

The effect of planting density and foliar application of seaweed fertilizer on forage yield of three species of millet in Mashhad

Vahid Moradnezhad Hesari ^a, Reza Sadrabadi Haghighi ^{*a}, Ali Bagerzadeh ^a, Mohsen Ghasemi ^a

^a Department of Agricultural Science, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

*Corresponding Author: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

Received: 5 December 2024

Accepted: 16 May 2025

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430024.1388

How to cite this article:

Moradnezhad Hesari, V., Sadrabadi Haghighi, R., Bagerzadeh, A. and Ghasemi, M., 2026. The effect of planting density and foliar application of seaweed fertilizer on forage yield of three species of millet in Mashhad. *Crop Science Research in Arid Regions*, 8(1), 79-94. <https://doi.org/10.22034/CSRAR.2024.430024.1388>

Abstract

Introduction: In most countries of the world, research and progress in the production and management of fodder plants have been forgotten, so for the development and cultivation of fodder plants and the lack of fodder for livestock and also to reduce the pressure on pastures, the standard and scientific production of fodder should be increased compared to the effort and attention which is directed to other products, the fodder production has been neglected. Today, due to changes in weather conditions, population growth, and concerns about food security, the cultivation of millet has gained special importance; therefore, research on its quantity and quality is important.

Materials and Methods: To investigate the effect of density and biological fertilizer (*Ascophyllum nodosum* seaweed) on three varieties of millet, this experiment was carried out during the two crop years of 2019 and 2020, in fields located in Mehdi-Abad region (Kenah-Bist) and the Agricultural Research Center, respectively. It was done in Mashhad city. The factorial experiment was carried out as a randomized complete block design in three replications. The test factors include plant density in three levels of 300, 400, and 500 thousand plants per hectare with row spacing of 6.5, 5, and 4 cm and row spacing of 50 cm and the use of biological fertilizer in two levels: no use and Application of seaweed biological fertilizer (during two stages: the first stage at the time of tillering and the second stage when the panicum appears) at the rate of one liter per hectare (based on field studies) and spraying on three different species of millet (*Panicum miliaceum* var. Pishahang, *Setaria italica* var. Bastan, and *Pennisetum glaucum* var. Mehran) were implemented. During the plant's growth period, the necessary notes of the characteristics of its growth and reproduction included the number of leaves, the yield of fresh fodder, the weight of 1000 seeds, the period of seed filling, and the number of days until flowering. The exact time of harvesting green fodder was at the stage of 50% grain milkiness. Composite variance analysis was performed for two years with the assumption of randomness of the year factor using MSTATC software.

Results and Discussion: The combined analysis revealed significant effects of year, species, and their interactions on fresh forage yield. Specifically, year × species, year × density, species × density, species × fertilizer, density × fertilizer, species × density × fertilizer, and year × species × density × fertilizer interactions were significant for fresh forage yield. The highest yield was obtained in the first



year from the Pishahang variety of *Panicum miliaceum* at a density of 300,000 plants per hectare without fertilizer. This yield was statistically similar to the yield of the Mehran variety of *Pennisetum glaucum* at a density of 500,000 plants per hectare with seaweed fertilizer. The lowest yield was recorded in the second year from the Bastan variety of *Setaria italica* at a density of 300,000 plants per hectare without fertilizer. At a density of 500,000 plants per hectare, there was no significant difference between fertilized and non-fertilized treatments, placing them in the same statistical group. The response of fresh forage yield to density and fertilizer application varied, with no specific pattern observed.

The analysis also indicated that the simple effects of year, species, and their interaction on days to flowering were significant. The Mehran variety of *Pennisetum glaucum* had the highest days to flowering in the first year, while the Pishahang variety of *Panicum miliaceum* had the lowest in the second year. In both years, Pishahang had fewer days to flowering compared to the other species. Overall, all species flowered earlier in the second year due to the faster temperature increase, accelerating growth.

For the grain filling period, the results showed significant simple effects of species, year, and their interaction. The Bastan variety of *Setaria italica* had the longest grain filling period in the first year, while the Mehran variety of *Pennisetum glaucum* had the shortest. The grain filling period for Bastan differed significantly between the two years, whereas the other species had consistent periods. These differences are attributed to genetic variations among the species. The thousand-grain weight results indicated that the length of the grain filling period significantly affected this trait, with Mehran and Bastan varieties having the highest and lowest weights, respectively.

Finally, the combined analysis showed significant effects of species, density, fertilizer, and their interactions on thousand-grain weight. The highest thousand-grain weight was obtained for the Bastan variety of foxtail millet at a density of 400,000 plants per hectare without fertilizer. The lowest weight was recorded for the Mehran variety of pearl millet at the same density with fertilizer. No significant difference was observed between fertilized and non-fertilized treatments at a density of 300,000 plants for the same species. Overall, the thousand-grain weight response to density and fertilizer treatments did not follow a specific pattern, potentially due to variations in time, frequency, and concentration of fertilizer application.

Conclusion: The study demonstrated significant differences in the traits of the investigated species, except for forage yield, for which the interaction effects of year, species, density, and fertilizer were observed. *Panicum miliaceum* var. Pishahang, at a density of 300,000 plants per hectare without fertilizer, achieved the highest forage yield in the first year. *Pennisetum glaucum* var. Mehran also showed promising results with 500,000 plants per hectare and the application of seaweed fertilizer. Overall, while specific species like *Panicum miliaceum* var. Pishahang and *Setaria italica* var. Bastan excelled in certain harvests, *Pennisetum glaucum* var. Mehran demonstrated consistent superiority across traits. For maximizing fodder yield, it is recommended to cultivate *Panicum miliaceum* var. Pishahang and *Pennisetum glaucum* var. Mehran. For higher seed harvest, *Setaria italica* var. Bastan is suggested. The varying responses to fertilizer indicate that genetic differences among species played a more critical role in trait performance.

The results underscore the need for tailored agronomic practices based on species-specific responses to density and fertilizer application. Future research should further explore these genetic variations to optimize forage production and quality.

