

بررسی اثرات تراکم بوته و کود بیولوژیک بر خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزا عملکرد ارقام تجاری سه گونه ارزن

Investigation of the Effects of Plant Density and Biological Fertilizer on Agronomic Characteristics, Grain Yield and Yield Components of Commercial Cultivars of three Millet Species

وحید مراد نژاد حصاری^۱، رضا صدرآبادی حقیقی^{۱*}، علی باقرزاده چهارجویی^۱، محسن قاسمی^۱

۱. گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران. (نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/aj.2022.355568.1559

چکیده

مراد نژاد حصاری، و: صدرآبادی حقیقی، ر.، باقرزاده چهارجویی، ب.، قاسمی، م.، . بررسی اثرات تراکم بوته و کود بیولوژیک بر خصوصیات زراعی، عملکرد دانه و اجزا عملکرد ارقام تجاری سه گونه ارزن
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۵- شماره ۱- پاییز ۱۳۴ بهار ۱۴۰۱ صفحه: ۸۷-۷۲

در سال های اخیر به دلیل تغییر شرایط اقلیم و آب و هوا کاشت گیاه ارزن از اهمیت خاصی برخوردار گردیده است، لذا پژوهش و تحقیق بر روی کمیت و کیفیت ارزن ها حائز اهمیت می باشد. به منظور بررسی اثر تراکم و کود بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف ارزن، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در شهرستان مشهد در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت. تراکم های مختلف ارزن در سه سطح (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هزار بوته در هکتار) و کود بیولوژیک در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد کود بیولوژیک) و سه رقم ارزن (ارزن معمولی رقم پیشاهنگ (*Panicum miliaceum* var.pishahang) و ارزن دم روباهی رقم باستان (*Setaria italica* var.Bastan) و ارزن مرواریدی رقم مهران (*Pennisetum glaucum* var.Mehran)) تیمارهای آزمایش بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و تراکم بوته بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار است. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۴۴۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم مهران در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و کمترین آن مربوط به رقم پیشاهنگ در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار با میانگین ۲۳۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار بود. افزایش عملکرد در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در رقم مهران نسبت به دو رقم دیگر ناشی از ۱۴ درصد شاخص برداشت بیشتر بود. شاخص برداشت بیشتر در رقم مهران را می توان به ۱۰ روز دوره پر شدن طولانی تر دانه این رقم نسبت به دو رقم دیگر نسبت داد.

واژه های کلیدی: شاخص برداشت، عملکرد زیست توده، کود بیولوژیک جلبک دریایی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

مقدمه

فضا، آب و خاک به نحوه مطلوب استفاده نشده و عملکرد نیز کاهش خواهد یافت (Martin & Deo, 2000). با افزایش تراکم میزان وزن خشک هر گیاه کاسته می‌شود ولی در واحد سطح به دلیل افزایش تعداد گیاه ماده خشک افزایش می‌یابد.

تحقیقات متعددی در باره تاثیر تراکم بر عملکرد ارزن‌ها در دنیا و ایران انجام شده است. به عنوان مثال در ایران، در آزمایشی، تراکم بهینه ۶۰ بوته در متر مربع برای حصول حداکثر عملکرد دانه و بیولوژیک ارزن معمولی در تک کشتی آن در منطقه بیرجند گزارش گردید (khomari, 2017). در بررسی کشت مخلوط ارزن و کینوا در بیرجند، تراکم مطلوب برای حصول حداکثر عملکرد دانه در تک کشتی ارزن معمولی نیز برابر ۶۰ بوته در متر مربع گزارش شد (Vahidi et al, 2020). بررسی تاثیر تراکم کاشت بر عملکرد ارزن مرواریدی نیز نشان داد که در بین تراکم‌های مورد بررسی تراکم ۵۰ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد بیولوژیک را به خود اختصاص داد. عامل تراکم بوته بر وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه و ارتفاع بوته معنی‌دار بود. (Nasirpoor & Zakernezhad, 2018)

البته تاثیر تراکم به سایر روش‌های مدیریتی نیز وابسته است. به عنوان مثال فاصله ردیف بر کلیه شاخص‌های فنولوژیک و مورفولوژیک ارزن دانه‌ای به استثنای تعداد روز تا گل‌دهی و طول پانیکول معنی‌دار بود. (Tabatabaee & Shakeri, 2019) در بررسی اثر تراکم بوته، ایجاد شده از طریق تغییر فاصله ردیف‌های

سه‌گونه ارزن به ترتیب اهمیت از نظر تولید دانه در ایران و جهان عبارت از ارزن معمولی یا پرسو (*Panicum miliaceum* (L.) subsp. *miliaceum*)، ارزن دم روباهی (*Setaria italica* (L.) subsp. *italica*) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) هستند. ارزن معمولی مهم‌ترین نوع ارزن از نظر تولید دانه در ایران و جهان محسوب می‌شود. از نظر سطح زیر کشت و مقدار تولید، ارزن‌ها به عنوان یک مجموعه ششمین غله جهان می‌باشند (Khajehpour, 2014). بر اساس آمار موجود، سطح زیر کشت ارزن در دنیا حدود ۳۲ میلیون هکتار، با تولید حدود ۳۰ میلیون تن می‌باشد (Kumar et al, 2021). سطح زیر کشت این گیاه در ایران نیز، حدود ۱۲ هزار هکتار است (FAO, 2020). ژنوتیپ‌های مختلف ارزن به دلیل برخورداری از فصل رشد کوتاه، به آب کمتری نیاز دارند و می‌توانند در شرایط نامساعد محیطی نسبت به سایر غلات در طول دوره رشد محصول بیشتری تولید کنند (Nakhaei et al, 2014).

