

Research Article

Plant Prod., 2021, 44(1), 89-102
<http://plantproduction.scu.ac.ir//>


ISSN (P): 2588-543X
ISSN (E): 2588-5979

Effect of Seed Priming on Grain Yield and Some Shoot and Root Morphophysiological Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Potted Planting Conditions in Farm

Kianous Safari¹, Yousef Sohrabi^{2*} , Adel Siosemardeh³, Shahryar Sasani⁴

- 1- Ph.D. Student of Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
- 2- *Corresponding Author: Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran (y.sohrabi@uok.ac.ir)
- 3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran
- 4- Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

Citation: Safari, K., Sohrabi, Y., Siosemardeh, A., & Sasani, Sh. (2021). Effect of seed priming on grain yield and some shoot and root morphophysiological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in potted planting Conditions in Farm. *Plant Productions*, 44(1), 89-102.

 10.22055/ppd.2019.28875.1736

Received: 24 May, 2019

Accepted: 30 October, 2019

Abstract

Background and Objectives

Seed priming is a relatively new, inexpensive, and straightforward technique to improve germination percentage, germination rate, early seedling establishment, and other plant's morphophysiological characteristics under normal and stress conditions. The main objective of this study was to investigate the effect of different seed priming treatments on some morphophysiological characteristics of three bread wheat cultivars in potted planting conditions on the farm.

Materials and Methods

In this study, three bread wheat cultivars (including "Rijaw," "Sardari," and "Karim") and 11 seed priming treatments (including hormonal priming, osmo-priming, nutritional priming, and hydro-priming with distilled water) and one untreated control treatment were investigated using an experiment conducted as factorial based on Completely Randomized Design (CRD) with three replicates at Mahidasht Agricultural Research Station, Kermanshah (AREEO) during 2016-2017 cropping seasons.



Results

Cultivar and different seed priming treatments were significant on all the studied traits at a 1% probability level. "Karim" cultivar had the highest leaf relative water content (79.58%), flag leaf area (15.19 cm²), root volume (30.9 cm³), root dry weight (4.6 g/tube), shoot dry weight (26.7 g/tube) and root/shoot ratio (0.17) compared to the other cultivars. "Sardari" cultivar was superior to other cultivars regarding the plant height (98.4 cm) and root length (118 cm). "Rijaw" cultivar with plant height, root length, and flag leaf area equal to 84.4 cm, 113.7 cm, and 13.53 cm² was identified as a suitable cultivar for dryland conditions which can be recommended along with "Sardari" as drought stress-tolerant cultivars. "Rijaw" cultivar had the highest chlorophyll index (46.3). The highest leaf relative water content, plant height, flag leaf area, and chlorophyll index belonged to nutritional treatments of urea with 4g/L (81.51%, 89.9 cm, 16.84 cm² and 47) and zinc sulfate with 0.3% concentration (80.75%, 88.8 cm, 16.13 cm² and 46), respectively.

Discussion

The cultivar "Karim" had the highest values of the all shoot and root measured traits. In the current study, seed priming treatments of urea with 4 g/L concentration and zinc sulfate with 0.3% concentration were identified as suitable and superior seed priming treatments in wheat for dryland conditions. It is suggested that appropriate and ideal treatments obtained from the experiment and other bread and durum wheat varieties should be tested for further studies in different countries with similar climates.

Keywords: Chlorophyll index, Leaf relative water content, Root traits

اثر پرایمینگ بذر بر برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیک بخش هوایی و ریشه گندم نان (*Triticum aestivum* L.) در شرایط کاشت لوله های گلدانی داخل مزرعه

کیانوش صفری^۱، یوسف سهرابی^{۲*}، عادل سی و سه مرده^۳، شهریار ساسانی^۴

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
 ۲- *نویسنده مسئول: دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران (y.sohrabi@uok.ac.ir)
 ۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران
 ۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

