دانش کشاورزی و تولید پایدار

Journal of Agricultural Science and Sustainable Production
Volume 35, Issue 3, 2025, Pages 43-61

Journal URL: https://sustainagriculture.tabrizu.ac.ir
Online ISSN: 2476-4329

Interaction of humic acid and biological phosphorus on the yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in deficit irrigation conditions

Neda Hossinzadeh[1], Alireza Pirzad[2*]

Received: January 29, 2024	Accepted: August 12, 2024

1-MSc Student, Dept., of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
2-Prof., Dept., of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*Corresponding Author Email: a.pirzad@urmia.ac.ir

Abstract

Background and Objectsive: Nowadays, due to environmental considerations and water deficit, the use of humic acid along with phosphate-solubilizing bacteria (through various mechanisms including the production of siderophores and increased phosphorus uptake by plants) leads to a significant improvement in the physical, chemical, and biological properties of the soil, and increases the yield of crops. This research was done, in order to investigate the effect of drought stress and some fertilizer sources, including biofertilizer and humic acid, on some morphological and physiological characteristics of pinto beans under drought stress conditions.

Materials and Methods: A factorial experiment was carried out based on randomized complete block design with two factors and three replications in the Aghblag region (38º 21' 31" N latitude, 47º 39' 53" E longitude). The first factor was irrigation in two levels of full irrigation (100% of field capacity; FC) and deficit irrigation (70% FC), and the second factor was different sources of fertilizers in 6 levels (chemical P(150 kg/ha), biological P (100 g/ha Phosphate Barvar2), 50% chemical P+biological P, chemical P+humic acid (10 l/ ha), biological P+humic acid, 50% chemical P+biological P+humic acid).

Results: According to the results, the seficit irrigation led to a decrease in plant height, stem diameter, number of leaves and leaf weight, while the fertilizer treatment, especially 50% chemical P+biological P+humic acid caused to increase in plant height, number of leaves, number of seeds and 100-seed weight. Seed protein increased in the treatments with chemical and biological fertilizers at the same time (by 19% with humic acid and 12% without humic acid) compared to the control. In general, with the combination of bio-fertilizer and humic acid, and using half of the chemical fertilizer, the highest seed yield (19.54 g/plant) was obtained in deficit irrigation.

Conclusion: Therefore, to maintain the quality and yield of pinto bean at 70% FC, the half of chemical P+biological P+humic acid is recommended.

Keywords: Biological fertilizer, Grain yield, Legume, Organic fertilizer, Protein, Sustainable agriculture

This is an open-access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)

Copyright@ 2025 Author Alireza Pirzad Email: a.pirzad@urmia.ac.ir
https://doi.org/ 10.22034/saps.2024.60328.3173

نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۵، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۴، صفحات ۶۱-۴۳

دانش کشاورزی و تولید پایدار

برهکنش اسیدهیومیک و فسفر بیولوژیک بر عملکرد لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط کم‌آبیاری

ندا حسین زاده[۱]، علیرضا پیرزاد[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۹	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۲

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی (فیزیولوژی گیاهان زراعی)، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
۲-استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
* مسئول مکاتبه: Email: a.pirzad@urmia.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: امروزه با توجه به ملاحظات زیست محیطی و کمبود آب، استفاده از هیومیک‌اسید همراه با باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات (از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها و افزایش جذب فسفر توسط گیاه) منجر به بهبود قابل ملاحظه‌ای در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، و افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری و منابع کودی ازجمله کودهای‌زیستی و هیومیک‌اسید بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) توده بومی مشکین شهر انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار در مشکین‌شهر با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه عرض شمالی و طول جغرافیایی۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی و بهار سال ۱۳۹۹ اجرا شد. فاکتور اول در دو سطح آبیاری کامل (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی با آب مصرفی ۵۵۰۰ مترمکعب درهکتار) و کم‌آبیاری (۷۰ درصد ظرفیت زراعی با آب مصرفی ۳۵۰۰ مترمکعب درهکتار)، و فاکتور دوم منابع کودی در ۶ سطح (کود شیمیایی فسفاته به عنوان شاهد، کود زیستی فسفات بارور۲، نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲ (۱۰۰گرم درهکتار)، کود شیمیایی فسفاته (۱۵۰کیلوگرم درهکتار)+هیومیک‌اسید، کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید (۱۰لیتر درهکتار) و نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید) بود.

یافته‌ها: با توجه به نتایج، اعمال کم‌آبیاری منجر به کاهش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد برگ و وزن برگ شد، در حالی که تیمار کودی به ویژه نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید منجر به افزایش ارتفاع گیاه، تعداد برگ، تعداد دانه و وزن صد دانه شد. پروتئین دانه در تیمارهای واجد کود شیمیایی و بیولوژیک همزمان با کاربرد هیومیک‌اسید ۱۹ درصد و بدون هیومیک‌اسید ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. به‌طور کلی با ترکیب کود زیستی و هیومیک‌اسید، و مصرف نصف کود شیمیایی، بیشترین عملکرد دانه (۱۹/۵۴ گرم دربوته) در شرایط کم‌آبیاری به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: بنابراین برای حفظ کیفیت و عملکرد دانه لوبیا چیتی در شرایط آبیاری با ۷۰ درصد آب محاسبه شده برای رسیدن به ظرفیت زراعی، تیمار نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، عملکرد دانه، کود آلی، کود بیولوژیک، لگوم، کشاورزی پایدار

مقدمه

لوبیا با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. به دلیل داشتن پروتئین بالا، فیبر، ویتامین B و ترکیبات ریز مغذی متنوع از نظر شیمیایی، به عنوان یک غذای تقریباً عالی شناخته می‌شود (میچله و همکاران ۲۰۰۹). لوبیا را می‌توان در مناطق مختلف کشاورزی باشرایط محیطی مختلف کشت کرد و به اشکال مختلف مانند دانه‌های کامل فرآوری نشده، محصولات کنسرو شده یا به عنوان جایگزین آرد گندم بدون گلوتن مصرف کرد. لوبیا به عنوان یک محصول مهم و با ارزش غذایی بالا مطرح است (USDA, 2012). کاهش حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای در حال توسعه و استفاده دائم گیاهان از ذخایر غذایی خاک، بدون جایگزینی مناسب و کافی، باعث کاهش توان تولیدی و عناصر غذایی خاک شده است. در این رابطه، استفاده از کودهای شیمیایی همواره رو به افزایش بوده است. با توجه به اثرهای نامطلوب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی که باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی، کاهش عملکرد و کیفیت محصولات و آلودگی منابع آب و خاک گردیده است، پیدا کردن روشی که بتواند مصرف این کودها را کاهش دهد ضروری به نظر می‌رسد. از مهمترین مسائل موثر بر پایداری تولید غذا، حفظ حاصلخیزی خاک از طریق کاربرد کودهای آلی و نیز جایگزین‌های غیرشیمیایی به جای نهاده‌های شیمیایی می‌باشد (قریبی و همکاران ۲۰۲۰). امروزه با توجه به ملاحظات زیست محیطی، استفاده از انواع اسیدهای آلی به منظور بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج پیدا کرده است. یکی از این مواد هیومیک‌اسید می‌باشد، ثابت شده است که کاربرد مقادیر بسیار کمی از مواد هیومیکی منجر به بهبود قابل ملاحظه‌ای در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و همچنین بهبود بیولوژیکی خاک می‌شود، از جمله دلیل ارائه شده در رابطه با تاثیر مثبت مواد هیومیکی در بهبود خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌توان به وجود ترکیبات شبه هورمونی مواد هیومیکی و در نتیجه تاثیر بر افزایش عملکرد گیاه اشاره کرد. باروری خاک تحت تاثیر مواد آلی خاک است، هیومیک‌اسید از طریق کلاته کردن عناصری از جمله فسفر و نیتروژن منجر به افزایش جذب این عناصر می‌شود و در نتیجه باروری خاک را افزایش می‌دهد (آرژه و همکاران ۲۰۲۱؛ الخطیب و همکاران ۲۰۲۰). مصرف کودهای زیستی موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی شده و علاوه بر تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به حفظ محیط زیست، حاصلخیزی زمین‌های کشاورزی و عملکرد بیشتر و بهتر گیاهان می‌انجامد (حیدری و پیرزاد ۲۰۲۱). با مصرف تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی شرایط مناسب و ایده آل برای رشد گیاه فراهم می‌شود و ضمن کاهش هزینه تولید، عملکرد کمی و کیفی گیاهان را نیز افزایش می‌یابد (الهروت و همکاران ۲۰۱۶). باکتری‌های حل کنندهٔ فسفات از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می گردد (الهروت و همکاران ۲۰۱۶؛ رحیم زاده و پیرزاد ۲۰۱۷). گزارش شده است که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات، در گیاه کتان موجب حفظ عملکرد و تحمل گیاه میزبان به خشکی، توسط سطح جذب بیشتر ریشه و افزایش رشد و تراکم آن یا اختلاف هیدرولیکی بین سیستم‌های ریشه‌ی می‌شود (رحیم زاده و پیرزاد ۲۰۱۷). عبدزاد گهری و صادقی‌پور (۲۰۱۹) گزارش کردند که کم‌آبیاری منجر به کاهش عملکرد دانه و کاهش برخی فاکتورهای مورفولوژیکی در لوبیا شد و کاربرد اسیدهیومیک (۶ لیتر در هکتار) منجر به تاثیر مثبت بر کارایی مصرف آب، بهبود عملکرد دانه و فاکتورهای مورفولوژیکی شد.

