر در افزایش سطح برگ و در نتیجه فتوسنتز و تولید بیشتر وزن خشک موثر بوده‌اند (ابراهیم و همکاران، ۲۰۰۸).

شاخص برداشت

تجزیه واریانس نتایج مربوط به شاخص برداشت نشان داد (جدول ۵) که تیمارهای کودهای آلی اختلاف معنی-داری ایجاد نکردند. همچنین نتایج مقایسه میانگین بین تیمارهای مختلف علیرغم افزایش نسبت به شاهد نتوانستند بصورت معنی‌داری اختلاف ایجاد کنند. بیشترین و کم‌ترین شاخص برداشت به ترتیب ۶۱/۸۴ و ۵۷/۹۷ درصد مربوط به تیمارهای (ذ۱) و (م۹) بودند (شکل ۳). با توجه به اینکه کودهای آلی مانند کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ملاس باعث افزایش وزن خشک کل گیاه (شامل ساقه، برگ و ریشه) شدند، همچنین افزایش در اندام‌های رویشی و دانه نیز مشاهده شد. معمولاً زمانی‌که افزایش ماده خشک در اندام‌های رویشی و دانه متعادل باشد، شاخص برداشت تغییر زیادی نمی‌کند. موسوی و شکوه‌فر (۲۰۱۶) بیان داشتند که استفاده از کود حاوی نیتروژن، به دلیل بالا بردن میزان جذب این عنصر باعث تغییر دادن شاخص برداشت در لوبیا شد. این پژوهشگران اظهار داشتند رابطه مثبتی بین وزن خشک کل اندام‌های هوایی گیاه و عملکرد دانه وجود دارد. نتایج به دست آمده حاصل از پژوهش آن‌ها نشان داد که شاخص برداشت به احتمال زیاد، تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریتی اجرای آزمایش قرار گرفته و مناسب بودن شرایط محیطی و مدیریت مزرعه در بالاتر بودن شاخص برداشت مؤثر بوده و این افزایش با بهبود وضعیت تغذیه گیاه، چشم‌گیرتر بوده است. همچنین نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که با افزایش کاربرد کود دامی از صفر تا ۳۰ تن در هکتار شاخص برداشت لوبیا نیز از ۳۶/۸۹ به ۴۰/۵۲ افزایش یافت (احمدزاده قویدل و همکاران، ۲۰۱۸).

درصد نیتروژن ساقه و برگ

نتایج مربوط به تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی در سطح احتمال ۵ درصد سبب اختلاف

معنی‌دار در درصد نیتروژن ساقه و برگ شدند (جدول ۶). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین درصد نیتروژن مربوط به تیمار (م۶) به میزان ۰/۹۱ درصد و کمترین مربوط به تیمار (م۸) به میزان ۰/۶۳ درصد بود (جدول ۷). ملاس منبع غنی از کربن آلی و پتاسیم است که به رشد میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن کمک می‌کند. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت هم حاوی اسیدهای آمینه و ترکیبات آلی است که جذب نیتروژن را برای گیاه تسهیل می‌کند. این نشان می‌دهد ملاس و کود آلی حاصل از فرآوری ذرت اثر سینرژیستی داشته‌اند و احتمالاً ملاس با تأمین انرژی، معدنی شدن نیتروژن آلی موجود در کود آلی حاصل از فرآوری ذرت را تسریع کرده است. نتایج ثابت می‌کند انتخاب منابع آلی مناسب (نه صرفاً هر ماده آلی) در تغذیه نیتروژنی گیاه تعیین کننده است. همچنین به نظر می‌رسد این افزایش نیتروژن مستقیماً با افزایش عملکرد دانه که در نتایج قبلی اشاره شد مرتبط است، چون نیتروژن نقش کلیدی در سنتز پروتئین دانه‌ها دارد. حمزه‌یی و سرمدی نایبی (۱۳۸۹) گزارش کردند که تلفیق کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنه، می‌تواند علاوه بر تولید محصول کافی در ذرت و بهبود کارایی جذب نیتروژن، مصرف کود شیمیایی نیتروژنه را کاهش دهد که این امر کمک قابل توجهی به سالم‌سازی محیط‌زیست می‌کند و راهبرد مهمی در جهت حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد. نتایج مشابه‌ی در مطالعه‌ی کولا و همکاران، (۲۰۱۴) نیز گزارش شد، آن‌ها تأثیر پروتئین گیاهی هیدرولیزشده حاوی اسیدهای آمینه و پپتیدهای کوتاه‌زنجیر را بر فعالیت شبه‌هورمونی، جذب نیتروژن و تحریک رشد گیاهان ذرت، گوجه‌فرنگی و نخود بررسی کردند. نتایج نشان داد که این ترکیب دارای فعالیتی مشابه هورمون‌های گیاهی (شبه‌اکسینی و جیبرلینی) است، جذب نیتروژن را از طریق گسترش سیستم ریشه و افزایش کارایی جذب بهبود می‌بخشد و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر کودهای آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس بر درصد نیتروژن اجزاء لوبیا سفید

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن ساقه و برگ	نیتروژن دانه	نیتروژن ریشه	فاکتور انتقال نیتروژن	پروتین دانه
تکرار	۲	۰/۰۹ **	۰/۱۳ *	۰/۰۲ ns	۰/۱۲ ns	۴/۱۰ *
کودهای آلی	۱۲	۰/۰۲ *	۰/۰۹ *	۰/۰۱ ns	۰/۳۰ **	۳/۷۵ **
خطا	۲۴	۰/۰۰۷	۰/۰۳۶	۰/۰۰۹	۰/۱۰۲	۱/۱۲
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۷۸	۶/۲۶	۷/۹۲	۹/۵۹	۵/۵۲

