Plant Production and Genetics
Vol. 5, No. 2 , Autumn & Winter 2024, p. 235-254
DOI: 10.22034/plant.2024.141125.1096

تولید و ژنتیک گیاهی
جلد ۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحه ۲۵۴-۲۳۵
مقاله پژوهشی

اثر کودهای زیستی بر خصوصیات مورفولوژیکی و زراعی ارقام ذرت در استان لرستان

مهدی شعبان[1*]، عزت اله نباتی[1]، زهرا رحمتی مطلق[2]

۱. محقق، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بروجرد، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی، دانشگاه جامع علمی کاربردی، بروجرد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام ذرت در سال ۱۴۰۲ در منطقه بروجرد واقع در استان لرستان صورت گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح کاربرد کود (شاهد، هیومکس، نیتروکسین و هیومکس+نیتروکسین) و رقم ذرت (KSC400، KSC201 و KSC410) بودند. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد اثر کاربر کود و رقم بر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح خاک، طول برگ، قطر ساقه، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارها بر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح خاک، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک معنی‌دار شد. KSC410 رقم برتر بود و بالاترین میزان رشد و اجزای عملکرد دانه متعلق به این رقم بود. همچنین نتایج نشان داد کاربرد تلفیقی کود هیومکس و نیتروکسین دارای بالاترین میزان کارایی در افزایش رشد و عملکرد گیاه ذرت بود. رقم KSC410 به همراه کاربرد توأم کود نیتروکسین و هیومکس دارای بیشترین میزان ارتفاع بوته (۲۳۱ سانتی‌متر)، ارتفاع بلال از سطح خاک (۱۱۱ سانتی متر) و تعداد دانه در بلال (۶۰۱) بود. همچنین بالاترین وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب با مقادیر ۳۴ گرم، ۹۲۱۶ و ۳۰۲۵۶ کیلوگرم در هکتار از تیمار مذکور به دست آمد. براساس نتایج حاصل از این مطالعه جهت دستیابی به بالاترین میزان عملکرد دانه ذرت در منطقه بروجرد واقع در استان لرستان می‌توان از رقمKSC410 به همراه کاربرد توأم کود نیتروکسین و هیومکس استفاده نمود.

کلیدواژگان: ذرت، رقم، عملکرد دانه، کود زیستی، کود هیومکس

*ایمیل نویسنده مسئول: m.shaaban@areeo.ac.ir

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از مهمترین غلات در جهان بوده که کشت و توسعه کشت آن در سرتا سر جهان یکی از بزرگترین دستاورهای بشر بوده و منجر شده که سطح زیر کشت ذرت در دنیا در پنج دهه اخیر چندین برابر گردد و سریع‌ترین رشد را در آسیا در مقایسه با سایر غلات داشته است. ذرت یکی از محصولات اساسی در زمینه تأمین خوراک دام طیور بوده و صنعت دام و طیور در کشور وابستگی شدیدی به تولید این محصول دارد. از این رو مطاعات مختلف در زمینه راه‌های بهبود عملکرد این گیاه ضروری می‌باشد (Shirkhani *et al*., 2019).

در سال‌های اخیر مصرف بی رویه کودهای شیمیایی باعث آلودگی محیط زیست شده است. از طرفی واکنش محصولات زراعی به کودهای شیمیایی کاهش یافته است (Ghorbani *et al*., 2013). مواد آلی سبب بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک و کاهش رواناب، بهبود نفوذپذیری آب و سهولت توسعه ریشه و افزایش ظرفیت تبادل و تنظیم اسیدیته در خاک می‌گردد. باید در نظر داشت که کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی رایج مشکلات شدیدی از نظر زیست محیطی و سلامت انسانها به وجود آورده است و با توجه به مصرف زیاد انرژی‌های فسیلی در این زمینه و همچنین بالا بردن هزینه‌های تولید راه‌کار جایگزین برای غلبه بر این مشکلات استفاده از کودهای زیستی می‌باشد (Shirkhani *et al*., 2019). در کشاورزی زیستی استفاده از کودهای زیستی به عنوان مهمترین منبع تغذیه گیاه یکی از اصول پایداری در کشاورزی بوده که موجب حداکثر بهره‌وری و کاهش مخاطرات می‌شود (Kizilkaya, 2008). کودهای زیستی محدود به کودهای دامی و بقایای گیاهی و کود سبز نیست بلکه دارای معنی وسیعتری بوده که به محدوده حضور باکتری‌ها و قارچ‌ها که دارای اثرات زیست محیطی و توانایی همزیستی با گیاه را دارند نیز اطلاق می‌گردد (Arrudaa *et al*., 2013) ریزموجودات موجود در کودهای زیستی منجر به تحریک رشد گیاه شده و با فراهمی عناصر و افزایش جذب آنها توسط گیاه سوبسترای مورد نیاز جهت رشد گیاه را فراهم نموده و از این طریق رشد و تولید در گیاه را افزایش می‌دهند (Jahan *et al*., 2009). در مطالعه‌ای روی گیاه ذرت مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی با افزایش رشد گیاه همراه بوده که به دنبال آن میزان عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نیز افزایش یافت (Babaogli *et al*., 2012). همچنین در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی در تلفیق با کودهای شیمیایی با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش بیشتر رشد ذرت و در نتیجه افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در این گیاه شد (El-Karmany *et al*., 2021). در گیاه سورگوم نیز که گیاهی از تیره غلات است، کاربرد کودهای زیستی حاوی آزوسپیریلیوم منجر به افزایش رشد گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد نهایی شد و دلیلی این امر را افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاه سورگوم در اثر همزیستی با این باکتری عنوان شده است (Yadav *et al*., 2017). Fathi و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه خود روی گیاه ذرت اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی مانند نیتروکسین را بر خصوصیات رشدی ذرت اثبات نمودند. در مطالعه Abbas Dekht &Mashhadi (۲۰۱۵) روی گیاه ذرت نیز مشخص شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین توانست میزان ارتفاع بوته ذرت را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد (Mayhew, 2014). Zahir و همکاران (۲۰۱۸) افزایش وزن صد دانه در ذرت در اثر کاربرد منابع کود زیستی نیتروکسین را گزارش نمودند.

اسید هیومیک در اثر تجزیه مواد آلی به ویژه مواد با منشاء گیاهی به وجود می‌آید و در خاک، زغال سنگ و پیت یافت می‌شود و با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰۰-۳۰۰۰۰ سبب تشکیل کمپلکس پایدار و نامحلول با عناصر میکرو می‌گردد (Samavat Malkuti, 2005). اثرات مواد هوموسی مانند هیومیک اسید در ارتباط مستقیم با افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو مانند N، P، S و عناصر غذایی میکرو مانند Mn، Cu ، Zn و Fe می‌باشد (Moradi, 2021). همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود با توجه به اینکه دارای مقادیر زیادی مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود عناصر غذایی خاک، به ویژه آهن و روی با اثر مستقیم بر متابولیسم گیاهی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می گردند (Hakan *et al*., 2011). اسید هیومیک در رشد جمعیت میکروبی خاک و تحریک تبدیل آنها در کنترل بیولوژیک آفات و بیماری ها مهم می‌باشند (Ortega & Fernandez, 2017). از مزایای مهم هیومکس یا اسید هیومیک می‌توان به کلات کنندگی عناصر غذایی مختلف مانند سدیم، پتاسیم، منیزیم، روی، کلسیم، آهن، مس و

سایر عناصر در جهت غلبه بر کمبود عناصر غذایی، افزایش طول و وزن ریشه و آغازش ریشه‌های جانبی اشاره کرد (Ghorbani *et al*., 2013). اسید هیومیک به دلیل اثرات هورمونی، در بهبود جذب مواد غذائی و افزایش بیوماس ریشه و شاخساره، مانند یک اسید آلی مشتق از هوموس عمل می‌کند (Nikbakht & Kafi, 2018). در خصوص نحوه اثر هومیک اسید می‌توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی و اثر غیر مستقیم به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از راه ویژگی کلات کنندگی و احیا کنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء و افزایش متابولیسم ریزجانداران، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه می‌باشد (Moradi, 2019). افزایش وزن دانه و در نتیجه آن افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف مواد هیومیکی به دلیل افزایش جذب مواد غذایی مانند ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و مس و افزایش فتوسنتز، تراکم کلروفیل و تنفس ریشه گیاه می‌باشد (David *et al*., 1994). همچنین محلول‌پاشی هیومیک اسید سبب افزایش عملکرد در گیاهان ذرت شده است (Albuzi *et al*., 1994). در مطالعه‌ای روی گیاه ذرت مشخص شد که کاربرد هیومیک اسید منجر به افزایش وزن خشک ساقه و ریشه گردید و در نهایت عملکرد نهایی دانه نیز افزایش یافت (Sharif *et al*., 2002). Ghorbani و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک در گیاه ذرت منجر به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شده و یکی از دلایل این کار را کلات کنندگی عناصر مورد نیاز گیاه و سهولت دسترسی گیاه به این عناصر عنوان نمودند. در مطالعه‌ای دیگر عنوان شد که کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش دسترسی گیاه ذرت به فسفات محلول شده که در نهایت منجر به افزایش رشد و اجزای عملکرد در این گیاه شده است (Lobartini *et al*., 2018). در مطالعه‌ای دیگر مشخص شد که واکنش گیاه نسبت به کاربرد مقادیر مختلف هیومیک اسید در زمینه افزایش رشد مثبت بود (Nikbakht *et al*., 2008). با توجه به مطالب ارائه شده هدف از اجرای این مطالعه بررسی اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین و هیومکس بر رشد و اجزای عملکرد ارقام ذرت می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به منظور بررسی اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین و هیومیک اسید بر خصوصیات زراعی و عملکرد ارقام ذرت در سال زراعی ۱۴۰۲--۱۴۰۱ در منطقه بروجرد واقع در استان لرستان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح کاربرد کود (شاهد، هیومکس، نیتروکسین و هیومکس + نیتروکسین) و سه رقم ذرت (KSC201، KSC400 و KSC410) بودند. این سه رقم جزو ارقام زودرس بوده که به ترتیب دارای متوسط طول دوره رشد ۸۵-۹۵، ۹۰-۱۰۰ و ۱۱۵-۱۲۰ روز می‌باشند. تیمار شاهد عدم کاربرد هیومیک اسید و نیتروکسین بود. کود هیومکس که ترکیبی از هیومیک اسید و فولیک اسید بود از شرکت بازارگان کالا تهیه گردید. کود نیتروکسین نیز که حاوی باکتریهای ازتوباکتر و آزوسپریلیوم است از شرکت بازارگان کالا تهیه گردید. کود نیتروکسین به میزان یک کیلوگرم برای یک هکتار بذر به صورت بذرمال قبل از کاشت و کود هیومیک اسید در زمان ظهور بلال به میزان ۱۰ لیتر در هکتار مورد استفاده قرار گرفت و تعداد دفعات استفاده یک بار بود. هر خط شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر و فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتیمتر و فاصله بذرها روی هر ردیف ۲۰ سانتیمتر بود و یک ردیف از هر طرف و نیم متر از بالا و پایین برای اثر حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله‌ی هر تکرار از یکدیگر ۲ متر بود. پس از کاشت و اعمال تیمارهای آزمایشی صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفتند. تاریخ کشت ۱۵ خرداد و تاریخ برداشت نیز ۲۵ مهرماه بود و بافت خاک لومی رسی بود.