تعیین تراکم کاشت یکی از اولویت‌های مهم تحقیقاتی در کاشت یک محصول در هر منطقه می‌باشد. به بیان دیگر، تغییر تراکم کاشت یکی از ابزارهای مدیریت زراعی جهت بهره‌برداری از عوامل محیطی، عناصر غذایی و به ویژه نور می‌باشد. به عنوان یک اصل کلی، در تراکم‌های بیش از مطلوب رقابت درون گونه‌ای باعث کاهش عملکرد شده و بالعکس در تراکم‌های کم‌تر از مطلوب، امکانات محیطی اعم از نور،

در سال های اخیر استفاده از عصاره جلبک های دریایی با توجه به توانایی آن برای استفاده در کشاورزی ارگانیک و پایدار محبوبیت خاصی به دست آورده است (Roth & Goynes, 2004). جلبک ها علاوه بر دارا بودن نیتروژن و سطوح بالای عناصر معدنی، دارای تنظیم کننده های رشد است. وجود ترکیبات تنظیم کننده رشد چون اکسین، جبریلین و سیتوکینین در عصاره جلبک های قهوه ای به اثبات رسیده است و به همین دلیل کاربرد عصاره جلبک دریایی به عنوان کود سبب افزایش رشد و تولید در گیاهان می گردد (Erulan et al, 2009; Thambiraj et al, 2012). عصاره جلبک دریایی علاوه بر عناصر نیتروژن، فسفر پتاسیم دارای برخی عناصر ریز مغذی آهن، مس، روی، کبالت و مولیبدن، منگنز هستند (Elumalai et al, 2012). ثابت شده است عصاره جلبک دریایی زمانی که به خاک اضافه می شود و یا زمانی که به صورت محلول پاشی برگی در بسیاری از گیاهان مانند غلات، حبوبات، گیاهان دارویی و درختان میوه مورد استفاده قرار می گیرد، موجب بهبود عملکرد می گردد (Anisimov et al, 2013).

در بررسی اثر غلظت های مختلف عصاره جلبک قرمز (۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) بر گیاه *Pennisetum glaucum* پژوهشگران نشان دادند غلظت ۱۰ درصد از عصاره جلبک موجب افزایش قابل ملاحظه ای در رشد و عملکرد گیاه نسبت به تیمار شاهد شد (Shridevi & Paul, 2014). عصاره جلبک دریایی در افزایش تحرک سیتوکینین ها از ریشه ها به اندام های زایشی و افزایش سنتز سیتوکینین ها نقش دارند.

کاشت، بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام ارزن دانه ای گروهی از محققان بیان نمودند که در بین فواصل ردیف های کاشت ۲۵، ۵۰ و ۷۵ بوته در متر مربع، تراکم کاشت با فاصله ردیف ۲۵ سانتی متر نسبت به دو تراکم کاشت دیگر برتری دارد (Tabatabaee & Mehrani, 2013). بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بر عملکرد علوفه ارزن دم روباهی نیز نشان داد که افزایش تراکم بوته، باعث افزایش معنی دار در صفاتی مانند وزن علوفه تر و خشک می شود (Safari et al, 2008). در نظام های کشاورزی پایدار، هر گونه بهبود در نظام های کشاورزی باید منجر به افزایش تولید و کاهش اثر مخرب زیست محیطی شود و در نهایت موجب افزایش پایداری گردد. یکی از این روش ها استفاده از محرک های بیولوژیک و کودهای زیستی می باشد که می تواند اثر کودهای معدنی را افزایش دهد. به عنوان مثال در تحقیقی کاربرد کودهای زیستی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه ارزن مرواریدی موثر گزارش شد (Siahmargue et al, 2014). اثر کود بر درصد دیواره سلولی بدون همی سلولز، پروتئین و خاکستر از نظر آماری معنی دار بود، همچنین تلقیح بذر آن با کودهای زیستی علاوه بر تولید هورمون های محرک رشد باعث توسعه سطح فعال سیستم ریشه ای و افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی شده که در نهایت شاخص های رشدی این گیاه را افزایش داد. در تحقیقی دیگر نیز گزارش شد استفاده از کودهای زیستی در افزایش عملکرد علوفه و دانه ای ارقام ارزن تاثیر معنی داری دارد (Adavi & Baghani, 2019).

این افزایش در میزان سیتوکنین در دسترس گیاه، موجب شروع گلدهی و افزایش عملکرد گیاه می‌گردد (Vijayanand et al, 2014). این تحقیق نیز با هدف تعیین تاثیر تراکم بوته و عصاره جلبک دریایی بر عملکرد ارقام مختلف ارزن در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر تراکم و کود بیولوژیک جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) بر روی سه رقم ارزن این آزمایش در سال ۱۳۹۹ در مزرعه واقع در منطقه مهدی‌آباد (کنه بیست) مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۹۵۵ متری از سطح دریا انجام شد. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک محل اجرای آزمایش و کود بیولوژیک استفاده شده، مورد تجزیه قرار گرفتند که نتایج آن‌ها در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در قطعه زمینی به وسعت حدود ۱۰۰۰ متر مربع در سه تکرار اجرا شد. عوامل آزمایش شامل تراکم بوته در سه سطح ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هزار بوته در هکتار با فواصل روی ردیف ۶/۵، ۵ و ۴ سانتی متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی متر و کاربرد کود بیولوژیک در دو سطح: عدم کاربرد و کاربرد کود بیولوژیک جلبک دریایی (طی دو مرحله: مرحله اول در زمان پنجه زنی و مرحله دوم هنگام ظهور خوشه) به میزان ۱ لیتر در هکتار و محلول پاشی بر روی ارقام مختلف ارزن (ارزن

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1. Physicochemical properties of the soil at the experimental field

عمق Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت التزیکی EC (ds.m ⁻¹)	نیترژن N (%)	فسفر P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg kg ⁻¹)	کربن آلی Organic carbon (%)	بافت خاک Soil Texture	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رسی Clay (%)
0-30	7.9	1.9	0.048	10	175	0.574	Silty loam لوم سیلتی	24	54	22

معمولی رقم پیشاهنگ (*Panicum miliaceum* var. pishahang) و ارزن دم روباهی رقم باستان (*var. Bastan Setaria italica*) و ارزن مرواریدی رقم مهران (*glaucum* var. Mehran) (*Pennisetum*) به اجرا در آمد.