* و ** معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns غیرمعنی‌دار

درصد نیتروژن دانه

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از درصد نیتروژن دانه نشان دادند (جدول ۶) تیمارهای کودهای آلی در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرده‌اند. بیشترین مقدار درصد نیتروژن در این آزمایش مربوط به تیمار (ذ۲) به میزان ۳/۲۵ بود که نسبت به شاهد افزایش ۱۶/۴۹ درصدی را نشان داد (جدول ۷). برتری تیمار (ذ۲) در افزایش درصد نیتروژن دانه احتمالاً ناشی از اثر هم‌افزایی این دو کود است. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت به‌عنوان محرک رشد گیاهی و منبع نیتروژن آلی که سریع تجزیه می‌شود، همراه با ملاس که تأمین‌کننده پتاسیم و انرژی برای میکروارگانیسم‌های خاک بخاطر حضور کربوهیدرات‌های محلول است، احتمالاً فرآیند معدنی‌سازی نیتروژن و جذب آن توسط گیاه را بهبود بخشیده‌اند. به گزارش قلی‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) میزان و نوع کود نیتروژن مصرفی، بر مقدار نیتروژن اندام‌های گیاهی یونجه اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد ایجاد نموده است. در گیاه گلرنگ نیز با مصرف کود دامی، درصد نیتروژن

جذب شده نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت که نشان می‌دهد با افزایش عرضه نیتروژن مقدار جذب نیز افزایش خواهد یافت (میرزاخانی و همکاران، ۱۳۹۵).

درصد نیتروژن ریشه

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از درصد نیتروژن ریشه نشان دادند تیمارهای کودهای آلی نتوانستند اختلاف معنی‌داری ایجاد کنند (جدول ۶). بیشترین مقدار درصد نیتروژن در این آزمایش مربوط به تیمار (و۹) به میزان ۱/۲۴ درصد و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار (ذ۲) به میزان ۱/۰۵ درصد بود (جدول ۷). در تیمار کودی (و۹) یعنی ۱۰۰ درصد ویناس، باتوجه به اینکه در سایر اندام‌ها مانند برگ و دانه، میزان نیتروژن به نسبت پایین‌تر بود، به‌نظر می‌رسد با وجود جذب بالای نیتروژن در ریشه، ممکن است حاوی ترکیباتی (مثل پلی‌ساکاریدهای سنگین) باشد که انتقال به بخش‌های هوایی را محدود می‌کند یا اینکه فاقد ترکیبات کلیدی برای انتقال کارآمد نیتروژن به بخش‌های هوایی باشد. همچنین با توجه به ویژگی‌های بیان شده برای کود ویناس، همانند شوری بالا و درصد پایین‌تر عناصر غذایی، به نظر می‌رسد رشد ضعیف‌تر گیاه و در نتیجه عملکرد کم‌تر گیاه سبب تجمع نیتروژن در ریشه گردیده است. کودهای آلی با کاهش واکنش خاک، افزایش مواد آلی خاک و در نهایت افزایش جذب عناصر موجود در خاک رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می‌بخشند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

فاکتور انتقال نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس حاصل از اثر تیمارهای کود آلی بر فاکتور انتقال نیتروژن نشان از ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد (جدول ۶). از بین مقایسات میانگین موجود بیشترین میزان فاکتور انتقال مربوط به تیمارهای (ذ۱) و (ذ۲) به میزان ۳/۷۹ و کم‌ترین مقدار مربوط به تیمار (و۹) به میزان ۲/۸۶ درصد می‌باشد (جدول ۷). غلظت بالاتر نیتروژن در اندام هوایی و فاکتور انتقال بالا از نظر زراعی مطلوب است زیرا اگر غلظت نیتروژن اندام هوایی بیشتر باشد، با افزایش تقاضای گیاه برای این عنصر در طی فصل رشد نیتروژن به دانه انتقال می‌یابد و بدین وسیله عملکرد بهبود می‌یابد. در این رابطه می‌توان احتمال داد که تیمارهای (ذ۱) و (ذ۲) نسبت C/N بهینه داشته‌اند که انتقال نیتروژن به برگ و دانه را تسهیل می‌کند. همچنین وجود کربوهیدرات در این تیمارها انرژی مورد نیاز برای انتقال نیتروژن را فراهم می‌کند.

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های پروتئین دانه نشان داد که اثر تیمارهای کودی در سطح احتمال ۱ درصد بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بودند (جدول ۶). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین مقدار مربوط به تیمار (ذ۱) به میزان ۲۰/۸۱ درصد که نسبت به شاهد افزایش ۱۲/۳۷ درصدی را نشان داد (جدول ۷). در تیمارهای کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و مخلوط کود آلی حاصل از فرآوری ذرت با ملاس، افزایش پروتئین دانه نسبت به شاهد مشاهده شد. احتمالاً این مواد با تأمین نیتروژن آلی و کربوهیدرات‌های قابل تجزیه، فعالیت میکروبی خاک را تحریک کرده و معدنی‌سازی نیتروژن را تسریع می‌کنند. ترکیبات موجود در ملاس (مانند اسیدهای آمینه، کربوهیدرات‌های محلول، پتاسیم و ...) و کود آلی حاصل از فرآوری ذرت (شامل اسیدهای آمینه و مواد محرک رشد) مستقیماً جذب گیاه شده یا پس از تجزیه به فرم‌های قابل جذب (نیترات و آمونیوم) درمی‌آیند که برای سنتز پروتئین ضروری هستند. همچنین، این کودها با توجه به درصد بالای مواد آلی سبب بهبود ساختار خاک، افزایش جذب نیتروژن و کاهش تنش‌های اکسیداتیو، انرژی گیاه را به سمت تولید پروتئین سوق می‌دهند. علاوه بر این، تحریک ترشح هورمون‌های رشد توسط میکروارگانیسم‌های خاک، توسعه ریشه و انتقال کارآمدتر نیتروژن به دانه‌ها را افزایش