کمبود آب یکی از مشکلات جدی در تولید محصولات کشاورزی در ایران می‌باشد. بنابراین وقوع تنش خشکی در دوره‌های مختلف رشدی گیاهان امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. در سال‌های اخیر، به علت تغییرات شرایط آب و هوائی تنش خشکی بسیار شدیدتر شده است. بر این

اساس بررسی مکانیسم‌هایی که گیاهان را قادر می‌سازد تا با تنش خشکی سازش پیدا کنند و رشد را تحت آن شرایط حفظ نمایند، ضروری می باشد (بوشکووسکی و همکاران ۲۰۲۱). بر همین اساس، بررسی تاثیر هیومیک‌اسید و جایگزینی کود شیمیایی فسفره با منابع بیولوژیک آن در گیاه لوبیا چیتی و در شرایط محدودیت آب از اهداف اصلی این پژوهش می باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش انجام شده در سال زراعی ۱۳۹۹ در شهرستان مشگین شهر روستای آقبلاغ با عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۲۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه عرض شمالی و طول جغرافیایی۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه و ۵۳ ثانیه طول شرقی انجام شد. پژوهش حاضر به منظور ارزیابی و بررسی تأثیر هیومیک‌اسید بر کارایی فسفر بیولوژیک و جایگزینی کود شیمیایی در شرایط کم‌آبیاری بر برخی شاخص‌های مرفوفیزیولوژیک لوبیا چیتی، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. آبیاری در۲ سطح (۱۰۰درصد ظرفیت زراعی با آب مصرفی ۵۵۰۰ مترمکعب در هکتار) و کم‌آبیاری (۷۰درصد ظرفیت زراعی با آب مصرفی ۳۵۰۰ مترمکعب در هکتار) به عنوان فاکتور اول و کاربرد منابع مختلف کودی در ۶ سطح (کود شیمیایی فسفاته به عنوان شاهد، کود زیستی فسفات بارور۲، نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲ (۱۰۰ گرم در هکتار)، کود شیمیایی فسفاته (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار)+هیومیک‌اسید، کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید (۱۰ لیتر در هکتار) و نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک- اسید) بود. کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل و هیومیک اسید (تهیه شده از شرکت خرم بهار آتیس) در زمان تهیه زمین و قبل از کاشت به خاک اضافه شدند. قبل از کاشت، بذرها با کود زیستی بذرمال شدند و بلافاصله کاشته شدند (بی نام ۲۰۲۰). آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (اضافه کردن آب آبیاری تا زمانیکه رطوبت خاک به ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی برسد) به عنوان شاهد و آبیاری مطلوب می باشد. کم‌آبیاری اضافه کردن ۷۰ درصد مقدار آب استفاده شده در تیمار شاهد می باشد. تیمارهای آبیاری پس از کاشت (از اولین آبیاری) اعمال شدند. آب مصرفی توسط کنتور اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه خاک و آمار هواشناسی محل آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده اند.

هر کرت دارای پنج ردیف کاشت به طول چهار متر و فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر، که بذرهای لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) توده بومی مشکین شهر، به صورت کپه‌ای در عمق دو سانتی‌متری و به تعداد سه بذر در هر کپه به فاصله ده سانتی‌متری از هم کشت شدند. بنابراین تراکم کاشت برابر با ۳۳ بوته در متر مربع بود. تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت ماه و تاریخ برداشت ۱۳ شهریور همان سال بود. کلیه مراقبت‌های زراعی شامل کنترل علف‌های هرز در مورد تیمارها به صورت یکنواخت انجام گرفت. آفت و بیماری در بوته‌های لوبیا چیتی مشاهده نشد. پس از رسیدگی کامل در مرحله R9 (قنبری و بیضایی ۲۰۰۷)، برداشت محصول تمامی تیمارهای آزمایشی بطور جداگانه انجام، و عملکرد و اجزای عملکرد هر یک از تیمارها اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

EC dS/m	pH	ماده آلی (%) Organic matter	سیلت (%) Silt	شن (%) Sand	رس (%) Clay	بافت خاک Soil Texture	فسفر mg/kg Available P	پتاسیم mg/kg Available K
۲/۴۸	۸/۰	۲/۱	۱۵	۶۷/۵	۱۷/۵	لوم شنی Sandy-Loam	۱۰/۵۱	۵۴۲

جدول ۲-متوسط درجه حرارت ماهیانه و مجموع بارندگی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸

	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May	خرداد Jun.	تیر Jul.	مرداد Aug.	شهریور Sept.	میانگین/مجموع Total/Mean
بارندگی Rainfall (mm)	۷۲	۴۲/۶	۴۹/۶	۲۳/۴	۳۵/۲	۳۱/۷	۹۶/۱	۶۸/۸	۱۹/۴	۵۹/۰	۹/۲	۲۰/۶	۵۲۷/۶
میانگین دما Temperature (C^o)	۱۳/۱	۱۰/۶	۰/۹	۳/۳	۵/۵	۱/۹	۷/۱	۱۳/۵	۲۱/۵	۲۱/۳	۲۰/۱	۱۸/۹	۱۱/۵

برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی نمونه‌گیری تصادفی (۱۰ بوته برای هر کرت) از گیاهان انجام شد. وزن تر و وزن بذر هر بوته از نمونه‌های برداشت شده به صورت تصادفی از گیاهان توسط ترازوی دیجیتالی (METTLER,PJ300) و با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. نمونه‌ها در پاکت کاغذی و در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. برای به‌دست آوردن وزن صد دانه از هر کرت ۴ نمونه ۱۰۰ تایی توزین و میانگین آنها به عنوان وزن صد دانه در نظر گرفته شد. به منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته در تاریخ ۲۵ خرداد (۱۰ بوته برای هر کرت) از خط کش از محل طوقه تا انتهایی‌ترین قسمت گیاه استفاده شد و بر حسب سانتی‌متر گزارش شد. طول غلاف نیز توسط خط کش اندازه‌گیری، و بر حسب سانتی‌متر گزارش شد. تعداد شاخه‌های فرعی از طریق شمارش در ۱۰ بوته (۳۰۳۰ سانتی‌مترمربع) تعیین شدند.

برای تعیین پروتئین محلول از روش بردفورد (۱۹۹۷) استفاده شد. یک گرم بافت تازه گیاهی (برگ کامل توسعه یافته جوان، برگ سوم و چهارم از بالا در همه نمونه ها) وزن شده با کمک قیچی ریز ریز شده و داخل هاون چینی ریخته و ساییده شد. عمل ساییدن روی یخ با کمک ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم صورت گرفت. سپس محلول حاصل صاف شد. در ادامه، سانتریفیوژ به مدت ۲۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه انجام شد و از محلول شفاف رویی برای سنجش پروتئین کل استفاده گردید. ۱۰۰میکرولیتر از عصاره برگ رویی+۲/۵ میلی‌لیتر کومایسی بلو باهم داخل میکروتیوپ کوچک (۲/۵ میلی‌لیتر) درب‌دار ریخته شد. قرائت با اسپکتروفتومتر (PD-303) در طول موج ۵۸۵ نانومترانجام گرفت.

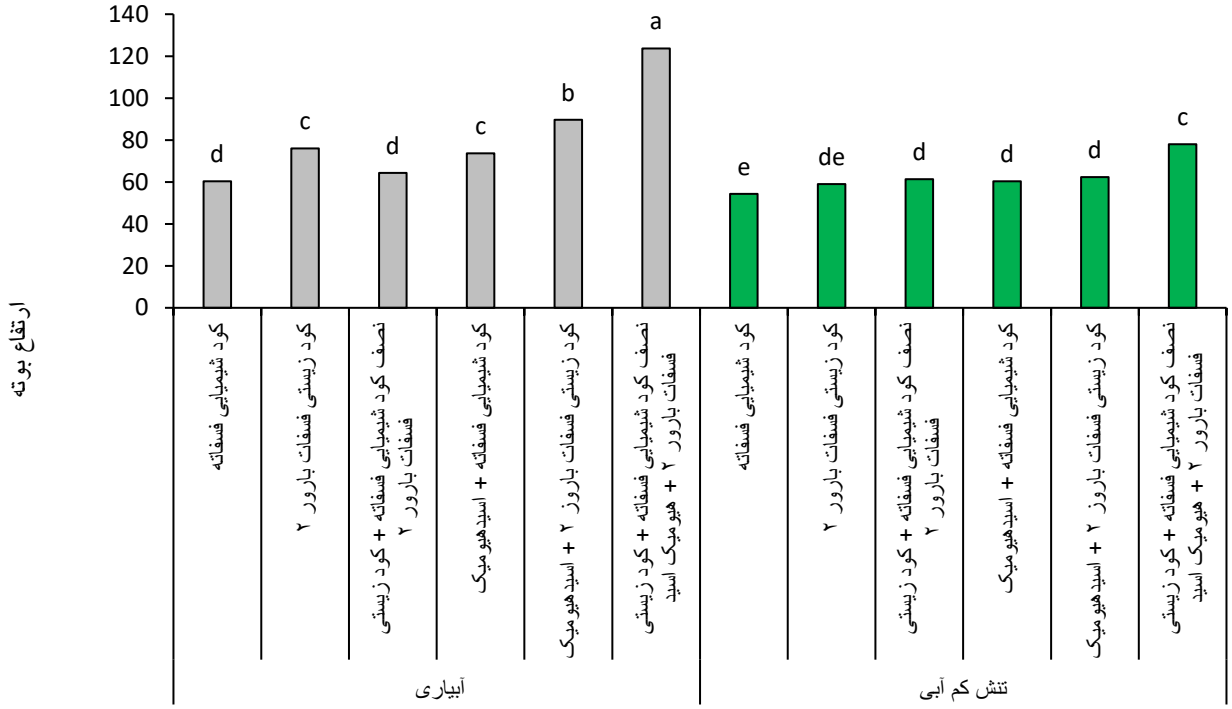
برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات مورد بررسی، از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده شد. قبل از تجزیه واریانس، نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنوف تایید گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در تیمار آبیاری کامل، تیمار "نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید" منجر به افزایش ارتفاع ساقه لوبیا چیتی گردید و بیشترین ارتفاع بوته (۷۸ سانتی‌متر) در این تیمار مشاهده شد. اگر چه اعمال تنش منجر به کاهش ارتفاع ساقه لوبیا چیتی شد اما تیمارهای کودی منجر به جبران کاهش ارتفاع ساقه گردیدند و تیمار "نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید" دارای تاثیر بیشتری (حداکثر تا ۴۳ درصد) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در ممانعت از کاهش ارتفاع بوته تحت تنش داشت. در تنش کم‌آبیاری، بین کودهای"شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید" و "زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید" اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). ارتفاع ساقه در کود شیمیایی فسفاته (۵۵/۳۳ سانتی‌متر)،