زمین مورد استفاده در سال قبل از اجرای آزمایش زیر کشت ذرت بود. عملیات آماده

جدول ۲. خصوصیات شیمیایی کود بیولوژیک جلبک دریایی جلبک دریایی آسکوفیلوم نود و سوم (*Ascophyllum nodosum*)

Table 2. Chemical properties of *Ascophyllum nodosum* seaweed biofertilizer

ازت N (%)	فسفر P(%)	پتاسیم K(%)	کلسیم Ca(%)	گوگرد S(%)	پروتئین Protein(%)	مواد آلی Organic matter (%)
1.5	2	3	1.2	1.8	6.2	12

میانگین آنها به عنوان ارتفاع بوته در هر کرت لحاظ گردید. برداشت دانه در تاریخ های ۲۷ شهریور، ۳۰ شهریور و ۷ مهرماه به ترتیب برای ارقام پیشاهنگ، باستان و مهران و بصورت دستی انجام شد. برداشت دانه زمانی انجام شد که برگ های پایینی گیاه در ارقام به زردی گرایید و پانیکول ها به رنگ زرد در آمدند. برداشت برای تعیین عملکرد دانه با در نظر گرفتن دو ردیف حاشیه، از دو ردیف میانی و پس از حذف تیم متر از بالای هر کرت، چهارو نیم متر برداشت انجام شد. پس از جمع آوری پانیکول های خشک شده، آنها کوبیده شدند و بعد از جدا کردن کاه و کلش، وزن بذور بوجاری شده به وسیله ترازو دیجیتال اندازه گیری و عملکرد دانه در واحد سطح بدست آمد. به منظور تعیین شاخص برداشت تعداد ده گیاه انتخاب شد و بعد از اندازه گیری وزن خشک گیاهان و و دانه ها شاخص برداشت محاسبه شد. برای اندازه گیری دوره پرشدن دانه، زمان به گل رفتن گیاه تا برداشت محصول برحسب تعداد روز شمارش شد. جهت اندازه گیری درصد پروتئین خام دانه، ابتدا با استفاده از دستگاه کجلدال در آزمایشگاه درصد نیتروژن کل دانه ها محاسبه و سپس با استفاده از رابطه زیر میزان درصد پروتئین خام دانه محاسبه شد (Cox et al, 1997).

$$\text{درصد نیتروژن دانه} = \text{درصد} \times \frac{5}{65}$$

سازی زمین به روش معمول منطقه شامل شخم، دیسک و تسطیح انجام شد. بر اساس آزمایش تجزیه خاک میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده شد. هم چنین کود اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرتبه در مراحل پنجه زنی و ساقه رفتن به صورت سرک همراه با آب آبیاری در اختیار گیاه قرار گرفت. طول هر کرت ده متر و عرض هر کرت دو متر و شامل چهار خط کاشت در نظر گرفته شد. کاشت بذر ارقام ارزن در تاریخ ۹ تیرماه به صورت دستی در عمق پنج سانتی متری روی پشته انجام گردید. بذور ضد عفونی شده با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت ۲/۵ در هزار بر اساس تراکم های کاشت مورد مطالعه کشت شدند و در مرحله چهار برگی به منظور رسیدن به تراکم مطلوب، بوته های اضافی تنک شدند. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری بعدی هر هفت روز یکبار به صورت آبیاری قطره ای و هر بار حدود ۱۱ ساعت آبیاری انجام شد. مبارزه با علف های هرز به صورت دستی انجام شد.

به منظور اندازه گیری ارتفاع بوته در زمان به گل رفتن گیاه ارتفاع ۱۰ بوته در هر کرت به صورت تصادفی و با رعایت اثر حاشیه ای از محل طوقه تا انتهای ساقه (محل اتصال پانیکول به ساقه) با متر اندازه گیری شد و سپس

گزارش گردید که کاربرد کود زیستی و رقم بر ارتفاع ارزن معنی دار بود که با نتایج حاضر ناهمسو می باشد (Adavi & Baghbani, 2019). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته از ۲۰ بوته به ۵۰ بوته در متر مربع، ارتفاع بوته ارزن افزایش معنی داری یافت (Nasirpoor & Zakernezhad, 2018).

دوره پر شدن دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایش حاکی از تاثیر معنی دار تیمار رقم بود (جدول ۳) اما اثر سایر تیمارها بر روی صفت دوره پر شدن دانه غیر معنی دار بود. مقایسه میانگین اثرات ارقام مختلف ارزن نشان داد بیشترین دوره پر شدن دانه مربوط به رقم مهران با متوسط میانگین ۳۱ روز و کمترین مربوط به رقم باستان با میانگین ۲۰/۸ بود (شکل ۱). علت این امر را می‌توان وجود تنوع ژنتیکی در ارقام دانست. ارقام ارزن پیشاهنگ، باستان و مهران

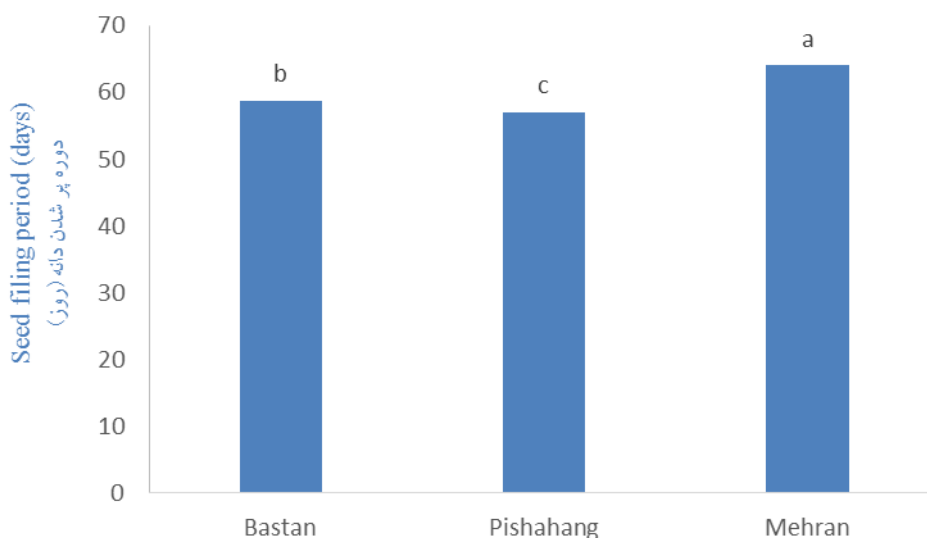
پروتئین خام

برای تجزیه واریانس و مقایسه میانگین از نرم افزار MSTATC استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام شد. رسم شکل‌ها و جداول با استفاده از نرم افزار Word و Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج جدول ۳ تجزیه واریانس آماری نشان داد اثرات ساده رقم، تراکم، کود و همچنین اثرات متقابل رقم در تراکم، رقم در کود، تراکم در کود و رقم در تراکم در کود بر روی صفت ارتفاع بوته غیر معنی دار است (جدول ۳). در این راستا در تحقیقی، اثر رقم و برهمکنش کود و رقم بر ارتفاع ارزن را غیر معنی دار گزارش نمودند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد (Peygan *et al*, 2017). در تحقیقی دیگر در ارزن



شکل ۱- اثر ارقام بر دوره پر شدن دانه

Fig 1. Effect of cultivars on seed filling period

مذکور گزارش نمودند (Ghafari et al, 2017).