می‌دهند. در نتیجه، این مکانیسم‌های هم‌افزا باعث افزایش غلظت پروتئین دانه شده و نشان‌دهنده پتانسیل بالای این کودهای آلی در بهبود کیفیت محصولات کشاورزی هستند. محتوای پروتئینی دانه به عوامل ژنتیکی و محیطی مؤثر در رشد و نمو مانند دما، میزان نیتروژن خاک، طول مدت روز و مدت زمان رسیدگی دانه بستگی دارد. بر اساس مطالعات صورت گرفته، کودهای آلی و زیستی می‌توانند نقش زیادی، در افزایش دسترسی به نیتروژن و بنابراین افزایش پروتئین دانه گیاه لوبیا یام مکزیکی داشته باشند (حسنی و همکاران، ۱۴۰۲). همچنین در پژوهشی دیگر نشان دادند که بیشترین تأثیرگذاری کود دامی در بهبود میزان پروتئین دانه لوبیا در سطح میانی آن (۱۵ تن بر هکتار) حاصل شد، به‌طوری‌که میزان پروتئین دانه در این سطح به‌ترتیب ۲۳ و ۸ درصد نسبت به سطح صفر و ۳۰ تن در هکتار کود دامی بیشتر بود (جهان و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۷- مقایسه میانگین درصد نیتروژن اجزاء لوبیا سفید تحت تاثیر کودهای آلی مایع حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس (در هر مورد، ستون‌هایی که حداقل در یک حرف کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون دانکن درسطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند).

تیمار			نیتروژن ساقه و برگ	نیتروژن دانه	نیتروژن ریشه	فاکتور انتقال نیتروژن	پروتئین دانه
کود آلی حاصل از فرآوری ذرت	ملاس	ویناس			درصد		
۱۰۰	۰	۰	۰/۸۱ ab *	۳/۲۲ a	۱/۰۷ ab	۳/۷۹ a	۲۰/۸۱ a
۷۵	۲۵	۰	۰/۷۵ abc	۳/۲۵ a	۱/۰۵ b	۳/۷۹ a	۲۰/۶۳ a
۷۵	۰	۲۵	۰/۸۹ a	۳/۱۳ ab	۱/۱۸ ab	۳/۴۲ abc	۱۹/۵۹ ab
۵۰	۲۵	۲۵	۰/۸۰ ab	۳/۱۱ ab	۱/۲۱ ab	۳/۲۳ abc	۱۹/۴۴ ab
۰	۱۰۰	۰	۰/۷۶ abc	۳/۱۳ ab	۱/۱۱ ab	۳/۵۴ ab	۱۹/۵۲ ab
۲۵	۷۵	۰	۰/۹۱ a	۳/۱۷ a	۱/۱۲ ab	۳/۶۷ a	۲۰/۱۵ ab
۰	۷۵	۲۵	۰/۸۶ a	۲/۹۴ abc	۱/۱۸ a	۳/۲۴ abc	۱۸/۳۶ bcd
۲۵	۵۰	۲۵	۰/۶۳ c	۳/۱۰ ab	۱/۱۱ ab	۳/۴۰ abc	۱۹/۳۸ ab
۰	۰	۱۰۰	۰/۷۵ abc	۲/۷۸ bc	۱/۲۴ a	۲/۸۶ c	۱۷/۳۶ cd
۲۵	۰	۷۵	۰/۸۲ a	۲/۹۱ abc	۱/۱۵ ab	۳/۲۷ abc	۱۸/۸۶ abcd
۰	۲۵	۷۵	۰/۸۲ a	۲/۷۳ c	۱/۲۱ ab	۲/۹۵ bc	۱۷/۰۸ d
۲۵	۲۵	۵۰	۰/۸۲ ab	۳/۰۵ abc	۱/۲۲ ab	۳/۱۸ abc	۱۹/۰۸ abc
۰	۰	۰	۰/۶۵ bc	۲/۷۹ bc	۱/۲۲ ab	۲/۸۷ c	۱۸/۵۲ bcd

محاسبات اقتصادی (نسبت سود به هزینه)

در تحلیل اقتصادی نظام‌های زراعی، انتخاب نوع و میزان مصرف کود یکی از عوامل کلیدی در بهینه‌سازی سود کشاورزان به شمار می‌رود. مقدار بهینه کود، آن مقداری است که با کم‌ترین هزینه ممکن، بیشترین بازده اقتصادی را ایجاد کند. این مقدار نه تنها باید موجب افزایش عملکرد محصول شود، بلکه باید نسبت سود به هزینه قابل قبولی نیز داشته باشد تا از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه تلقی گردد. در واقع، تصمیم‌گیری درباره مصرف کود باید بر پایه‌ی ارزیابی همزمان عملکرد، قیمت محصول، هزینه تأمین و کاربرد کود و شرایط خاص هر مزرعه انجام گیرد. بنابراین، تحلیل اقتصادی مصرف کود به کشاورز این امکان را می‌دهد تا در کنار افزایش تولید، بهره‌وری اقتصادی را نیز به حداکثر رسانده و پایداری سیستم تولید را تضمین کند. تحلیل اقتصادی استفاده از کودهای آلی در کشت لوبیا سفید، با در نظر گرفتن عملکرد پایه شاهد ۳۷۰۹ کیلوگرم در هکتار و قیمت هر کیلوگرم برابر با ۸۵۰/۰۰۰ ریال، نشان‌دهنده‌ی توجیه‌پذیری بسیار بالای این