کود زیستی بارور۲ (۵۹ سانتی‌متر)، نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲ (۶۱/۳۳ سانتی‌متر)، در کود شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید (۶۰/۳۳ سانتی‌متر) و کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید (۶۲/۳۳ سانتی‌متر) بود.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر ارتفاع ساقه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

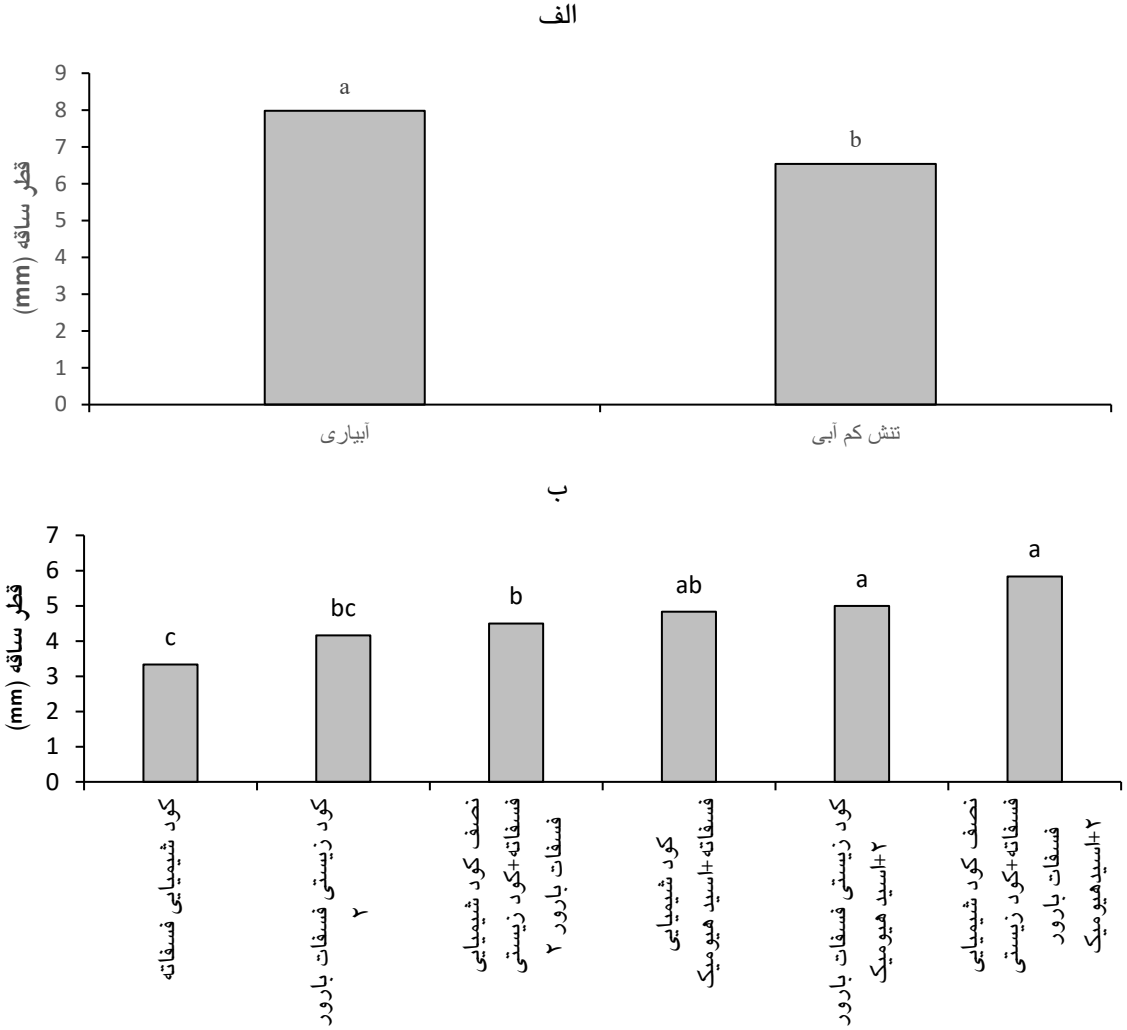
قطر ساقه

قطر ساقه در شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با آبیاری کامل ۱۸ درصد کمتر بود (شکل ۲-الف). ولی تیمارهای کودی منجر به افزایش قطر ساقه لوبیا چیتی گردید و تیمار "نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید" منجر به افزایش ۷۵ درصدی در قطر ساقه لوبیا چیتی در مقایسه با سایر تیمار گردید و بیشترین قطر ساقه (۵/۸۳ سانتی‌متر) در همین تیمار مشاهده شد. تیمارهای "کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی بارور۲"، "کود شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید" و "کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید" نیز منجر به افزایش قطر ساقه شدند و اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با هم نداشتند. قطر ساقه در کود شیمیایی فسفاته (۳/۳۳ میلی‌متر)، کود زیستی بارور۲ (۴/۱۶ میلی‌متر)، نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲ (۴/۵ میلی‌متر)، کود شیمیایی فسفاته+هیومیک‌اسید (۴/۸۳ میلی‌متر) و کود زیستی فسفات بارور۲+هیومیک‌اسید (۵ میلی‌متر) بود (شکل ۲-ب).

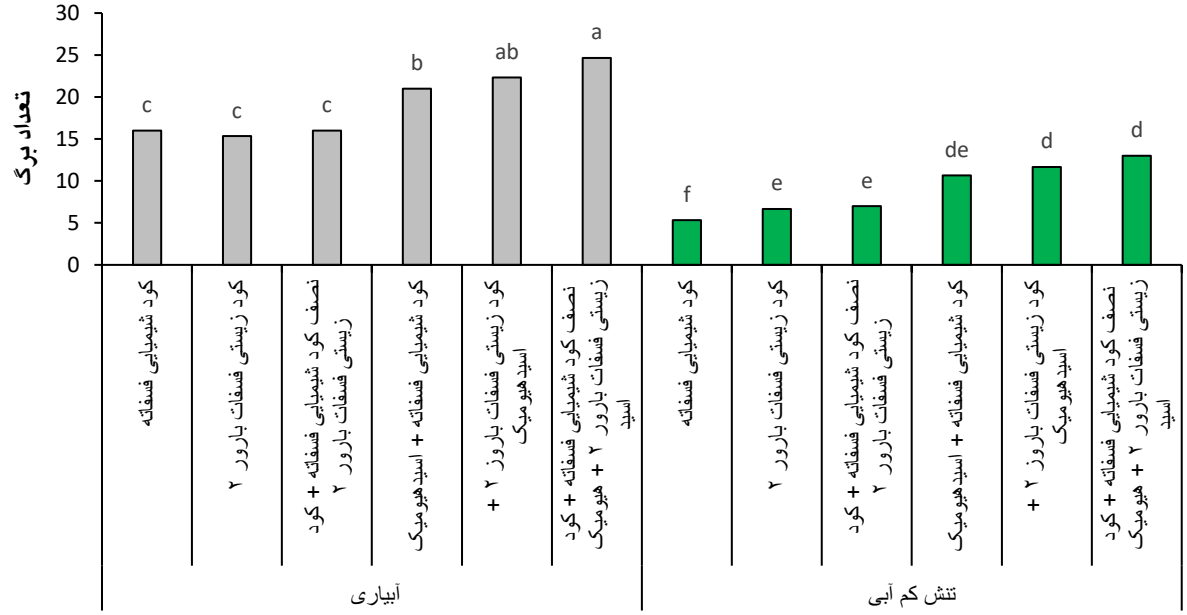
تعداد برگ در هر بوته

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در آبیاری کامل، تیمار کودی نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید منجر به بیشترین تعداد برگ (۱۳ عدد در بوته) لوبیا چیتی گردید، که با تیمار کودی "کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید" اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. در شرایط کم‌آبیاری مشاهده شد که اگر چه اعمال تنش منجر به کاهش تعداد برگ لوبیا چیتی شد اما تیمارهای کودی منجر به حفظ تعداد برگ گردیدند و تیمار کودی

نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+ هیومیک‌اسید دارای تاثیر بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی یعنی "کود شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید"، "نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی بارور۲" و "کود زیستی فسفات بارور۲" در ممانعت از کاهش تعداد برگ تحت تنش خشکی داشت هر چند که با "کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک و کود شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید" اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت (شکل ۳).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات سطوح آبیاری (الف) و تیمارهای کودی (ب) بر قطر ساقه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر تعداد برگ در گیاه لوبیا چیتی
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

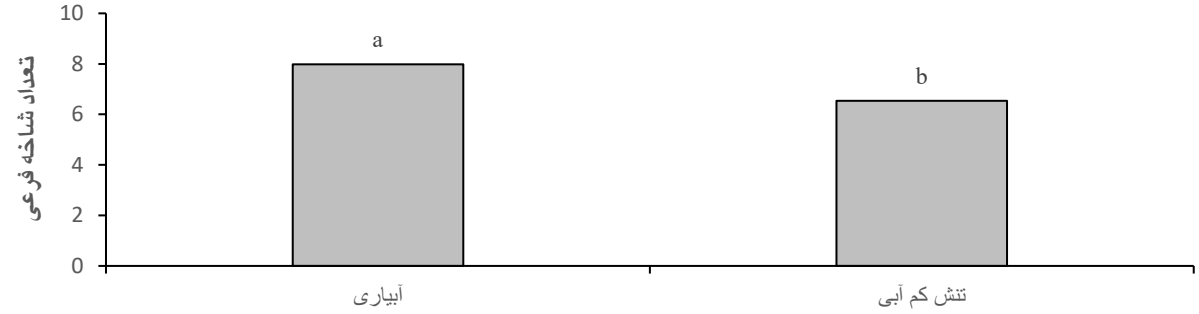
تعداد شاخه‌های فرعی

تعداد شاخه‌های فرعی در تیمار کم‌آبیاری بیش از ۲ برابر نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت (شکل ۴-الف). تیمارهای کودی منجر به افزایش تعداد شاخه‌های فرعی لوبیا چیتی گردید و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + هیومیک‌اسید" بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی (۱۰/۸۳ عدد در بوته) لوبیا چیتی داشت که با تیمارهای "کود زیستی فسفات بارور ۲+ هیومیک‌اسید"، "کود شیمیایی فسفاته+ هیومیک‌اسید" و "نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور ۲" اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴-ب).

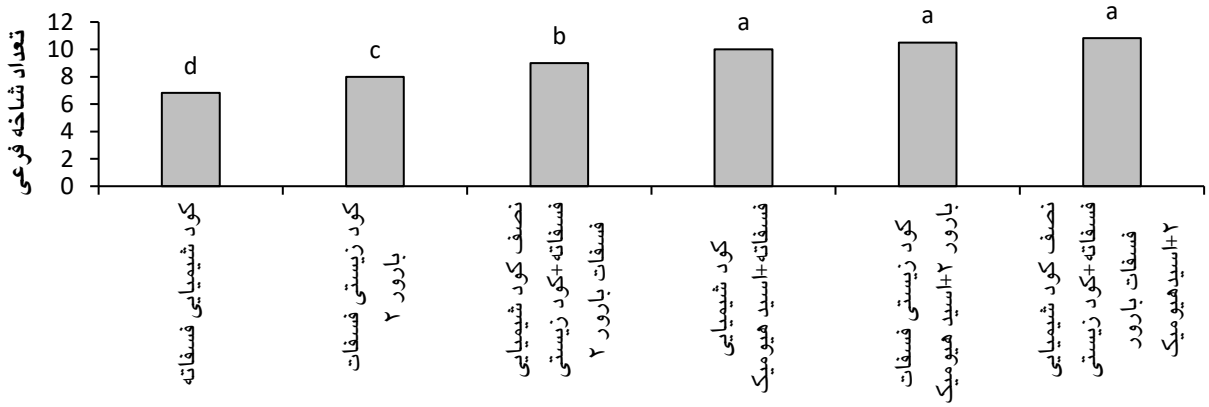
تعداد غلاف در بوته

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در آبیاری کامل، تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + هیومیک‌اسید" منجر به بیشترین تعداد غلاف در بوته (۸ عدد) شد. در شرایط کم‌آبیاری مشاهده شد که اگر چه اعمال تنش منجر به کاهش تعداد غلاف لوبیا چیتی شد اما تیمارهای کودی منجر به حفظ تعداد غلاف گردیدند و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + هیومیک‌اسید" دارای تاثیر بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در حفظ تعداد غلاف در گیاهان تحت تنش خشکی داشت. در شرایط تنش کم آبی تعداد غلاف در هر بوته در کود شیمیایی فسفاته (۴)، کود زیستی بارور ۲ (۵/۳۳)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۵/۳۳) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۵/۳۳) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۶/۶۶) بود (شکل ۵).

الف



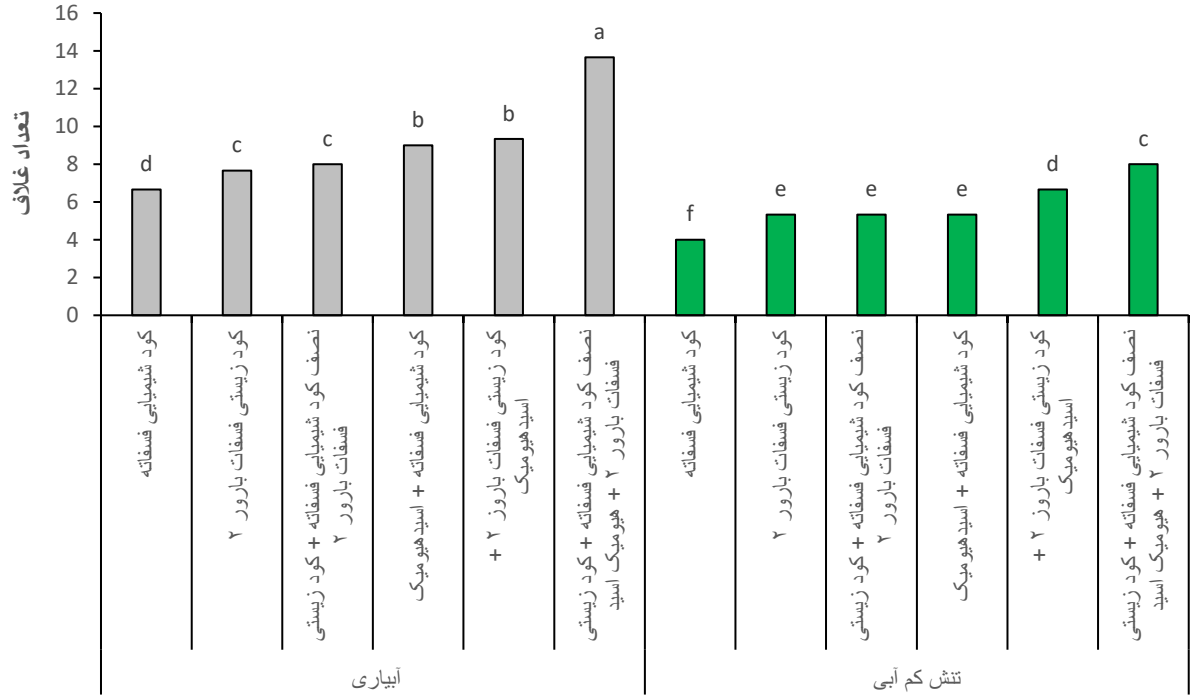
ب



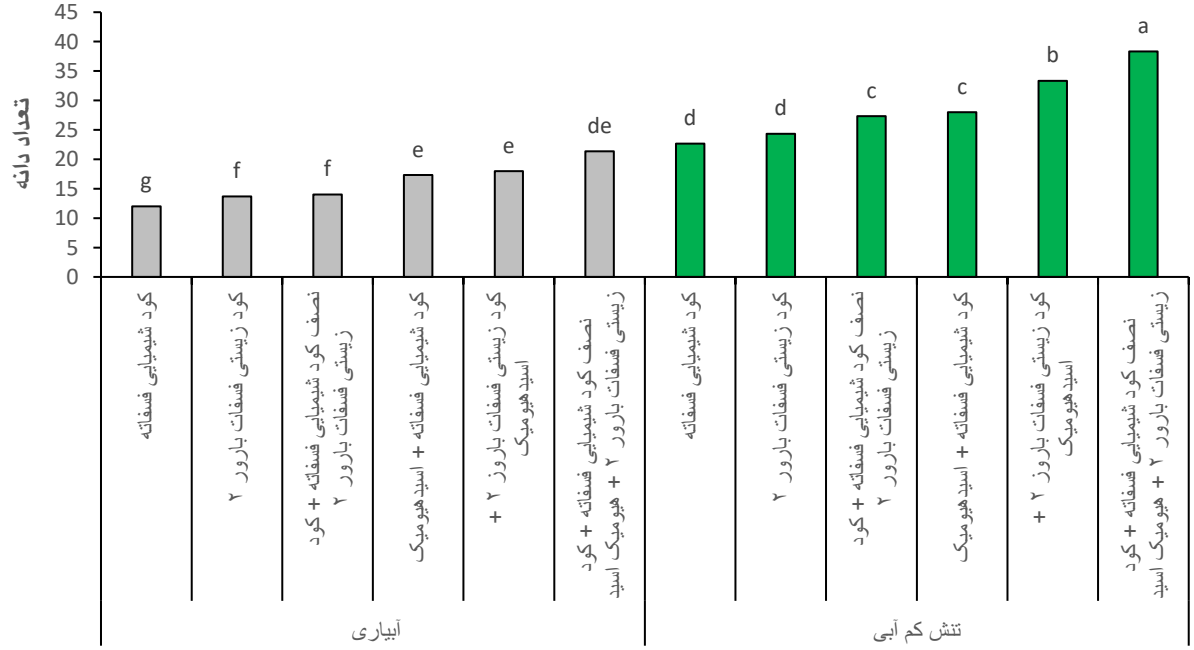
شکل ۴- مقایسه میانگین اثرات سطوح آبیاری (الف) و تیمارهای کودی (ب) بر تعداد شاخه فرعی در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