درصد پروتئین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده رقم، تراکم بر روی صفت درصد پروتئین در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار است اما اثرات متقابل رقم × تراکم، رقم × کود، تراکم × کود و رقم × تراکم × کود بر روی صفت مربوطه غیرمعنی دار است (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده ارقام مختلف ارزن نشان داد بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به رقم پیشاهنگ است اما از نظر آماری اختلاف معنی دار با رقم باستان مشاهده نشد. کمترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۱۳ درصد مربوط به رقم مهران بود (شکل ۲). بیشترین پروتئین دانه در بین تراکم های مختلف کاشت مربوط به تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار (۱۴/۱) و کمترین مربوط به تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار (۱۲/۴) بود (شکل ۳). گزارش شده است که با وجود اختلاف معنی دار بین ارقام ارزن مورد مطالعه از لحاظ عملکرد پروتئین دانه، بین ارقام باستان و پیشاهنگ از نظر این صفت اختلاف چشمگیری مشاهده نشد (Ghafari, 2019). همچنین گزارش شده است به دلیل افزایش سطح جذب مواد غذایی در تیمارهایی که کود زیستی در آنها استفاده شده است میزان پروتئین افزایش می یابد (Siahmargue et al, 2014).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم، کود، رقم × تراکم × کود در سطح احتمال یک درصد و همچنین اثر متقابل رقم در تراکم در سطح احتمال پنج درصد بر روی صفت عملکرد

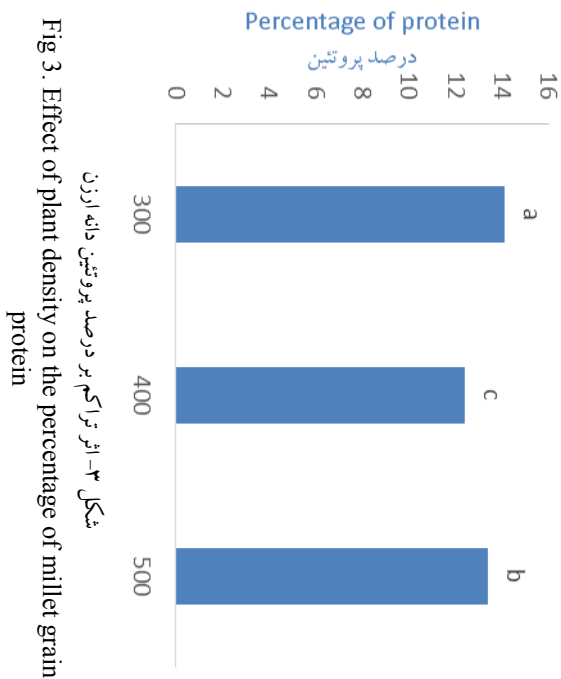


Fig. 3. Effect of plant density on the percentage of millet grain protein

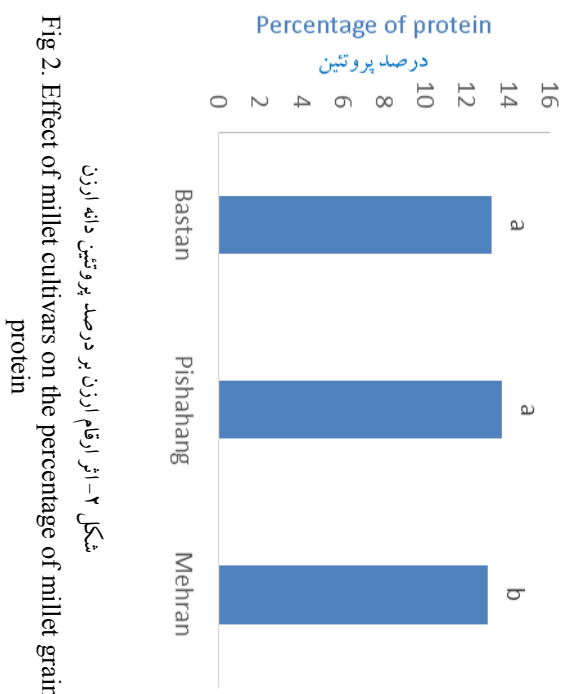


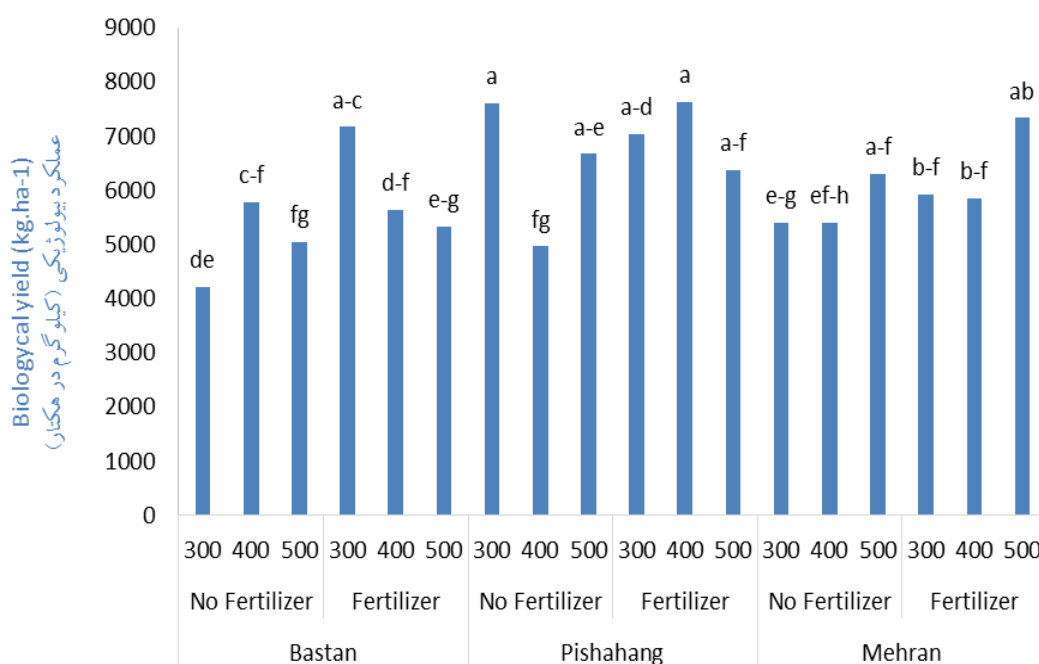
Fig. 2. Effect of millet cultivars on the percentage of millet grain protein

از نظر تنوع ژنتیکی و رشدی با هم متفاوتند و تنوع در رسیدگی دانه و دوره پرشدن دارند رقم باستان زودتر از بقیه ارقام و رقم مهران از همه دیرتر دوره پرشدن دانه را کامل نمودند. در این خصوص گروهی از پژوهشگران اختلاف ژنتیکی را عامل تفاوت بین ارقام ارزن در صفت

کیلوگرم در هکتار) مربوط به پیشاهنگ در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در عدم کاربرد کود مشاهده شد (شکل ۴).

