

Effect of Plant Density on Some Physiological and Phenological Indices of Oat (*Avena sativa* L.) Genotypes in Climatic Conditions of Ahvaz

Maryam Dolatabadi¹, Payman Hassibi^{2*}, Habibolah Roshanfekar Dezfuli³ and Behzad Sorkhi⁴

- 1- M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
- 2- ***Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran (paymanhassibi@gmail.com)
- 3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran
- 4- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Research Institute (SPII), Shahid Fahmideh BLVD, Karaj, Iran

Received: 10 January, 2018

Accepted: 31 October, 2018

Abstract

Background and Objectives

This study aimed at determining growth indices and temperature requirements at different stages of plant growth in order to optimize the ecology of plants to increase yield due to the availability of appropriate access to many agro technological issues, including appropriate planting dates, timely irrigation, appropriate time of harvesting, proper time to control the pests and diseases, the selection the appropriate cultivars, and achieving the highest yield of crops. The study also aimed at determining the growth indices and the growth rate of oat based on the BBCH scale.

Materials and Methods

This experiment was conducted in the experimental field of Shahid Chamran University of Ahvaz during 2013-2014 growing season. Five oat genotypes (V1, V2, V3, V4, and V5) were grown under three different planting densities (including 300, 400, and 500 plants.m⁻²) using factorial experiment based on a randomized complete block design with three replicates. Growing Degree Days (GDD) of the different growing stages, according to the BBCH scale, and the daily temperature were calculated. Several physiological traits such as CGR, relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), SPAD value and total dry matter yield were evaluated.

Results

The treatments had different effects on growth indices and physiological traits such as plant growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf chlorophyll content, chlorophyll meter number, and dry matter yield. The results of the mean comparison showed that V2 had the highest level of NAR, RGR, CGR and TDW among oat genotypes, with an average of 1.40 g.m⁻².day⁻¹, 0.0015 g. g⁻¹.da, 6.34 g.m⁻².day and 39.87 g.m⁻².day respectively, at a density of 300 plants / m². In contrast, V1 had the lowest total dry matter yield with an average of 22.95 g.m⁻² day. Among the genotypes, V2 had the lowest growth period with a density of 300 plants.m⁻² with an average of 162 days of planting and 1899 days of growth (GDD in degrees C) and V4 had the highest growth period among the studied genotypes at a density of 500 plants.m⁻² with the average of 175 days of sowing and 2178 days of growth.



Discussion

Reducing CGR at high densities can result in reduced photosynthetic energy in the growth of organs, or increased respiration or poor nutritional transmission of the growth of leaves from the root (Moradpour et al. 2013). Because of the decreasing RGR trend and the increasing density, dry matter accumulation was mainly attributed to undifferentiated tissues, as well as the shading of leaves on each other. Moreover, the increase in the age of the leaves can be considered effective in this decrease. Reductions in NAR during the increase in density can be attributed to the rapid addition of assimilates to seeds and the aging of the leaves. Considering the results of this research, it is suggested that using a GDD scale can lead to better at the growing season by estimating the time table as well as the time of phenological stages of oat in order to manage agricultural production, and therefore to determine the necessary conditions for plant growth.

Keywords: Crop growth rate, Forage, Growing degree days, Net assimilation rate, Relative growth rate, SPAD value

اثر تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک و فنولوژیک ژنوتیپ‌های یولاف زراعی (*Avena sativa* L.) در شرایط اقلیمی اهواز

مریم دولت‌آبادی^۱، پیمان حسینی^{۲*}، حبیب‌اله روشنفر دزفولی^۳ و بهزاد سرخی^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 ۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران
 (paymanhassibi@gmail.com)

۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

۴- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲۰

چکیده

آزمایش حاضر در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز با هدف بررسی شاخص‌های رشد و درجه روز رشد ژنوتیپ‌های مختلف یولاف تحت تراکم‌های مختلف کاشت در شرایط مزرعه‌ای به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای این آزمایش شامل پنج ژنوتیپ یولاف زراعی و سه تراکم کاشت (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ بوته در مترمربع)، بود. درجه روز رشد هر یک از مراحل رشدی گیاه بر اساس سیستم BBCH، با استفاده از آمار روزانه دما محاسبه گردید. تیمارهای مورد بررسی اثرات متفاوتی بر شاخص‌های رشد و صفات فیزیولوژیک نظیر سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت جذب خالص (NAR)، محتوای کلروفیل برگ، عدد کلروفیل متر و عملکرد ماده خشک داشتند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی یولاف، در مرحله خمیری دانه، ژنوتیپ V2 دارای بیشترین میزان شاخص‌های NAR، RGR، و CGR به ترتیب با میانگین ۱/۴۰ گرم بر مترمربع در روز، ۰/۰۱۵ گرم بر گرم در روز و ۶/۳۴ گرم در مترمربع در روز در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع بود که این امر با برتری ژنوتیپ V2 از نظر عملکرد کل ماده خشک تولیدی با میانگین ۳۹/۷۸ گرم در مترمربع نسبت به سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی همراه بود. در مقابل ژنوتیپ V1، کمترین میزان عملکرد کل ماده خشک با میانگین ۲۲/۹۵ گرم در مترمربع را داشت. همچنین در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ V2 در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع با میانگین ۱۶۲ روز از کاشت و ۱۸۹۹ درجه روز رشد دارای کمترین دوره رشد و ژنوتیپ V4 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع با میانگین ۱۷۵ روز از کاشت و ۲۱۷۸ درجه روز رشد دارای بیشترین دوره رشد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بودند. در بین مراحل فنولوژیک نیز، بیشترین درجه روز رشد دریافتی در مرحله نمو برگ و کمترین آن در مراحل خوشه و گل شکفتگی اتفاق افتاد.