Keywords: Biological fertilizer, Forage yield, Seed filling period, Weight of 1000 seeds

تأثیر تراکم کاشت و محلول پاشی کود جلبک دریایی بر عملکرد علوفه سه گونه ارزن در مشهد

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

۱- گروه علوم کشاورزی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

* مسئول مکاتبه: rsadrabadi@mshdiau.ac.ir

DOI: 10.22034/CSRAR.2024.430024.1388

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۱۵

چکیده

امروزه به دلیل تغییر شرایط آب و هوایی، افزایش جمعیت و دغدغه امنیت غذایی کاشت گیاه ارزن از اهمیت خاصی برخوردار گردیده است. به منظور بررسی اثر تراکم و کود بیولوژیک بر عملکرد علوفه تر و برخی صفات فنولوژیکی و مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه گونه ارزن، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی دو سال ۱۴۰۰ و ۱۳۹۹ در مشهد انجام شد. تراکم‌های ارزن در سه سطح ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و کود بیولوژیک در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد کود و سه گونه ارزن پرسو (*Panicum miliaceum* var. Pishahang)، دم‌روباهی (*Setaria italica* var. Bastan) و مرواریدی (*Pennisetum gluacum*) (var. Mehran) عامل‌های آزمایش بودند. نتایج نشان داد که ارقام گونه‌های مورد مطالعه برای تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری دارند. اثرات متقابل سال × گونه × تراکم × کود بر روی کلیه صفات بجز عملکرد علوفه تر غیر معنی‌دار بود، بیشترین عملکرد علوفه تر مربوط به سال اول آزمایش و ارزن پرسو و تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم کاربرد کود بدست آمده از نظر آماری با تیمار ارزن مرواریدی در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و کاربرد کود جلبک دریایی اختلاف چندانی نداشت. ارزن‌های دم‌روباهی و مرواریدی که به ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره پر شدن دانه را داشتند دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه نیز بودند. پاسخ صفات مورد بررسی در مصرف یا عدم مصرف کود از الگوی مشخصی تبعیت نکرد و به نظر می‌رسد صفات مورد بررسی بیشتر تحت تأثیر تفاوت ژنتیکی گونه‌ها قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: دوره پر شدن دانه، عملکرد علوفه تر، کود بیولوژیک، وزن هزار دانه

مقدمه

مناطق گرمسیری محسوب می‌شود که به دلیل برخورداری از فصل رشد کوتاه، به آب کمتری نیاز داشته و می‌تواند در شرایط نامساعد محیطی نسبت به سایر غلات در طول دوره رشد محصول بیشتری تولید کند (Siahmargue et al., 2014). بر اساس آمار موجود، سطح زیر کشت ارزن در دنیا حدود ۳۲ میلیون هکتار، با تولید حدود ۳۰ میلیون تن می‌باشد. 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; Mehri et al., 2017; Chabook and Pakzad, 2017). در بوم نظام‌های زراعی و مدیریت‌های متفاوت تولید، شناخت عوامل افزایش دهنده کمیت و کیفیت محصول امری ضروری است که بسته به نوع گیاه می‌تواند جهت دستیابی به عملکرد مطلوب و مورد نظر، مورد ملاحظه قرار گیرد (Van

در اکثر کشورهای جهان تحقیق و پیشرفت در امر تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای فراموش شده است. بنابراین برای توسعه و کشت گیاهان علوفه‌ای و کمبود علوفه برای تغلیف دام و نیز کاهش فشار به مراتع می‌بایست تولید استاندارد و علمی علوفه را افزایش داد. در مقایسه با تلاش و توجهی که به سایر محصولات معطوف می‌شود، تولید علوفه مورد غفلت واقع شده است. از این رو توجه به کشت محصولات علوفه‌ای با شیوه علمی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد (Bastos et al., 2020). با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه خشک، بهره‌برداری از گیاهان با درجه سازگاری بالا به اقلیم و شرایط خشک حاکم بر کشور راه حل مناسبی است جهت افزایش تولید گونه‌هایی که بتوانند با مصرف آب کمتر، ماده خشک بیشتری تولید نمایند (Adavi and Baghbani, 2019).

ارزن یکی از غلات قدیمی در نواحی خشک و نیمه خشک

دلیل کاربرد عصاره جلبک دریایی به عنوان کود سبب افزایش رشد و تولید در گیاهان می گردد (Erulan, 2009; Thambiraj et al., 2012; Elumalai and Rengasamy, 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، گیاهان علوفه ای، حبوبات، گیاهان دارویی و درختان میوه مورد استفاده قرار می گیرد، موجب بهبود عملکرد می گردد (Anisimov et al., 2013). در تحقیقات انجام شده توسط (Shridevi and Paul, 2014) کاربرد کود جلبک دریایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه ارزن (Panucum miliaceum L.) موثر گزارش گردید. همچنین افزایش رشد رویشی و زایشی گندم (*Triticum aestivum* L.)، (Mukesh et al., 2013; Carvalho et al., 2012; et al., 2012) و ذرت (*zea mays* L.)، (Singh et al., 2017; El-Azab and El-Dewiny, 2018) تحت تاثیر محلول پاشی کود جلبک دریایی نیز گزارش گردیده است. با توجه به مطالب ذکر شده، این تحقیق با هدف بررسی اثرات کود بیولوژیک جلبک دریایی و تراکم بوته بر عملکرد علوفه و برخی صفات فنولوژیکی، مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه گونه ارزن در شرایط آب و هوایی شهرستان مشهد انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی اثر تراکم و کود بیولوژیک جلبک دریایی آسکوفیلوم نودوسوم (*Ascophyllum nodosum*) بر روی سه گونه ارزن، این آزمایش طی دو سال زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به ترتیب در مزارعی واقع در منطقه مهدی آباد (کنه بیست) و مرکز تحقیقات کشاورزی در شهرستان مشهد انجام شد. مشخصات زراعی و مورفولوژیک ارقام گونه های ارزن مورد مطالعه، مشخصات جغرافیایی و اقلیمی، شاخص های آب و هوایی، مشخصات فیزیوشیمیایی خاک محل های آزمایش و خصوصیات شیمیایی کود بیولوژیک استفاده شده به ترتیب در جداول ۱ الی ۵ آمده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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

(Oosterom et al., 2001). با وجود تمام تلاش های اصلاحگران در سال های اخیر جهت افزایش عملکرد (علوفه و دانه)، متأسفانه عملکرد ارزن در حال حاضر حتی در مقیاس جهانی نیز رضایت بخش نیست (Kumar et al., 2017). یکی از پیش شرط های لازم برای دستیابی به عملکرد بالای گیاهی، تامین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (Ashoori et al., 2014). دستیابی به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته ها در واحد سطح زمین میسر است (Jaenisch et al., 2019). به عنوان یک اصل کلی، در تراکم های بیش از مطلوب رقابت درون گونه ای باعث کاهش عملکرد شده و بالعکس در تراکم های کم تر از مطلوب، امکانات محیطی اعم از نور، فضا، آب و خاک به نحو مطلوب استفاده نشده و عملکرد نیز کاهش خواهد یافت (Fischer et al., 2019). در پژوهش های بسیاری در دنیا و ایران، تاثیر تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی گیاهان دانه ای و علوفه ای همچون ارزن (*Panucum miliaceum* L.)، (Vahidi et al., 2021; khomari, 2017; Nasirpour et al., 2018; Mostafaei, 2018; Tabatabaee and Shakeri, 2019; Tabatabaee and Mehrani, 2013; Van Oosterom et al., 2001; Safari et al., 2017; Agha Alikhani, 2013; Carberry et al., 2011; Tomer and Triticum, 2011; Kusaka et al., 2013; Harika, 2013)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، (Bastos et al., 2020; Bhatta et al., 2018; Fischer et al., 2019; Lollato et al., 2019; Jaenisch et al., 2019) و جو (*Hordeum vulgare* L.)، (Kizilgeci et al., 2019; Youssef et al., 2019; Aktash, 2017; al., 2016) گزارش گردیده است. از سویی دیگر به منظور حفظ محیط زیست و رسیدن به کشاورزی پایدار و در کنار آن جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد، استفاده از کودهای بیولوژیکی از موثرترین شیوه ها می باشد (Manea and Abbas, 2018). 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 (Vijayanand et al., 2014). جلبک ها علاوه بر دارا بودن نیتروژن و سطوح بالای عناصر معدنی، دارای تنظیم کننده های رشد از جمله اکسین، جیبرلین و سیتوکنین هستند و به همین

ردیف ۵/۶، 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 یک لیتر در هکتار (بر اساس مطالعات میدانی) و محلول پاشی بر روی سه گونه مختلف 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) به اجرا درآمد.