در مرحله رسیدگی دانه برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته و ارتفاع بلال از سطح خاک تعداد ده بوته از سه ردیف وسط هر کرت انتخاب اندازه‌گیری انجام شد و میانگین اندازه‌گیری ثبت گردید. برای اندازه‌گیری طول برگ و قطر ساقه نیز از میانگین طول برگ و قطر ساقه در ده بوته استفاده گردید. ارتفاع و طول برگ با متر و قطر ساقه به کمک کولیس با دقت پنج درصد از محل طوقه انجام شد. برداشت در تاریخ ۲۵ مهرماه صورت گرفت.

ردیف‌های مختلف بلال‌هایی را که برای نمونه از سه ردیف وسط هر کرت انتخاب و شمارش شد سپس میانگین این ردیف‌ها را به دست آورده و عدد به دست آمده به عنوان تعداد ردیف دانه در بلال برای هر تیمار ثبت شد. تعداد دانه‌های موجود در هر ردیف بلال که تعداد ردیف‌های آن ها محاسبه شده را شمارش و میانگین آنها را به عنوان تعداد دانه در ردیف بلال در نظر گرفته شد. برای این کار تعداد ردیف‌های دانه در بلال را در تعداد دانه در ردیف بلال ضرب و از اعداد به دست آمده میانگین گرفته که عدد محاسبه شده به عنوان تعداد دانه در بلال در نظرگرفته شد. از ۱۰ عدد بلال انتخابی که از سه ردیف وسط هر کرت برداشت و سپس دانه‌ی آن‌ها را جدا کرده پس از مخلوط کردن به طور تصادفی ۱۰۰ عدد دانه را جدا و با ترازوی دیجیتال که دقت بالایی داشته باشد وزن آن ۱۰۰ دانه اندازه‌گیری گردید. به منظور تعیین عملکرد نهایی و عملکرد بیولوژیک، در مرحلهٔ رسیدگی کامل از چهار ردیف میانی هر کرت آزمایشی با رعایت حاشیه از بالا و پایین ردیف‌ها، یک متر مربع برداشت شده و جهت خشک شدن نهایی به مدت یک هفته در هوای آزاد نگه‌داری شد و پس از جدا نمودن دانه‌های وزن شده و به واحد سطح تعمیم داده شد و به عنوان عملکرد دانه در نظر گرفته شد. عملکرد بیولوژیک نیز از وزن کردن کل بوته برداشت شده به همراه وزن دانه‌ها بدست آمد. از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضرب در صد حاصل شد. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. کلیه مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد اثر کاربر کود و رقم بر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح خاک، طول برگ، قطر ساقه، طول بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت معنی‌دار شد. این در حالی بود که اثر متقابل این دو تیمار فقط بر صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال از سطح خاک، تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد دانه در بلال، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک معنی‌دار شد ولی بر دو صفت دیگر اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

جدول۱- تجزیه واریانس خصوصیات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد ارقام ذرت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال از سطح خاک	طول برگ	قطر ساقه	تعدادردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صددانه	عملکرد ماده خشک	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۰/۸	۹۸/۷	۰/۵۹	۰/۰۲	۰/۹۲	۷۱/۶	۱۰/۷	۶/۱	۱۱۳۲	۲۰۱۲	۲۶
کود	۳	۴۱۱**	۲۹/۲**	۳۱۱**	۰/۲۸**	۱۲/۳**	۱۴/۸*	۵۹**	۲۳/۲**	۳۱۲۵۶۲۵**	۳۵۲۶۸**	۱۵**
رقم	۲	۳۷۸**	۲۱/۸**	۲۵۱/۶*	۰/۱۲*	۱۸/۵۱*	۲۹/۴**	۳۵/۸*	۲۹**	۵۵۱۱۲۵۳*	۴۲۵۶۲**	۲۱/۴**
کود*رقم	۶	۳۲۱/۵**	۲۴/۳**	۱۹/۹	۰/۰۰۷	۴/۱۱	۲۷/۶**	۴۸/۸*	۲۱/۱**	۲۴۵۵۶۲۳	۳۱۲۵۶**	۵/۱
خطا	۲۴	۳۲/۵	۲۳/۳	۲۰/۷	۰/۰۱	۱/۹۹	۲/۳۲	۵	۱/۸	۱۳۱۱	۲۵۸۸	۵/۶
ضریب	تغییرات (٪)	۵	۷/۲	۸/۱	۵/۱	۵/۲	۷/۳	۸/۹	۸/۳	۱۱	۱۱/۲	۱۱/۱

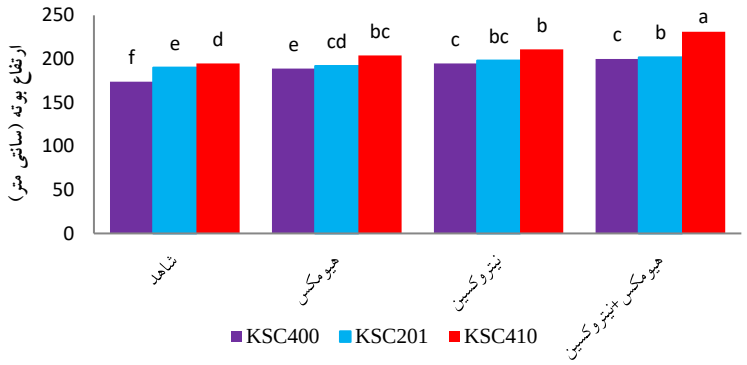
*،** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد براساس آزمون LSD می‌باشند.

نتایج نشان داد کاربرد هیومکس و کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش میزان ارتفاع بوته ذرت نسبت به تیمار شاهد شد و کاربرد هم‌زمان آنها به علت اثر سینرژیستی بین آنها میزان ارتفاع بوته را به میزان بیشتری افزایش داد. همچنین براساس نتایج این مطالعه مشخص شد که بالاترین میزان ارتفاع بوته در همه تیمارهای کودی مربوط به رقم KSC410 بود و این رقم نسبت به دو رقم دیگر در همه سطوح تیمارهای کودی دارای ارتفاع بالاتری بود. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که رقم KSC410 به همراه کاربرد توأم کود نیتروکسین و هیومکس دارای بالاترین میزان ارتفاع بوته به میزان ۲۳۱ سانتی‌متر بود و کمترین میزان ارتفاع بوته به میزان ۱۷۴ سانتی‌متر متعلق به رقم KSC400 به همراه تیمار عدم کاربرد کودهای زیستی بود (شکل ۱). افزایش میزان ارتفاع بوته در سطوح

مختلف کودهای زیستی در رقم KSC410 بیشتر از دو رقم دیگر بود. در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که کاربرد هم‌زمان هیومکس به همراه کود زیستی نیتروکسین دارای اثر سینرژیستی بر ارتفاع بوته ارقام مختلف ذرت بوده و ارتفاع بوته آنرا به طور معنی‌داری افزایش داده است. بدین صورت که هیومکس منجر به آزادسازی عناصر موجود در خاک شده و کودهای زیستی نیتروکسین نیز که حاوی میکروارگانیسم‌های همزیست با ریشه گیاه است با همزیستی با گیاه منجر به افزایش جذب عناصر شده و از این طریق اثر سینرژیستی آنها شرایط را برای افزایش رشد گیاه فراهم نموده‌اند. Fathi و همکاران (۲۰۱۳) نیز در مطالعه خود روی گیاه ذرت اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی مانند نیتروکسین را بر خصوصیات رشدی ذرت اثبات نمودند و بیان داشتند که کاربرد این کود در تلفیق با سایر کودها می‌تواند با اثر سینرژیستی خود منجر به افزایش رشد و ارتفاع بوته ذرت گردد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. در مطالعه حاضر نیز در هر سه رقم ذرت و به خصوص رقم KSC410 بهترین پاسخ با کاربرد کود زیستی نیتروکسین و هیومکس مشاهده گردید. در برخی دیگر از مطالعات مشخص شد که با کاربرد مواد هیومیکی میزان رشد ساقه در گیاهان مختلف افزایش یافته است (Mayhew, 2014)، که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. Tahir و همکاران (۲۰۱۱) اثر سطوح مختلف هیومیک اسید را بر روی گیاه گندم مورد آزمایش قرار دادند نتایج نشان داد که سطوح مختلف هیومیک اسید اختلاف معنی داری بین وزن ساقه و ارتفاع بوته و میزان جذب ازت در رشد گندم دارد. کاربرد اسید هومیک موجب افزایش تعداد برگ و ارتفاع گیاه شد (El-Shabrawy *et al*., 2010). Faizi (۲۰۲۲) افزایش ارتفاع بوته ذرت را که بذرهای آن با باکتری تولید کننده نیتروژن از جمله ازتوباکتر تلقیح شده بودند گزارش کردند. به هر حال اسید هیومیک با اثر بر افزایش رشد اندامهای هوایی گیاه به واسطه افزایش جذب برخی از عناصر غذایی منجر به افزایش ارتفاع بوته می‌گردد (Tarafi & Shokohfar, 2019) که در این مطالعه نیز مشخص شد که کاربرد هیومکس در هر سه رقم منجر به افزایش ارتفاع بوته ذرت شد و با کاربرد هم‌زمان آن با نیتروکسین این افزایش ارتفاع نیز بیشتر شد. علاوه بر کاربرد هیومکس، استفاده از کود زیستی نیتروکسین نیز منجر به افزایش میزان ارتفاع بوته در ارقام ذرت شد و کاربرد نیتروکسین به همراه هیومکس توانست میزان ارتفاع بوته را به میزان بیشتری افزایش دهد. کود نیتروکسین علاوه بر اینکه مقداری از نیتروژن مورد نیاز گیاه ذرت را جهت رشد فراهم می‌نماید، زمینه را برای افزایش جذب نیتروژن و سایر عناصر ضروری مورد نیاز گیاه ذرت فراهم نموده که به دنبال آن رشد گیاه و ارتفاع بوته نیز افزایش یافته است. در مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) روی گیاه ذرت نیز مشخص شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین توانست میزان ارتفاع بوته ذرت را نسبت به تیمار شاهد افزایش دهد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. کودهای زیستی نیتروژنه خود دارای مقادیری نیتروژن جهت رشد گیاه بوده که کاربرد آنها منجر به افزایش رشد و ارتفاع بوته می‌شود (Bhaskara Rao & Charyulu, 2015). در مطالعه حاضر نیز یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته ذرت در اثر کاربرد نیتروکسین وجود مواد نیتروژنه در گیاه جهت رشد بوده که در تلفیق با کود هیومکس میزان رشد گیاه را به میزان بیشتری افزایش داده است.