روش است. در میان تیمارهای مورد بررسی، تیمار (ذ۲) یعنی ترکیب ۷۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ۲۵ درصد ملاس با افزایش ۲۶/۱۷ درصدی عملکرد (به ترتیب ۴۶۸۰ و ۳۷۰۹ کیلوگرم در هکتار برای تیمار (ذ۲) و شاهد)، موجب افزایش سودی معادل ۰/۸۰۱ میلیارد ریال نسبت به شاهد گردید (سود خالص حاصل از تیمار (ذ۲) برابر ۳/۹۵ میلیارد ریال بود، در حالی که در تیمار شاهد این مقدار ۳/۱۵ میلیارد ریال محاسبه شد). بنابراین، تیمار (ذ۲) به عنوان بهینه‌ترین گزینه از نظر اقتصادی و زراعی معرفی گردید (جدول ۸). در ارزیابی اقتصادی نظام‌های کشاورزی، تعیین مقدار بهینه مصرف کود نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و پایداری تولید ایفا می‌کند. مقدار بهینه کود به میزانی اطلاق می‌شود که بیشترین بازده اقتصادی را در ازای کم‌ترین هزینه ممکن فراهم کند، به‌طوری که نسبت سود به هزینه (BCR[1]) در بالاترین سطح ممکن قرار گیرد. نسبت سود به هزینه در این تیمار برابر ۳۳/۴۰ بود که نشان‌دهنده‌ی بازده اقتصادی قابل توجه آن است. علاوه بر این، تیمارهای (ذ۱) و (م۶) نیز به ترتیب با عملکردهای ۴۶۶۷ و ۴۵۱۶ کیلوگرم در هکتار، افزایش عملکردی برابر با ۲۵/۸۳ و ۲۱/۷۶ درصد نسبت به شاهد را نشان دادند. این افزایش عملکرد، با در نظر گرفتن هزینه‌های تهیه و کاربرد کودهای مربوطه، منجر به افزایش سود خالص به میزان ۰/۷۸۸ و ۰/۶۶۶ میلیارد ریال در مقایسه با تیمار شاهد شد. از منظر اقتصادی، هدف اصلی مدیریت تغذیه گیاه، به حداکثر رساندن سود خالص است. مطالعات متعدد نیز نشان داده‌اند که بازده اقتصادی کودها تحت تأثیر عواملی مانند نوع خاک، سطح حاصلخیزی اولیه، قیمت نهاده‌ها و محصولات و شرایط اقلیمی متغیر است (هایفیل و همکاران، ۲۰۱۰). بر این اساس، استفاده از مدل‌های اقتصادی و تجزیه و تحلیل حساسیت می‌توانند به عنوان ابزاری کاربردی برای تدوین توصیه‌های کودی متناسب با شرایط خاص هر منطقه مورد استفاده قرار گیرند. در نتیجه، تعیین مقدار بهینه مصرف کود نه تنها از نظر زیست‌محیطی و کشاورزی، بلکه از نظر اقتصادی نیز اهمیت بسزایی در توسعه پایدار بخش کشاورزی دارد. پوپ و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی تحلیل اقتصادی پاسخ عملکرد برنج به مصرف کود پتاسیم گزارش کردند که بیشترین مقدار بهره (۲۸/۱۹ دلار در هکتار) در غلظت پتاسیم قابل دسترس ۱۰۵ میلی‌گرم در هر کیلوگرم خاک بدست آمد و بیان کردند برای افزایش بهره تولید در خاک‌های با غلظت‌های متفاوت پتاسیم قابل استفاده بایستی توصیه‌های کودی متفاوتی پیشنهاد شود.

بررسی سناریوهای مختلف نشان می‌دهد که مزایای اقتصادی این روش در شرایط مختلف بازار پایدار می‌ماند. در صورت کاهش ۳۰ درصدی قیمت لوبیا، BCR تیمار بهینه به ۲۳/۱ کاهش می‌یابد که همچنان بازدهی بسیار بالایی محسوب می‌شود. از طرف دیگر، افزایش ۵۰ درصدی هزینه کودها نیز تأثیر محدودی بر توجیه‌پذیری طرح دارد و BCR را به ۱۶/۵۰ می‌رساند. این انعطاف‌پذیری اقتصادی نشان‌دهنده مقاومت بالای مدل پیشنهادی در برابر نوسانات بازار است و ریسک سرمایه‌گذاری را به حداقل می‌رساند. این انعطاف‌پذیری بالا در برابر ریسک‌های بازار، همراه با افزایش عملکرد محصول و کیفیت دانه (به‌ویژه محتوای پروتئین)، این روش را به گزینه‌ای ایده‌آل برای کشاورزان تبدیل می‌کند. بنابراین، با اطمینان می‌توان توصیه کرد که جایگزینی بخشی از کودهای شیمیایی با این ترکیب آلی، نه‌تنها پایداری سیستم کشاورزی را بهبود می‌بخشد، بلکه حتی در شرایط نامساعد اقتصادی نیز سودآوری قابل‌اطمینانی دارد. اجرای گسترده این روش می‌تواند به کاهش وابستگی به نهاده‌های وارداتی، افزایش درآمد کشاورزان و توسعه الگوهای کشاورزی پایدار منجر شود.