کلیدواژه‌ها: درجه روز رشد، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، سرعت ماده‌سازی خالص، عدد اسپد، علوفه

بالایی را داراست. یولاف در سطح وسیعی از جهان به عنوان خوراک و محصولی علوفه‌ای (علوفه سبز و خشک و دانه)، استفاده می‌شود (Wu, 2007). در مقایسه

مقدمه

یولاف گیاهی از خانواده گرامینه با نام علمی *Avena sativa* L. است که در میان غلات ارزش بسیار

شاخص‌های رشد گیاهان زراعی تحت تأثیر عوامل زراعی و از جمله تراکم کاشت قرار می‌گیرند. هدف از تعیین و تجزیه شاخص‌های رشد، تفسیر چگونگی عکس‌العمل گونه‌های گیاهی به یک وضعیت محیطی معین است (Lebas Chi and Sharifi Ashoorabadi, 2004). تراکم کاشت از طریق تأثیر بر شدت نور و نفوذ آن در تاج پوشش بر اغلب شاخص‌های رشد مؤثر است. محققان در بررسی‌های خود در مورد درجه روزرشد، بیشترین مقدار آن را در بالاترین تراکم گزارش دادند و بیان کردند که حداکثر سرعت رشد گیاه در این تراکم زودتر اتفاق افتاد، در صورتی که تراکم‌های پایین حداکثر سرعت رشد گیاه بر دوره گل‌دهی منطبق شد (Clark, 1978). در این راستا محققان گزارش دادند که بالاترین میزان سرعت رشد نسبی گندم در حدود ۰/۰۹ (گرم بر گرم وزن خشک در روز) بوده که مربوط به مراحل اولیه رشد بود و بعد از آن مقدار آن کاهش یافت (Khabiri and Jafari, 2012). در پژوهشی دیگر که بر روی یولاف زراعی صورت گرفت، گزارش شد که بالاترین میزان سرعت رشد گیاه یولاف در حدود ۱۵ (گرم بر مترمربع در روز)، به دست آمد که این میزان در زمان گل‌دهی در بالاترین مقدار خود بود و پس از آن روند کاهش داشت (Krishna et al., 2013). گیاهان با میزان کلروفیل بالا ممکن است ظرفیت فتوسنتزی بالایی داشته باشند. در این راستا (Hamzehi, 2012) بیان کرد که افزایش میزان کلروفیل در تراکم‌های زیاد به نظر می‌رسد به دلیل افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر است. به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولیدات فتوآسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد.

با نظر به اهمیت تعیین شاخص‌های رشد و درجه حرارت مورد نیاز مراحل مختلف نمو یک گیاه به منظور استفاده بهینه از عوامل اکولوژی در جهت افزایش عملکرد، هدف از این پژوهش، تعیین و مقایسه شاخص‌های رشد و درجه روز رشد ژنوتیپ‌های مختلف

با دیگر گیاهان خانواده غلات، یولاف زراعی برای تولید مناسب تر است چرا که در محیط‌های نامساعد، از جمله آب و هوای سرد و مرطوب و خاک با باروری کم قادر به تولید علوفه خشک با کیفیت بسیار مرغوب می‌باشد (Buerstmayr et al., 2007). در مناطق پرباران با توجه به ویژگی پنجه‌دهی، ساقه‌های ظریف و خوش‌خوراک فراوانی ایجاد می‌کند و به‌عنوان علوفه‌ای پرانرژی و با خوش‌خوراکی بالا به‌ویژه برای مزارع پرورش اسب شناخته می‌شود (Zhang et al., 1998; Singh et al., 2013).

رعایت اصول زراعی و تراکم مطلوب یکی از عوامل مؤثر بر تولید بهینه گیاهان زراعی از جمله یولاف زراعی می‌باشد (Mometazi and Imam, 2006). تراکم مطلوب گیاهی، شرایطی را فراهم می‌نماید که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی برای رسیدن به بیشترین مقدار تولید و کیفیت مطلوب به‌دست آید (Ansari Ardali and AghaAlikhani, 2015).

میزان علوفه تولیدی و ارزش غذایی یولاف تا حد زیادی به مرحله رشدی گیاه بستگی دارد، علوفه یولاف برای داشتن بالاترین ارزش تغذیه‌ای باید در اوایل مرحله خمیری برداشت شود چرا که با پیشرفت مرحله بلوغ از ارزش غذایی آن کاسته می‌شود (Christensen, 1993). این گیاه از مرحله کاشت تا مرحله رسیدن کامل به حدود ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ واحد حرارتی نیاز دارد (Khodabandeh, 2013). نمو گیاهان وابسته به دما است و گیاهان برای توسعه رشد از یک مرحله به مرحله دیگر، به مقدار مشخصی دما نیاز دارند (Miller et al., 2001). تاکنون روش‌های مختلفی برای ارزیابی اثر دما بر میزان نمو گیاهان به کار گرفته شده است. از میان این روش‌ها، روش مجموع دمای مؤثر یا درجه روز رشد از همه معروف تر است (Robertson, 1983).

عواملی که جهت تعیین چگونگی رشد اجزای عملکرد استفاده می‌شود، شاخص‌های رشد نامیده شده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Morrison et al., 1992). Koochaki and Sarmadnia (1996) معتقدند که

یولاف تحت تراکم‌های مختلف کاشت است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز واقع در جنوب غربی شهر اهواز با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی (طول جغرافیایی) و ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی (عرض جغرافیایی) با ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا، با متوسط دما و بارش به ترتیب ۲۱/۰۳ درجه سانتی‌گراد و ۲۱۲ میلی‌متر اجرا گردید.

آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید که عامل اول شامل پنج ژنوتیپ یولاف زراعی (ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل V1، V2، V3، V4 و V5، که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد که در جدول (۱) نشان داده شده است)، و عامل دوم شامل ۳ تراکم کاشت (۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ بوته در مترمربع)، بود.

عملیات کاشت در تاریخ ۶ آذرماه ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی که دارای بافت لوم-شنی با اسیدیته ۷/۲ و مقدار ماده آلی ۰/۴۵ درصد صورت گرفت.

بر اساس آزمایش خاک میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره (۴۶ کیلوگرم N)، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل (۴۶ کیلوگرم P2O5)، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم (۵۴ کیلوگرم K2O)، به صورت پایه، و مابقی کود اوره طی دو مرحله در مراحل انتهایی پنجه‌زنی و انتهای ساقه رفتن به روش پخش سطحی به خاک افزوده شد.

در مجموع ۴۵ کرت آزمایشی، هر یک به ابعاد ۱/۵ در ۳ متر به کار گرفته شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط کشت (با فاصله ۲۰ سانتی‌متر) بود و تراکم‌های موردنظر بر

روی خطوط کشت تنظیم شدند. وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت. در طول دوره رشد، آبیاری کرت‌ها به‌طور منظم انجام شد. اندازه‌گیری‌ها، ۹۵ روز پس از کاشت (مرحله پنجه‌زنی) و ۱۴۵ روز پس از کاشت (مرحله خمیری دانه) صورت گرفت.