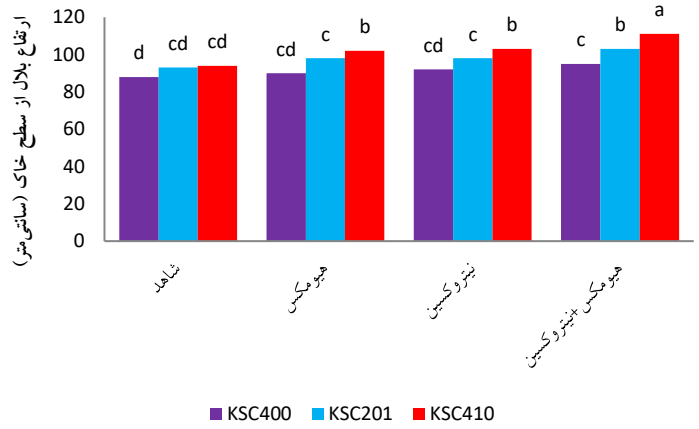
ارتفاع بلال از سطح خاک در ارقام ذرت تحت تأثیر کاربرد کود زیستی و هیومکس قرار گرفت و نتایج نشان داد علاوه بر اینکه کاربرد هیومکس و کود زیستی نیتروکسین به تنهایی سبب افزایش ارتفاع بلال از سطح خاک شد، کاربرد هم‌زمان این دو کود نیز منجر به افزایش بیشتر ارتفاع بوته از سطح خاک شد. براساس این نتایج مشخص شد که بالاترین میزان ارتفاع بوته به میزان ۱۱۱ سانتی‌متر در رقم KSC410 و به همراه کاربرد هم‌زمان کودهای زیستی نیتروکسین و کود هیومکس حاصل گردید. براساس نتایج حاصل از این مطالعه مشخص شد که کمترین میزان ارتفاع بلال از سطح خاک به میزان ۸۸ سانتی‌متر در رقم KSC400 و با عدم کاربرد دو نوع کود نیتروکسین و هیومکس حاصل گردید. پس از رقم KSC410 بالاترین میزان ارتفاع بلال از سطح خاک در همه سطوح کودهای مختلف متعلق به رقم KSC201 بود (شکل ۲). ارقام مختلف ذرت به کاربرد کودزیستی نیتروکسین و هیومکس واکنش مشابهی نشان دادند و نتایج بیانگر بیشتر شدن ارتفاع بلال از سطح خاک با افزایش طول دوره رشد رقم بود و رقم KSC410 که دارای طول دوره رشد بیشتری بود ارتفاع بلال بالاتری از سطح خاک داشت. افزایش طول دوره رشد این رقم با افزایش جذب آب و مواد غذایی و همچنین

افزایش دریافت نور خورشید همراه بوده و همین امر مهمترین دلیل بر افزایش ارتفاع بوته و در نتیجه افزایش ارتفاع بلال از سطح خاک می‌باشد. از طرفی رقم KSC400 که دارای کمترین طول دوره رشد بود دارای کمترین میزان ارتفاع بلال از سطح خاک بود. کاربرد همزمان کودهای نیتروکسین و هیومکس با توجه به نقش مکمل آنها در ترکیب کردن و جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به افزایش رشد، ارتفاع بوته و ارتفاع بلال از سطح خاک منجر شده است و این می‌تواند ناشی از اثر سینرژیستی کاربرد همزمان آنها باشد. اسید هیومیک به دلیل اثرات هورمونی، در بهبود جذب مواد غذائی و افزایش بیوماس ریشه و شاخساره، مانند یک اسید آلی مشتق از هوموس عمل می‌کند (Nikbakht & Kafi, 2008). در تحقیق Tahir و همکاران (۲۰۱۱) که اثر سطوح مختلف هیومیک اسید را بر گیاه گندم مورد آزمایش قرار دادند نتایج نشان داد که سطوح مختلف هیومیک اسید اختلاف معنی‌داری بین وزن ساقه و ارتفاع ساقه و طول بوته و میزان جذب نیتروژن در رشد گندم دارد. با توجه به اینکه کاربرد کود زیستی نیتروکسین با تأمین نیتروژن و سایر مواد غذایی مورد نیاز گیاه منجر به افزایش ارتفاع بوته ارقام مختلف ذرت شده است، طبیعتاً این افزایش ارتفاع روی افزایش ارتفاع بلال از سطح خاک نیز اثر گذاشته و منجر به افزایش آن از سطح خاک می‌گردد. نتایج حاصل از مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه بوده و این محققین نیتروژن موجود در کود و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید موجود در کود را از عوامل افزایش رشد و ارتفاع بلال از سطح خاک عنوان نمودند.



شکل ۱- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر ارتفاع بوته ارقام ذرت

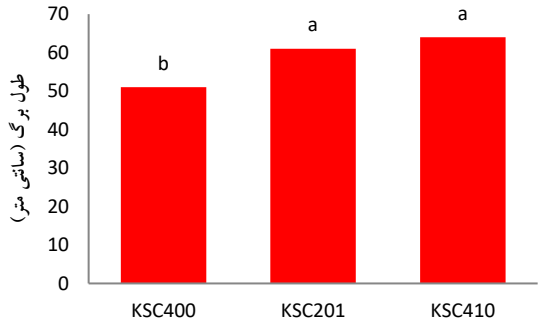
ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.



شکل ۲- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر ارتفاع بلال ارقام ذرت از سطح خاک

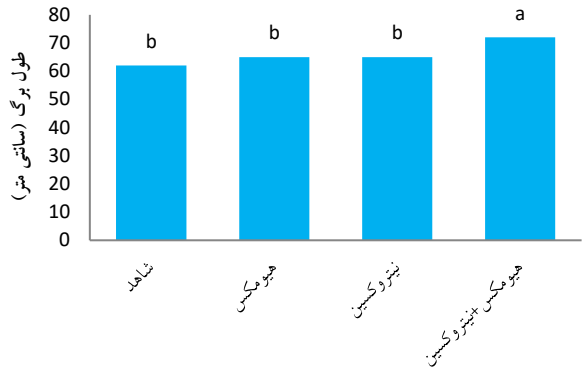
ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

برگ به عنوان واحد فتوسنتز کننده و سازنده مواد غذایی مورد نیاز پر شدن دانه از اهمیت بسیاری برخوردار است. اندازه برگ از صفات مهم در تعیین عملکرد نهایی دانه می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش نشان داد رقم KSC410 دارای بالاترین میزان طول برگ به میزان ۶۴ سانتی‌متر بود و این رقم با رقم KSC201 (۶۱ سانتی‌متر) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان طول برگ به مقدار ۵۱ سانتی‌متر در رقم KSC400 به ثبت رسید (شکل ۳). در بین تیمارهای مختلف کودی نیز کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد که بالاترین طول برگ به میزان ۷۲ سانتی‌متر حاصل گردید و با سایر تیمارهای کودی اختلاف معنی‌دار داشت در حالی که بین سایر سطوح کودی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴). رقم KSC410 دارای طول برگ بیشتری نسبت به دو رقم دیگر بوده و این به دلیل خصوصیات رشدی بهتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام بود. هر چند بین کاربرد نیتروکسین و هیومکس از نظر طول برگ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی نتایج نشان داد کاربرد هم‌زمان آنها منجر به افزایش معنی‌دار طول برگ شد. طول برگ یکی از صفات مورفولوژیکی است که نقش تعیین کننده‌ای در عملکرد نهایی دارد. با توجه به اینکه سطح برگ بیشتر سبب افزایش توان فتوسنتزی گیاه و به دنبال آن انتقال آنها به دانه‌ها می‌گردد مصرف نهاده‌هایی که سبب گسترش سطح برگ میگردند در گیاه ذرت مهم هستند (Faizi, 2022)، که در این مطالعه با توجه به اینکه کاربرد نیتروکسین و هیومکس به تنهایی منجر به افزایش طول برگ نسبت به تیمار شاهد شد ولی نتایج بیانگر افزایش معنی‌دار سطح برگ در تیمار کاربرد تلفیقی آنها در مقایسه با کاربرد تنهای هر کدام از این دو کود بود. Khodabandehlu (۲۰۱۵) بیان نمودند که مصرف منابع تأمین کننده نیتروژن زیستی و شیمیایی با طول برگ رابطه مستقیم داشته و افزایش بیشتر منابع نیتروژن در این گیاه طول و سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داده است. در مطالعه حاضر کاربرد کود زیستی نیتروکسین در تلفیق با کود هیومکس نسبت به تیمارهای شاهد و کاربرد تنهای آنها دارای اثر مثبت بر افزایش طول برگ بود. اثر سینرژیستی ناشی از کاربرد هم‌زمان کودهای نیتروکسین و هیومکس به دلیل فراهمی مواد غذایی و جذب بیشتر آنها تحت این شرایط می‌باشد. Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز در مطالعه خود به اثر مثبت کود نیتروکسین بر خصوصیات برگی گیاه ذرت اشاره نمودند که با نتایج حاصل از این مطالعه در یک راستا بودند.



شکل۳- اثر رقم بر طول برگ ذرت

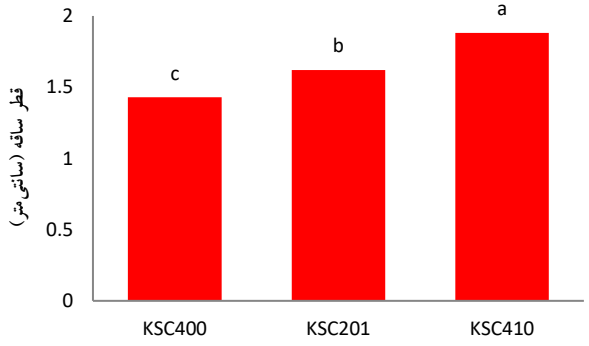
ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.