تعداد دانه در بوته

بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۸/۳۳ عدد) مربوط به آبیاری کامل، و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" بود. در شرایط کم‌آبیاری هم تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" بیشترین تعداد دانه در هر بوته را داشت. نتایج به دست آمده نشان داد که تعداد دانه در بوته در شرایط تنش کم آبی در کود شیمیایی فسفاته (۲۲/۶۶)، کود زیستی بارور ۲ (۲۴/۳۳)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۲۷/۳۳) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۲۸) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۳۳/۳۳) بود (شکل ۶).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر تعداد غلاف در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر تعداد دانه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

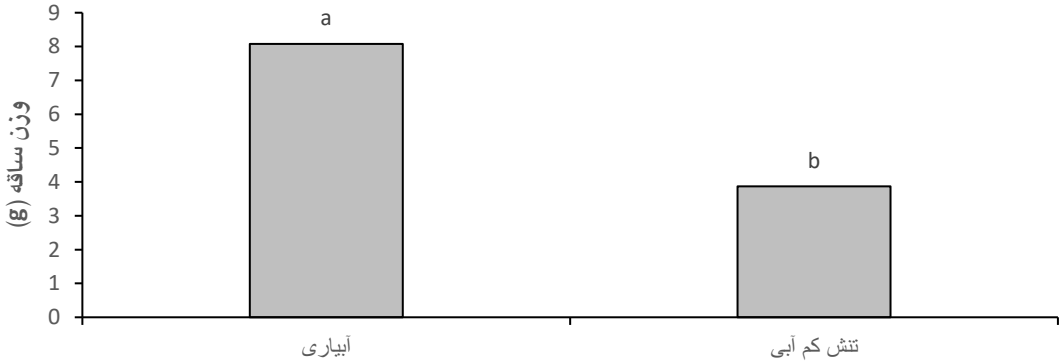
وزن ساقه در بوته

کم‌آبیاری منجر به کاهش وزن ساقه در مقایسه با آبیاری کامل شد، وزن ساقه در شرایط تنش به بیش از نصف کاهش یافت (شکل ۷-الف). تیمارهای کودی وزن ساقه را افزایش دادند، به طوریکه تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" بیشترین بیشترین وزن ساقه در بوته (۷ گرم) را تولید کرد که با تیمارهای "کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" و "کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک" اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. وزن ساقه در بوته در کود شیمیایی فسفاته (۵/۰۹ گرم)، کود زیستی بارور ۲ (۵/۴۸ گرم)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۵/۶ گرم) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۶/۳۲ گرم) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۶/۳۴ گرم) بود (شکل ۷-ب).

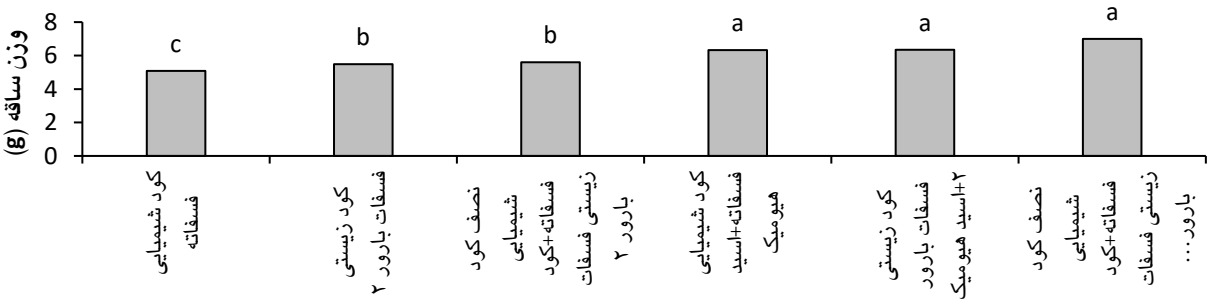
وزن برگ در بوته

در تیمار آبیاری کامل، تیمارهای کودی به ویژه کود "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" منجر به افزایش وزن برگ در لوبیا چیتی گردیدند بر همین اساس بیشترین وزن برگ (۳/۵۱ گرم در بوته) در تیمار آبیاری کامل و "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" مشاهده شد هر چند که با تیمار کودی "کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک و کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک" اختلاف معنی‌داری نداشت. به طور کلی تنش منجر به کاهش وزن برگ گردید اما تیمار کودی منجر به بهبود وزن تر برگ گردید و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" دارای تاثیر بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در جبران کاهش وزن برگ در گیاهان تحت تنش خشکی داشت (شکل ۸).

الف



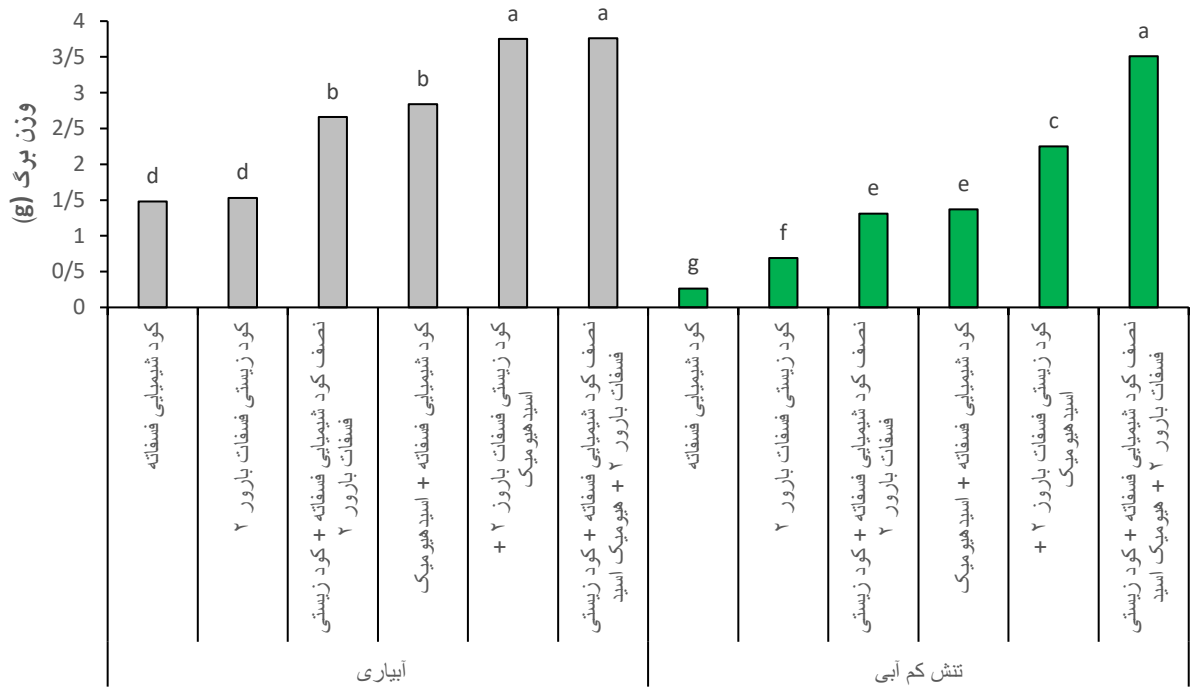
ب



شکل ۷- مقایسه میانگین اثرات سطوح آبیاری (الف) و تیمارهای کودی (ب) بر وزن ساقه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

وزن برگ در بوته

در تیمار آبیاری کامل، تیمارهای کودی به ویژه کود "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" منجر به افزایش وزن برگ در لوبیا چیتی گردیدند بر همین اساس بیشترین وزن برگ (۳/۵۱ گرم در بوته) در تیمار آبیاری کامل و "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" مشاهده شد هر چند که با تیمار کودی "کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک و کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک" اختلاف معنی‌داری نداشت. به طور کلی تنش منجر به کاهش وزن برگ گردید اما تیمار کودی منجر به بهبود وزن تر برگ گردید و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" دارای تاثیر بیشتری در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در جبران کاهش وزن برگ در گیاهان تحت تنش خشکی داشت (شکل ۸).