صفات فیزیولوژیک مختلفی همچون سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، سرعت ماده‌سازی خالص، عدد اسپد و عملکرد کل ماده خشک در دو مرحله پنجه‌زنی و خمیری دانه بررسی شدند. میزان درجه روزرشد در مراحل نمو برگ، پنجه‌زنی، طویل شدن ساقه، غلاف رفتن، ظهور گل آذین و خوشه رفتن، گل‌دهی و گل شکفتگی، نمو میوه، رسیدگی و پیری مورد بررسی قرار گرفتند. باهدف اندازه‌گیری سرعت رشد گیاه (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت ماده‌سازی خالص (NAR)، فرمول‌های زیر مورد استفاده قرار گرفت (Karimi and Azizi, 1997):

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1}$$

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{\ln LA_2 - \ln LA_1}{LA_2 - LA_1}$$

که در این فرمول‌ها:

W_1 = وزن خشک کل نمونه برداری اول،

W_2 = وزن خشک کل نمونه برداری دوم،

$\ln W_1$ = لگاریتم وزن خشک کل نمونه برداری اول،

$\ln W_2$ = لگاریتم وزن خشک کل نمونه برداری دوم،

LA_1 = شاخص سطح برگ در نمونه برداری اول،

LA_2 = شاخص سطح برگ در نمونه برداری دوم

$T_2 - T_1$ = فواصل زمانی نمونه برداری می‌باشند.

جدول ۱- شناسنامه ژنوتیپ‌های یولاف

Table 1. The certificate oat genotypes

Genotypes	Pedigree
V1	WeiB/Flipper IR60s CRD EU_Unknown
V2	Prairie/Gem WIX7980-3 FL03Ab495-496
V3	MN00206 / MN841845 MN03PY13339 D.Stuthman
V4	MN98148/0A982-6 MN03115 FL04Ab292
V5	ND950205/HiFi ND000824 FL04Ab242

داده ها از نرم افزار آماری SAS 9.2 استفاده شد. جهت رسم نمودارها و جداول آماری از برنامه Excel 2013 و برای مقایسه میانگین ها از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح آماری پنج درصد، استفاده گردید.

نتایج و بحث

سرعت رشد گیاه (CGR)

در مرحله خمیری دانه افزایش تراکم، سرعت رشد گیاه را کاهش داد. سرعت رشد گیاه در مرحله پنجه زنی ژنوتیپ V4 کم تر تحت تأثیر تراکم قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان سرعت رشد در ژنوتیپ V2 در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع در مرحله پنجه زنی (۶۵/۵۱ گرم بر مترمربع در روز) و کم ترین مقدار آن در ژنوتیپ V1 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع در مرحله خمیری دانه (۲/۷۱ گرم بر مترمربع در روز) به دست آمد (جدول ۲). سرعت رشد گیاه، میزان تغییرات ماده خشک در واحد سطح و زمان را بیان می نماید. به عبارت دیگر این مؤلفه نشان دهنده مقدار شیب تجمع ماده خشک است. بنابراین سرعت رشد گیاه می تواند به عنوان معیاری مناسب جهت برآورد قدرت تولید تاج پوشش مورد استفاده قرار گیرد. نتایج حاصل از میانگین صفات نشان داد که میزان سرعت رشد گیاه در مرحله خمیری دانه نسبت به مرحله پنجه زنی کاهش یافت (جدول ۲). سرعت رشد گیاه در مراحل اولیه رشد به دلیل کم بودن مریستم های رویشی کم است و پس از آن با کامل شدن پوشش گیاهی و استفاده کاراتر از نور خورشید و همچنین افزایش سطح برگ مقدار آن افزایش می یابد تا به یک حد نهایی برسد (Koochaki and Sarmadnia, 1996). پس از آن به دلیل رقابت بیشتر بوته ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاهی و همچنین پیر و زرد شدن اندام های فتوسنتز کننده و انتقال مواد غذایی به دانه ها میزان سرعت رشد گیاه کاهش می یابد و حتی در برخی موارد منفی می شود (Khodabandeh, 2013).

عدد کلروفیل متر که تخمینی از غلظت نسبی کلروفیل برگ در مزرعه است با استفاده از دستگاه کلروفیل متر SPAD-502 (Minolta ژاپن)، از آخرین برگ توسعه یافته اندازه گیری شد. برای اندازه گیری عملکرد کل ماده خشک، در مرحله پنجه زنی و خمیری دانه نمونه های تازه گیاهی (یک مترمربع) از هر تیمار برداشت شده و به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰+ سانتی گراد قرار گرفته و در انتها با استفاده از ترازو دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. به منظور محاسبه درجه روز رشد هر یک از مراحل رشدی برای ژنوتیپ های مختلف از سیستم کدبندی گسترده (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie (BBCH) استفاده شد. آمار هواشناسی طی فصل رشد از دانشکده علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز دریافت شد. سپس با استفاده از معادله $GDD = \sum [(T_{max} + T_{min})/2 - T_b]$ ، واحد گرمایی برای هر تیمار تعیین گردید. دمای پایه (T_b) و دمای حداقل (T_{min}) در این بررسی ۵/۵ درجه سانتی گراد و دمای حداکثر (T_{max}) ۳۰ درجه سانتی گراد (Kazemi Arbat, 2009) در نظر گرفته شد. سیستم کدبندی گسترده BBCH، سیستمی برای کدبندی یکنواخت مراحل رشدی فنولوژیکی مشابه برای تمامی گونه های گیاهی تک لپه و دولپه است، این روش کدبندی ده دهی که مراحل اصلی و ثانوی رشد را تقسیم بندی می نماید، بر اساس روش زیداکس و همکاران که به خوبی شناخته شده است طراحی شده است (Zadoks et al., 1974). در این سیستم مراحل فرعی در چهارچوب مراحل اصلی قرار می گیرد و این کدبندی می تواند حتی برای آن دسته از گونه های که سیستم کدبندی خاصی ندارند مورد استفاده قرار گیرد. برای استفاده از این روش لازم است معیارهای فنولوژیکی اساسی مراحل مشابه و یکنواخت رشد گیاه مورد توجه قرار گیرد (Majidian and Imam, 2012). در نهایت جهت تجزیه و تحلیل