[1] Benefit cost ratio

جدول ۸- ارزیابی اقتصادی تیمارهای منتخب کودهای آلی و تأثیر آن‌ها بر سود خالص در کشت لوبیا سفید

شاخص/تیمار	شاهد (بدون کود) (ش۱۳)	کود آلی حاصل از فرآوری ذرت ۱۰۰٪ (ذ۱)	کود آلی حاصل از فرآوری ذرت ۷۵٪ + ملاس ۲۵٪ (ذ۲)	ملاس ۷۵٪ + کود آلی حاصل از فرآوری ذرت ۲۵٪ (م۶)
هزینه کود (ریال)	۰	۲۰،۲۵۰،۰۰۰	۱۸،۰۰۰،۰۰۰	۱۳،۵۰۰،۰۰۰
هزینه کاربرد کود (ریال)	۰	۶،۰۰۰،۰۰۰	۶،۰۰۰،۰۰۰	۶،۰۰۰،۰۰۰
هزینه کل (ریال)	۰	۲۶،۲۵۰،۰۰۰	۲۴،۰۰۰،۰۰۰	۱۹،۵۰۰،۰۰۰
عملکرد (kg/ha)	۳،۷۰۹	۴،۶۶۷	۴،۶۸۰	۴،۵۱۶
درآمد (ریال)	۳،۱۵۲،۶۵۰،۰۰۰	۳،۹۶۶،۹۵۰،۰۰۰	۳،۹۷۸،۰۰۰،۰۰۰	۳،۸۳۸،۶۰۰،۰۰۰
درآمد اضافی (ریال)	۰	۸۱۴،۳۰۰،۰۰۰	۸۲۵،۳۵۰،۰۰۰	۶۸۵،۹۵۰،۰۰۰
سود اضافی (ریال)	۰	۷۸۸،۰۵۰،۰۰۰	۸۰۱،۳۵۰،۰۰۰	۶۶۶،۴۵۰،۰۰۰
نسبت سود به هزینه (BCR)	-	۳۰،۰۲	۳۳،۳۹	۳۴،۱۷

با فرض قیمت ۲۰ لیتری کود آلی حاصل از فرآوری ذرت چهار میلیون و پانصد هزار ریال، ۲۰ لیتری ملاس دو میلیون و پانصد هزار ریال

بحث و نتیجه‌گیری

رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی در سده گذشته، سبب تحولی شگرف در کشاورزی سنتی شد. در این راستا، استفاده از انواع کودها و سموم شیمیایی و کاشت ارقام پر محصول گونه‌های زراعی و باغی، به افزایش تولیدات کشاورزی انجامید. ولی این افزایش تولید با مشکلات زیست‌محیطی پرشماری مانند آلودگی منابع آب و خاک و بروز سوءتغذیه و بیماری‌های ناشی از کاهش کیفیت مواد غذایی همراه بوده است. در نتیجه، تغییر به سمت رویکردهای پایدار برای تضمین امنیت غذایی و حفظ محیط-زیست ضروری است. استفاده از اصلاح کننده‌های ارگانیک در تولید محصولات زراعی راه حلی امیدوارکننده برای چالش‌های مرتبط با استفاده بیش از حد از مواد شیمیایی کشاورزی ارائه می‌دهد. کود آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس محصولات جانبی مایع آلی که به ترتیب حاصل از صنایع آسیاب مرطوب ذرت، فرآوری شکر و تقطیر هستند، که با وجود پتانسیل آن‌ها، اثربخشی آن‌ها به عنوان محرک‌های رشدی و اصلاح کننده‌های ارگانیک در سطح کشور نسبتاً ناشناخته باقی مانده‌اند. این ترکیبات شامل مواد مغذی ضروری گیاه به عنوان عناصر معدنی و مواد آلی هستند که به بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک کمک می‌کنند. قابل ذکر است، استفاده از این ترکیبات در تولید محصولات زراعی برتری را نسبت به کودهای شیمیایی نشان داده است، به ویژه هنگامی که با سایر مواد معدنی ترکیب شود (استفان و همکاران، ۲۰۲۴). بر اساس نتایج بدست آمده، تیمار (ذ۲) یعنی مخلوط ۷۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت و ۲۵ درصد ملاس به عنوان برترین تیمار کودی معرفی می‌شود که بیشترین عملکرد دانه (۴۶۸۰ کیلوگرم در هکتار)، بالاترین عملکرد بیولوژیک (۷۷۰۵ کیلوگرم در هکتار)، بیشترین نیتروژن دانه (۳/۲۵ درصد) و بالاترین نسبت هزینه به سود را نشان می‌دهد. این تیمار همچنین موجب افزایش ۳۰ درصدی تعداد دانه در غلاف و افزایش ۱۰/۹۷ درصدی وزن صد دانه نسبت به شاهد شده است. تیمار (ذ ۱) یعنی ۱۰۰ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت نیز با دارا بودن بیشترین ارتفاع بوته (۶۶/۸۷ سانتی‌متر)، بیشترین تعداد دانه در بوته (۶۶/۳۳ عدد)، بالاترین پروتئین دانه (۲۰/۸۱ درصد) و بیشترین فاکتور انتقال نیتروژن (۳/۷۹ درصد)، تیمار برتر دوم محسوب می‌شود. تیمار (م ۶) یعنی مخلوط ۷۵ درصد ملاس و ۲۵ درصد کود آلی حاصل از فرآوری ذرت نیز با افزایش معنی‌دار قطر ساقه (۱۲/۷۷ درصدی)، افزایش وزن خشک ریشه (۲۷/۰۲درصدی) و بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۹/۵۲ عدد) عملکرد قابل‌توجهی داشته است. pH اسیدی کود آلی حاصل از فرآوری ذرت که بخاطر حضور اسید لاکتیک می‌باشد درکنار ماده آلی، اسیدهای آمینه ضروری و مواد معدنی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نتیجه تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد. نارو–موریلو و همکاران، (۲۰۲۳) با بررسی اثرات کود آبیاری و محلول پاشی کود مایع حاصل از فرآوری ذرت بر روی فلفل بیان کردند که در هر دو روش میزان ماده خشک و سطح برگ نسبت به شاهد افزایش یافت. همچنین در پژوهشی دیگر دیده شده است که کود مایع حاصل از فرآوری ذرت می‌تواند به عنوان محرک زیستی در شرایط رشد مختلف و برای انواع متفاوت گیاهان عمل کند (فرناندز–سالوادور و همکاران، ۲۰۱۵). در رابطه با ملاس و ویناس نیز گزارشات متعددی در رابطه با اثرات مثبت آن‌ها در افزایش عملکرد و کیفیت محصولاتی نظیر نیشکر (دوتانیا و همکاران، ۲۰۱۶)، برنج (ناوود و همکاران، ۲۰۱۸) و سویا (پینتو و همکاران، ۲۰۲۲) ارائه شده است. از آنجا که کودهای آلی این آزمایش و خصوصاً کود آلی حاصل از فرآوری ذرت دارای عناصر غذایی متعدد از جمله نیتروژن است، شرکت این عنصر در ساختار ماکرو مولکول‌هایی مانند پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک را می‌توان از جمله عوامل مؤثر بر افزایش تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه،