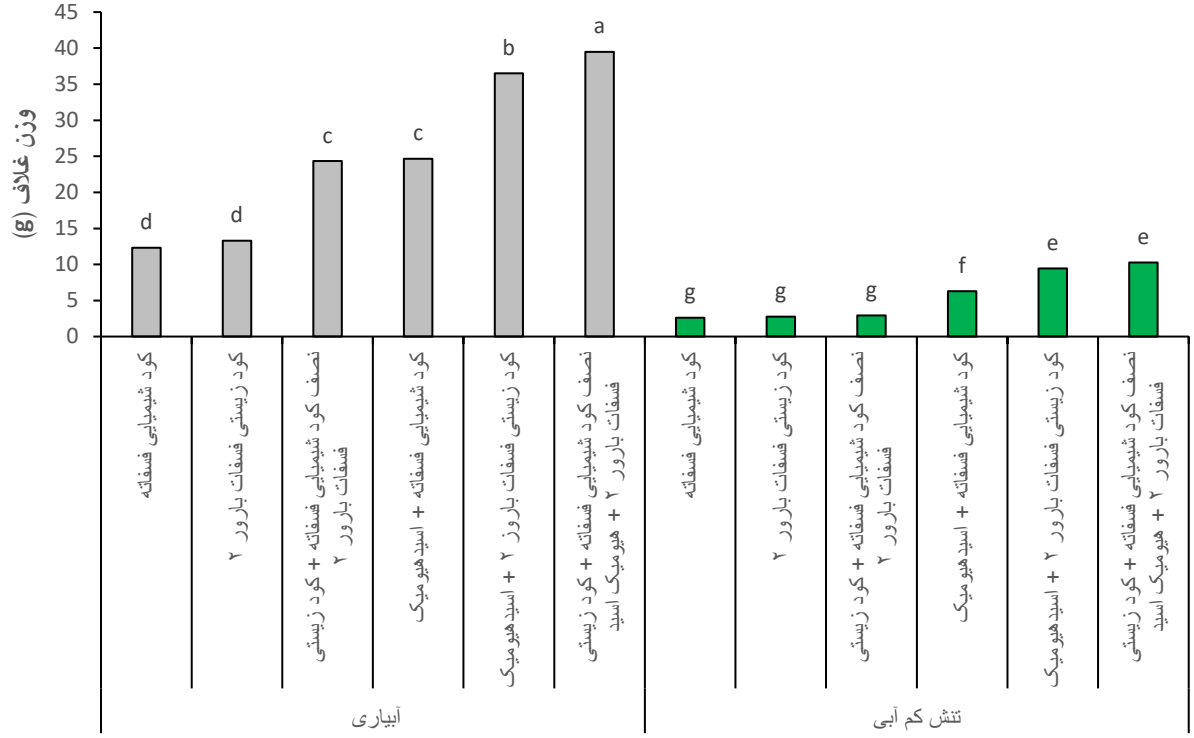


شکل ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن برگ در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

وزن غلاف در بوته

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در تیمار آبیاری کامل، تیمارهای کودی وزن غلاف در لوبیا چیتی را افزایش دادند. بر همین اساس بیشترین وزن غلاف در بوته (۳۹/۴۸ گرم) در تیمار آبیاری کامل و تیمار کودی" نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" مشاهده شد. کمترین وزن غلاف (۲/۶۱ گرم) در تیمار "کود شیمیایی فسفات" تحت تنش آبیاری مشاهده شد. هر چند که با تیمار کودی "کود زیستی فسفات بارور۲"، "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور" و "کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک" اختلاف معنی‌داری نداشت. به طور کلی تنش خشکی در پژوهش حاضر منجر به کاهش وزن غلاف گردید اما تیمار کودی بخشی از این کاهش وزن را جبران کرد. و تیمار "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" دارای

تاثیر بیشتری در جبران کاهش وزن غلاف در گیاهان تحت تنش خشکی داشت. در شرایط بدون تنش وزن غلاف در بوته در کود شیمیایی فسفاته (۱۲/۳۳)، کود زیستی بارور ۲ (۱۳/۳)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۲۴/۳۳) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۲۴/۶۴) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۳۶/۵۲) بود. در حالی‌که در شرایط تنش کم آبی تعداد وزن غلاف در بوته در کود شیمیایی فسفاته (۲/۶۱)، کود زیستی بارور ۲ (۲/۷۶)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۲/۹۳) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۶/۲۹) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۹/۴۵) بود (شکل ۹).



شکل ۹- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن غلاف در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

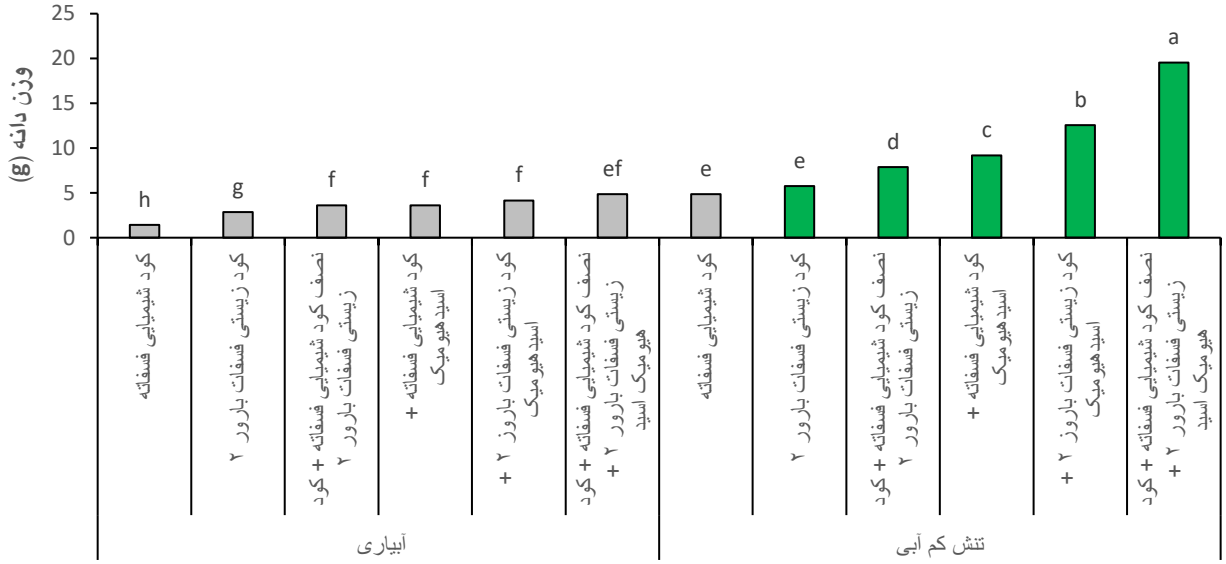
وزن دانه در بوته

با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) ، بین بیشتر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری در افزایش وزن دانه مشاهده نشد اما در شرایط کم‌آبیاری مشاهده شد که اعمال تنش و تیمار کودی منجر به افزایش وزن دانه گردید به طوری‌که بیشترین وزن دانه (۱۹/۵۴ گرم) در تیمار تنش آبیاری و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" مشاهده شد. کمترین وزن دانه (۱/۴۱ گرم) در تیمار "کود شیمیایی فسفات" و تیمار آبیاری کامل مشاهده شد (شکل ۱۰). با توجه به نتایج به دست آمده در شکل ۱۰ مشخص شد که وزن دانه در بوته در کود شیمیایی فسفاته (۲/۶۱)، کود زیستی بارور ۲ (۲/۷۶)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۲/۹۳) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۶/۲۹) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۹/۴۵) بود.

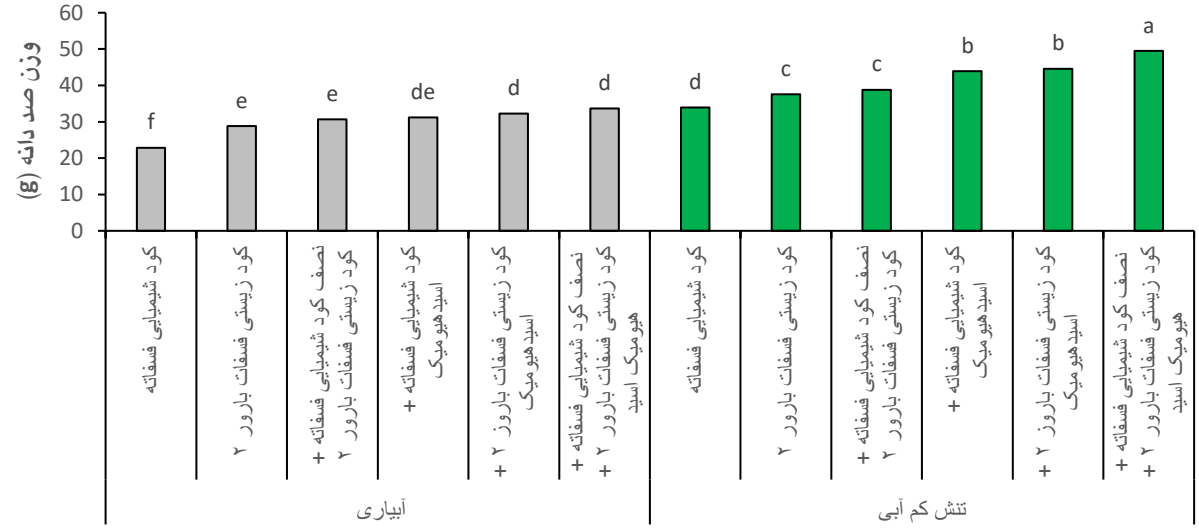
وزن صد دانه

در تیمار آبیاری کامل، بین تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری از نظر وزن صد دانه مشاهده

نشد اما در تیمار تنش آبیاری مشاهده شد که اعمال تنش و تیمار کودی منجر به افزایش وزن دانه گردید به طوری‌که بیشترین وزن صد دانه (۴۹/۵ گرم) در تیمار تنش آبیاری و تیمار کودی "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک" مشاهده شد. کمترین وزن صد دانه (۲۲/۸۸ گرم) در تیمار "کود شیمیایی فسفات" و تیمار آبیاری کامل مشاهده شد. وزن صد دانه در سایر منابع کودی یعنی در کود زیستی بارور ۲ (۳۷/۵۶ گرم)، نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ (۳۸/۷۸ گرم) کود شیمیایی فسفاته + اسیدهیومیک (۴۳/۹۲ گرم) و کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک (۴۴/۵۷ گرم) بود (شکل ۱۱).