جدول ۱- مشخصات زراعی و مورفولوژیک سه گونه ارزن

Table 1- Agricultural and morphological characteristics of three millet species

گونه Species	دوره رسیدن Arrival period	میانگین عملکرد دانه Average seed yield (kg.ha ⁻¹)	میانگین عملکرد علوفه خشک Average yield of dry fodder (kg.ha ⁻¹)	میانگین عملکرد فصل The average yield of small (kg.ha ⁻¹)	طول مدت تا گلدهی Duration until flowering Day (day)	میانگین وزن هزار دانه The average weight of a thousand seeds (g)	میانگین تعداد دانه در پانیکول Average number of seeds per panicle (n)
ارزن معمولی رقم پیشاهنگ <i>Panicum miliaceum</i> var. pishahang	از نظر تولید دانه: متوسط رس از نظر تولید علوفه: زودرس	1500	7000	35000	50-60	4	800
ارزن دم روباهی رقم باستان <i>Setaria italica</i> var. Bastan	از نظر تولید دانه: متوسط رس از نظر تولید علوفه: زودرس	2000	4000	30000	حدود 60	3	4500
ارزن مرواریدی رقم مهران <i>Pennisetum glaucum</i> var. Mehran	از نظر تولید دانه: متوسط رس از نظر تولید علوفه: زودرس	2500-3000	15000-20000	60000-70000	60-70	8-8.5	700-800

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مکان های اجرای طرح

Table 2- Geographical and climatic characteristics of project implementation locations

مکان اجرای طرح Site	متوسط بارندگی سالانه Average annual rainfall (mm)	ارتفاع از سطح دریا Height above sea level (meters)	عرض جغرافیایی Latitude (degrees)	طول جغرافیایی Longitude (degrees)
مهدی آباد Mehdi Abad	250	1050	36.16579	59.42249
مرکز تحقیقات کشاورزی Agricultural Research Center	250	1050	36.27	59.5593

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 گونه های ارزن در تاریخ ۹ تیرماه به صورت دستی در عمق پنج سانتی متری روی پشته انجام گردید. (بر اساس تراکم ها، بذرها ضد عفونی شده با قارچ کش کاربوکسین تیرام به میزان ۲/۵ در هزار قرار داده شد). در مرحله چهار برگی

عملیات آماده سازی زمین به روش معمول منطقه شامل شخم، دیسک و تسطیح انجام شد. بر اساس آزمایش تجزیه خاک، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم قبل از کاشت استفاده شد. همچنین کود اوره به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در دو مرتبه در مراحل پنجه زنی و ساقه رفتن به صورت سرک همراه با آب

رقم پیشاهنگ، در ۳۰ شهریور ارزن دمروباهی رقم باستان و در ۷ مهرماه ارزن مرواریدی رقم مهران با توجه به سردی هوا، به صورت دستی با نیروی کارگری انجام شد. این عملیات در سال دوم آزمایش نیز تکرار گردید.

به منظور رسیدن به تراکم مطلوب، بوته های اضافی به صورت دستی 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. برداشت محصول در تاریخ های ۲۷ شهریور ارزن پرسو

جدول ۳- میانگین شاخص های آب و هوایی از فروردین تا شهریور (سال های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰)

Table 3- Mean weather condition index from March 20 to September 21 for the years 2020 and 2021

روز برفی	روز بارانی	جمع تبخیر	بارش باران	رطوبت	میانگین دما	حداقل دما	حداکثر دما	سال	ماه
Snowy days	Rainy days	Total evaporation	Total precip.	Humidity	Average temperature	Minimum temperature	Maximum temperature	Year	Month
1	7	6	5.8	50	16	2	32	۱۴۰۰ 2021	فروردین
2	17	6.2	139.5	76	11	-1	23	۱۳۹۹ 2020	Mar 20 - Apr 19
0	7	8.2	16.4	46	22	12	35	۱۴۰۰ 2021	اردیبهشت
0	10	4.6	36.5	57	19	10	33	۱۳۹۹ 2020	Apr 20 - May 20
0	0	13.2	0	31	29	17	41	۱۴۰۰ 2021	خرداد
0	1	7.11	0.5	22	28	15	40	۱۳۹۹ 2020	May 21- Jun 20
0	2	13.4	1.3	32	29	16	42	۱۴۰۰ 2021	تیر
0	1	1.13	4	22	28	17	41	۱۳۹۹ 2020	Jun 21 - Jul 21
0	0	13.3	0	30	29	16	39	۱۴۰۰ 2021	مرداد
0	2	7.1	1.4	28	28	17	39	۱۳۹۹ 2020	Jul 22 - Aug 21
0	0	9.9	0	34	26	14	39	۱۴۰۰ 2021	شهریور
0	1	9.8	0.2	28	23	11	38	۱۳۹۹ 2020	Aug 22- Sep 21

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل های آزمایش

Table 4- Physicochemical properties of experiment field soil

رس	سیلت	شن	بافت خاک	کربن الی	پتاسیم	فسفر	نیترژن هدایت الکتریکی	اسیدیته	عمق	مکان
Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil Texture	O.C (%)	K (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	N (%)	EC (ds m ⁻¹)	Depth (cm)	Site
22	54	24	سیلت لوم Silt Loam	0.574	175	10	0.048	1.9	0-30	مهدی آباد Mehdi Abad
7	48	45	سیلت لوم Silt Loam	0.75	175	10.0	0.067	2.32	0-30	مرکز تحقیقات کشاورزی Agricultural Research Cente