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه درنتیجه مصرف کودهای آلی محسوب کرد.

مطابق یافته‌های پژوهش حاضر مخلوط کود آلی حاصل از فرآوری ذرت، ملاس و ویناس می‌توانند غلظت و دسترسی عناصر غذایی مفید خاک را افزایش داده و سبب بهبود شرایط رشدی گیاه لوبیا و افزایش عملکرد گردند. از این‌رو با توجه به حجم بالای تولیدی این محصولات در صنایع و قیمت ارزان و سهولت در استفاده، این مواد می‌توانند به عنوان کودهای اصلاح کننده خاک و منبع کود آلی با مدیریت و دقت کافی برای محصولات کشاورزی به کار روند. همچنین باید توجه نمود که به دلیل غلظت برخی ترکیبات و عناصر در ویناس و به طبع آن ایجاد شوری بالا در این ماده، حتما باید دقت لازم در مصرف آن صورت پذیرد.

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله حاصل همکاری دانشگاه زنجان، گروه صنعتی پژوهشی فرهیختگان زرنام و شرکت دانش بنیان رویان بذر دانش می‌باشد. لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی صمیمانه خود را از تمامی زحمات و همکاری‌های ارزشمند همکاران این مراکز ابراز نمایند.

فهرست منابع

۱. احمدی، ک.، قلیزاده، ح. ا.، عبادزاده، ح. ر.، حسین‌پور، ر.، عبدشاه، ه.، کاظمیان، آ.، و رفیعی، م. (۱۳۹۶). آمارنامه کشاورزی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.

۲. امیر یوسفی، م.، تدین، م. ر. و ابراهیمی، ر. ۱۴۰۰. اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکردی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) تحت تنش خشکی در خاک شور. نشریه بوم شناسی، ۱۳ (۲): ۲۵۱-۲۷۰.

۳. جدیدالااسلام، ن.، شاهسونی، ش.، و قرنجیک، ش. ۱۳۹۶. تأثیر قارچ مایکوریز، باکتری سودوموناس و اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی لوبیا(Phaseolus vulgaris L.). پژوهش‌های حبوبات ایران، ۸ (۱): ۹۷-۱۱۲.

۴. جهان، م.، امیری، م. ب.، و نوربخش، ف. ۱۳۹۶. بررسی و مقایسه سناریوهای مختلف اقتصادی و زیست محیطی از طریق بهینه سازی مصرف سوپرجاذب رطوبت، اسید هیومیک و کود دامی در زراعت لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). مجله پژوهش های حبوبات ایران، ۸ (۲): ۳۰-۱۰.

۵. حسنی، اکبر، و امیری، م. ۱۳۹۵. تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر کارایی زراعی نیتروژن، عملکرد و کیفیت دانه جو. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۱۲: ۷۶-۸۶.

۶. حسنی، م.، تدین، م. ر. و اولیاء، م. ۱۴۰۲. اثر کودهای آلی و ز یستی بر و یژگی‌های مورفولوژیک و عملکرد دانه گیاه لوبیا یام مکزیکی. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۱۳ (۴): ۱-۱۵.

۷. حمزه یی، ج. و سرمدی نایبی، ح. ۱۳۸۹. تاثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد، اجزای عملکرد، کارایی زراعی و جذب نیتروژن در ذرت. فناوری تولیدات گیاهی، ۱۰ (۲): ۵۳-۶۳.

۸. دهمرده، م.، میربهالدین، م. و خمری، ع. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کودهای زیستی بر ویژگی‌های کمی و کیفی لوبیای چشم بلبلی در شرایط تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۱۱ (۱): ۲۳-۳۳.

۹. راثی پور، ل.، و علی اصغرزاده، ن. ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری های حل کننده فسفات و (Bradyhizobium japanicum) بر شاخص های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا. علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ۱۱ (۴۰): ۵۳-۶۳.

۱۰. زاهدی‌فر، م.، موسوی، ع. ا.، ارشادی، آ. و جعفری اصل، م. ۱۴۰۲. بررسی کارایی مصرف آب و ویژگی‌های رشد گندم تحت تأثیر کاربرد خاکی و محلول‌پاشی کود آلی زرگرین در شرایط خشکی. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۴ (۱): ۱۳۵-۱۵۳.

۱۱. شهبازی، ک.، داودی، م. ح. و فیض اله زاده اردبیلی، م. ۱۳۹۷. روش‌های تجزیه کود. کرج، موسسه تحقیقات خاک و آب، ۳۹۰صفحه.

۱۲. شهیدی‌کومله، ع.، سیدی، س. ر.، حقیقی حسنعلیده، ع.، و کرمنیا، س. ۱۴۰۰. اثر منبع و میزان مصرف کودهای آلی بر عملکرد دانه و کیفیت ارقام بومی و اصالح شده برنج (*Oryza sativa* L.). نشریه علوم زراعی ایران. ۲۳ (۳): ۲۷۸-۲۸۹.