شکل۴- اثر کودهای زیستی بر طول برگ ارقام ذرت

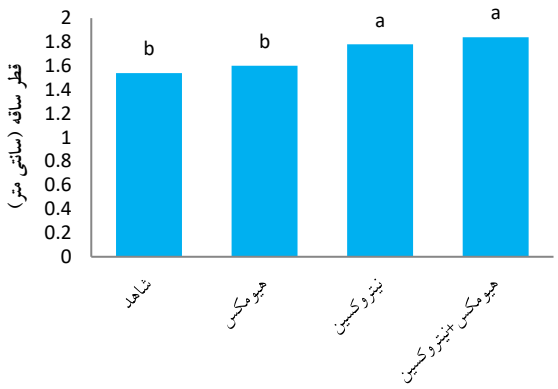
-ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

مقایسات میانگین داده‌ها نشان داد در بین ارقام، رقم KSC410 دارای بالاترین میزان قطر ساقه (۱/۸۸ سانتی‌متر) و رقم KSC400 دارای کمترین میزان قطر ساقه (۱/۴۳ سانتی‌متر) بود و بین آنها اختلاف معنی‌داری وجود داشت شکل ۵). بین تیمارهای مختلف کاربرد کود هیومیک اسید نیز اختلاف وجود داشت و براساس نتایج مشخص شد که کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و هیومکس سبب شد که بالاترین میزان قطر ساقه به میزان ۱/۸۴ سانتی‌متر به دست آید و این تیمار با تیمار کاربرد نیتروکسین (۱/۵۴ سانتی‌متر اختلاف معنی‌داری نداشت. از طرف دیگر بین دو تیمار شاهد و کاربرد هیومکس اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۶). رقم KSC410 از نظر قطر ساقه نیز رقم برتر بود. همچنین کاربرد هم‌زمان کودهای نیتروکسین و هیومکس دارای اثر معنی‌دار بر افزایش قطر ساقه ذرت بود ولی نتایج نشان داد این تیمار با کاربرد تنهای نیتروکسین تفاوت معنی‌داری نداشت و در این زمینه نیتروکسین نسبت به هیومکس بهتر عمل نموده است. بهبود شرایط تغذیه‌ای در شرایط کاربرد کودهای زیستی و معدنی می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش خصوصیات مورفولوژیکی از قبیل قطر ساقه، موثر باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). کاربرد کود هیومکس منجر به افزایش آزادسازی عناصر در خاک شده و کاربرد نیتروکسین نیز علاوه بر اینکه نیتروژن مورد نیاز گیاه را تا حدودی فراهم نموده، منجر به افزایش جذب سایر عناصر شده که کاربرد هم‌زمان آنها منجر به افزایش رشد و قطر ساقه در ذرت شده است. نتایج برخی دیگر از مطالعات در این زمینه نیز تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد (Mashhadi & Abbas Dekht, 2015).



شکل ۵- اثر رقم بر قطر ساقه ذرت

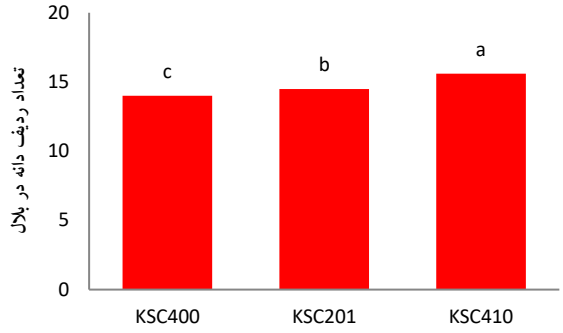
ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.



شکل ۶- اثر کودهای زیستی بر قطر ساقه ارقام ذرت

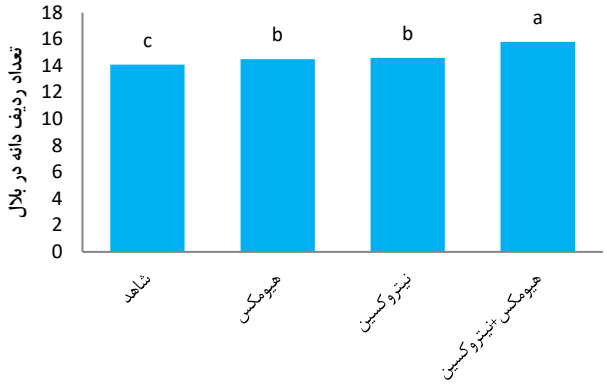
ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای آزمایش مشخص شد که بین ارقام مختلف ذرت از نظر تعداد ردیف دانه در بلال اختلاف وجود داشت و مشخص شد که رقم KSC410 دارای بالاترین تعداد ردیف دانه در بلال به تعداد ۱۵/۶ ردیف دانه در بلال بود و پس از این رقم نیز ارقام KSC201 (۱۴/۵ ردیف) و رقم KSC400 (۱۴ ردیف) قرار داشتند (شکل ۷). بین سطوح مختلف تیمار کودی نیز تفاوت وجود داشت و نتایج بیانگر این بود که کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد که تعداد ردیف دانه در بلال بالاتر از سایر تیمارها بود (۱۵/۸ ردیف). هر چند بین کاربرد تنهای هیومکس و نیتروکسین از این نظر اختلاف وجود نداشت ولی کمترین میزان آن در تیمار عدم کاربرد کود به تعداد ۱۴/۱ ردیف حاصل گردید (شکل ۸). افزایش رشد بوته با افزایش دریافت مواد غذایی همراه بوده و همین امر در افزایش پتانسیل گیاه برای افزایش واحدهای زایشی دخالت دارد. در این مطالعه نیز رقم KSC410 که دارای طول دوره رویش بیشتری هست توانست تعداد ردیف دانه بیشتری در بلال تشکیل دهد، هر چند که خصوصیات ژنتیکی رقم نیز در این زمینه اثر مستقیم دارد. کاربرد تنهای هیومکس و نیتروکسین تعداد ردیف دانه در بلال را افزایش داد و کاربرد تلفیقی آنها توانست این صفت را به طور معنی‌داری افزایش دهد. تعداد ردیف دانه در بلال قبل از ظهور بلال و عمدتاً بر اساس پتانسیل ژنتیکی گیاه تعیین می‌گردد. بعد از لقاح دانه‌ها، ادامه رشد و پرشدن آنها منوط به ارسال مواد فتوسنتزی از منبع تولید کننده مواد پرورده به سوی آنها می‌باشد. با فراهمی عناصر غذایی در این مرحله تأثیر بر ظرفیت‌های ژنتیکی مثبت بوده و در همین شرایط سطح برگ نیز بر اساس پتانسیل ژنتیکی گیاه کاملاً توسعه یافته و با حداکثر ظرفیت خود مواد فتوسنتزی را تولید و با اولویت به سوی دانه‌ها ارسال می‌کند تا گیاه حداکثر توانایی ژنتیکی خود را برای نزدیک شدن به پتانسیل تولید بروز دهد (Faizi, 2022). هر چند تعداد ردیف دانه در بلال تا حدودی وابسته با ژنتیک گیاه است ولی در این مطالعه مشخص شد کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین اثر مثبت بیشتری بر افزایش تعداد ردیف دانه در بلال نسبت به کاربرد تنهای آنها داشت. فراهمی مواد غذایی و به خصوص نیتروژن به افزایش دسترسی بلال به مواد غذایی منجر شده که در نهایت پتانسیل افزایش تعداد ردیف دانه در بلال را افزایش می‌دهد (Pirbaloti *et al.*, 2016). در مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز مشخص شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش تعداد ردیف دانه در بلال ذرت شد که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطاله بود. در مطالعه Falchieri & Frioni (۱۹۹۸) نیز مشخص شد که کاربرد کود زیستی منجر به افزایش تعداد ردیف دانه در بلال شد که این نتایج نیز تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه بود. در این مطالعه با توجه به اینکه خصوصیات ژنتیکی گیاه و زودرسی و دیررسی گیاه روی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه اثر دارد مشخص شد که رقم KSC410 که رقم دیررسی می‌باشد دارای بالاترین تعداد ردیف دانه در بلال بوده و کمترین میزان آن نیز متعلق به رقم KSC400 بوده و اختلاف بین هر سه رقم نیز معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۷- اثر رقم بر تعداد ردیف دانه در بلال ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

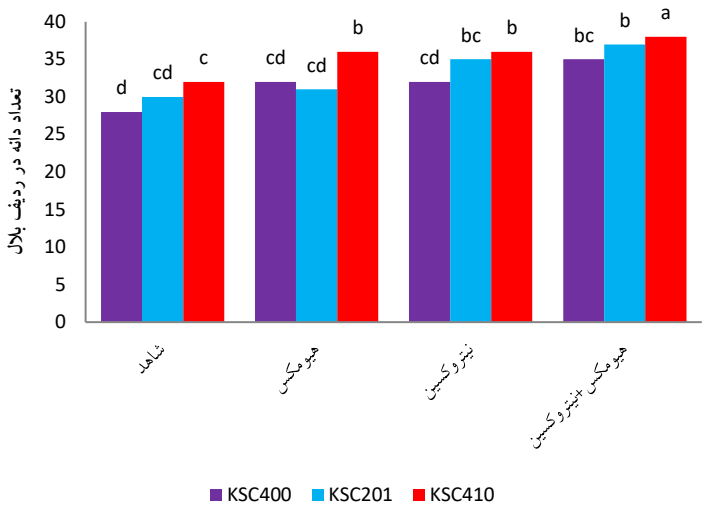


شکل ۸- اثر کودهای زیستی بر تعداد ردیف دانه در بلال ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل رقم و کود بر تعداد دانه در ردیف بلال معنی‌دار شد و با کاربرد سطوح مختلف کودی رقم KSC410 رقم برتر بود و کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین دارای اثر بیشتری بر افزایش تعداد دانه بارور در ردیف بلال بود به طوری که بالاترین تعداد دانه در ردیف بلال به تعداد ۳۸ دانه در تیمار کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین و در رقم KSC410 حاصل شد. این در حالی بود که عدم کاربرد هر دو کود سبب شد که تعداد دانه در ردیف کمتری در ارقام ذرت حاصل گردد به طوری که کمترین تعداد دانه در ردیف بلال در تیمار عدم کاربرد کود و در رقم KSC400 به تعداد ۲۸ دانه شکل گرفت (شکل ۹). هر چند رقم KSC410 دارای بالاترین تعداد دانه در ردیف بلال بود ولی نتایج نشان داد در همه ارقام کاربرد هم‌زمان کود نیتروکسین و هیومکس منجر به افزایش تعداد دانه در ردیف بلال گردید. افزایش تعداد دانه در ردیف بلال با کاربرد کودهای زیستی در برخی دیگر از مطالعات از جمله مطالعه Fathi و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ذرت به اثبات رسیده که با یافته‌های حاصل از این مطالعه در تطابق بود.