جدول ۵- خصوصیات شیمیایی کود بیولوژیک جلبک دریایی

Table 5- Chemical properties of seaweed biofertilizer

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

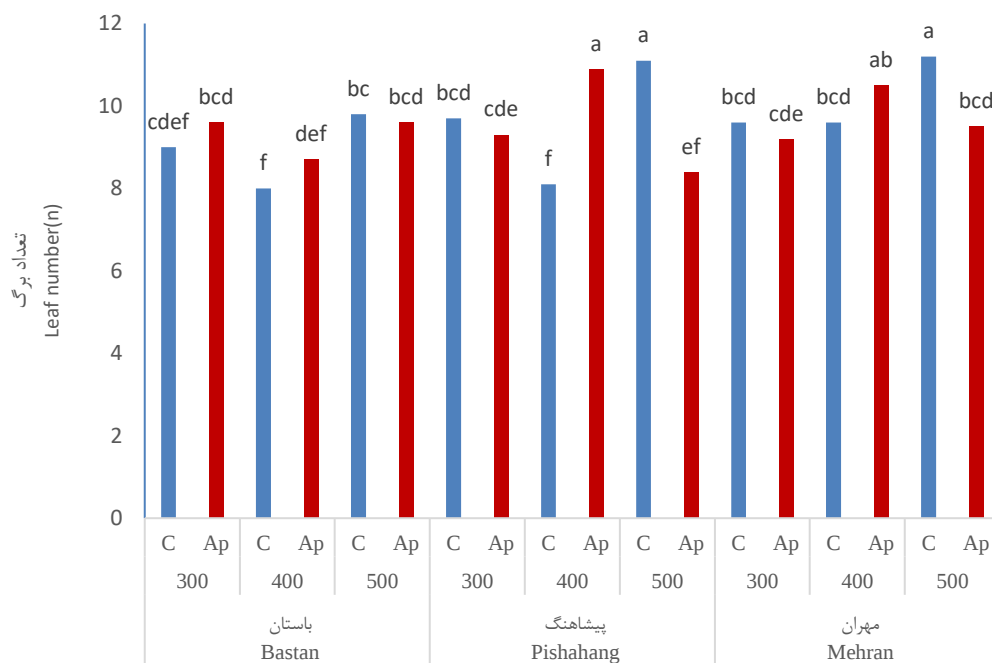
برداشت محصول برحسب تعداد روز شمارش شد. تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی نیز وقتی که ۵۰ درصد سنبله‌های بوته‌های کرت ظاهر شده بودند یادداشت گردید. به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی ابتدا آزمون بارتلت انجام شد. سپس تجزیه واریانس مرکب برای دوسال با فرض تصادفی بودن عامل سال با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. همچنین رسم شکل‌ها و جداول با کمک نرم‌افزار Word و Excel نسخه ۲۰۱۶ انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثرات ساده گونه، تراکم و اثرات متقابل سال × گونه، تراکم × کود و گونه × تراکم × کود بر روی صفت تعداد برگ معنی‌دار بود (جدول ۶).

در طول دوره رشد گیاه یادداشت برداری‌های لازم از خصوصیات رویشی و زایشی آن شامل، تعداد برگ، عملکرد علوفه تر، وزن هزار دانه، دوره پرشدن دانه و تعداد روز تا گلدهی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای پس از حذف ۰/۵ متر ابتدا و انتهای خطوط بر روی ۱۰ بوته تصادفی از دو خط میانی انجام شد. جهت اندازه‌گیری صفت تعداد برگ بعد از مرحله گلدهی در هر تیمار ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و صفت مذکور اندازه‌گیری شده و از میانگین اعداد به‌دست آمده جهت تجزیه واریانس استفاده شد. زمان دقیق برداشت علوفه سبز در مرحله ۵۰ درصد شیری شدن دانه بود. سپس علوفه برداشت شده توزین گردید. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه از عملکرد برداشتی از هر کرت یک نمونه ۵ گرمی با استفاده از ترازوی دیجیتال تهیه شده و تعداد بذر در آن با استفاده از بذر شمار الکتریکی به‌دست آمده و سپس وزن هزار دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری دوره پرشدن دانه، زمان به گل رفتن گیاه تا



شکل ۱- اثر متقابل گونه × تراکم × کود بر تعداد برگ ارزن

Figure 1- The interaction effect of species × density × fertilizer on the number of millet leaves (number)

C: عدم کاربرد، AP: کاربرد جلبک دریایی

C: No Application, AP: Application of seaweed

تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم استفاده از کود اختلاف معنی‌دار نشان ندادند و هر سه در یک گروه آماری قرار گرفته‌اند. کمترین تعداد برگ مربوط به گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم کاربرد کود بدست آمد (شکل ۱).

مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه×تراکم×کود بر روی تعداد برگ نشان داد بیشترین تعداد برگ مربوط به گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ و تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم استفاده از کود بدست آمد اما از نظر آماری با تیمار ارزن پرسو رقم پیشاهنگ و تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و استفاده از کود جلبک و همچنین تیمار گونه ارزن مرواریدی رقم مهران با

جدول ۶- تجزیه مرکب اثرات گونه، تراکم و کود بر روی صفات مورد بررسی ارزن (سال‌های ۱۳۹۹-۱۴۰۰)

Table 6- Combined analysis of species, density, and fertilizer effects on the traits studied from 2020 to 2021.

منابع تغییرات S. O.V	درجه آزادی Df	تعداد برگ Leaf number	عملکرد علوفه تر forage yield	دانه 1000- Seed weight	دوره پر شدن دانه Grain filling period	تعداد روز تا گلدهی Number of days until flowering
سال Year	1	3.44 ^{ns}	82.16 ^{**}	0.41 ^{ns}	112.03 ^{**}	202.81 ^{**}
بلوک Block	4	2.36 ^{ns}	5.87 ^{ns}	0.47 ^{ns}	0.09 ^{ns}	3.7 ^{ns}
گونه Species	2	5.55 [*]	108.35 ^{**}	2.99 ^{**}	1466.81 ^{**}	611.59 ^{**}
سال × گونه Species × Year	2	7.05 ^{**}	56.77 ^{**}	0.39 ^{ns}	36.03 ^{**}	17.14 [*]
تراکم Density	2	4.14 [*]	4.77 ^{ns}	6.28 ^{**}	0.14 ^{ns}	6.25 ^{ns}
سال × تراکم Density × Year	2	1.7 ^{ns/}	67.3 ^{**}	0.09 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.81 ^{ns}
گونه × تراکم Species × Density	4	2.35 ^{ns}	138.56 ^{**}	13.57 ^{**}	0.14 ^{ns}	2.92 ^{ns}
کود Fertilizer	1	0.07 ^{ns}	11.86 ^{ns}	5.28 ^{**}	0.14 ^{ns}	6.25 ^{ns}
سال × کود Fertilizer × Year	1	0.04 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.03 ^{ns}	1.81 ^{ns}
گونه × کود Species × Fertilizer	2	1.2 ^{ns}	44.33 ^{**}	1.81 [*]	0.14 ^{ns}	2.92 ^{ns}
تراکم × کود Species × Density	2	20.1 ^{**}	83.23 ^{**}	3.13 ^{**}	0.14 ^{ns}	6.25 ^{ns}
گونه × تراکم × کود Species × Density × Fertilizer	3	4.08 [*]	61.61 ^{**}	7.71 ^{**}	0.14 ^{ns}	2.93 ^{ns}
سال × گونه × تراکم × کود Species × Density × Fertilizer × Year	12	0.66 ^{ns}	43.43 ^{**}	0.26 ^{ns}	0.03 ^{ns}	4.59 ^{ns}
خطا Error	68	1.23	3.45	0.54	0.09	3.7
ضریب تغییرات CV (%)		11.6	9.9	17.8	1.1	3.3

* و ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد و عدم معنی‌دار می‌باشد.