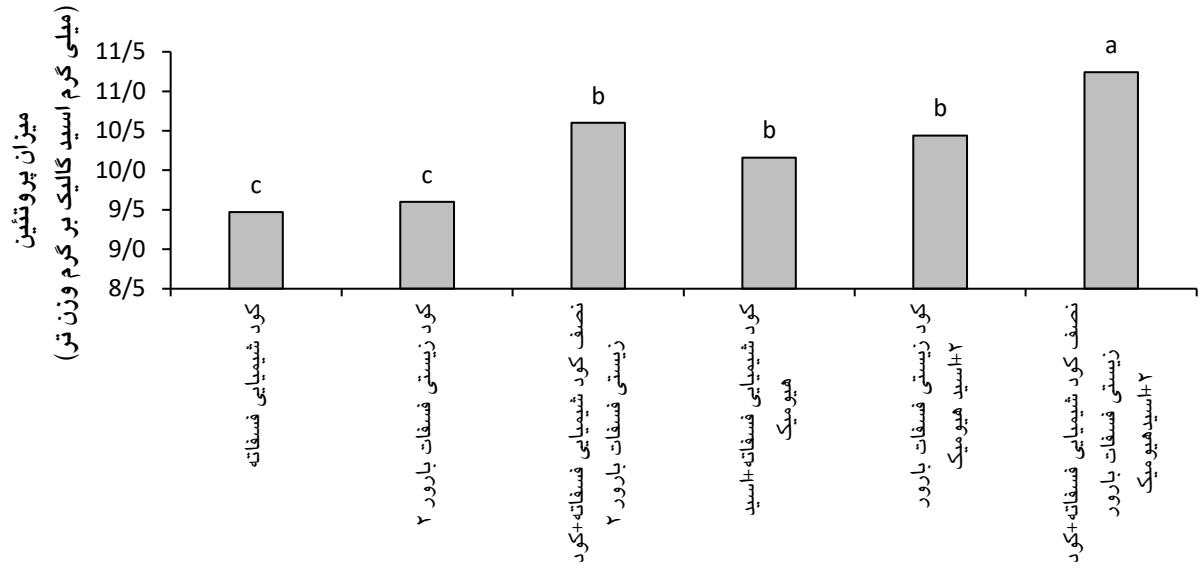
شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن دانه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر وزن صد دانه در گیاه لوبیا چیتی.
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

میزان پروتئین کل

بیشترین میزان پروتئین کل (۱۲/۲۴ میلی گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر) در تیمار "نصف کود شیمیایی فسفاته+ کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسید هیومیک" مشاهده شد که با منابع "کود زیستی فسفات بارور ۲+ اسیدهیومیک"، "کود شیمیایی فسفاته + اسید هیومیک" و "نصف کود شیمیایی فسفاته + کود شیمیایی بارور ۲" اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان پروتئین کل (۹/۴۷ میلی گرم اسید گالیک در گرم وزن تر) در کود شیمیایی فسفاته مشاهده شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر میزان پروتئین کل در گیاه لوبیا چیتی.

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد در بین میانگین‌ها با آزمون دانکن می‌باشد.

نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل-های ۱ تا ۱۲) نشان داد که تنش خشکی منجر به کاهش شاخص‌های مورفولوژیکی از جمله ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد برگ، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن ساقه، وزن برگ، وزن غلاف گردید این در حالی‌است که برخی شاخص‌های مربوط به عملکرد از جمله تعداد دانه، وزن دانه و وزن صد دانه در اثر تنش خشکی روندی افزایشی نشان دادند، در تایید نتایج پژوهش حاضر رستمی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که تنش خشکی منجر به کاهش ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک گیاه و تعداد شاخه‌های فرعی گردید. تنش آبی در گیاهان منجر به ایجاد پاسخ سریع از طرف گیاه می‌شود، در واقع عملاً تمام عملکردهای بیولوژیکی توسط شرایط کمبود آب در سطح کل گیاه تغییر پیدا می‌کند (کوگلر و شوفکر ۲۰۱۷؛ وانگ و همکاران ۲۰۱۹). گیاهان باید استراتژی‌های مختلفی را ایجاد کنند که به آن‌ها برای جذب آب از طریق ریشه‌هایشان و حفظ فشار تورگور سلولی و اجتناب از اتلاف آب کمک کند (گیلفوس ۲۰۱۹). کاهش تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول، تمایز ریشه، کاهش ابعاد شاخ و برگ، طول ساقه، تغییر حرکات روزنه، ارتباط آب و تغذیه معدنی با کاهش عملکرد گیاه و کارایی مصرف آب از پیامدهای اصلی خشکسالی در گیاهان هستند (کوماوات و شارما ۲۰۱۸). در پژوهش حاضر مشاهده شد که تنش خشکی منجر به کاهش وزن تر برگ و ساقه و کاهش ارتفاع ساقه گیاه گردید، به نظر میرسد که تاثیر پاسخ گیاه به تنش از طریق کاهش تقسیمات سولی،

کاهش ابعاد شاخه و برگ، منجر به کاهش ارتفاع ساقه شده است، علاوه براین تنش خشکی منجر به کاهش دسترسی به آب و اختصاص آب به ریشه‌ها می‌شود در نتیجه می‌توان انتظار داشت که تنش خشکی منجر به کاهش وزن تر در برگ و ساقه می‌شود.

وجود مواد هیومیکی در خاک با بهبود تغذیه معدنی زیر سطح خاک منجر به تحریک رشد ریشه و اندام هوایی می‌شود. فعالیت این مواد را می‌توان از نظر عملکرد و رشد فعال گیاهان ارزیابی کرد. محرک‌های زیستی مانند مواد هیومیکی اغلب در سیستم‌های تولید با هدف تنظیم رویدادهای فیزیولوژیکی در گیاهان به منظور افزایش بهره‌وری ادغام می‌شوند. مواد هیومیکی مشتق شده از مواد طبیعی به طور فزاینده‌ای در دو دهه اخیر مورد استفاده دانشمندان قرار گرفته است (یاخین و همکاران ۲۰۱۷). علاوه بر این، مواد هیومیکی روش‌های جدیدی را برای اصلاح فعالیت‌های فیزیولوژیکی در گیاهان به منظور بهبود رشد گیاه و مقاومت در برابر تنش‌های غیرزیستی ارائه می‌کنند. تیمار با مواد هیومیکی باعث افزایش هیدراتاسیون برگ، توانایی آنتی‌اکسیدانی، رشد ریشه و رشد ساقه در شرایط خاک خشک می‌شود (شاه و همکاران ۲۰۱۸).

ارتفاع گیاه ازجمله صفاتی است که به شدت تحت تأثیر کوددهی قرار می‌گیرد و در هر مرحله از رشد که رشد رویشی گیاه تحت تأثیر فسفر تحریک شود، ارتفاع گیاه نیز تحت تأثیر قرارگرفته و افزایش می‌یابد. افزایش ارتفاع بوته درنتیجه کاربرد کود فسفر را می‌توان این‌چنین توجیه کرد که کود فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش طول ریشه دارد، میزان جذب نیتروژن را در گیاه افزایش می‌دهد (عباسی سیه جانی و همکاران ۲۰۱۷). همچنین گزارش شده است که باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود که بهتبع آن، رشد و نمو بخش رویشی گیاه نیز افزایش می‌یابد (الهروت و همکاران ۲۰۱۶). به نظر می‌رسد که کاربرد کود زیستی در پژوهش حاضر از این طریق منجر به جبران کاهش ارتفاع ساقه شده است و کاربرد توام آن با اسیدهیومیک که دارای خاصیت شبه اکسینی می‌باشد توانسته تاثیر بیشتری در حفظ ارتفاع ارتفاع گیاه داشته است. با توجه به اینکه فسفر نقش مهمی در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان مانند فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی ایفا می‌کند، افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه، سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی گشته (مورا و همکاران ۲۰۱۴) و درنتیجه می‌تواند منجر به افزایش ارتفاع ساقه شود. همچنین رامانا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی سبب افزیش تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه لوبیا می‌شود. و علت افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف لوبیا تحت تأثیر تیمار ترکیبی کودهای زیستی در شرایط انجام آبیاری مطلوب، مربوط به حضور مداوم عناصر غذایی (نظیر نیتروژن و فسفر)، رطوبت کافی و تولید و ترشح تنظیم کننده‌های رشد که در فرایندهای رویشی و زایشی گیاه دانسته شد (چاوشی و همکاران ۲۰۱۸؛ عباسی سیه جانی و همکاران ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که کاربرد منبع کودی نصف کود شیمیایی فسفاته + کود زیستی فسفات بارور ۲ + اسیدهیومیک از طریق بهبود جذب آب، وجود ترکیبات شبه هورمونی، ترشح ترکیبات تنظیم کننده رشد منجر به تحمل به تنش از طریق ممانعت از کاهش وزن برگ و ساقه، تعداد ساقه‌های فرعی و ارتفاع ساقه شده است.