جدول ۲- مقایسات میانگین برهمکنش تراکم در ژنوتیپ بر صفات مورد مطالعه ژنوتیپ‌های یولاف در مراحل پنجه‌زنی و خمیری دانه

Table 2. Mean comparison of density and genotype interactions on studied traits in tillering and grain doughy stages of oat genotypes

مرحله خمیری دانه (Grain doughy stage)					مرحله پنجه‌زنی (Tillering stage)					صفات Traits
عدد اسپد SPAD value	سرعت ماده‌سازی خالص NAR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت رشد گیاه CGR	عملکرد کل ماده خشک Total dry matter yield	عدد اسپد SPAD value	سرعت ماده‌سازی خالص NAR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت رشد گیاه CGR	عملکرد کل ماده خشک Total dry matter yield	
	گرم بر مترمربع در روز g.m ⁻² .day			تن در هکتار Ton.ha ⁻¹		گرم بر مترمربع در روز g.m ⁻² .day			تن در هکتار Ton.ha ⁻¹	
60.35 ^{ab}	0.89 ^{c-e}	0.0014 ^a	5.39 ^b	37.78 ^b	52.10 ^c	10.00 ^g	0.037 ^{ab}	59.93 ^c	4.82 ^e	V1
51.73 ^f	1.40 ^a	0.0015 ^a	6.34 ^a	39.78 ^a	46.37 ^g	14.48 ^a	0.044 ^a	65.51 ^a	3.75 ^g	V2 تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع
50.27 ^g	1.04 ^{bc}	0.0015 ^a	5.56 ^b	36.39 ^c	48.57 ^f	11.27 ^d	0.043 ^a	59.84 ^c	3.47 ^{gh}	V3 300 plants per square meter
58.63 ^c	1.03 ^{bc}	0.0017 ^a	6.03 ^a	34.89 ^d	50.63 ^d	9.63 ^{gh}	0.043 ^a	55.99 ^d	4.09 ^f	V4
59.9 ^b	1.24 ^{ab}	0.0020 ^a	6.00 ^a	28.07 ^g	52.83 ^{bc}	9.39 ^h	0.042 ^a	45.09 ^g	3.27 ^{hi}	V5
56.60 ^d	0.78 ^{c-f}	0.0017 ^a	4.03 ^d	22.92 ^h	53.47 ^b	7.03 ^j	0.044 ^a	36.21 ⁱ	3.01 ⁱ	V1
54.63 ^e	0.90 ^{c-e}	0.0013 ^a	4.02 ^d	28.26 ^g	53.27 ^{bc}	8.75 ⁱ	0.021 ^d	38.93 ^h	6.85 ^{ab}	V2 تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع
54.17 ^e	0.65 ^{ef}	0.0010 ^a	3.85 ^d	36.32 ^c	53.07 ^{bc}	9.75 ^{gh}	0.036 ^{ab}	53.05 ^e	5.49 ^d	V3 400 plants per square meter
51.53 ^f	0.97 ^{b-d}	0.0012 ^a	4.59 ^c	37.39 ^b	50.00 ^d	13.12 ^b	0.042 ^a	61.63 ^b	3.49 ^{gh}	V4
61.13 ^a	0.80 ^{c-f}	0.0011 ^a	4.12 ^d	36.39 ^c	53.67 ^b	10.78 ^e	0.035 ^{ab}	55.05 ^d	6.26 ^c	V5
46.50 ^b	0.52 ^f	0.0007 ^a	2.71 ^f	34.05 ^e	48.80 ^{ef}	9.57 ^{gh}	0.031 ^{cd}	49.66 ^f	6.74 ^b	V1
60.65 ^{ab}	0.55 ^f	0.0007 ^a	3.08 ^e	39.75 ^a	58.17 ^a	10.49 ^{ef}	0.033 ^{cd}	59.43 ^c	7.07 ^a	V2 تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع
51.00 ^{fg}	0.65 ^{ef}	0.0010 ^a	3.23 ^e	30.54 ^f	45.40 ^g	8.69 ⁱ	0.031 ^{cd}	43.56 ^g	6.58 ^b	V3 500 plants per square meter
60.40 ^{ab}	0.70 ^{d-f}	0.0008 ^a	3.30 ^e	37.18 ^b	49.87 ^{de}	12.36 ^c	0.037 ^{ab}	58.65 ^c	4.92 ^e	V4
57.13 ^d	0.68 ^{d-f}	0.0008 ^a	3.38 ^e	39.82 ^a	48.70 ^f	12.45 ^c	0.0421 ^a	61.65 ^b	5.58 ^d	V5
4.02	22.22	17.88	19.57	4.62	4.99	10.78	9.63	7.01	12.8	ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

اختلاف اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، از نظر آماری در سطح پنج درصد طبق آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.

Means values within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to the Duncan test.

نشان داد که سرعت جذب خالص با گذشت مراحل رشد به حالت نزولی بوده است (جدول ۲). با بالغ شدن بافت‌ها سرعت جذب خالص کاهش می‌یابد که به علت خشبی شدن و همین‌طور کم شدن مواد مورد نیاز بافت‌ها و انتقال مواد ذخیره شده به بافته‌های زایشی است. این نتایج با داده‌های حاصل از پژوهش‌های پیشین هم‌خوانی دارد (Gardner et al., 2007). این صفت با افزایش تراکم کاهش را در پی داشت (جدول ۲). ژنوتیپ V2 با افزایش تراکم کاشت کاهش قابل توجهی در سرعت جذب خالص داشت (جدول ۲). کاهش در سرعت جذب خالص با افزایش تراکم را می‌توان به سرعت بیشتر اختصاص مواد غذایی به دانه‌ها و پیر شدن برگ‌ها، نسبت داد. این نتایج با مطالعات محققین دیگری که بیان کردند، کاهش NAR و RGR در حالی که تراکم افزایش یافته، ممکن است به دلیل کاهش جذب نور در تراکم‌های بالا باشد، مطابقت دارد (Valadabadi and Farahani, 2010). هر چه توزیع بوته‌ها در واحد سطح بیشتر باشد سطح برگ افزایش می‌یابد و هر چه تراکم کم‌تر باشد، دوام سطح برگ بیشتر و عملکرد هر بوته بالاتر می‌رود.