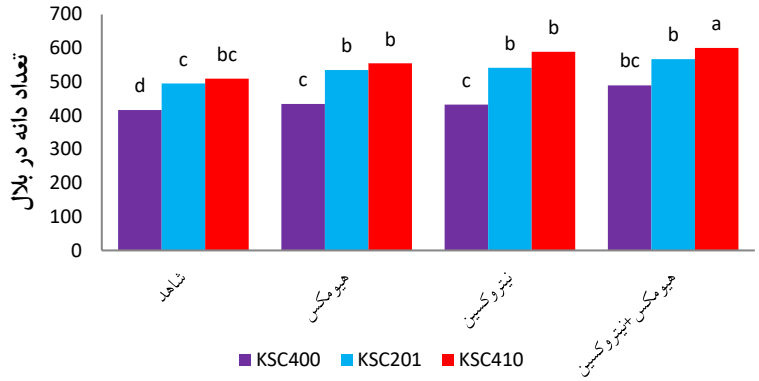
افزایش تعداد دانه در ردیف بلال به دلیل افزایش پتانسیل بلال در افزایش تعداد دانه‌های تلقیح شده است که شرایط تغذیه‌ای گیاه در این مهم سهم بسزایی دارد. فراهمی مواد غذایی در اثر کاربرد هیومکس و افزایش جذب آنها توسط نیتروکسین منجر به افزایش انتقال آنها به سمت دانه‌ها شده که در نتیجه آن تعداد دانه بارور در بلال را افزایش داده است و کاربرد تلفیقی آنها دارای اثر سینرژیستی بر افزایش تعداد دانه در بلال در ارقام مختلف ذرت و به خصوص رقم KSC410 می‌باشد. در مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز افزایش تعداد دانه در ردیف بلال در اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین گزارش شده است که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. آنها در توجیه این نتایج بیان داشتند که کمبود نیتروژن منجر به کاهش رشد اندامهای مختلف از جمله تعداد دانه در بلال شده و کاربرد کودهای زیستی بر این مشکل غلبه نموده (Mashhadi & Abbas Dekht, 2015) ، که در نهایت با تلفیق آن با کود هیومکس تعداد دانه در ردیف بلال افزایش یافته است.



شکل ۹- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر تعداد دانه در ردیف بلال ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

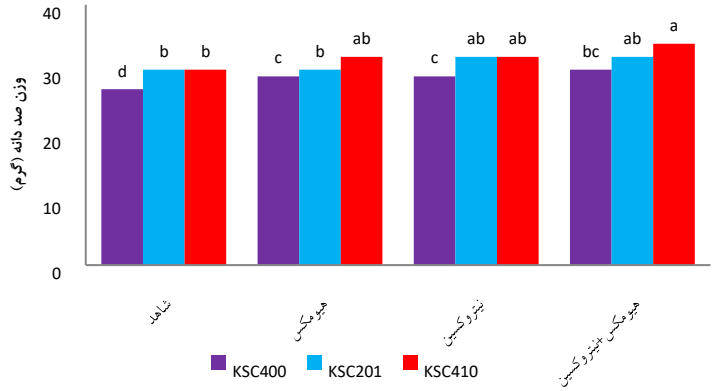
تعداد دانه در بلال نیز تحت تأثیر متقابل رقم و کود قرار گرفت و نتایج نشان داد کاربرد همزمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد که بالاترین تعداد دانه در بلال (۶۰۱ دانه در بلال) در رقم KSC410 حاصل گردد. در همه ارقام کاربرد همزمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد که بالاترین تعداد دانه در بلال به دست آید و کاربرد نیتروکسین در افزایش تعداد دانه در بلال بهتر از کاربرد تنهای هیومکس بود. همچنین نتایج نشان داد در همه سطوح کودی رقم KSC400 دارای کمترین تعداد دانه در بلال بود به طوری که در این رقم کمترین تعداد دانه در بلال در تیمار عدم کاربرد کود به تعداد ۴۱۷ دانه در بلال حاصل گردید (شکل ۱۰). هرچند تعداد دانه در بلال تحت کنترل ژنتیک می‌باشد ولی در این مطالعه مشخص شد که در هر سه رقم تعداد دانه در بلال تحت تأثیر کاربرد کود زیستی و هیئومکس قرار گرفت. علاوه بر اینکه تعداد دانه در بلال در رقم KSC410 بالاتر از دو رقم دیگر بود، نتایج همچنین نشان داد کاربرد تلفیقی کود زیستی نیتروکسین و هیومکس منجر به افزایش تعداد دانه در بلال در هر سه رقم ذرت شد که بیانگر اثر سینرژیستی کاربرد همزمان این دو کود بر صفت تعداد دانه در بلال بود. افزایش تعداد دانه در بلال در اثر کاربرد اسید هیومیک بدین دلیل است که کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش تولید هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در گیاه شده و این هورمونها سبب افزایش تسهیم مواد پرورده به سمت اندامهای زایشی شده که در نتیجه آن تعداد دانه در بلال افزایش یافته است (Abdel Mawgoud *et al.*, 2017). از طرفی علاوه بر کاربرد هیومکس، کاربرد کود زیستی نیتروکسین نیز به دلیل اثر بر افزایش جذب مواد غذایی و انتقال آنها به سمت دانه منجر به افزایش تعداد دانه در بلال در هر سه رقم شده است. Sharif و همکاران (۲۰۰۲) نیز نشان دادند که محلول‌پاشی اسید هیومیک در گیاه ذرت سبب افزایش تعداد دانه در بلال شد که ناشی از افزایش جذب عناصری از قبیل نیتروژن توسط ذرت می‌باشد. افزایش تعداد دانه در ردیف بلال و همچنین افزایش تعداد ردیف دانه در بلال در اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین از دلایل عمده افزایش تعداد دانه در بلال در ارقام ذرت است. نتایج مشابهی با مبنی بر افزایش تعداد دانه در بلال با کاربرد کود زیستی نیتروکسین در ذرت گزارش شده است (Mashhadi & Abbas Dekht, 2015) که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد. افزایش تعداد دانه در بلال ذرت در اثر کاربرد منابع مشابه تغذیه‌ای در برخی دیگر از مطالعات گزارش شده است (Dalla Santa *et al.*, 2004) که با نتایج حاصل از این مطالعه در یک راستا هستند.



شکل ۱۰- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر تعداد دانه در بلال ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

وزن صد دانه نیز از صفاتی بود که تحت تأثیر متقابل رقم و کود قرار گرفت و نتایج نشان داد کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد که در همه ارقام وزن صد دانه به میزان بیشتری افزایش یابد. بالاترین میزان وزن صد دانه در رقم KSC410 و به همراه کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین به میزان ۳۴ گرم حاصل شد. این در حالی بود که عدم کاربرد کود سبب شد که کمترین وزن صد دانه به میزان ۲۷ گرم در رقم KSC400 حاصل گردد (شکل ۱۱). افزایش وزن صد دانه در ذرت با کاربرد تلفیقی کودهای نیتروکسین و هیومکس در هر سه رقم روند مشابهی داشت و در این بین رقم KSC410 پاسخ بهتری به کاربرد این دو کود نشان داد و وزن صد دانه بیشتری با کاربرد تلفیقی این دو کود داشت. بعد از لقاح دانه‌ها، ادامه رشد و پرشدن آنها منوط به ارسال مواد فتوسنتزی از منبع تولید کننده مواد پرورده به سوی آنها می‌باشد و استفاده از کود هیومکس عمدتاً از طریق افزایش بیشتر پتانسیل تولید و انتقال مواد فتوسنتزی در زمان خمیری شدن دانه‌ها موجب افزایش وزن صد دانه می‌شود (Shaaban, 2011). استفاده از کودهای مختلف تغذیه‌ای از جمله فراهمی ریزمغذی‌ها در تشکیل دانه و افزایش وزن هزار دانه موثر است (Murschner, 1995). نتایج مطالعه Jahan و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که مصرف اسید هیومیک در لوبیا باعث افزایش وزن دانه در بوته شده است. افزایش وزن دانه و در نتیجه آن افزایش عملکرد دانه در اثر مصرف مواد هیومیکی به دلیل افزایش جذب مواد غذایی مانند ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و مس (David *et al*., 1994)، و افزایش فتوسنتز، تراکم کلروفیل و تنفس ریشه گیاه می‌باشد (Chen & Aviad, 2019). افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها در اثر کاربرد هیومیک اسید نیز از دلایل افزایش وزن صد دانه ذرت در تیمار کاربرد هیومکس بود (Tarafi & Shokohfar, 2019). پژوهشگر دیگری نیز در مطالعه خود روی گندم عنوان داشت که کاربرد هیومیک اسید میزان وزن دانه گندم را ۱۲ درصد افزایش داد، که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت داشت. کاربرد کود زیستی نیتروکسین با افزایش سطح ریشه‌های گیاه و افزایش جذب و انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه و در نتیجه آن به دانه‌ها منجر به افزایش وزن صد دانه گردید (Shahbazi, 2017). در مطالعه Fathi و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشخص شد که کاربرد کود زیستی و به خصوص نیتروکسین میزان وزن صد دانه ذرت افزایش یافته که با یافته‌های این مطالعه مطابقت داشت. این محققین افزایش میزان فتوسنتز گیاه و همچنین افزایش جذب مواد غذایی از خاک به واسطه کاربرد کود زیستی نیتروکسین را اصلی‌ترین عامل افزایش وزن صد دانه در ذرت عنوان نمودند. در مطالعه حاضر نیز علاوه بر اینکه کاربرد کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش میزان وزن صد دانه ارقام ذرت شد، مشخص گردید که کاربرد این کود در تلفیق با کود هیومکس میزان وزن صد دانه را به خصوص در رقم KSC410 حاصل نمود. در مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز گزارش شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش وزن صد دانه ذرت شد که با نتایج حاصل از این مطالعه هم‌خوانی داشت.