چکیده

پرایمینگ بذر تکنیکی نسبتاً جدید، ساده و کم هزینه برای بهبود صفات مرتبط با جوانه زنی و استقرار گیاهچه در شرایط تنش و عدم تنش می باشد. هدف اصلی از انجام این تحقیق، بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر روی برخی ویژگی های مورفوفیزیولوژیک سه رقم گندم نان در شرایط کاشت لوله های گلدانی داخل مزرعه بود. در این تحقیق، سه رقم گندم نان (ریژا، سرداری و کریم) و ۱۱ تیمار پرایمینگ بذر، شامل پرایمینگ هورمونی: جبرلیک اسید با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و ۲۴-اپی براسینولید با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر، اسموپرایمینگ: کلرید پتاسیم با غلظت ۱۰۰ میلی مول در لیتر و پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ با پتانسیل های ۲/۳- و ۲/۹- بار، پرایمینگ غذایی شامل سولفات روی آبدار با غلظت های ۰/۱ و ۰/۳ درصد وزنی-حجمی، اوره با غلظت های ۲ و ۴ گرم در لیتر، آسکوربیک اسید با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، تیمار هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیر شده و تیمار شاهد بدون پرایم در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ماهیدشت کرمانشاه مورد مطالعه قرار گرفت. اثر رقم و تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر همه صفات اندازه گیری شده، در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. رقم کریم بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۷۹/۵۸ درصد)، سطح برگ پرچم (۱۵/۱۹ سانتی متر مربع)، حجم ریشه (۳۰/۹ سانتی متر مکعب)، وزن خشک ریشه (۴/۶ گرم در لوله)، وزن خشک شاخساره (۲۶/۷ گرم در لوله)، نسبت وزن خشک ریشه به شاخساره (۰/۱۷) را نسبت به ارقام دیگر داشت. رقم سرداری با ارتفاع بوته ۹۸/۴ سانتی متر و طول ریشه ۱۱۸ سانتی متر نسبت به دیگر ارقام برتری نشان داد. رقم ریژا بیشترین شاخص سبزینگی (۴۶/۳) را داشت. بیشترین محتوای نسبی آب برگ، ارتفاع بوته، سطح برگ پرچم و شاخص کلروفیل به ترتیب مربوط به تیمارهای غذایی اوره با غلظت چهار گرم در لیتر (۸۱/۵۱ درصد)، ۸۹/۹ سانتی متر، ۱۶/۸۴ سانتی متر مربع و ۴۷) و سولفات روی با غلظت ۰/۳ درصد (۸۰/۷۵ درصد، ۸۷/۸ سانتی متر، ۱۶/۱۳ سانتی متر مربع و ۴۶) بود. در این تحقیق، تیمارهای پرایمینگ بذر با اوره در غلظت چهار گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۰/۳ درصد، به عنوان تیمارهای برتر پرایمینگ بذر گندم برای شرایط دیم شناسایی گردیدند و به کارگیری این تیمارها احتمالاً می تواند در بهبود عملکرد دانه گندم در شرایط دیم مفید باشد.

کلیدواژه ها: شاخص سبزینگی، صفات ریشه، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

گندم از مهم‌ترین غلات است، به طوری که بیش از ۳۰ درصد سطح زیر کشت و نزدیک به ۲۶ درصد از کل تولید غلات جهان به گندم اختصاص دارد (FAO, 2017). جوانه‌زنی و استقرار بذر، حساس‌ترین مراحل رشد گیاه به تنش‌های غیرزیستی هستند (Moshfati et al., 2013; Patade et al., 2011). پرایمینگ بذر یک تکنیک نسبتاً جدید، ساده و کم‌هزینه برای بهبود درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، استقرار اولیه گیاهچه و سایر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه در شرایط نرمال و تنش است (Ibrahim, 2016). پرایمینگ بذر عبارت است از آبنوشی و آبیگری نسبی بذور طی یک دوره کوتاه زمانی و سپس پسابیده شدن (dehydration) آن‌ها که می‌تواند سبب بهبودی و یا تسریع جوانه‌زنی این بذور در صورت کاشت در زمین اصلی شود (Wang et al., 2018; Mahakham et al., 2017). پرایمینگ بذر به طور قابل توجهی ارتفاع گیاه، تعداد پنجه‌های بارور در واحد سطح و طول سنبله، تعداد سنبله‌چه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن کاه و کلس و شاخص برداشت گندم را در تمامی تاریخ‌های کاشت آن بهبود می‌بخشد (Hussain et al., 2013).

Rezaei Sokht Abendani et al. (2014) در تحقیق خود اظهار داشتند که پرایمینگ بذر کمیت و کیفیت علوفه ذرت در کشت تابستانه را افزایش داد. افزایش معنی‌دار طول ریشه و شاخساره در بذور پرایم شده می‌تواند از جوانه‌زنی زودتر و سریع‌تر این بذور ناشی گردد (Farooq et al., 2005).