عدد SPAD

میزان عدد SPAD در مرحله خمیری دانه بیشتر از مرحله پنجه‌زنی بود (جدول ۲). بیشترین میزان عدد SPAD در مرحله خمیری دانه و در ژنوتیپ V5 در تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع و کم‌ترین میزان آن در مرحله پنجه‌زنی در ژنوتیپ V3 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع به دست آمد. افزایش تراکم تأثیر مشخصی بر عدد SPAD نداشت (جدول ۲). ظاهراً افزایش میزان کلروفیل در تراکم‌های بالا در ژنوتیپ V2 در مرحله پنجه‌زنی و خمیری دانه به دلیل افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر می‌باشد (Hamzehi, 2012). (2004) روی یکدیگر می‌باشد (Hamzehi, 2012). (2004) عنوان نمودند که افزایش عدد کلروفیل متر نشان از افزایش میزان کلروفیل در واحد سطح برگ دارد. همچنین عدد کلروفیل متر همبستگی زیادی با عملکرد دانه دارد (Yousefi et al., 2015).

پوشش گیاهی در تراکم کمتر، سرعت رشد بیشتری نسبت به تراکم‌های بیشتر داشت (جدول ۲). کاهش در سرعت رشد گیاه در تراکم‌های بالا می‌تواند به دلیل کاهش انرژی مفید فتوسنتزی در رشد اندام‌ها و یا افزایش تنفس و یا انتقال ضعیف مواد غذایی مؤثر در رشد برگ‌ها از ریشه در نتیجه افزایش تراکم باشد (Moradpour et al, 2013).

سرعت رشد نسبی (RGR)

بیشترین سرعت رشد نسبی در مرحله پنجه‌زنی مربوط به ژنوتیپ V2 در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع بود (جدول ۲). سرعت رشد نسبی در مرحله خمیری دانه در تراکم‌های ۳۰۰ و ۴۰۰ بوته بیشتر از میزان آن در مرحله پنجه‌زنی بود، اما در مقابل در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع سرعت رشد نسبی به شدت کاهش یافت به گونه‌ای که این مقدار از سرعت رشد نسبی ژنوتیپ‌های یولاف در مرحله پنجه‌زنی کمتر بود (جدول ۲). کمترین میزان سرعت رشد نسبی در مرحله خمیری دانه به ژنوتیپ V1 و V2 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع تعلق داشت (جدول ۲). علت روند نزولی سرعت رشد نسبی با افزایش تراکم را می‌توان به دلیل پدیده سایه‌اندازی بر یکدیگر و افزایش سن برگ‌ها نسبت داد. همچنین سرعت رشد نسبی در دوره خمیری دانه نسبت به دوره پنجه‌زنی به دلیل رشد دانه‌ها، افزایش تنفس آن‌ها و همچنین کاهش فتوسنتز تاج پوشش کاهش یافته است (جدول ۲). (Ghasemi Golazani et al. (1997 نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

سرعت فتوسنتز خالص (NAR)

در این آزمایش بالاترین سرعت جذب خالص مربوط به ژنوتیپ V2 در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع در مرحله پنجه‌زنی و کم‌ترین میزان مربوط به ژنوتیپ V1 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع در مرحله خمیری دانه بود (جدول ۲). سرعت جذب خالص بالاتر باعث افزایش مواد تولیدی در گیاه شده و بازدهی گیاه را بالا می‌برد، نتیجه این افزایش سرعت جذب، افزایش وزن خشک کل گیاه می‌باشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها

عملکرد کل ماده خشک (TDW)

با توجه به نتایج به دست آمده از جدول مقایسه میانگین صفات (جدول ۲)، عملکرد کل ماده خشک در مترمربع در مرحله خمیری دانه بیشتر از مرحله پنجه زنی مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد کل ماده خشک در مترمربع در مرحله خمیری دانه در ژنوتیپ V5 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع (۳۹/۸۲ گرم در مترمربع) و کمترین میزان آن در ژنوتیپ V1 در مرحله پنجه زنی در تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع (۳/۰۱ گرم در مترمربع) به دست آمد (جدول ۲). با افزایش تراکم، عملکرد کل ماده خشک در مترمربع افزایش یافت (جدول ۲). افزایش تراکم و در نتیجه بوته در واحد سطح سبب افزایش تجمع ماده خشک کل در مترمربع گردید. افزایش در وزن خشک کل در مترمربع با افزایش رشد به دلیل افزایش در جذب مواد غذایی لازم برای رشد و نیز افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و از سوی دیگر افزایش در توسعه سطح برگ صورت می‌گیرد. گیاهان در تراکم‌های کم تر بوته، تعداد برگ‌های بیشتری را ایجاد می‌کنند که احتمالاً دلیل آن عدم رقابت بین گیاهان در ابتدای فصل رشد و عبور بهتر نور به درون کانوپی گیاهی و وجود فضای کافی برای گسترش برگ‌ها است. در این راستا، Razavi et al. (2018) در بررسی مدل‌سازی اثر تراکم گیاهی بر تولید و پیرشدن برگ دو رقم گندم گزارش دادند که تعداد برگ و طول عمر متوسط هر برگ در بوته با افزایش تراکم کاهش معنی‌داری را نشان داد. در تراکم‌های کمتر تولید برگ بیشتر و در نتیجه سطح برگ بیشتر (به‌عنوان مهم‌ترین اندام فتوسنتز کننده) سبب افزایش وزن تک بوته (کاهش وزن خشک کل در واحد سطح) می‌شود. در حالی که در تراکم‌های بالا وزن خشک کل در واحد سطح افزایش می‌یابد. Niknam et al. (2012) نیز در بررسی رابطه مبدأ و مقصد ذرت در سطوح مختلف تراکم گیاهی گزارش دادند که در تراکم‌های بالا به جهت رقابت بوته‌ها در جذب تشعشع و کاهش دریافت نور کافی جهت

فتوسنتز، محدودیت مبدأ رخ داده و به این سبب عملکرد ماده خشک گیاه کاهش می‌یابد.