*, ** and ns are significant at the 5 and 1% probability levels and non-significant, respectively

مشاهده کرد. آنچه از نتایج قابل درک است در دو گونه ارزن دم روباهی رقم باستان و ارزن مرواریدی رقم مهران به‌طور کلی

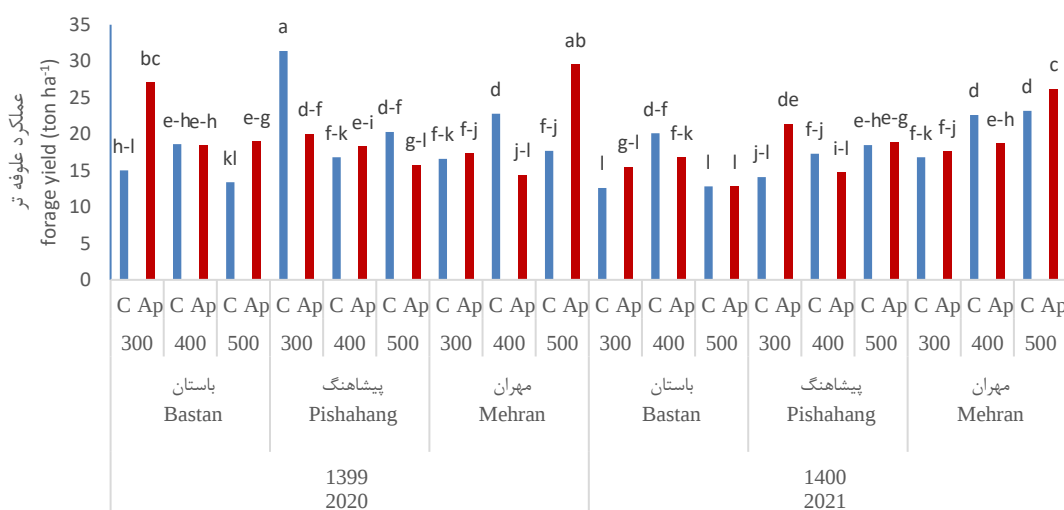
در مورد تغییرات تعداد برگ ارقام گونه‌های مورد مطالعه در واکنش به تراکم و کود جلبک دریایی نمی‌توان روند خاصی

۵۰۰ هزار بوته همین گونه در کاربرد و عدم کاربرد کود اختلاف معنی داری مشاهده نشد و در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۲). پاسخ صفت عملکرد علوفه تر به تغییرات تراکم و مصرف کود نیز از الگوی مشخصی تبعیت نکرد، به گونه‌ای که در برخی موارد مصرف کود تاثیر مثبت و در برخی موارد حتی تاثیر منفی بر این صفت داشته است. همچنین افزایش تراکم گاهی سبب افزایش و گاهی سبب کاهش عملکرد علوفه تر شده است. در پژوهشی گزارش گردید تراکم بوته در واحد سطح اختلاف معنی داری در عملکرد علوفه ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum*) ایجاد ننمود (Agha Alikhani, 2013). در تحقیقی بر روی سورگوم علوفه‌ای، بالاترین مقدار علوفه از بیشترین سطح تراکم یعنی ۲۰۰۰۰ بوته در هکتار بدست آمد (Kazemi et al., 2008). ایشان متذکر شده‌اند که رابطه تراکم و عملکرد علوفه خطی نیست. مقایسه مطلب اخیر با نتایج تحقیق حاضر نیز به روشنی گویای این حقیقت است که در گیاهانی همچون سورگوم و ارزن که از توانایی پنجه زنی بالایی برخوردارند بین تراکم و عملکرد علوفه رابطه خطی است و سپس غیرخطی می‌شود. تحقیقات بر روی سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) و ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*) نشان داد افزایش تراکم، عملکرد علوفه تر را افزایش می‌دهد (Dehghani Qanataghastani, 1998; Wiatrak et al., 1995).

تعداد برگ تحت تاثیر تیمارها قرار نگرفته و تعداد برگ تحت کنترل ژنتیکی گیاهان بوده است که چنین نیز انتظار می‌رود. اما در گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ تغییراتی نه چندان قابل توجهی در تعداد برگ در پاسخ به تراکم و کود جلبک دریایی دیده می‌شود. در پژوهشی بر روی گونه‌های مختلف ارزن اثرات ساده سال و گونه و همچنین اثرات متقابل سال × گونه بر تعداد برگ معنی داری بود (Mehrani et al., 2004). که نشان دهنده عدم وجود روند تغییرات مشابه در سال‌های انجام آزمایش برای این خصوصیت بین گونه‌های مورد بررسی در آزمایش بود.

عملکرد علوفه تر

نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثرات ساده سال و گونه و همچنین اثرات متقابل سال × گونه، سال × تراکم، گونه × تراکم، گونه × کود، تراکم × کود، گونه × کود، سال × گونه × تراکم × کود بر عملکرد علوفه تر معنی دار شد (جدول ۶). بیشترین عملکرد علوفه تر مربوط به سال اول آزمایش و گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ و تراکم ۳۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم کاربرد کود بود که از نظر آماری با تیمار گونه ارزن مرواریدی رقم مهران در تراکم ۵۰۰ هزار بوته در هکتار و کاربرد کود جلبک دریایی اختلاف چندانی نشان نداد و کمترین آن مربوط به سال دوم و گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در تراکم ۳۰۰ هزار بوته و عدم استفاده از کود بدست آمد که با تراکم



شکل ۲- اثر متقابل سال × گونه × تراکم × کود بر روی صفت عملکرد علوفه تر ارزن

Figure 2- The interaction effect of year × species × density × fertilizer on the quality of millet fodder yield