۱۳. طباطبایی، س. س.، جهان، م.، و حاج محمدنیا قالی باف، ک. ۱۳۹۹. اثر کاربرد کودهای زیستی و کود شیمیایی نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت شرایط تنش‌کمبود آب. تنش-های محیطی در علوم زراعی. ۱۳ (۱) ۱۴۵-۱۵۴.

۱۴. علیار، س.، اصغرزاده، ن. ع.، دباغ محمدی نسب، ع. و اوستان، ش. ۱۴۰۰. تأثیرکاربرد ورمی‌کمپوست بر رشد و روابط آبی گیاه کینوا در شرایط تنش شوری. نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۳۱ (۳): ۱۳۱-۱۴۷.

۱۵. قلی زاده، م.، گالشی، س.، لطیفی، ن.، و زینلی، ا. ۱۳۸۶. تاثیر میزان و نوع کود نیتروژن بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن در گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.). نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴ (۵): ۸۷-۹۵.

۱۶. گلچین، ا.، وطنی، ا.، سالوند، ب. و رخش، ف. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد ویناس و افزودنی نیتروژن و فسفر بر رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی. نشریه علوم باغبانی، ۳۰ (۱): ۱۱-۱۸.

۱۷. لطفی، ب.، فتوحی، ف.، سیادت، س. ع. و صادقی، م. ۱۳۹۶. اثر کود شیمیایی نیتروژنه و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و درصد پروتئین دانه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). نشریه علمی-پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱۲ (۴۵۱): ۱۳۸-۱۲۳.

۱۸. میرزاخانی، م.، قنبری کاشان، م.، و هاشمی، س، ا، ف. (۱۳۹۵). پاسخ کارایی فیزیولوژیک نیتروژن گلرنگ به مصرف کودهای دامی و شیمیایی در منطقه کاشان. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۱۱ (۴۱):۵۳-۶۴.

19. Ahmad, A., Mohammad Hasham, P. and Naqibullah, N. 2023. Effects of Organic Fertilizer on Growth and Yield of Common Bean (Phaseolus vulgaris L). AgroTech- Food Science, Technology and Environment, 2 NO. 2. 37-48.
20. Asadipour, M. and Seyed Haji, R. 2013. Influence of vermicompost and plant density on some morphological traits and biological yield of mungbean (Vigna radiata). International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 5: 319-323.
21. Bremner, J. 1996. Nitrogen total. Methods of Soil Analysis. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. pp. 1085-1121. Chemical Methods. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.

22. Diacono, M. and Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: a review. Agron Sustain Dev, 30: 402- 421.
23. Dotaniya, M. L., Datta, S. C., Biswas, D. R., Dotaniya, C. K., Meena, B. L., Rajendiran, S., Regar, L. K. and Manju Lata. 2016. Use of sugarcane industrial by-products for improving sugarcane productivity and soil health. Int. J. Recycling Organic Waste Agric, 5: 185–194.
24. Fathi, Z., Pezesh Poor, P. and Sarajoghi, M. 2023. Effect of fertilizers Nitroxin, Biosulphate and different levels of Sulphate on biomass and biological characteristics of green mung. The First National Conference on Planning, Conservation, Environmental Protection and Sustainable Development, 20 Feb. Hamadan, Iran.
25. Fernandez-Salvador, J., Strick, B. C. and Bryla, D. R. 2015. Liquid Corn and Fish Fertilizers Are Good Options for Fertigation in Blackberry Cultivars Grown in an Organic Production System. HortScience, 50: 225–233.
26. Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle size analysis, hydrometer methods. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. part 1. pp: 383-411. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
27. Geng, Y., Cao, G., Wang, L. and 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.
28. Gondwe, R. L., Kinoshita, R., Suminoe, T., Aiuchi, D., Palta, J. P. and Tani, M. 2020. Available soil nutrients and NPK application impacts on yield, quality, and nutrient composition of potatoes growing during the main season in Japan. Am. J. Potato Res, 97: 234–245.
29. Haefele, S. M., Sipaseuth, N., Phengsouvanna, V., Dounphady, K., and Vongsouthi, S. 2010. Agroeconomic evaluation of fertilizer recommendations for rainfed lowland rice. Field Crops Research, 119: 215-224.
30. Helmke, P., and Sparks, D. L. 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium. In: D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Ed. pp. 551-574. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
31. Helrich, K. (1990). Association of official analytical chemists. Journal of AOAC, Incorporated, 15(1), 673.
32. Ibrahim, M., Iqbal, M. and Elahi Valeem, E. 2008. Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. Pakistan Journal of Botany, 40(5): 2135-2141.
33. Jabeen, N. and Ahmad, R. 2016. Growth response and nitrogen metabolism of sunflower (Helianthus annuus L.) to vermicompost and biogas slurry under salinity stress. J Plant Nutr, 40: 104-114.
34. Kakar, K., Xuan, T. D., Noori, Z., Aryan, S. and Gulab, G. 2020. Effects of organic and inorganic fertilizer application on growth, yield, and grain quality of rice. Agriculture. 10: 544.
35. Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S. and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. Agroecology, 9(2): 296-313.
36. Li, S., Zhao, X., Ye, X., Zhang, L., Shi, L., Xu, F. and Ding, G. 2020. The effects of condensed molasses soluble on the growth and development of rapeseed through seed germination, hydroponics and field trials. Agriculture, 10: 260.
37. Liu, J., Shu, A., Song, W., Shi, W., Li, M., Zhang, W., Li, Z., Liu, G., Yuan, F., Zhang, S., Liu, Z. and Gao, Z. 2021. Long-term organic fertilizer substitution increases rice yield by improving soil properties and regulating soil bacteria. Geoderma, 404: 115287.
38. Mehdi, Z., Iraj, A., Gholam, A. A. and Gholam, A. A. 2011. A study on the effects of different bio fertilizer combinations on yield, its components, and growth indices of corn

(Zea mays L.) under drought stress conditions. African Journal of Agricultural Research, 6(3): 681-685.