تعیین درجه روز رشد (GDD) مراحل فنولوژیکی، بر پایه مقیاس BBCH

ژنوتیپ‌های مورد بررسی یولاف در تراکم‌های مختلف، مقادیر درجه روز رشد مختلفی را از مرحله سبز شدن به بعد دریافت کردند. قابل توجه است که در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع، تمامی ژنوتیپ‌ها مقدار درجه روز رشد بیشتری را نسبت به تراکم‌های ۴۰۰ و ۵۰۰ بوته در مترمربع برای تکمیل پنجه زنی دریافت نمودند (جدول ۳) که نشان‌دهنده طولانی‌تر بودن مرحله پنجه زنی در این تراکم است، پس احتمالاً گیاه توانسته با تولید پنجه‌های بیشتر، کمبود تعداد بوته در واحد سطح را جبران کند و به دنبال آن با دریافت درجه روز رشد بیشتری این مرحله پشت سر بگذراند (جدول ۴). ژنوتیپ V4 برای کامل شدن مرحله پنجه زنی بیشترین درجه روز رشد با ۴۴۳/۸ (GDD بر حسب درجه سانتی‌گراد) را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در تراکم ۳۰۰ دریافت نمود (جدول ۳). با افزایش تراکم، دریافت درجه روز رشد کم‌تر شد که منجر به زودرسی ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد به علت متراکم بودن تاج پوشش در تراکم‌های بیشتر و رقابت بیشتر بین بوته‌ها در اواخر فصل رشد، زودرسی ایجاد گردید. اگرچه ژنوتیپ‌های V1، V3 و V5 به لحاظ دریافت درجه روز رشد اختلاف زیادی نداشتند و تیپ متوسط رس ارزیابی شدند (جدول ۳)، ولی ژنوتیپ V4 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع بیشترین درجه-روز-رشد را دریافت کرد (جدول ۳)، که نشان‌دهنده دیررس‌تر بودن این ژنوتیپ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در این تراکم بود (جدول ۴). نتایج همبستگی سرعت رشد نسبی و سرعت آسیمیلایسیون خالص (** $r = 0.62$ در مرحله پنجه زنی و ** $r = 0.64$ در مرحله خمیری دانه) نشان داد که با افزایش در فتوسنتز و به دنبال آن افزایش در تولید آسیمیلات‌ها، سرعت رشد نسبی افزایش یافت.

جدول ۳- مقایسات میانگین برهمکنش تراکم در ژنوتیپ بر مقدار واحد حرارتی دریافت شده یا درجه روز رشد (GDD بر حسب درجه سانتی گراد) در ژنوتیپ های یولاف

Table 3. Mean comparison of density and genotype interactions on heat units and growing degree days (GDD) (°C) of oat genotypes

پیری Senescence	رسیدگی فیزیولوژیک Maturity	نمو میوه Seed development	گل دهی Flowering	خوشه رفتن Earing	غلای رفتن Booting	طول شدن ساقه Stem elongation	پنجه زنی Tillering	توسعه برگ Leaf development	جوانه زنی Germination	کد مرحله اصلی رشد بر اساس مقیاس BBCH برای غلات Code of main growth stage according of BBCH scale for cereals
300.1 ^{ab}	168.3 ^c	140.9 ^g	131.7 ⁱ	138.5 ^f	304 ^a	333.1 ^m	307.6 ^d	654.2 ^e	88.2	V1
295.4 ^d	145.3 ^f	139.4 ^h	103 ^l	153.1 ^c	241.1 ^e	351.1 ^l	365.2 ^b	604.8 ^h	88.2 ^a	V2
276.7 ^{ef}	191.3 ^{bc}	204 ^c	141.7 ^f	138.5 ^f	151.5 ⁿ	426.7 ^b	307 ^d	604.8 ^h	88.2 ^a	V3
299 ^{bc}	170.9 ^d	187.3 ^e	158.7 ^c	178.8 ^a	300.6 ^b	333.7 ^m	443.8 ^a	639.2 ^f	88.2 ^a	V4
277.9 ^e	169.7 ^{de}	242.7 ^a	88.2 ^m	90.6 ^j	225.8 ^g	359.4 ^k	310.3 ^c	715.8 ^d	88.2 ^a	V5
300.3 ^{ab}	168.5 ^e	142.2 ^g	136 ^h	138 ^f	181.8 ^l	443.2 ^a	213.1 ^f	798.3 ^a	88.2 ^a	V1
297.8 ^c	144.8 ^f	138.8 ^h	108.1 ^k	90.6 ^j	197.7 ^j	362.8 ^j	310.3 ^c	727.5 ^c	88.2 ^a	V2
276.2 ^{ef}	190.2 ^c	206.3 ^b	147.2 ^e	138.7 ^f	149.6 ^o	406.7 ^e	122.6 ^m	639.2 ^f	88.2 ^a	V3
300.9 ^a	168.9 ^e	188.4 ^e	159.9 ^b	168.8 ^b	281 ^d	414.5 ^d	199.7 ^g	615.7 ^g	88.2 ^a	V4
234.8 ^g	171.1 ^d	205.1 ^{bc}	118.3 ^j	100.9 ⁱ	224.2 ^h	375.2 ^g	189.2 ^h	765.6 ^b	88.2 ^a	V5
298.3 ^c	169.7 ^{de}	143.7 ^f	138.0 ^g	139.8 ^e	185.3 ^k	419.1 ^c	178.8 ⁱ	604.8 ^h	88.2 ^a	V1
301.2 ^a	144.5 ^f	141.1 ^g	141.7 ^f	123.9 ^g	235.6 ^f	283.7 ⁿ	270.5 ^e	469.1 ^k	88.2 ^a	V2
275.2 ^f	192.7 ^b	205.1 ^{bc}	152.0 ^d	138.5 ^f	165.3 ^m	373 ^h	146.8 ^l	593.8 ⁱ	88.2 ^a	V3
300.7 ^{ab}	168.1 ^e	190.1 ^d	161.2 ^a	141.7 ^d	290.0 ^c	398.6 ^f	174.6 ^j	539.8 ^j	88.2 ^a	V4
212.8 ^h	194.4 ^a	204.5 ^c	118.4 ^j	109.5 ^h	203.9 ⁱ	365.0 ⁱ	150.5 ^k	798.3	88.2 ^a	V5
9.33	7.81	12.50	8.18	11.71	8.11	15.33	6.21	11.85	0	ضریب تغییرات (درصد)
C.V. (%)										

اختلاف اعداد هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک باشند، از نظر آماری در سطح ۵ درصد طبق آزمون دانکن معنی دار نیستند.