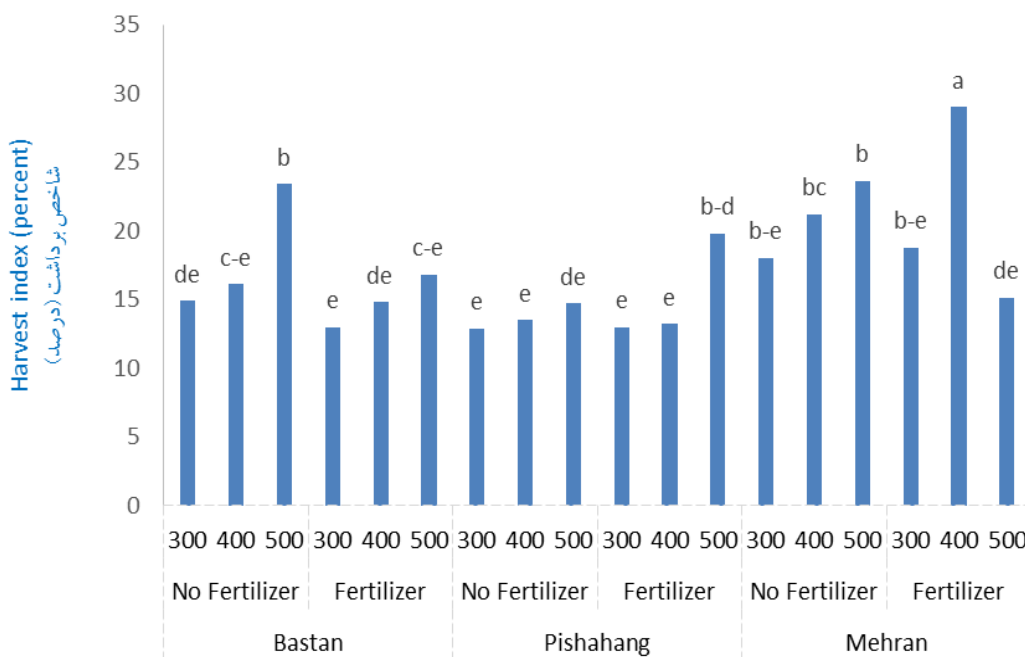
با افزایش تراکم کیفیت نور دریافتی تغییر می کند به طوری که نور قرمز توسط برگ های بالایی کانوپی جذب می شود (Apholo *et al*, 1999) و نور قرمز دور در پایین سایه انداز افزایش می یابد افزایش نسبت نور قرمز دور به قرمز موجب کاهش تنفس گیاهی و اختصاص آسیمیلات های بیشتری به بخش های فوقانی سایه انداز ساقه اصلی می شود و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی گیاه افزایش می یابد. همچنین کودهای بیولوژیک از طریق تولید انواع هورمون های محرک رشد گیاه نظیر اکسین، اسیدجیبرلیک و اسیدایزوجیبرلیک باعث افزایش قابل ملاحظه رشد و نمو گیاهان می شوند. گزارش شده است که باکتری های

بیولوژیک معنی دار است اما اثرات تراکم، رقم × تراکم و تراکم × کود بر روی این صفت غیر معنی دار است (جدول ۳) نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین عملکرد زیست توده خشک متعلق به رقم پیشاهنگ در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در کوددهی با میانگین ۷۶۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار است که با تیمارهای مهران در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و کوددهی، مهران در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار در عدم کاربرد کوددهی، پیشاهنگ در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار در کوددهی، پیشاهنگ در تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار در کوددهی، پیشاهنگ در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار در عدم کاربرد، پیشاهنگ در تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار در عدم کاربرد و باستان در تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار در عدم کاربرد در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین (۴۹۶۳)



شکل ۴- برهمکنش اثرات ارقام و تراکم و کود بر عملکرد بیولوژیک ارزن

Fig 4. Interaction effects of cultivars, plant density and fertilizer on biological yield of millet



شکل ۵- برهمکنش اثرات ارقام و تراکم و کود بر شاخص برداشت ارزن

Fig 5. Interaction effects of cultivars, plant density and fertilizer on harvest index of millet

کود در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل تراکم \times کود بر روی صفت شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی دار بود اثر کود، رقم در کود بر روی این صفت غیر معنی دار شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین شاخص برداشت (۲۹ درصد) مربوط به رقم مهران در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار در کوددهی است. کمترین شاخص برداشت (۱۳ درصد) مربوط به رقم باستان و پیشاهنگ در تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار در کوددهی مشاهده شد (شکل ۵). گزارش شده است که شاخص برداشت در ارزن تحت تاثیر کود زیستی و رقم قرار می‌گیرد (Adavi & Baghbani, 2019). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که شاخص برداشت در ارقام مختلف ارزن دم روباهی و همچنین تراکم‌های مختلف کاشت تفاوت چشمگیری دارند (Faramarzi et al, 2011).

کودهای زیستی از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد شاخص‌های رشدی ارزن را تحت تاثیر قرار داده و در نتیجه باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. این فرضیه با توجه به اینکه اکسین موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میانگره‌های ساقه می‌شوند قابل توجه می‌گردد (Siahmargue et al, 2014). در پژوهشی مشابه عملکرد بیولوژیک ارزن تحت تاثیر رقم و کود قرار گرفت (Adavi & Baghbani, 2019). گروهی دیگر از محققان نیز گزارش نمودند که استفاده از کودهای زیستی عملکرد کمی و کیفی در گیاه ارزن را افزایش می‌دهد (Siahmargue et al, 2014).