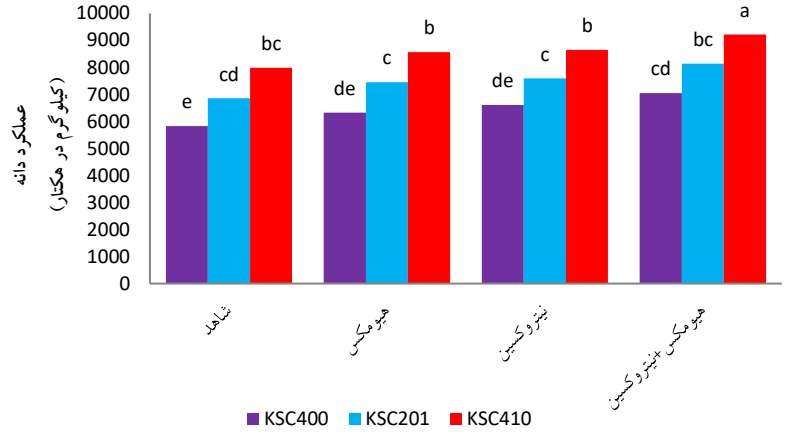


شکل ۱۱- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر وزن صد دانه ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

همچنین Zahir و همکاران (۲۰۱۸) افزایش وزن صد دانه در ذرت در اثر کاربرد منابع کود زیستی را گزارش نمودند. کاربرد هم‌زمان دو کود هیومکس و نیتروکسین منجر به افزایش بیشتر میزان عملکرد دانه در ارقام مختلف ذرت مورد مطالعه گردید و این وضعیت برای همه ارقام مشابه بود. براساس این نتایج مشخص شد که کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین سبب شد بالاترین میزان عملکرد دانه (۹۲۱۶ کیلوگرم در هکتار) در رقم KSC410 حاصل گردد. همچنین کمترین میزان عملکرد دانه (۵۸۲۵ کیلوگرم در هکتار) در رقم KSC400 و به همراه عدم کاربرد هر کدام از دو تیمار کودی حاصل شد (شکل ۱۲). رقم KSC410 به دلیل طولانی بودن طول دوره رشد و در نتیجه بالاتر بودن اجزای عملکرد آن دارای عملکرد دانه بالاتری نسبت به دو رقم دیگر بود. از طرفی در این رقم و دو رقم دیگر کاربرد هزمان نیتروکسین و هیومکس منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شد. نتایج برخی دیگر از مطالعات در راستای این مطالعه بود و مشخص شد که کاربرد محلول‌پاشی هیومیک اسید سبب افزایش عملکرد در گیاهان ذرت شده است (Moradi, 2019; Albuzio *et al.*, 1994) هیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تأثیر مثبتی که بر جنبه های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد (Bronick & Lai, 2015). کاربرد کود زیستی نیتروکسین به همراه هیومکس زمینه را برای افزایش جذب عناصر کلات شده توسط هیومیک اسید فراهم نموده و از این طریق بر عملکرد نهایی دانه ذرت اثر دارد. در مطالعه‌ای دیگر Khatamiyan و همکاران (۲۰۱۹) عنوان داشتند که کاربرد کود زیستی با اثر بر افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی منجر به افزایش عملکرد نهایی دانه در گیاه تریتیکاله شده است. کاربرد اسید هیومیک به صورت محلول پاشی در گندم نیز موجب افزایش ۲۴ درصدی عملکرد در این گیاه شد (Delfine *et al.*, 2005). کاربرد کودهای هیومکسی مانند مگا هومات و هیومیک پاور باعث افزایش سرعت فتوسنتز، توسعه زیست توده ریشه و محتوی عناصر غذایی گیاه را شده (Liu *et al.*, 1998) و به دنبال آن میزان عملکرد دانه در این تیمارها افزایش یافته است. در زمینه افزایش عملکرد دانه عنوان شده است که اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلولهای گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ و فتوسنتز منجر به افزایش عملکرد دانه شده است (Tarafi & Shokohfar, 2019). در ذرت دوره بحرانی تشکیل دانه بین یک تا دو هفته قبل از کاکل دهی تا سه هفته بعد از کاکل دهی است و افزایش فراهمی مواد غذایی در این مرحله به همراه افزایش شاخص سطح برگ منجر به افزایش نهایی عملکرد دانه می‌گردد. فراهم بودن مواد پرورده و انتقال آن به بلال در این دوره ارتباط بسیار نزدیکی با تعداد دانه در بلال و در نهایت عملکرد دانه (Sadeghi & Borhani, 2002). Haqnazari (۲۰۱۵) گزارش کرد که کمبود مواد تغذیه‌ای و نیتروژن از طریق پایین آوردن شاخص سطح برگ با تأثیر بر فراهمی مواد پرورده برای بلال بر فتوسنتز گیاهی و ساخت و ساز اثر گذاشته و موجب تخریب پروتئین‌ها و پیری زودرس برگ‌ها شده و بر روی فرایند فتوسنتز گیاه تأثیر منفی می‌گذارد و در ادامه آن عملکرد دانه کاهش می‌یابد. کاربرد

کود زیستی در تلفیق با هیومکس دارای اثر فزاینده‌ای در تأمین مواد غذایی گیاه بوده که به دنبال آن عملکرد دانه افزایش یافته است و این افزایش به دلیل انتقال بیشتر مواد غذایی به اندامهای زایشی گیاه می‌باشد. نتایج برخی دیگر از مطالعات بیانگر اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی بر میزان عملکرد دانه ذرت بوده که تأیید کننده نتایج حاصل از این مطالعه می‌باشد (Mashhadi & Abbas Dekht, 2015; Javed *et al.*, 1998). علاوه بر همیاری کودهای زیستی در جذب برخی عناصر غذایی و توسعه سیتم ریشه‌ای گیاه، ترشح هورمونهای اکسین و جیبرلین و همچنین سیتوکینین توسط میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی از عوامل افزایش رشد و عملکرد در گیاه ذرت می‌باشد (Lucangeli & Bottini, 1997).

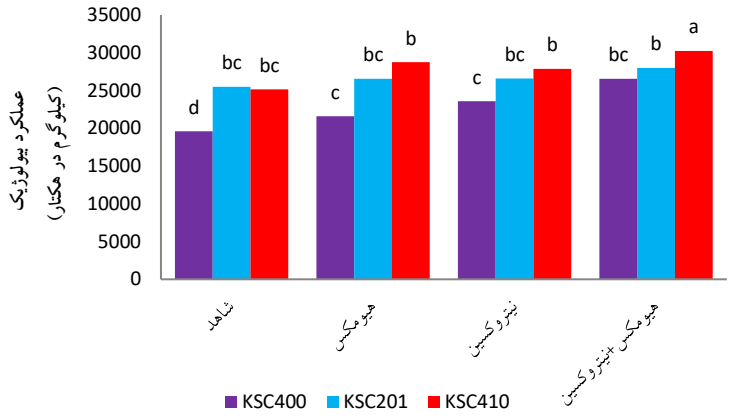


شکل ۱۲- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر عملکرد دانه ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

عملکرد بیولوژیک ارقام ذرت تحت تأثیر کاربرد هم‌زمان دو کود هیومکس و نیتروکسین قرار گرفت و نتایج بیانگر این بود که بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک به میزان ۳۰۲۵۶ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کاربرد هم‌زمان هیومکس و نیتروکسین در رقم KSC410 بود. در هر سه رقم نیز عدم کاربرد دو کود هیومکس و نیتروکسین منجر به کاهش میزان عملکرد بیولوژیک شد به طوری که کمترین میزان عملکرد بیولوژیک به میزان ۱۹۵۸۲ کیلوگرم در هکتار در رقم KSC400 به همراه عدم کاربرد دو کود هیومکس و نیتروکسین به ثبت رسید (شکل ۱۳). کاربرد کود هیومکس نسبت به تیمار عدم کاربرد آن سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در ذرت شد و این افزایش با کاربرد کود زیستی و اثر سینرژیستی آن با هیومیک اسید افزایش بیشتری نشان داد. کاربرد هیومکس منجر به رسیدن سریع‌تر گیاه ذرت به حداکثر شاخص سطح برگ شده و از طرفی با افزایش دوام سطح برگ منجر به افزایش تجمع ماده خشک شده که در نهایت عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافته است (Ghorbani *et al.*, 2013). از طرفی کاربرد هم‌زمان اسید هیومیک و نیتروکسین با اثر بر افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و افزایش رشد اجزای مختلف بوته مانند ارتفاع و سایر خصوصیات رشدی میزان عملکرد بیولوژیک را به خصوص در رقم KSC410 افزایش دادند. بیشتر بودن میزان عملکرد بیولوژیک در رقم KSC410 نیز بدین دلیل است که این رقم دارای دوره رشد طولانی‌تری نسبت به دو رقم دیگر بوده و همین امر امکان استفاده بیشتر این رقم از منابع محیطی را بیشتر فراهم نموده و منجر به افزایش ماده خشک شده است. کاربرد هیومیک اسید انتقال مواد غذایی از خاک به گیاه را افزایش داده و با افزایش رشد عمومی گیاه منجر به افزایش تولید و در نتیجه افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد (Tarafi & Shokohfar, 2019). همچنین Shahbazi (۲۰۱۷) در مطالعه خود عنوان داشت که کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه گندم شد که با یافته‌های حاصل از این مطالعه مطابقت داشت.

کاربرد کود زیستی نیتروکسین با اثر مثبت بر رشد اندامهای مختلف گیاه از قبیل ساقه و برگ منجر به افزایش میزان عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت شده است. این افزایش با کاربرد هیومکس به هم‌افزایی تبدیل شده و از این طریق بازده کاربرد این کود زیستی نیز افزایش یافته است. در مطالعه Mashhadi & Abbas Dekht (۲۰۱۵) نیز افزایش میزان عملکرد بیولوژیک ذرت در اثر کاربرد نیتروکسین به اثبات رسید که با نتایج حاصل از این مطالعه در یک راستا بودند. افزایش عملکرد دانه بر اثر کاربرد کود زیستی نیتروکسین نیز اثر مثبت بر عملکرد بیولوژیک تولیدی توسط گیاه ذرت داشته و با توجه به اینکه عملکرد دانه جزئی از عملکرد بیولوژیک است اثر کاربرد کود نیتروکسین بر افزایش عملکرد دانه اثر مستقیم در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه ذرت دارد. مطالعه Parvizi و همکاران (۲۰۲۰) نیز روی گیاه ذرت مشخص نمود که کاربرد کود زیستی نیتروکسین اثر مثبت بر میزان عملکرد بیولوژیکی گذاشت و بیان داشتند که کاربرد نیتروکسین دوره رشد و همچنین دوره پر شدن دانه‌ها را افزایش داده و از طریق اثر بر اجزای عملکرد منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک در گیاه ذرت شده است. در مطالعه Rashid و همکاران (۲۰۰۶) بر روی جو نیز مشخص شد که کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک شده و این افزایش را ناشی از اثر کود زیستی بر اجزای دخیل در عملکرد دانه عنوان نمودند. از طرف دیگر میکروارگانیسم‌های موجود در کودهای زیستی سنتز انواع ویتامینها و اسیدهای آمینه را موجب شده که به واسطه آن میزان رشد و عملکرد بیولوژیکی گیاه نیز افزایش می‌یابد (Sanhita-Gupta *et al.*, 2015)

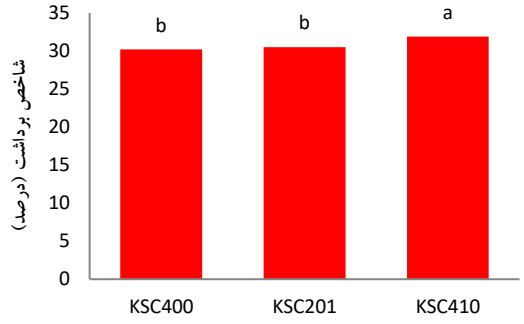


شکل ۱۳- اثر متقابل رقم و کودهای زیستی بر عملکرد ماده خشک ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