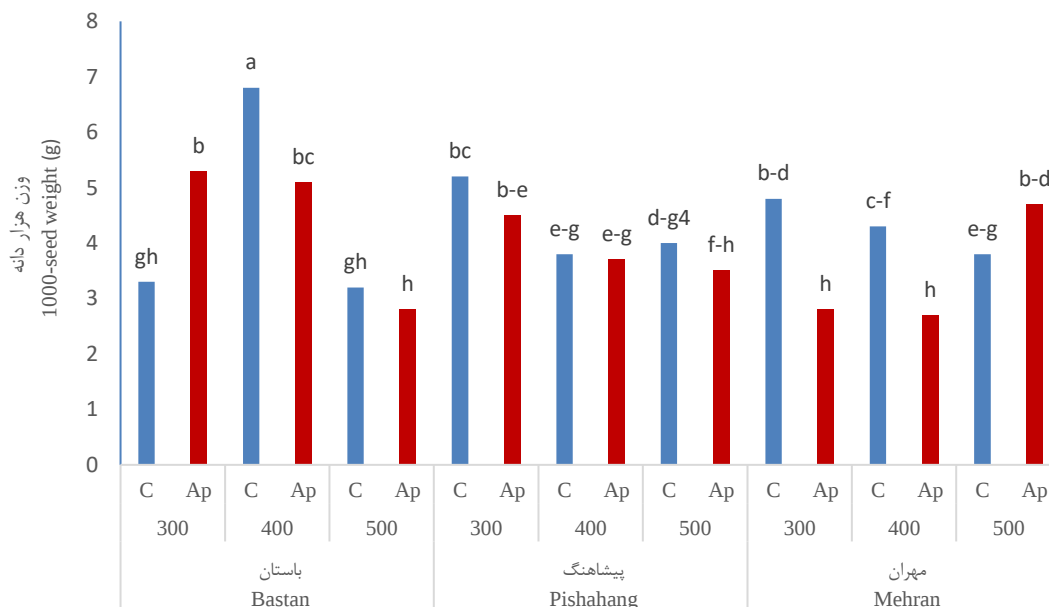
C: عدم کاربرد، Ap: کاربرد جلبک دریایی

C: No Application, AP: Application of seaweed

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثرات ساده گونه، تراکم و کود همچنین اثرات متقابل گونه $\times$ تراکم، تراکم $\times$ کود، گونه $\times$ کود، گونه $\times$ تراکم $\times$ کود بر روی صفت وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات متقابل گونه $\times$ تراکم $\times$ کود نشان داد بیشترین وزن هزار دانه مربوط به گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و عدم کاربرد کود و کمترین آن مربوط به گونه ارزن مرواریدی رقم مهران در تراکم ۴۰۰ هزار بوته در هکتار و کاربرد کود بدست آمده که با تراکم ۳۰۰ هزار بوته همین گونه در کاربرد کود و گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در تراکم ۵۰۰ هزار بوته و کاربرد کود اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). در مجموع روند

تغییرات وزن هزار دانه در پاسخ به تیمارهای تراکم و کود در گونه‌های مختلف، از الگوی مشخصی تبعیت نکرد. این امر می‌تواند ناشی از زمان، تعداد دفعات و غلظت کود مورد استفاده باشد. در پژوهشی با افزایش تراکم بوته، تعداد سنبله در متر مربع افزایش یافت در حالی که با افزایش تراکم بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گیاه جو (*Hordeum vulgare*) کاهش پیدا کرد (Bavar, 2008) در آزمایشی با بالا رفتن تعداد بذر در متر مربع تا ۵۰۰ بذر، تعداد سنبله در متر مربع افزایش ولی تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاهش یافتند و بدین ترتیب افزایش عملکرد حاصل نشد (Fares, 1996). با افزایش تراکم بوته ارزن دم روباهی از ۲۰ تا ۴۰ بوته در مترمربع وزن هزار دانه کاهش یافت (Shekari, 2002).



شکل ۳- اثر متقابل گونه $\times$ تراکم $\times$ کود بر روی صفت وزن هزار دانه ارزن (گرم)

Figure 3- Rhe interaction effect of species $\times$ density $\times$ fertilizer on thousand millet grain weight trait (g)

C: عدم کاربرد، Ap: کاربرد جلبک دریایی

C: No Application, AP: Application of seaweed

دوره پرشدن دانه

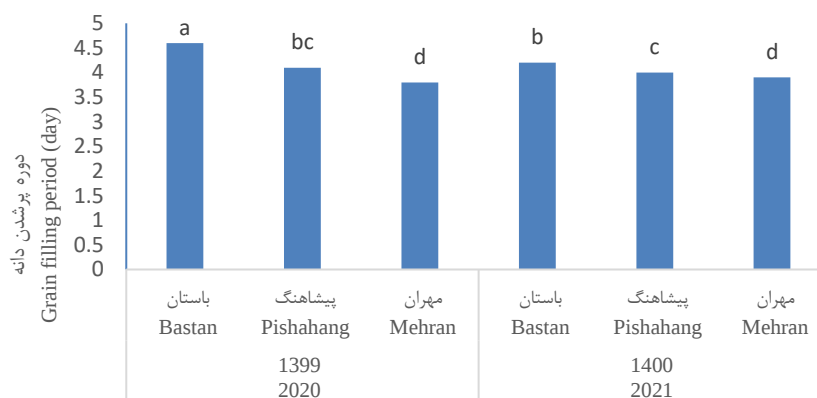
نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثرات ساده گونه و سال و اثرات متقابل آن‌ها بر روی صفت دوره پر شدن دانه معنی‌دار شد (جدول ۶).

بیشترین و کمترین دوره پرشدن دانه بترتیب مربوط به گونه‌های ارزن دم روباهی رقم باستان و ارزن مرواریدی رقم مهران در سال اول آزمایش بود (شکل ۴). تنها طول دوره پر

شدن گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در دو سال آزمایش متفاوت بود. دو گونه دیگر در هر دو سال طول دوره پر شدن دانه تقریباً یکسانی داشتند. از آنجا که سه گونه مورد مطالعه متعلق به گونه‌های متفاوتی هستند لذا تفاوت ژنتیکی از نظر دوره پر شدن دانه مورد انتظار است. یکی از عوامل مهمی که سبب ایجاد تفاوت‌های معنی‌دار در وزن هزار دانه بین تیمارهای مختلف شده است وجود تفاوت بین تیمارها از لحاظ طول دوره

وجود تنوع ژنتیکی زیادی برای سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه در گندم (*Triticum aestivum* L.) نیز گزارش گردیده است (Bruckner *et al.*, 1987).

پر شدن دانه است. نتایج وزن هزار دانه در شکل ۳ نیز نشان می‌دهد گونه ارزن مرواریدی رقم مهران و ارزن دم روباهی رقم باستان که به ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره پر شدن دانه را داشتند دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه نیز بودند.



شکل ۴- اثر متقابل سال × گونه بر روی صفت دوره پر شدن دانه ارزن (روز)

Figure 4- The interaction effect of year × species on the trait of millet grain filling period (day)

به‌طور کلی کلیه گونه‌های در سال دوم آزمایش از تعداد روز تا گلدهی کمتری نسبت به سال اول برخوردار بودند (شکل ۵). به دلیل افزایش سریع تر دما در سال دوم فرآیند نمو گیاه در این سال تسریع شده و گلدهی سریعتر رخ داده است (جدول ۳). نتایج مشابهی در معنی دار بودن اثرات سال و گونه در صفت مذکور نیز گزارش شده است (Mehrani *et al.*, 2004; Safari *et al.*, 2017).