شاخص برداشت

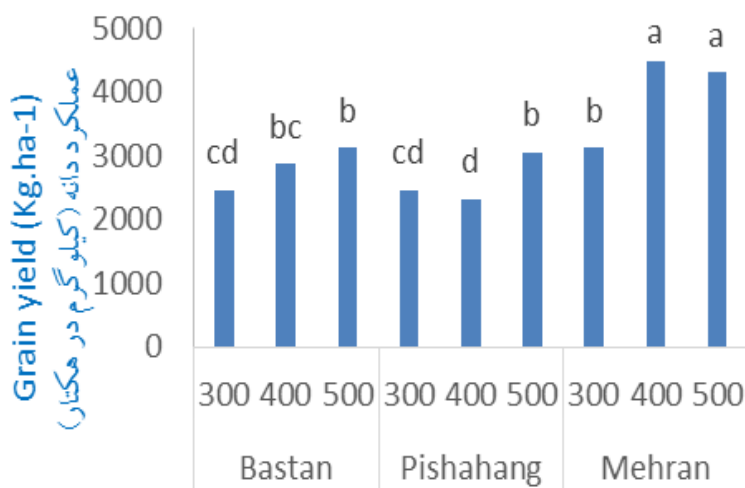
نتایج جدول ۳ نشان داد اثر رقم، تراکم و اثرات متقابل رقم \times تراکم، رقم \times تراکم \times

عملکرد دانه

مزرعه توسط بوته‌ها و استفاده از عوامل محیطی نسبت دادند (Vahidi *et al*, 2020). همچنین گروهی دیگر از محققان اثر تراکم بر عملکرد دانه ارزن دم روباهی را معنی‌دار گزارش کردند (Faramarzi *et al*, 2011)

افزایش راندمان تولید محصول از طریق جذب و استفاده از عناصر غذایی، مستلزم آن است که فرآیندهای موثر بر جذب، انتقال، آسمیلاسیون و توزیع عناصر در گیاه به طور فعال و هماهنگ عمل نمایند (Zebarth *et al*, 1992). محققان بیان نموده‌اند که تراکم بوته اثر مهمی بر توزیع ماده خشک بین مخازن رویشی و زایشی گیاه دارد، به طوری که در تراکم‌های بالا به علت کاهش مواد فتوسنتزی طی دوره گل دهی، عقیمی دانه افزایش می‌یابد (Andrade *et al*, 1999). نتایج جدول ضرایب همبستگی نشان داد که عملکرد دانه با طول دوره پرشدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r=0.726^{**}$) دارد (جدول ۴) که بیانگر کاهش زیاد مخزن دانه به پذیرش مواد آسمیلاته در طی دوره پر

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر رقم، تراکم و اثر متقابل رقم \times تراکم بر روی صفت عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است، اما اثر کود و همچنین اثرات متقابل رقم \times کود، تراکم \times کود و رقم \times تراکم \times کود بر روی این صفت غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در رقم مهران در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار با میانگین ۴۴۷۴/۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با عملکرد دانه این رقم در تراکم ۵۰۰ هزار بوته تفاوت معنی‌داری نداشت. کاهش عملکرد با افزایش تراکم را می‌توان به افزایش رقابت درون گونه‌ای نسبت داد. کمترین عملکرد دانه مربوط به رقم پیش‌آهنگ و تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار با میانگین ۲۳۲۱/۵ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۶). در تحقیقی نشان داده شد که اثر تراکم بر عملکرد دانه ارزن معمولی معنی‌دار است. این گروه از محققان علت افزایش عملکرد دانه با افزایش تراکم را به پوشش مناسب‌تر سطح



شکل ۶- برهمکنش اثرات ارقام و تراکم و کود بر عملکرد دانه ارزن

Fig 6. Interaction effects of cultivars, plant density and fertilizer on grain yield of Millet

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات کمی و کیفی مورد بررسی در ارزن

Table3. Analysis of variance for the investigated quantitative and qualitative characteristics of common millet

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	صمگردانه Grain yield	صمگرد بیوزریک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	دوره پرشدن دانه Seed filling period	ارتفاع Height	درصد پروتئین Percentage of protein
بلوک Block	2	8941.16 ^{ns}	1640865.01 ^{ns}	7.66 ^{ns}	0.166 ^{ns}	7.102 ^{ns}	11.823 ^{**}
رقم Cultivar (C)	2	9615480.61 ^{**}	6341999.55 ^{**}	195.17 ^{**}	557.166 ^{**}	179.101 ^{ns}	2.9690 [*]
تراکم Density(D)	2	3076697.81 ^{**}	639515.97 ^{ns}	71.16 ^{**}	0.166 ^{ns}	825.905 ^{ns}	12.189 ^{**}
کود بیوزریک Biologic Fertilizer	1	36208.20 ^{ns}	7935153.33 ^{**}	3.73 ^{ns}	0.166 ^{ns}	2.622 ^{ns}	0.015 ^{ns}
رقم × تراکم D × C	4	878739.79 ^{**}	2173645.24 [*]	51.88 ^{**}	0.166 ^{ns}	368.551 ^{ns}	1.522 ^{ns}
رقم × کود B.F. × C	2	62266.71 ^{ns}	240207.38 ^{ns}	28.06 ^{ns}	0.166 ^{ns}	109.691 ^{ns}	0.043 ^{ns}
تراکم × کود B.F. × D	2	439095.88 ^{ns}	598642.40 ^{ns}	32.06 [*]	0.166 ^{ns}	276.074 ^{ns}	0.041 ^{ns}
رقم × تراکم × کود B.F.×D×C	4	109539.72 ^{ns}	4285735.20 ^{**}	46.81 ^{**}	0.166 ^{ns}	606.408 ^{ns}	0.048 ^{ns}
خطا Error	34	148493.51	611445.66	9.34	0.166	368.824	0.767
ضریب تغییرات C.V		12.3	12.8	17.6	0.16	18.7	6.5

ns اختلاف آماری غیر معنی دار

* و ** معنی دار در سطح احتمال آماری ۱۰ و ۱ درصد

ns statistically non-significant difference

* and ** are significant at the statistical probability level of 5 and 1 percent

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه ارزن

Table 4. Correlation coefficients between the investigated characteristics of common millet

	ارتفاع Height	دوره پر شدن دانه Seed filing period	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد پروتئین Percentage of protein
ارتفاع Height						
دوره پر شدن دانه Seed filing period	0.098 ^{ns}					
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.019 ^{ns}	0.017 ^{ns}				
عملکرد دانه Grain yield	0.084 ^{ns}	0.726**	0.002 ^{ns}			
شاخص برداشت Harvest index	0.114 ^{ns}	0.496**	0.255 ^{ns}	0.669**		
درصد پروتئین Percentage of protein	0.131 ^{ns}	-0.154 ^{ns}	0.132 ^{ns}	-0.301*	0.310*	

خشک را به خود اختصاص داد. بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به رقم پیشاهنگ و کمترین درصد پروتئین دانه مربوط به رقم مهران بود که این خود به تفاوت دوره پر شدن دانه این دو رقم مرتبط است.