Means Values within a column followed by the same letter are not significantly different (p = 0.05) according to the Duncan test.

بیشتر بخش سبزینه‌ای باعث زیادتر شدن ماده خشک می‌شود و این مقدار در پایان فصل رشد به حداکثر می‌رسد. هر چه به مراحل پایانی رشد زایشی نزدیک می‌شویم گیاه مقدار بیشتری از مواد پرورده را به دانه‌ها فرستاده و تجمع این مواد در طی زمان باعث افزایش وزن دانه و وزن خشک آن خواهد شد. همبستگی مثبت سرعت رشد گیاه با سرعت رشد نسبی و سرعت آسیمیلایون خالص (به ترتیب $r = 0/562^{**}$ و $r = 0/825^{**}$) در مرحله پنجه‌زنی و به ترتیب $r = 0/857^{**}$ و $r = 0/930^{**}$ در مرحله خمیری دانه) نشان داد که با افزایش سرعت رشد نسبی و سرعت آسیمیلایون خالص و در نتیجه افزایش تولیدات فتوسنتزی، میزان سرعت رشد گیاه افزایش یافت (جدول ۵).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد کل ماده خشک و سرعت رشد نسبی (در مرحله پنجه‌زنی $r = -0/880^{**}$ و در مرحله خمیری دانه $r = -0/488^{**}$) وجود داشت که بیانگر رابطه مثبت سرعت رشد نسبی با میزان عملکرد کل ماده خشک می‌باشد (جدول ۵). در واقع سرعت رشد نسبی بیان‌کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن خشک اولیه در یک فاصله زمانی مشخص می‌باشد که در مراحل اولیه رشد نسبت به مراحل انتهایی بیشتر است. در حالی که تجمع ماده خشک باگذشت زمان افزایش نشان می‌دهد. در طول فصل رشد، گیاه از مواد در دسترس استفاده کرده و با کمک نور خورشید اقدام به ساخت ماده خشک می‌کند. باگذشت زمان از شروع فصل رشد تجمع این مواد به همراه رشد

جدول ۴- برهمکنش تراکم در ژنوتیپ بر تعداد روز از کاشت در ژنوتیپ‌های یولاف

Table 4. Interaction of density and genotypes on number of day after planting of oat genotypes

کد مرحله اصلی رشد بر اساس مقیاس BBCH برای غلات														مرحله رشدی	
Code of main growth stage according of BBCH scale for cereals															
تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع					تراکم ۴۰۰ بوته در مترمربع					تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع					Growth stage
500 plants per square meter					400 plants per square meter					300 plants per square meter					
V5	V4	V3	V2	V1	V5	V4	V3	V2	V1	V5	V4	V3	V2	V1	
99	79	84	69	85	97	86	88	94	99	93	88	85	85	89	جوانه‌زنی Germination
86	69	81	95	96	84	84	79	94	94	94	90	91	93	96	توسعه برگ Leaf development
112	107	109	103	110	110	104	109	109	109	106	101	107	100	99	پنجه‌زنی Tillering
126	128	120	120	122	125	124	119	122	121	122	122	118	117	120	طول شدن ساقه Stem elongation
133	136	130	128	132	132	135	129	129	131	129	134	128	128	130	غلاف رفتن Booting
139	144	138	136	139	138	143	137	135	136	134	142	136	134	137	خوشه رفتن Earing
149	153	148	143	146	148	152	147	142	145	145	151	146	141	144	گل‌دهی Flowering
158	161	157	150	154	156	160	156	149	153	154	159	155	148	152	نمو میوه Seed development
168	175	170	164	168	167	174	169	163	167	167	173	168	162	166	رسیدگی فیزیولوژیک Maturity
168	175	170	164	168	167	174	169	163	167	167	173	168	162	166	پیری Senescence

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف در مراحل پنجه زنی و خمیری دانه

Table 5. Correlation coefficients between different traits in tillering and grain doughy stages

صفات				صفات	مرحله رشدی
عدد اسپد	سرعت رشد نسبی	سرعت رشد گیاه	سرعت رشد گیاه		
SPAD value	NAR	RGR	CGR		
0.091	-0.227	-0.880**	0.165	عملکرد کل ماده خشک	مرحله پنجه زنی Tillering stage
-0.135	0.825**	0.562**		Total dry matter yield	
-0.094	0.62**			سرعت رشد گیاه	
0.233-				CGR	
				سرعت رشد نسبی	
				RGR	
				سرعت ماده سازی خالص	
				NAR	
0.058	-0.049	-0.488**	-0.001	عملکرد کل ماده خشک	مرحله خمیری دانه Grain doughy stage
0.047	0.930**	0.857**		Total dry matter yield	
0.071	0.64**			سرعت رشد گیاه	
0.047-				CGR	
				سرعت رشد نسبی	
				RGR	
				سرعت ماده سازی خالص	
				NAR	

نتیجه گیری

است، زودرسی و دیرسی ژنوتیپ های مورد بررسی به دلیل محدودیت فصل رشد و وجود تنش های محیطی در انتهای فصل رشد در شرایط اقلیمی اهواز است. نتایج این تحقیق نشان داد که در بین ژنوتیپ های مورد بررسی ژنوتیپ V2 در تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع ضمن دارا بودن بیشترین میزان عملکرد ماده خشک تولیدی، کمترین درجه روز رشد را نیز داشت و ژنوتیپ زودرس بود که از این نظر ژنوتیپ بسیار مناسبی برای شرایط اهوازی باشد. در مقابل ژنوتیپ V4 در تراکم ۵۰۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین دوره رشد بود و به اصطلاح ژنوتیپ دیررس تری نسبت به سایر ژنوتیپ های مورد بررسی بود.