تعداد روز تا گلدهی

نتایج تجزیه مرکب دو سال آزمایش نشان داد اثرات ساده سال و گونه و اثرات متقابل سال × گونه بر روی صفت تعداد روز تا گلدهی معنی دار بود (جدول ۶). بیشترین تعداد روز تا گلدهی مربوط به گونه ارزن مرواریدی رقم مهران در سال اول و کمترین آن مربوط به گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ در سال دوم بود. در هر دو سال آزمایش گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ از تعداد روز تا گلدهی کمتری نسبت به دو گونه دیگر برخوردار بود.



شکل ۵- اثر متقابل سال × گونه بر روی صفت تعداد روز تا گلدهی ارزن (روز)

Figure 5- The interaction effect of year × species on the number of days until flowering of millet (day)

نتیجه گیری کلی

نتایج آزمایش نشان داد که اگر چه اثر ساده کود در این تحقیق به جز وزن هزار دانه بر روی دیگر صفات تاثیر معنی داری نداشت ولی بسته به نوع صفت، اثرات متقابل متفاوتی مشاهده شد. به طور کلی در بیشتر صفات در واکنش به تراکم و کود جلبک دریایی روند خاصی مشاهده نشد و از آنجا که بین گونه های مورد مطالعه برای تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری وجود داشت می توان اینگونه بیان نمود که صفات مورد آزمایش بیشتر تحت تاثیر تفاوت ژنتیکی گونه های قرار گرفتند. واکنش نسبت به کود بیولوژیک جلبک دریایی متناقض بود بطوریکه در بعضی گونه های و در یک تیمار تراکم، کاربرد کود باعث افزایش عملکرد و در گونه دیگر عدم کاربرد کود بیشترین عملکرد را نشان داد در صورتیکه انتظار می رفت محلول پاشی کود بیولوژیک دریایی باعث بهبود عملکرد گردد. این امر می تواند ناشی از زمان محلول پاشی نامناسب، تعداد دفعات محلول پاشی و همچنین غلظت کود مورد استفاده باشد. همچنین با توجه به تفاوت گونه های در مراحل نموی و

فنولوژیکی به نظر می رسد بایستی مصرف کود در زمان های مختلف برای هر گونه انجام می شد. گونه ارزن دم روباهی رقم باستان و ارزن مرواریدی رقم مهران که به ترتیب بیشترین و کمترین طول دوره پر شدن دانه را داشتند دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه نیز بودند. از آنجا که در صفت عملکرد علوفه تر گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ در تراکم ۳۰۰ هزار بوته و عدم کاربرد کود با گونه ارزن مرواریدی رقم مهران در تراکم ۵۰۰ هزار بوته و کاربرد کود اختلاف معنی داری مشاهده نشد، با هدف دستیابی به عملکرد علوفه بیشتر، کشت گونه ارزن پرسو رقم پیشاهنگ و ارزن مرواریدی رقم مهران و لزوماً با در نظر گرفتن برتری گونه ارزن مرواریدی رقم مهران در قابلیت چین برداری و به منظور برداشت دانه بیشتر، کشت گونه ارزن دم روباهی رقم باستان در منطقه پیشنهاد می گردد. همچنین استفاده از کودهای زیستی جلبک دریایی در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی با تعداد دفعات و غلظت های متفاوت در تحقیقات مشابه به منظور حصول حداکثر راندمان مطلوب نیز پیشنهاد می گردد.

References

- Adavi, Z. and Baghbani Arani, A., 2019. Effect of biofertilizer application on yield and yield components of common millet (*Panicum miliacum* L.) and foxtail (*Setaria italica* L.) cultivars under water stress. *Iranian Journal of Field Crop Sciences*, 5(4), pp.13–25. [In Persian].
<https://doi.org/10.22059/ijfcs.2019.267577.654533>
- Agha Alikhani, M., 2013. The effect of plant density on the quantitative and qualitative yield of pearl millet. Master's thesis in agriculture. Tarbiat Modares University. [In Persian].
- Aktash, H., 2017. Evaluation of some barley cultivars commonly cultivated in Turkey under supplemented irrigation and rainfall conditions. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14(30), pp.86-97.
- Anisimov, M., Skriptsova, A.C., haikina, 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), pp.282-287.
- Ashoori Latmahalleh, D., Noorhosseini Niyaki, S.A. and Safarzadeh, M.N., 2014. Effects of plant Density and planting pattern on yield and yield components of iranian ox-tongue (*Echium amoenum* Fisch. & Mey). in Guilan province. *Journal of Horticultural Science*, 28(2), pp.135-143. [In Persian].
<https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.39339>
- Bastos, L.M., Carciochi, W., Lollato, R.P., Rezende, C.R., Schwalbert, R., Prasad, P.V.V., Zhang, G., Fritz, A.K., Foster, C., Wright, Y., Young, S., Bradley, P. and Ciampitti, I.A., 2020. Winter wheat yield response to plant

- density as a yield of yield environment and tillering potential: A review and field studies. *Frontiers in plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00054>
- Bavar, M., 2008. Effects of planting date density on growth indecies and yield component of hull-less barley. M.sc. thesis, University of Agriculture Sciences and Natural Resources of Gorgan, 62p. [In Persian].
- Bhatta, M., Regassa, T., Wegulo, S.N. and Baenziger, P.S., 2018. Foliar fungicide effects on disease severity, yield, and agronomic characteristics of modern winter wheat genotypes. *Agronomy Journal*, 110(2), pp.602-610. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.07.0383>
- Bruckner, P.L. and Frohberg, R.C., 1987. Rate and duration of grain fill in spring wheat. *Crop Science*, 27, pp.451-455. <https://doi.org/10.2135/cropsci1987.0011183X002700030005x>
- Carberry, P.S., Campbell, L.C. and Biodinger, F.R., 2011. The growth and development of pearl millet as affected by plant population. *Field Crops Research*, 11, pp.193-205. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(85\)90102-9](https://doi.org/10.1016/0378-4290(85)90102-9)
- Carvalho, M.E.A., Castro, P.R.C., Gallo, L.A. and Ferraz Junior, M.V.C., 2013. Seaweed extract provides development and production of wheat. *Revista Agrarian*, 7(23), pp.166-170.
- Chabook, K.H. and Pakzad Ghadikolaiey, A., 2017. Effect of plant density and planting pattern on growth and qualitative and quantitative forage yield of new foxtail millet and common millet in Mazandaran province. Final report of seed and plant improvement institute. [In Persian].
- Dehghani Qanataghestani, A., 1998. The effect of plant density and different amounts of nitrogen fertilizer on fodder yield, protein and prussic acid of fodder sorghum in the second crop in Kushkak and Zarghan, Fars province. Master thesis of Shiraz University. [In Persian].
- El-Azab, M.E. and El- Dewiny, C.Y., 2018. Effect of bio and mineral nitrogen fertilizer with different levels on growth, yield and quality of maize plants. *Journal of Innovations in Pharmaceutical and Biological Sciences*, 5(2), pp.70-75.
- 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), pp.1-7. <https://doi.org/10.4172/2155-6202.1000121>
- Erulan, V., 2009. Studies on the effect of sargassum polycystem extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 6, pp.392-399.
- FAO., 2020. Food and Agricultural Organization of the United Nations, FAOSTAT © FAO Statistics Division.
- Fares, C., 1996. Planting management effects ofv seed yield and quality of durum wheat in a typical mediteranean envonment. *Rivista Agronomyia Journal*, 30(1), pp.33-38.
- Fischer, R.A., Moreno Ramos, O.H., Ortiz Monasterio, I. and Sayre, K.D., 2019. Yield response to plant density, row spacing and raised beds in low latitude spring wheat with ample soil resources: an update. *Field Crops Research*, 232, pp.95-105. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.12.011>