شدن دانه از منبع برگ و سایر بخش‌هایی که فتوسنتز انجام می‌دهند می‌باشد.

جمع بندی

نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش تراکم بر عملکرد دانه ارقام اثر معنی‌دار دارد. بیشترین عملکرد دانه متعلق به رقم مهران در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار بود. افزایش عملکرد در این تراکم در رقم مهران نسبت به دو رقم دیگر ناشی از افزایش شاخص برداشت بود. افزایش شاخص برداشت در رقم مهران را می‌توان به دوره پر شدن طولانی‌تر دانه این رقم نسبت به دو رقم دیگر نسبت داد. بررسی روند تغییرات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت این رقم نشان داد که با افزایش تراکم به ۵۰۰ هزار بوته در هکتار عملکرد بیولوژیک افزایش و شاخص برداشت کاهش می‌یابد که این مسئله باعث عدم تفاوت آماری عملکرد رقم مهران در تراکم‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ هزار بوته در هکتار شد. رقم پیشاهنگ در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و کاربرد کود بیولوژیک بیشترین علوفه

Reference

- Adavi, Z., and Baghbani Arani, A. 2019. Effect of biofertilizer application on yield and yield components of common millet (*panicum miliacum L.*) and fox tail (*setaria italica L.*) cultivars under water stress. *Iranian Agricultural sciences*, 5(4): 13 - 25 (In Persian with English Summery).
- Andrade, F.H., Vega, C., Uhart, S., Cirilo, A., Cantarero, M., and Valentinuz, O. 1999. Kernel number determination in maize. *Crop Science*, 39(2): 453-459.
- Anisimov, M., Skriptsova, A., Chaikina, V.E.L., and Klykov, A.G. 2013. Effect of water extracts of seaweeds on the growth of seedling roots of buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*). *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 16 (2): 282-287.
- Apholo, P.J., Ballare, C.L., and Scopel, A.L. 1999. Plant-plant signaling the shade avoidance response and cope petition. *Journal of Experimental Botany*, 50 (330): 29-37.
- Ashiono, G.B., Gatuiku, S., Mwangi, P., and Akuja, T.E. 2005. Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yeild of dual-Purpose sorghum (*sorghum bicolor L. Moench*), E1291, in the dry highlands of kenya. *Asian Journal of plant science*, 4: 379-382.
- Bruckner, P.L., and Frohberg, R.C. 1987. Rare and Duration of grain filling in spring wheat. *Crop Science*, 27: 451-455.
- Cox, W.J., 1997. Corn silage and grain yield response to plant densities. *Journal of Production Agriculture*, 70: 405-410.
- Elumalai, L.K., and Rengasamy, R. 2012. Synergistic effect of seaweed manure and Bacillus sp. on growth and biochemical constituents of Vigna radiata L. *Journal of Biofertilizers & Biopesticides*, 3 (3): 1-7
- Erulan, V. 2009. Studies on the effect of sargassum polysystem extract on the growth and biochemical composition of Cajanus cajan (L) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6: 392-399.
- FAO. 2020. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAOSTAT © FAO Statistics Division.
- Faramarzi, M., Foroutanfar, H., and Shakibaei, M. 2010. Microalgae Biotechnology.

University of Tehran press.

- Ghafari, M., Moosavi, S.G.H., Seghatoleslami, M.J., and Javadi, H. 2019. Response of crop yields and agronomic traits of five grain millet cultivars planting date. *Journal of Ecophysiology of crops*, 13(1):121-138 (In Persian with English Summery)
- Khajehpour, M.R. 2014. Cereals Crops. Jahad Daneshgahy Isfahan University of Technology. (In Persian)
- Kannathasan, K., Sivasan Kari, S. Chandrasekaran, M., Rajkumar, R., and Venkatesalu, V. 2008 Evaluation of seaweed *Hypnea musciformis* for gibberilic acid like substances and biofertilizing activity. *Seaweed Research utilization*, 30(1): 125-133.
- Khamari, M. 2017 . *Evaluation of grain sorghum and common millet intercropping in Birjand region*. M. SC.Thesis of Agronomy , Faculty of Agriculture , university of Birjand, Iran (In Persian with English Summery).
- Anil Kumar, A., KumarTripathi, M., Joshi, D., and Kumar, V. 2021. Millets and Millet Technology. Springer Nature
- Martin, R.J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28: 37-44.
- Nakhaei, A., Abbasi, M.R., Arazmjoo, E., and Azari NasrAbad, A. 2014. Evaluation of terminal drought tolerance in foxtail millet (*Setaria italic* L.) accessions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(1): 25-38 (In Persian with English Summery).
- Roth, G., and Goyne, P. 2004. Measuring plant water status. Section 3: Irrigation management of cotton 164 pp.
- Safari, F., Galeshi, S., Torbatinejad, N.M., and Masavat, A. 2008. Effect of planting date and density on forage yield of fox tail millet. *Agricultural Sciences and natural resources*, 15(5):26-38(In Persian with English Summery).
- Salah El Din, R.A., Elbakry, A.A., Ghazi, S.M., and Abdel Hamid, O.M. 2008. Effect of seaweed extract on the growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Phycology*, 9: 25-38.