39. Mirza Hasanuzzaman, K. U., Ahamed, N. M., Rahmatullah, N., Akhter, K. N. and Rahman, M. L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (Oryza sativa L.) as affected by application of different manures, Emir. J. Food Agric, 22 (1): 46-58.
40. Mosavai, A. and Shokohfar, A. 2016. Effect of compilation organic and mineral fertilizer on production parameters and harvest index of cowpea (Vigna unguiculata L.). Journal of Plant Ecophysiology, 8(25): 152-160.
41. Nasir Khan, M., Mobin, M. and Zahid, A. 2018. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, 225-240.
42. Navarro-Morillo, I., Navarro-Perez, V., Perez-Millan, R., Navarro-León, E., Blasco, B., Cámara-Zapata, J. M., Garcia-Sanchez, F. 2023. Effects of Root and Foliar Application of Corn Steep Liquor on Pepper Plants. A Physiological, Nutritional, and Morphological Study. Horticulturae, 9, 221.
43. Naveed, S., Rehim, A., Imran, M., Anwar, M. F. and Hussain, S. 2018. Effect of distillery spentwash fertigation on crop growth, yield, and accumulation of potentially toxic elements in rice. Environ. Sci. pollut. Res, 25, 31113–31124.
44. Nelson, D. W. and Sommers, L. E. 1996. Total carbn, organic carbn, and organic matter. In: D. L. Sparks et al. (Eds.). Method of Soil Analysis. Part 3, 3 rd Ed. pp. 961-1010. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
45. Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. United States Department of Agriculture. Circular, Washington DC, 939: 1-18.
46. Pinto, L. E., Cordeiro, C. F. D. S., de Araujo, A. S. and Araujo, F. F. D. 2022. Vinasse improves soil quality and increases the yields of soybean, maize, and pasture. Rev. Bras. Engenharia Agrıcola e Ambiental, 26, 335–340.
47. Popp, M. P., Slaton, N. A., Norsworthy, J. S. and Dixon, B. 2021. Rice yield response to potassium: An economic analysis. Agronomy Journal, 113:287–297.
48. Qaswar, M., Jing, H., Ahmed, W., Li, D. C., Liu, S. J., Lu, Z., Cai, A. D., Liu, L. S., Xu, Y. M., Gao, J. S. and Zhang, H. M. 2020. Yield sustainability, soil organic carbon sequestration and nutrients balance under long-term combined application of manure and inorganic fertilizers in acidic paddy soil. Soil Tillage Res, 198, 1-6.
49. Rosales, M. A., Ocampo, E., Rodriguez-Valentin, R., Olvera-Carrillo, Y., Acosta-Gallegos, J. and Covarrubias, A. A. 2012. Physiological analysis of common bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars uncovers characteristics related to terminal drought resistance. Plant Physiology and Biochemical, 56, 24-34.
50. Rosety, D., Gaur, R. and Johiri, B. N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacterial community structure in rained-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry, 38: 1111-1120.
51. Siavoshi, M., Nasiri, A. and Laware, S. L. 2011. Effect of Organic Fertilizer on Growth and Yield Components in Rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agricultural Science, 3: 217-224.
52. Sihi, D., Dari, B., Sharma, D. K., Pathak, H., Nain, L. and Sharma, O. P. 2017. Evaluation of soil health in organic vs. conventional farming of basmati rice in North India. J. Plant Nutr, Soil Sci. 180: 389-406.

53. Stamenkovic, C., Beskoski, V., Karabegovic, I., Lazic, M., and Nikolic, N. 2018. Microbial fertilizers: A comprehensive review of current findings and future perspectives. Spanish Journal of Agricultural Research, 16(1): 210-228.
54. Stephen, G. S., Shitindi, M. J., Bura, M. D., Kahangwa, C. A. and Nassary, E. K. 2024. Harnessing the potential of sugarcane-based liquid byproducts—molasses and spentwash (vinasse) for enhanced soil health and environmental quality. A systematic review. . Frontiers in Agronomy 6 (1): 1358076.
55. Tejada, M., Garcia, C., Gonzalez, J. L. and Hernandez, M. T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biol Biochem, 38: 1413–1421.
56. Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil asidity. In D. L. Sparks et al. (Eds). Method of Soil Analysis. Part 3. 3rd Eds, pp, 475-490, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
57. Wang, L., Sun, X., Li, S., Zhang, T., Zhang, W., Zhai, P. 2014. Application of organic amendments to a coastal saline soil in North China: effects on soil physical and chemical properties and tree growth. PLoS One, 9: 89185.
58. Wang, W. X., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity, and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta, 218: 1-14.
59. Wani, I. A., Sogi, D. S., Wani, A. A. and Gill, B. S. 2013. Physico-chemical and functional properties of flours from Indian kidney bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars. LWT-Food Science and Technology, 53: 284-278.
60. Yadana, K. L., Aung, K. M., Takeo, Y. and Kazuo, O. 2009. The Effects of Green Manure (Sesbania rostrata) on the Growth and Yield of Rice, J. Fac. Agr. Kyushu Univ, 54 (2): 313-319.
61. Yang, S. D., Liu, J. X., Wu, J., Tan, H. W. and Li, Y. R. 2013. Effects of vinasse and press mud application on the biological properties of soils and productivity of sugarcane. Sugar Tech, 15: 152-158.
62. Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168..