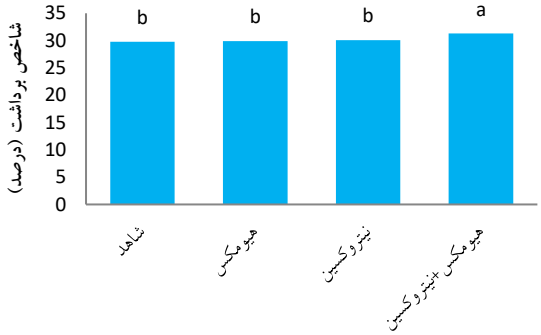
شاخص برداشت حاصل تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بوده و در این مطالعه مشخص شد که رقم KSC410 دارای شاخص برداشت بالاتری (۳۱/۹ درصد) نسبت به دو رقم دیگر بود و بین دو رقم KSC400 و KSC201 از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱۴). همچنین نتایج نشان داد کاربرد همزمان کودهای هیومکس و نیتروکسین سبب شد که بالاترین میزان شاخص برداشت به میزان ۳۱/۳ درصد حاصل گردد و بین سایر سطوح کودی از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱۵). کاربرد تنهای هیومکس و نیتروکسین اثر مثبتی بر افزایش شاخص برداشت ذرت نداشت ولی نتایج نشان داد کاربرد همزمان آنها منجر به افزایش شاخص برداشت شده است. البته باید در نظر داشت که براساس رابطه محاسبه شاخص برداشت افزایش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک منجر به افزایش شاخص برداشت شده است که در این مطالعه این هدف با کاربرد تلفیقی نیتروکسین و هیومکس به وقوع پیوسته است. Haji Boland و همکاران (۲۰۱۴) بیان نمودند که هیومیک اسید، میتواند با افزایش جمعیت و فعالیت باکتری ها، تولید فیتوهورمونهای رشد گیاه را افزایش داده و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد و شاخص برداشت را افزایش داده است. Tarafi & Shokohfar (۱۳۹۸) و Shahbazi (۲۰۱۷) علاوه بر افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک افزایش شاخص برداشت در اثر

کاربرد هیومیک اسید را گزارش نموده و دلیل آن را اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به عملکرد اقتصادی در مقایسه با عملکرد بیولوژیک گزارش نمودند. در واقع باید در نظر داشت که شاخص برداشت معیاری برای انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن است و افزایش شاخص برداشت بیانگر بیشتر بودن این انتقال است. در مطالعه حاضر نیز مشخص شد که علاوه بر اثر اسید هیومیک بر شاخص برداشت، کاربرد همزمان آن با کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش بیشتر شاخص برداشت شد. این افزایش بدین دلیل است که کاربرد این کودها اثر بیشتری بر افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک داشته که در نهایت افزایش شاخص برداشت را به همراه داشته است. در مطالعه‌ای مشابه مشخص شد که کاربرد کود زیستی نیتروکسین منجر به افزایش بیشتر شاخص برداشت گیاه ذرت شد که با نتایج حاصل از این مطالعه در یک راستا قرار داشتند (Mashhadi & Abbas Dekht, 2015). در مطالعه‌ای دیگر Hamidi و همکاران (۲۰۰۵) نیز افزایش میزان شاخص برداشت ذرت در اثر کاربرد برخی از کودهای زیستی را گزارش نمودند.



شکل ۱۴- اثر رقم بر شاخص برداشت ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.



شکل ۱۵- اثر کودهای زیستی بر شاخص برداشت ارقام ذرت

ستون‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال۵ درصد می‌باشند.

همبستگی ساده بین صفات نشان داد صفت ارتفاع بلال از سطح خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات طول برگ (r=۰/۶۹)، عملکرد ماده خشک (r=۰/۷۲) و عملکرد دانه (r=۰/۶۵) بود. همچنین نتایج نشان داد صفا ارتفاع بلال از سطح خاک دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات طول برگ (r=۰/۷۱)، عملکرد ماده خشک (r=۰/۶۹) و عملکرد دانه (r=۰/۷۵) بود. این در حالی بود که این دو صفت با صفات قطر ساقه و وزن صد دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بودند. همبستگی بین قطر ساقه نیز با عملکرد ماده خشک (r=۰/۸۲)، عملکرد دانه (r=۰/۷۸) و شاخص برداشت (r=۰/۶۳) مثبت و معنی‌دار بود. تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف بلال و همچنین تعداد دانه در بلال دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بودند و بیانگر این مطلب بود که افزایش هر کدام از این صفات با افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه ذرت همراه می‌باشد. وزن صد دانه نیز با عملکرد ماده خشک (r=۰/۷۲)، عملکرد دانه (r=۰/۸۸) و شاخص برداشت (r=۰/۶۶) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود و بیانگر

افزایش این سه صفت با افزایش وزن صد دانه ذرت بود. عملکرد ماده خشک نیز با عملکرد دانه (r=۰/۷۵) و شاخص برداشت (r=۰/۷۴) همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و بیانگر افزایش هر کدام از این دو صفت با افزایش عملکرد ماده خشک بود.

جدول ۲- همبستگی ساده بین صفات مرتبط با اجزای عملکرد دانه در ذرت تحت تأثیر کاربرد کودهای زیستی

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
۱-ارتفاع بوته	۱										
۲-ارتفاع بلال از سطح خاک	۰/۹۱**	۱									
۳-طول برگ	۰/۶۹*	۰/۷۱**	۱								
۴-قطر ساقه	-۰/۶۲*	-۰/۶۵*	-۰/۶۳*	۱							
۵-تعداد ردیف دانه در بلال	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۵۹*	۱						
۶-تعداد دانه در ردیف	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۱					
۷-تعداد دانه در بلال	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۸۵**	۰/۷۵**	۱				
۸-وزن صد دانه	-۰/۶۲*	-۰/۵۹*	۰/۴۹	۰/۷۲**	۰/۵۲	۰/۵۳	-۰/۵۶*	۱			
۹-عملکرد ماده خشک	۰/۷۲**	۰/۶۹**	۰/۸۲**	-۰/۶۵*	۰/۷۲**	۰/۵۹*	۰/۴۶	۰/۷۲**	۱		
۱۰-عملکرد دانه	۰/۶۵*	۰/۷۵**	۰/۷۸**	۰/۵۸*	۰/۷۹**	۰/۸۶**	۰/۶۹**	۰/۸۸**	۰/۷۵**	۱	
۱۱-شاخص برداشت	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۶۳*	۰/۶۱*	۰/۴۵	۰/۶۵**	۰/۷۱**	۰/۶۶**	۰/۶۵**	۰/۷۴**	۱

*،** به ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

نتیجه گیری کلی

در کل نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف کودهای هیومکس و نیتروکسین به تنهایی و با هم اثر مثبتی بر افزایش میزان رشد و عملکرد نهایی دانه در گیاه ذرت داشت. همچنین در بین سه رقم مورد مطالعه ذرت رقم KSC410 نسبت به سایر ارقام دارای برتری بود و بالاترین میزان رشد و اجزای عملکرد دانه متعلق به این تیمار بود. نتایج نشان داد وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در قم KSC410 به همراه کاربرد توأم کود نیتروکسین و هیومکس به ترتیب به مقادیر ۳۴ گرم، ۹۲۱۶ و ۳۰۲۵۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با توجه به اینکه اجزای عملکرد دانه دارای اثر مستقیم بر عملکرد نهایی دانه هستند، کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و هیومکس با اثر بر اجزای عملکرد دانه منجر به افزایش عملکرد نهایی دانه شدند. بر این اساس می‌توان رقم مذکور به همراه تیمار تلفیقی کودها را برای کشاورزان منطقه بروجرد در استان لرستان جهت دستیابی به بالاترین میزان عملکرد دانه ذرت پیشنهاد نمود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان که امکانات اجرای این طرح را فراهم آوردند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdel Mawgoud, A. M. R., El Greadly, N. H. M., Helmy, Y. I., & Singer, S. M. (2017). Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. *Journal of Applied Sciences Research*, *3*(2), 169- 174

Albuzio, A., Concheri, G., Nardi, S., & Dellagnola, G. (1994). Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedling grown in varied nutritional condition. In: Senesi, N, T, M, Mianom (Eds). Humic substances in the global environment and implications on human health. *Elsevier Science, Amsterdam*, 199-204.

Arrudaa, L., Beneduzi, A., Martins, A., Lisboa, B., Lopes, C., Bertolo, F., Passaglia, M., & Vargas K. (2013). Screening of rhizobacteria isolated from maize (*Zea mays* L.) in rio grande do sol state (South Brazil) and analysis of their potential to improve plant growth. *Applied Soil Ecology*, *63*, 15- 22.

Babaogli, F., RahimzadehKhoeai, F., & Mehrdad, Y., (2012). Effect of biological fertilizer on yield and yield components of corn (*Zea mays*) CV. S.C. 504 in drought condition. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, *2*(3), 117-122.

Bhaskara-Rao, K. V., & Charyulu, P. B. B. N. (2015). Evaluation of effect of inoculation of Azospirillum on the yield of *Setaria italica* (L.). *African Journal of Biotechnology*, *4*(9), 989-995.

Bronick, E. J., & Lai, R. (2015). Soil structure and management: A review. *Geoderma*, *124*, 3-22.

Chen, Y. & T. Aviad. (2019). Effect of Humic Substances on Plant Growth. In: Humic substances in soil and crop sciences. Soil Science Society of America, 161-187.

Dalla Santa, O. R., Soccol, C. R., Junior, P. R., Hernandez, R. F., Michelena Alvarez, G. L., Dalla Santa, H. S., & Pandey, A. (2004). Effects of inoculation of *Azospirillum sp*. in maize seeds under field conditions. *Food, Agriculture and Environment*, *2* (1), 238-242.

David, P. P.; Nelson, P. V., & Sandres, D. C. (1994): A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, *17*, 173-184.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., & Alvino, A. (2005). Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy Sustainable*, *25*, 183-191.

El-Karmany, M., (2021). Effect of organic manure and slow-release fertilizer on the productivity of wheat in sandy soil. *Acta Agronomica Hungarica*, *49*(4), 379-385.

El-Shabrawy, R. A.; Ramadan A.Y, &. El-Kady Sh. M. (2010). Use of humic acid and some biofertilizers to reduce nitrogen rates on cucumber (*cucumis sativus* l.) in relation to vegetative growth, yield and chemical composition. *Journal of Plant Production, Mansoura University*, *1*(8), 1041–1051.

Faizi, M. A. (2022). Investigating the effect of foliar application of zinc element on the yield and yield of corn under water stress conditions. Master's thesis. Islamic Azad University, Borujerd branch. 58 pages.

Falchieri, M., & Frioni, L. (1994). Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays* L.): Effect on yield in a field experiment in central Argentina. *Soil Biology and Biochemistry*, *26*, 921-923.