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که در بین تراکم های مورد بررسی، تراکم ۳۰۰ بوته در مترمربع بیشترین میزان عملکرد تولیدی ماده خشک، نسبت به دو تراکم دیگر داشت که این امر با بالا بودن شاخص های رشدی و فیزیولوژیک گیاه در این تراکم همراه بود. در این بین، ژنوتیپ های مورد بررسی نیز واکنش متفاوتی را نشان دادند، به گونه ایی که ژنوتیپ V2 دارای بیشترین میزان شاخص های NAR، RGR، CGR و عملکرد کل ماده خشک و ژنوتیپ V5 کمترین میزان عملکرد کل ماده خشک را بودند. نکته دیگر که در این پژوهش بسیار حائز اهمیت

References

- Ansari Ardali, S. and AghaAlikhani, M. (2015). Effect of plant density and nitrogen fertilizer rate on forage yield and quality of cultivated amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(1), 35-45. [In Farsi].
- Buerstmayr, H., Krenn, N., Stephan, U., Grausgruber, H. and Zechner, E. (2007). Agronomic performance and quality of oat (*Avena sativa* L.) genotypes of worldwide origin produced under Central European growing conditions. *Field Crops Research*, 101(3), 343-351.

- Christensen, D. A. (1993). *Composition, digestibility and voluntary intake of Saskatchewan forages by cattle. 1976 to 1993*. Department of Animal Poulition Science Publication, University of Saskatchewan, Saskatchewan, Canada.
- Clark, J. M. (1978). The effect of leaf removal on yield and components of Brassica napus. *Canadian Journal of Plant Science*, 58(4), 1103-1105.
- Gardner, T. A., Barlow, J. L., Parry, T. W. and Peres, C. A. (2007). Predicting the uncertain future of tropical forest species in a data vacuum. *Biotropica*, 39(1), 25-30.
- Ghassemi, K., A. Soltai and A. Atashi. 1997. The effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum seed. *Seed Science and Technology*, 25: 321 – 323.
- Hamzehi, J. (2012). Evaluation of Yield, SPAD Index, Landuse Efficiency and System Productivity Index of Barley (*Hurdeum vulgare*) Intercropped with Bitter Vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Production and Processing of Crop and Gardening*2(4), 79-92. [In Farsi]
- Karimi, M. and Azizi, M. (Eds.) (1997). *Crop growth analyzes*. Mashhad: University Jihad Ferdowsi University of Mashhad. [In Farsi]
- Kazemi Arbat, H. (2009). *Private cultivation cereals* (vol. 1). Tehran: University Publication Center. [In Farsi]
- Khabiri, E. and Jafari, M. (2012). The effect of different light levels on the growth of wheat gasconne. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(12), 2358-2363.
- Khodabandeh, N. (2013). *Cereals*. Tehran: Tehran University Press and Publishing. [In Farsi]
- Koochaki, A. and Sarmadnia, GH. (Eds.) (1996). *Crops physiology*. Mashhad: University Jihad Ferdowsi University of Mashhad. [In Farsi]
- Krishna, A., Ahmed, S. H. Pandey, H., Cand, D. and Bahukhandi, H. (2013). Estimates of Genetic variability, heritability and genetic advance of oat (*Avena sativa* L.) genotypes for grain and fodder yield. *Agricultural Science Research Journals*, 3(2), 56-61.
- Lebas Chi, M. and Sharifi Ashoorabadi, A. (2004). The use of growth physiological indices in the proper operation of rai flower. *Pajouhesh Va Sazandegi*, 3(65), 65-75. [In Farsi]
- Majidian, M. and Imam, Y. (2012). *Growth stages of cereals*. Guilan: University of Guilan. [In Farsi]
- Miller, P., Lanier, W. and Brandt, S. (2001). *Using growing degree days to predict plant stages*. Montana State University. Retrieved from <http://www.store.msuextension.org/publications/AgandNaturalResources/MT200103AG.pdf>.
- Mometazi, F. and Imam, Y. (2006). Effect of planting date and plant density on yield and yield components of winter wheat of Shiraz cultivar. *Agricultural Sciences of Iran*, 1(37), 1-11. [In Farsi]
- Moradpour, S., Koochi, R., Babaei, M. and Goldoust Khorshidi, M. (2013). Effect of Planting date and Planting density on rice yield and growth analysis (*Fajr variety*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(3), 267-272.
- Morrison, M. J., Stewart, D. W. and Mcvetty, P. B. E. (1992). Maximum area expansion rate and duration of summer rape leaves. *Canadian Journal Plant Science*, 72(1), 117-126.
- Movahhedy Dehnavy, M., Modarres Sanavy, S. A. M., Soroushzadeh, A. and Jalali, M. (2004). Changes in proline, total soluble sugars, SPAD and chlorophyll fluorescences in winter safflower cultivars under drought stress and foliar application of zinc and manganese. *Desert*, 9(1), 93-107. [In Farsi]
- Niknam, N., Faraji, H., Adhami, E. and Badvi, A. (2012). Relationship between source and sink of maize at different levels of plant density and nitrogen in Mamasani conditions, Fars province. *Plant Productions*, 35(1), 1-10. [In Farsi]

- Razavi, S.A., Hamidi, H., Azizi, Gh. and Asghari, R. (2018). Modeling the Effect of Plant Density on Leaf Production and Senescence of Wheat in Terminal Stage Water Holding Conditions. *Plant Productions*, 41(1), 117-130. [In Farsi]
- Robertson, G. W. (1983). *Weather-based mathematical models for estimating development and ripening of crop*. Eneva: World Meteorological Organization.
- Singh, R., De, S. and Belkheir, A. (2013). *Avena sativa* (Oat), a potential nutraceutical and therapeutic agent: An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 126-144.
- Valadabadi, S. A. and Farahani, H. A. (2010). Effects of planting density and pattern on physiological growth indices in maize (*Zea mays* L.) under nitrogenous fertilizer application. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 2(3), 040-047.
- Wu, G. L. (2007). The status of oat in the course of sustainable development of stockbreeding in alpine meadow. *Journal of Herbage Feed*, 1, 10-12.
- Yousefi, F., Hassibi, P., Roshanfekar, H. and Meskarbashee, M. (2015). Study of drought and salinity stress effect on some physiological characters of two canola (*Brassica Napus* L.) varieties in Ahvaz. *Journal of Plant Production*, 38(4), 25-34. [In Farsi]
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. and Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421.
- Zhang, Y. S., Zhou, X. M. and Wang, Q. J. (1998). A preliminary analysis of production performance of Oat at alpine meadow pasture. *Acta Agrestia Sinica*, 6(2), 115-123.