Aboutalebian et al. (2012) گزارش کردند که پرایمینگ بذر گندم با محلول ۰/۲ درصد سولفات روی باعث افزایش درصد سبز شدن بذر به میزان ۲۴/۶ درصد گردید. چندین مطالعه، اثر مثبت پرایمینگ بذر با نیتروژن (نترات پتاسیم و اوره) بر سرعت سبز شدن و استقرار گیاهچه و افزایش عملکرد گزارش شده است (Basra et al., 2005). آسکوربیک اسید نیز یکی از متابولیت‌های مهم است که در تقسیم سلولی و تنظیم اسمزی دخالت دارد (De-Gara et al., 2003).

ریشه، اصلی‌ترین اندام گیاه برای جذب آب و مواد غذایی است. در این راستا مطالعه سیستم ریشه گیاه به دلیل عدم سهولت در دسترسی و مشاهده آن، کاری دشوار، وقت‌گیر و پرهزینه بوده و از طرفی، به هم خوردن وضعیت طبیعی ریشه‌ها برای رسیدن به نتایج دقیق مشکل ایجاد می‌کند (Fry and Huang, 2004). در شرایط مدیترانه‌ای سیستم ریشه‌ای گسترده، بیشترین استفاده را برای تولید مناسب دارد (Palta et al., 2011). وارته‌های متحمل به خشکی نسبت به ارقام حساس به خشکی از سیستم ریشه‌ای گسترده‌تری برخوردارند (Manschadi et al., 2008). گیاهان یک‌ساله معمولاً در زمان گرده‌افشانی بیشترین عمق ریشه را دارند (Aliabadi Farahani et al., 2008). ماکزیم عمق ریشه‌دهی برای گندم معمولاً در محدوده‌ی گرده‌افشانی یا کمی بعد از آن اتفاق می‌افتد (Kirkegaard and Lilley, 2007).

Kulkarni and Swati (2009) گزارش کردند که طول ریشه به‌عنوان شاخصی برای توانایی گیاهان جهت جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک و نفوذپذیری بهتر ریشه‌ها در خاک محسوب می‌شود. حجم ریشه یک صفت و معیار مناسب جهت جذب آب و مواد غذایی محسوب می‌گردد، بنابراین می‌تواند یک واحد اندازه‌گیری خوب جهت روابط عملی بین قسمت‌های هوایی و ریشه باشد (Ganjeali and Kafi, 2007). اثر مثبت پرایمینگ در برخی گیاهان دیگر مانند کاسنی هم ذکر شده است (Sedighi Dehkordi et al., 2013). محتوای نسبی آب برگ ابزار مناسبی برای گزینش ارقام در شرایط تنش خشکی است (Schonfeld et al., 1988). در کل، داشتن اطلاعاتی از خصوصیات شاخساره و سیستم ریشه، عمق، تراکم و توزیع ریشه‌دهی می‌تواند در توجیه مطلوبیت گیاه در شرایط تنش خشکی و حرارتی مورد استفاده قرار گیرد و با توجه به این که سیستم‌های ریشه به‌عنوان یک جزء مهم در سازگاری به خشکی در نظر گرفته می‌شوند، بنابراین شناخت و مطالعه صفات ریشه و افزایش آگاهی‌ها درباره ساختار و پویایی نمو ریشه، به‌عنوان نیمه پنهان گیاه، اهمیت ویژه‌ای در جذب رطوبت، عناصر

است که بیشتر مناسب شرایط با یخبندان کمتر است و ارتفاع آن نسبت به دو رقم دیگر کمتر است اما طول و قطر سنبله آن از ارقام دیگر بیشتر است (جدول ۱). برای انتخاب تیمارهای پرایمینگ بذر، دو آزمایش مقدماتی در شرایط ژرminatور و گلخانه‌ای به صورت کنترل شده انجام گردید و بر اساس صفات اندازه‌گیری شده، تیمارهای برتر برای شرایط کاشت در گلخانه داخل مزرعه انتخاب شدند. این تیمارهای برتر، شامل پرایمینگ هورمونی (جیرلیک اسید با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر، ۲۴-اپی براسینولید با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر) به عنوان تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، اسموپرایمینگ (کلرید پتاسیم با غلظت ۱۰۰ میلی مول در لیتر و پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ (PEG₄₀₀₀) با پتانسیل‌های ۲/۳- و ۲/۹- بار)، پرایمینگ غذایی شامل سولفات روی آبدار (ZnSO₄, 7H₂O) با غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ درصد وزنی-حجمی، اوره با غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر، آسکوربیک اسید با غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر و یک سطح هیدروپرایمینگ با آب مقطر یک بار تقطیر شده و یک تیمار شاهد بدون پرایمینگ بودند.