کاربرد کودهای زیستی در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسیدکربن و افزایش میزان تعرق و نیز از طریق تولید محرک‌های رشد و سیدروفورها سبب رشد و توسعه ریشه و افزایش سطح جذب آب، قادر است اثرات تنش کم آبی در گیاه را کاهش و سبب افزایش عملکرد گیاه لوبیا می‌شود. از طریق تولید محرک‌های رشد و سیدروفورها سبب رشد و توسعه ریشه و افزایش سطح جذب آب می‌شود (عباسی سیه جانی و همکاران ۲۰۱۷). لذا می‌توان اظهار داشت که احتمالاً کاربرد کودهای زیستی تحت شراط کم‌آبی، میزان جذب نیتروژن در گیاه را بهبود بخشیده و از این طریق سبب افزایش رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن، افزایش میزان فتوسنتز و ماده‌سازی و در نهایت، افزایش عملکرد زیستی گیاه شده باشد. در مواد هیومیکی بهینه سازی شرایط رشد گیاه و

تامین آب، مواد مغذی و تنظیم کننده‌های رشد گیاه می‌تواند به جلوگیری از تنش‌های غیرزیستی کمک کند (گارسیا و همکاران ۲۰۱۶). گزارش شده است که کاربرد مواد هیومیکی در شرایط تنش شوری باعث افزایش محتوای پرولین و کاهش مالون دی آلدئید و تولید گونه‌های اکسیژن فعال در لوبیا معمولی می‌شود که منعکس‌کننده سازگاری بهتر با شرایط شور است (آیدین و همکاران ۲۰۱۲).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که منابع کودی سبب ایجاد تغییرات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد در گیاه لوبیا چیتی می‌شوند که این تغییرات در شرایط آبیاری کامل و کم‌آبیاری متفاوت بود. اعمال تنش سبب کاهش ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، وزن تر برگ و غلاف می‌شود، اما کاربرد منبع کودی نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+اسیدهیومیک تاثیر بیشتری در بهبود صفات ذکر شده داشت. وزن تر دانه و غلاف و تعداد غلاف در بوته نیز تحت تاثیر اعمال تنش خشکی قرار گرفتند و افزایش یافتند، در بین منابع کودی تیمار کودی نصف کود شیمیایی فسفاته+کود زیستی فسفات بارور۲+ا سیدهیومیک در بهبود این شاخص‌ها موثر تر عمل کردند. نتایج نشان داد که اگرچه کاربرد کود زیستی فسفات بارور و کود اسیدهیومیک نیز منجر به افزایش وزن دانه و غلاف در بوته شدند اما کاربرد توام این کودها تاثیر بیشتری در افزایش وزن تر دانه و غلاف و تعداد غلاف در بوته در تنش کم آبی داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان وظیفه خود می‌دانند مراتب سپاس و قدردانی خود را از مساعدت‌های صمیمانه و خالصانه یکایک همکاران ارجمند در اجرای این پژوهش در بخش های مختلف مزرعه‌ای و آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اعلام دارند.

منابع مورد استفاده

Abdzad Gohari A and Sadeghipour O. 2019. Effect of deficit irrigation and humic acid on yield and water use efficiency in Common Bean. Journal of Water Research in Agriculture (Soil and Water Science), 33(3): 383-395. (In Persian with English Abstract).

Anonymous. 2020. Guidelines for the production of certified beans. Agricultural Research, Education and Extension Organization. 116 p. (In Persian with English Abstract).

Arjeh J, Pirzad A, Tajbakhsh M and Mohammadzadeh S. 2021. Improving the water use efficiency of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by vermicompost and phytoprotectants. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 32(2): 1-18. (In Persian with English Abstract).

Rostami Q, Moghadam M, Saidi Pouya A and Azhdanian L. 2018. The effect of humic acid foliar application on some morphophysiological and biochemical characteristics of green mint (*Mentha spicata* L.) under drought stress. Journal of Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 12(1): 95-110. (In Persian with English Abstract).

Abbasi Seyahjani, E., Yarnia, M., Faravash, F., Khorsidi Benam, M. B., & Asadi Rahmani, H. 2017. Influence of rhizobium, pseudomonas and fungi mycorrhiza on some traits of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under drought stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(1): 85-102. (In Persian with English Abstract).

Alhrout HH, Aldalin HKH, Haddad MA, Bani-Hani NM and Al-Dalein SY. 2016. The impact of organic and inorganic fertilizer on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Advances in Environmental Biology, 10(9): 8-14.

Aydin A, Kant C and Turan M. 2012. Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. African Journal of Agricultural Research, 7(7): 1073-1086. https://doi.org/10.5897/AJAR10.274

Boshkovski B, Tzerakis C, Doupis G, Zapolska A, Kalaitzidis C and Koubouris G. 2021. Relationship between physiological & biochemical measurements with spectral reflectance for two *Phaseolus vulgaris* L. genotypes under multiple stress. International Journal of Remote Sensing, 42(4): 1230-1249. https://doi.org/10.1080/01431161.2020.1826061

Bradford MM. 1997. A rapid & sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry, 72: 248-254. https://doi.org/10.1006/abio.1976.9999

Chavoshi S, Nourmohamadi G, Madani H, Heidari Sharif Abad H and Alavi Fazel M. 2018. The effects of biofertilizers on physiological traits & biomass accumulation of red beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Goli) under water stress. Journal of Plant Physiology, 8(4): 2555-2562. https://doi.org/10.30495/IJPP.2018.543427

Elkhatib HA, Gabr SM, Roshdy AH and Kasi RS. 2020. Effects of different nitrogen fertilization rates & foliar application of humic acid, fulvic acid & tryptophan on growth, productivity & chemical composition of common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Alexandria* Science Exchange Journal, 41(2): 191-204. https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2020.93900

Geilfus CM. 2019. Drought stress. In Controlled environment horticulture (pp. 81-97). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/s10343-022-00623-4

Ghanbari AA and Beyzaei E. 2007. Study of morphological and phenological traits and correlation analysis in white bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines. Journal of Agricultural Science, 13: 629-638. (In Persian with English Abstract).

Gharibi S, Tabatabaei BES, Saeidi G, Talebi M and Matkowski A. 2020. The effect of drought stress on polyphenolic compounds & expression of flavonoid biosynthesis related genes in *Achillea pachycephala* RECH. F. Phytochemistry, 162, 90-98. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.004

García AC, de Souza LGA, Pereira MG, Castro RN, García-Mina JM, Zonta E and Berbara RLL. 2016. Structure-property-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. Scientific Reports, 6(1): 1-10.

Heydari S and Pirzad A. 2021. Improvement of the yield-related response of mycorrhized *Lallemantia iberica* to salinity through sulfur-oxidizing bacteria. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101: 3758-3766. https://doi.org/10.1002/jsfa.11007

Kögler F and Söffker D. 2017. Water (stress) models & deficit irrigation: System-theoretical description & causality mapping. Ecological Modelling, 361: 135-156. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.031

Kumawat KR and Sharma NK. 2018. Effect of drought stress on plants growth. Popular Kheti, 6: 239-241.

Mitchell DC, Lawrence FR, Hartman TJ and Curran JM. 2009. Consumption of dry beans, peas, & lentils could improve diet quality in the US population. Journal of the American Dietetic Association, 109(5): 909-913. https://doi.org/10.1016/j.jada.2009.02.029

Mora V, Bacaicoa E, Baigorri R, Zamarreno AM and García-Mina JM. 2014. NO & IAA key regulators in the shoot growth promoting action of humic acid in *Cucumis sativus* L. Journal of Plant Growth Regulation, 33(2): 430-439. https://doi.org/10.1007/s00344-013-9394-9

Rahimzadeh S and Pirzad A. 2017. Arbuscular mycorrhizal fungi & Pseudomonas in reduce drought stress damage in flax (*Linum usitatissimum* L.): a field study. Mycorrhiza, 27(6): 537-552. https://doi.org/10.1007/s00572-017-0775-y

Ramana V, Ramakrishna M, Purushotham K and Reddy KB. 2007. Effect of biofertilizers on growth, yield & quality of French bean *(Phaseolus vulgaris* L.) (Doctoral dissertation, ANGRAU Sri Venkateswara Agricultural College: Horticulture).

Shah ZH, Rehman HM, Akhtar T, Alsamadany H, Hamooh BT, Mujtaba T, Daur I, Al-Zahrani Y, Al-Zahrani HAS, Ali Sh, Yang SH and Chung G. 2018. Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. Frontiers in Plant Science, 9: 263. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00263

USDA Web site. Available online: http://www.ams.usda.gov/mnreports/lsaba.pdf (accessed on 29 November 2012).

Wang Q, Zhao R, Chen Q, da Silva JAT, Chen L and Yu X. 2019. Physiological & biochemical responses of two herbaceous peony cultivars to drought stress. HortScience, 54(3): 492-498. https://doi.org/10.21273/HORTSCI13704-18

Yakhin OI, Lubyanov AA, Yakhin IA and Brown PH. 2017. Biostimulants in plant science: a global perspective. Frontiers in Plant Science, 7: 2049. https://doi.org/ 10.3389/fpls.2016.02049