Fathi, A., Farnia, A., & Maleki, A. (2013). The effect of nitrogen and phosphorus biofertilizers on the yield and yield components of hybrid corn in the climatic conditions of Dereshahr city. Scientific Research *Journal of Ecophysiology of Agricultural Plants*, (25), 114-105.

Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M., Banyan Ol, M., & Sadeghi Shua, M. (2013). The effect of foliar application of different levels of humic acid on yield components and growth indicators of corn. *Journal of agricultural research*, *5*(4), 337-325.

Haji Boland, R. N., Asgharzadeh, A., & Mehrfar, Z. (2014). Ecological investigation of Aztobacter in two regions of Azerbaijan and its inoculation effect on growth and mineral nutrition of wheat plant. *Journal of agricultural sciences and techniques and natural resources*. *8*, 75-89.

Hakan,C ., Vahap Katkat, A., Bulent Asık, B., & Turan, M. A. (2011). Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions communications. *Soil Science and Plant Analysis*, *42*(1), 29-38.

Hamidi, A., Ghalavand, A., Dehghanshoar, D., Malakouti, M. J., Chogan, R., & Asgharzadeh, A. (2005). The effect of PGPR bacteria on grain yield and some of characteristics related to corn hybrids. Proceeding of First Forage Crops Conference. Tehran, Iran, August 9-11 (In Persian).

Haqnazari, H. (2015). Investigating the effect of zinc and manganese foliar application on the yield and yield of corn under water stress conditions. Master's thesis. Islamic Azad University, Borujerd branch. 55 pages.

Jahan, M, Sohrabi, R., & Doai, F. (2013). Investigating the effects of irrigation distance, application of superabsorbent polymer in soil and humic acid foliar application on performance and yield components of red bean in Mashhad conditions. The 12th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Shahid Bahoner University of Kerman, Iran. (In Persian).

Jahan, M., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rejali, F., Aryayi, M., & Ebrahimi, E. (2009). The effect of biological fertilizers application on some agroecological characteristics of corn under conventional and ecological cropping systems. *Iranian Journal of Agricultural Research*, *7*(2), 357-390. (In Persian).

Javed, M., Arshad, M., & Ali, K. (1998). Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. *Pakistan Journal of Soil Science*, *14*, 36-42.

Khatamiyan. N., Nabavi Kalat S., & Bakhsh Kalarstaghi K. (2019). Studying the effects of humic acid on the morphological characteristics and seed performance of triticale cultivar Juanillo. The first national conference on new topics in agriculture. Islamic Azad University, Saveh, Iran. (In Persian).

Khodabandehlu, S. (2015). Investigating the effect of foliar application of zinc element and mycorrhizal biological fertilizer on the yield and yield of corn under water stress conditions. Master's thesis. Islamic Azad University, Borujerd branch. 87p.

Liu, C., Cooper, R. J., & Bowman, D. C. (1998). Humic acid application affects photosynthesis, root development, and nutrient content of creeping bent grass. *American Society for Horticultural Science*, *33*(6), 1023-1025.

Lobartini, J. C., K. H Tan, K. H., & Pape, C. (2018). Dissolution of aluminum and iron phosphate by humic acids. *Communication in Soil Science and plant analysis*, *29* (5/6), 535-544.

Lucangeli, C., & Bottini, R. (1997). Effect of *Azospirillium spp*. on endogenous gibberellin content and growth of maize (*Zea mays* L.) treated with uniconazol. *Symbiosis*, *23*, 63-71.

Mashhadi, A., & Abbas Dekht, H. (2015). Study of the interaction of nitroxin biofertilizer, inorganic nitrogen and hydropriming on the yield and yield components of single cross corn 704. *Journal of Cereal Research*, *5*(3), 287-273.

Mayhew, L. (2014). humic substances in biological agriculture. *Eco- agriculture*, *34*, 182.

Moradi, H. (2019). The effect of humic acid and nitrogen on the yield and yield components of corn in competition with weeds. Master's thesis in agriculture. School of Agriculture. Shahroud University of Technology, 119p.

Moradi, S. (2021). The effect of humic acid as soil application and spraying on tomato growth and yield indicators. Master's thesis in agriculture. Islamic Azad University, Borujerd branch. 112p. (In Persian).

Nikbakht, A., Mohsen, B., Mesbah, Y. P., Xia, L., Ancheng, L., & Nemat, E. (2008). Effect of humic acid on plant growth, nutrient uptake, and postharvest life of gerbera. *Journal of Plant Nutrition*, *31*, 2155–2167.

Nikbakht, A., & Mohsen, K. (2018). Effect of humic acid on plant growth. *Journal of plant nutrition*, *31*, 2155-2167.

O'Leary, M. (2016). Maize: From Mexico to the world. CIMMYT. Retrieved Jun 24, 2018, from http://www.cimmyt.org/maize-from-mexicoto- the-world.

Ortega, R., & Fernandez, M. (2017). Agronomic evaluation of liquid humus derived from earthworm humic substances. *Journal of Plant Nutrition*, *30*, 2091–2104.

Parvizi, K., Farnia, A., & Hedayati, A. (2020). The effect of nitroxin and super absorbent biofertilizer on the growth characteristics and functional components of corn cobs under water stress conditions. *Horticultural plant nutrition scientific publication*, *2*(1), 115-99.

Pirbaloti, A., Akbari, Gh., Nasiri Mahallati, M., & Golpasror, A. (2016). The effect of different levels of nitrogen-on-nitrogen harvest index, seed protein, yield and yield components of corn. Proceeding of 9th Iranian Crop Production and Plant Breeding Congress. Karaj, Iran, August 27-29. (In Persian).

Rashid, A., Hollington, P. A., Harris, D., & Khan, P. (2006). On-farm seed priming for barley on normal, saline-sodic soils in North West Frontier Province, Pakistan. *European Journal of Agronomy*, *24* (3), 276-281.

Sadeghi, H., & Borhani, M. (2002). The effect of plant density and nitrogen fertilizer amounts on the yield and yield components of grain corn. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, *3*(2), 1-11.

Samavat S., & Malkuti, M. (2005). The necessity of using organic acids (humic and folic) to increase the quantity and quality of agricultural products. *Technical Journal of Soil and Water Research*, *463*, 1-13.

Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora., K. D., & Srivastava, K. (2015). Growth promotion of tomato plants by rhizobacteria and imposition of energy stress on Rhizoctonia solani. *Soil Biology and Biochemistry*, *27*, 1050-1058.

Shaaban, M. (2011). Investigating the effect of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and storage proteins of chickpea seeds. Master's thesis. Faculty of Agriculture. Razi University of Kermanshah, 112p.

Shahbazi, S. (2017). Investigating the effect of humic acid and vermicompost organic fertilizers on yield and yield components of three wheat cultivars. Master's thesis in ecological agriculture. Shahid Chamran University of Ahvaz, 132p. (In Persian).

Sharif, M., Khattak, R. A., & Sarir, M. S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Plant Analysis*, *33*, 3567–3580.

Shirkhani, A., Nasraleh Zadeh, P., & Zahtab Salmasi, S. (2019). The effect of biological and chemical fertilizers on the yield and quality of corn seeds under conditions of full irrigation and drought stress. *Environmental tensions in agricultural sciences*, *12*(3), 791-781.

Tahir, M. M., Khurshid, M. Z., Khan, M. K., Abbasi, M.K., & Kazmi, H. M. (2011). lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. *Pedosphere*, *21*, 124-131.

Tarafi, F., & Shokohfar, A. (2019). The effect of humic acid on the yield, yield components and physiological characteristics of wheat under low irrigation conditions. *Quarterly journal of plant and agronomic sciences*, *9*(2), 132-121.

Verlinden, G., Coussens, T., De Vliegher, A., & G. Baert, G., (2010). Effect of humic substances on nutrient uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass pastures. *Grass and Forage Science*, *65*, 133-144.

Yadav, P., Sadhu, A., & Swarnkar, P. (2007). Yield and quality of multi-cut forage sorghum (*Sorghum sudanense*) as influenced by integrated nitrogen management. *Indian Journal of Agronomy*, *52*(4), 330-334.

Zahir, A. Z., Arshad, M., & Khalid, A. (2018). Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science*, *15*, 7-11

Plant Production and Genetics **تولید و ژنتیک گیاهی**

Vol. 5, No. 2 , Autumn & Winter 2024, p. 235-254 **جلد ۵، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۳، صفحه ۲۵۴-۲۳۵**

Research Article DOI: 10.22034/plant.2024.141125.1096

Effect of biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of corn cultivars in Lorestan Province

Mahdi Shaaban[*1], Ezatollah Nabati[1], Zahra Rahmati Motlagh [2]

1. Researcher, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Borujerd, Iran
2. BSc. student, University of Applied Science and Technology, Borujerd, Iran

Received: 19-04-2024
Accepted: 19-07-2024

Abstract

In order to investigate the effect of biofertilizers application on agronomic characteristics and yield of corn cultivars this study was conducted in Brouwer region of Lorestan Province in 2023. This experiment was done factorially based on a completely randomized block design with three replications. The experimental factors included three fertilizer application levels (control, humax, nitroxin and humax + nitroxin) and corn cultivars (KSC400, KSC201 and KSC410). The results showed that the effect of fertilizer and cultivars on plant height, ear height from the soil surface, leaf length, stem diameter, ear length, number of seed rows in an ear, number of seeds in an ear row, number of seeds in an ear, 100 grain weight, seed yield, dry matter yield and harvest index were significant. The interaction effect of treatments wassignificant on the plant height, ear height from the soil surface, number of seeds in a row of ears, number of seeds in an ear, weight of, 100 grain weight, seed yield and dry matter yield. KSC410 was the better cultivar and the highest growth rate and grain yield components belonged to this cultivar. The integrated application of humax and nitroxin fertilizer had the highest efficiency in increasing the growth and yield. KSC410 cultivar with the integrated application of nitroxin and humax had themaximum values of plant height (231 cm), cob height from the soil surface (111 cm), and seed numbers per cob (601). The highest hundred grain weight, grain yield and biological yieldobtained from the mentioned treatments. these values were 34 g, 9216 and 30256 kg ha-1, respectively. Based on the results of this study, in order to achieve the highest corn yield in Borujerd region of Lorestan Province, KSC410 can be used with the integrated application of nitroxin and humax fertilizer.

Keywords: Corn, cultivars, seed yield, biofertilizer, humax fertilizer

Citation: Shaaban, M., Nabati, F., & Rahmati Motlagh, Z. (2024). Effect of biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of corn cultivars in Lorestan Province. *Plant Production and Genetics*, *5*(2), 235-254. https://doi.org/ 10.22034/plant.2024.141125.1096

Copyrights:
Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[*]Corresponding Author Email: m.shaaban@areeo.ac.ir