- Jaenisch, B.R., De oliveira silva, A., Dewolf, E., Ruiz-Diaz, D.A. and Lollato, R.P., 2019. plant population and fungicide economically reduced winter wheat yield gap in kansas. *Agronomy*, 111(2), pp.650-665. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.03.0223>
- Kazemi Arbat, H., Sabri, M.H., Rahimzadeh Khoei, F., Moghadam, M. and Valizadeh, M., 2008. Investigating the effect of plant density and planting distance on the yield of forage sorghum of Speedfeed variety. *Journal of Agricultural Science*, 3(4), pp.52-72. [In Persian].
- Khomari, 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].
- Kizilgeci, F., Akinci, C., Albayrak, B., Bicher, T., Bashdemir, F. and Yildirim, M., 2016. Investigation of yield and quality parameters of barley genotypes in Diarbakir and sanliurfa condition. *Journal of Crops Central Research Institue*, 6(3), pp.161-169. <https://doi.org/10.21597/jist.2016321851>
- Kumar, S., Babu, C., Revathi, S. and Iyanar, K., 2017. Estimation of genetic Variability, heritability and association of green fodder yield with contributing traits in Napier grass (*Pennisetum purpureum* schum). *Vegetos- An International Journal of Plant Researc*, 30(2), pp.463-468. <https://doi.org/10.5958/2229-4473.2017.00119.7>
- Kusaka, M., Lalusin, A.G. and Fujimura, T., 2011. The maintenance of growth and turgor in pearl millet cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. *Plant Science*, 168(1), pp.1-14. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.06.021>
- Lollato, R.P., Ruiz Diaz, D.A., Dewolf, E., Knapp, M., Peterson, D.E. and Fritz, A.K., 2019. Agronomic practices for reducing wheat yield gaps: a quantitative appraisal of progressive producers. *Crop Science*, 59(1), pp.333-350. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0249>
- Manea, A.I. and Abbas, K.A.U., 2018. Influence of seaweed extract, organic and inorganic fertilizer on growth and yield broccoli. *International Journal of Vegetable Science*, 24, pp.550-556. <https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1446205>
- Mehrani, A., Azari, A., Zand, A., Saberi, A.R., Tabatabaie, A., Miri, Kh., Abadooz, M. and Chabook, Kh., 2017. Quantitative and qualitative yield comparison of pearl millet lines (*Pennisetum americanum*). Final report of seed and plant improvement institute. [In Persian].
- Mehrani, A., Mosavat, A. and Shoshy, A., 2004. to evaluate and compare the final performance of promising varieties of faxtail millet, research project reports. Research and plant corn forage. Seed and plant Improvement Institute. [In Persian].
- Mostafaei, M., 2018. Determining the optimum plant density of *chenopodium quinoa* willd. under different irrigaion levels. M.sc. thesis of Agronomy, Faculty of agriculture, University of Birjand, Iran. [In Persian]
- Mukesh, T.S., Sudhakar, T.Z., Doongar, R.C., Karuppanan, E. and Jitendra, C., 2012. Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal Plant Nutrition*, 36(1), pp.190-200. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886>

- Nakhaei, A., Abbasi, M.R., Arazmjoo, E. and Azari NasrAbad, A., 2014. Evaluation of terminal drought tolerance in foxtail millet (*Setaria italica* L.) accessions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 16(1), pp.25-38. [In Persian].
- Nasirpour, M., Zakernejad, S. and Saneinejad, A., 2018. The effect of Planting density and different irrigation regimes on the quantitative and qualitative yield of pearl millet forage in Ahvaz. In: International conference on new horizons in Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment. [In Persian].
- Safari, F., Galshi, S., Torbetinejad, N.M. and Evan, S.A., 2017. The effect of planting date and density on the yield of foxtail millet fodder. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 15(5), pp.26-38. [In Persian].
- Shekari, A., 2002. Plant density and Planting date on yield and yield component,s of foxtail millet. Varamin Branch, Islamic Azad University (M.Sc.thesis). pp.98. [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), pp.2183-2187.
- Siahmargue, A., Rasisarai, M.R. and naseri, M.Y., 2014. The effects of biological fertilizers on qualitative traits of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) forage. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 9(2), pp.72-81. [In Persian].
- Singh, M.D., Chirag, G., Prakash, P.O., Mohan, M.H., Prakasha, G. and Wajith, V., 2017. Nano Fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. *Journal of Agriculture Sciences*, 9(7), pp.3831-3833.
- Tabatabaee, 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 Agriculture. [In Persian]. <https://doi.org/ncpda01-2881>
- Tabatabaee, 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].
- 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), pp.65-70.
- Tomer, P.S. and Harika, A.S., 2013. Plant population and yield relationship in forage hybrid pearl millet. National Dairy Research Institute., Karnal 132001. Haryana India. *Journal of Agriculture*, 18(2), pp.116-118.
- Vahidi, H., Mahmoudi, S., Parsa, S. and Fallahi, H., 2021. Evaluation the yield and intercropping indices of millet (*panicum miliaceum* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) under effect of plant density and cultivation rations in Birjand region. *Journal of Agroecology*, 13(3), pp.471-488. [In Persian]. <https://doi.org/10.22067/jag.v13i3.83543>
- Van Oosterom, E.J., Carberry, P.S. and Oleary, G.J., 2001. Simulating growth development and yield of tillering pearl millet I. Leaf area profiles on main shoots and tillers. *Field Crops Research*, 72, pp.51-66. [https://doi.org/10.1016/s0378-4290\(01\)00164-2](https://doi.org/10.1016/s0378-4290(01)00164-2)

- 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), pp.150-155. [https://doi.org/10.1016/s2305-0500\(14\)60019-1](https://doi.org/10.1016/s2305-0500(14)60019-1)
- Wiatrak, P.J., Wrigh, D.L., Pudelko, J.A. and Spitalniak, J., 1995. Influence of row widths and seeding rates on pearl millet silage and grain yield. *Journal of Proceedings - Soil and Crop Science Society of Florida*, 54, pp.33-36. <https://doi.org/full/10.5555/19960706378>
- Youssef, H.M. and Hansson, M., 2019. Croostak hormones in Barley Spike Contributes to the yield. *Plant Cell Reports*, published online. <https://doi.org/10.1007/s00299-019-02430-0>