- Shahbazi, F., Seyyed Nejad, M., Salimi, A., and Gilani, A. 2015. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8 (3): 283- 287 (In Persian).
- Shridevi, S.D.K., and Paul, J. 2014. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Gracilria dura*(AG.) J. AG.(Red seaweed) on *pennisetum glaucum* (L) R. Br., in thoothukudi, Tamil nadu, India. *Indo American Journal of Pharmaceutical Research*, 4(4): 2231-6876
- Shukla, K.N., and Dixit, R.S. 2000. Nutrients and plant population management in summer green gram. *Indian Journal of Agronomy*, 41, 78-83.
- Siahmargue, A., Rasi Serai, M.R., and Naseri, M.Y. 2014. Effect of biological fertilizers on some forage quantity traits in millet (*pennisetum glaucum* (L.) R.Br.). *Journal of Iranian plant of Eco-physiology Researches*, 9(2) : 72 – 81 (In Persian with English Summery).
- Tabatabai, A., and Shakeri, E. 2019. Effect of planting date and row spacing on some indicators of millet cultivars. In: 16th National congress of Agricultural Sciences and plant breeding of Iran. (In Persian with English Summery).
- Tabatabai, A., and Mehrani, A. 2013. Investigation of the effects of planting date and plant density on yield and yield components of grain millet cultivars. In: national conference on passive defense in Agricultur. (In Persian with English Summery).
- Thambiraj, J., Lingakumar, K., and Paulsamy, S. 2012. Effect of seaweed liquid fertilizer (SLF) prepared from *Sargassum wightii* and *Hypnea musciformis* on the growth and biochemical constituents of the pulse, *Cyamopsis tetragonoloba* (L.). *Journal of Agricultural Research*, 1(1): 65-70.
- Vahidi, H., Mahmoudi, S., Parsa, S., and Fallahi, H. 2020. Evaluation of yield and indices of mixed cultivation of millet and quinoa under the influence of planting density and rations in Birjand region. *Agricultural Ecology Quarterly*, 13(3): 471-488. (In Persian with English Summery).
- Vankhadeh, S. 1999. Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N. *Plant Physioly*, 3: 217-221
- Vijayanand, N., Ramya, S.S., and Rathinavel, S. 2014. Potential of liquid extracts

of sargassum wightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian pacific journal of Reproduction*, 3(2): 150-155.

Zebarth, B.J., and Sheard, R.W. 1992. Influence of rate and timing of nitrogen fertilization application on yield and quality of hard red winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 72(1):13-19.

Investigation of the Effects of Plant Density and Biological Fertilizer on Agronomic Characteristics, Grain Yield and Yield Components of Commercial Cultivars of three Millet Species

Reza Sadrabadi Haghighi^{1*}, Vahid Moradnezhad Hesari¹, Ali Bagherzadeh Chaharjouee¹, Mohsen Ghasemi¹

1. Agricultural Science Department, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran . (Corresponding author)

Received: August 2021 Accepted: October 2022- DOI: 10.22092/aj.2022.355568.1559

Extended Abstract

Sadrabadi Haghighi, R., Moradnezhad Hesari, V., Bagherzadeh Chaharjouee, A., Ghasemi, M., Investigation of the Effects of Plant Density and Biological Fertilizer on Agronomic Characteristics, Grain Yield and Yield Components of Commercial Cultivars of three Millet Species **Applied Research in Field Crops Vol 35, No. 1, 2022 13-15: 72-87**(in Persian)

Introduction

In recent years, due to climate change, the planting of millets has become of particular importance, necessitating conducting further research on their quantitative and qualitative attributes. Pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) is widely known as a multipurpose crop in many regions of the world. It provides nutritious food for humans, feeds for poultry, and fodder for ruminants. About 20 different species of millet have been cultivated throughout the world at different points in time. Commonly cultivated millet species include proso millet (*Panicum miliaceum* L.), pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.R. Br.), finger millet (*Eleusine coracana*), Kodo millet (*Paspalum setaceum*), foxtail millet (*Setaria italica* L. Beauv.). Little millet provides excellent support for nervous system health by helping to restore nerve cell function, regenerate myelin fiber, and intensify brain cell metabolism. Millets are also rich in micronutrients such as niacin, B-complex vitamins, Vitamin B6, and folic acid. Millets generally contain significant amounts of essential amino acids, particularly those containing sulfur (methionine and
Email address of the corresponding author: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

cysteine) (Torabi, 2015). Plant density is among the agricultural practices that greatly influences grain yield and yield components of pearl millet as it determines the inter-and intra-plant competition for groundwater and soil nutrients during the growing season. Due to the development of human societies, food security has become a priority (Khajeh pour, 2012). Technological advancements and the introduction of chemical fertilizers and pesticides have provided sufficient quantities of food in recent decades, but food quality is questioned. Fertilizers from natural sources might be a practical solution. Coastal farmers in various countries have been applying seaweed for crop growth and development for many years. Nowadays, with technological development, some species of seaweed such as *Ascophyllum nodosum* are cultivated and processed as seaweed extract alone or mixed with other fertilizers to be used by farmers (Manea and Abbas, 2018).

Material & Methods

To investigate the effects of different densities of millet and bio-fertilizer application on morphological and physiological yield and yield components of three millet cultivars, a factorial experiment in a randomized complete block design with three replications was conducted in Mashhad in 2021. In the experiment, three density levels of millet (300,000, 400,000, and 500,000 plants per hectare), and two levels of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) bio-fertilizer in quantity of 0 and 1 L per hectare, as well as three cultivars of millet (Bastan, Pishahang, and Mehran) were applied. In this experiment, grain yield, biomass yield, harvest index, 1000-seed weight, plant height and protein percentage were measured.

Results & Discussion

The analysis of variance showed that the effects of cultivar and density on grain yield were significant at the probability of 1% where the highest grain yield with an average of 4444.1 kg/ha was obtained from Mehran cultivar at a density of 400 thousand plants per hectare. The lowest was related to Pishahang cultivar at a density of 400,000 plants per hectare with an average yield of 2321.5 kg per hectare. The effect of bio-fertilizer application was also significant on the yield and yield components at the probability of 1%. The highest harvest index value (0.29) was obtained from Mehran cultivar at a density of 400,000 plants per hectare.

The examination of the trend of change in the biological yield and harvest index of this cultivar also indicated that with increasing density, the biological yield increased and the harvest index decreased. Additionally, the highest biomass yield (7629/6 kg/ha) was observed in Pishahang cultivar at a density of 400,000 plants per hectare, both by bio-fertilizer application.

Keywords: Biomass yield, Harvest index, Seaweed biological fertilizer

Reference

- Khajeh pour, M. 2012. Grains. Academic Jihad Publications of Isfahan Industrial Unit, 229 P.
- Manea, A.I., Abbas, K.A.U. 2018. Influence of seaweed extract, organic and inorganic fertilizer on growth and yield broccoli. *International Journal of Vegetable Science*, 24:550-556.
- Torabi, M. 2015. Millet plant suitable for planting in drought and water shortage conditions. Promotional publication of Isfahan Province Agricultural Jihad Organization, 40 P.