برای این منظور، ابتدا بذره‌های گندم با اتانول ۷۰ درصد برای ۳۰ ثانیه و سپس با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد (v/v) برای ۵۰ ثانیه ضد عفونی شدند و بلافاصله بذرها برای چندین بار با آب مقطر آبکشی شدند (Abdoli et al., 2013). برای اعمال تیمارهای پرایمینگ هورمونی، پس از توزین مقادیر هورمون‌ها، هورمون‌های جیرلیک اسید و ۲۴-اپی براسینولید در چند قطره الکل اتیلیک ۱۰ درصد حل شدند و سپس با استفاده از آب مقطر به حجم مورد نظر رسانده شدند (مطابق با روش (Abdoli et al., 2013)). نسبت بذر به محلول‌های

غذایی و افزایش عملکرد در شرایط دیم دارد و این مسأله، امری ضروری در راستای بهبود توانایی تولید گیاهان زراعی یک‌ساله در کشاورزی است (Shekari and Esfandiari, 2010). گسترش مناسب ریشه و وجود ویژگی‌های مطلوب در بخش هوایی گیاه مانند محتوای نسبی آب برگ بالا، ارتفاع مناسب گیاه، سطح برگ پرچم و شاخص سبزی‌نگی مناسب می‌تواند از عوامل تأثیرگذار در تولید گندم در شرایط محدودیت آب باشد. لذا این تحقیق به منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر ویژگی‌های مرتبط با ریشه و شاخساره چند رقم گندم در راستای تعیین بهترین تیمارهای پرایمینگ بذر و انتخاب مناسب‌ترین رقم تحت شرایط دیم اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در ایستگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه (ماهیدشت) با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی، ۴۶ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۸۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. در این مطالعه، سه رقم گندم نان، شامل ریژاو، سرداری و کریم و ۱۱ تیمار پرایمینگ بذر و یک تیمار شاهد بدون پرایمینگ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شدند. رقم سرداری از ارقام قدیمی گندم دیم در استان کرمانشاه است که ارتفاع بوته بیشتری نسبت به دو رقم دیگر دارد. رقم ریژاو اصلاح شده معاونت مؤسسه تحقیقات دیم کشور در دهه گذشته و یک رقم نسبتاً جدید محسوب می‌شود که نسبت به شرایط کم آبی و سرما تحمل خوبی دارد. همچنین به ورس مقاوم است و دارای عملکرد خوبی در شرایط دیم است. رقم کریم رقم نسبتاً جدیدی

Table 1. The specifics of cultivars Rijaw, Sardari and Karim

Cultivar	Growth type	1000-grain weight (g)	Height (cm)	Seed shedding	Growth period (days) in conditions		Lodging of Stem	Reaction to cold		Drought tolerance	Seed of protein (%)
					Cold	Cold temperate		Winter	Late spring		
Rijaw	Facultative	35	72	Resistant	222-224	183-185	Resistant	Semi-resistant	Semi-resistant	High tolerant	12.5
Sardari	Winter	36	78	Resistant	234	195	Sensitive	Resistant	Semi-sensitive	Tolerance	10
Karim	Spring	39.2	83.5	Resistant	134	118	Resistant	Semi-resistant	Semi-sensitive	High tolerant	12.6

روش محاسباتی و با تقسیم جرم به حجم ریشه به دست آمد. تراکم توده ریشه با تقسیم وزن ریشه به حجم لوله‌های گلدانی بدست آمد. طول، وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخساره، نسبت وزن ریشه به وزن شاخساره و وزن شاخساره به وزن ریشه، به روش (Hunang et al., 1991) تعیین شد. نمونه برداری در زمان گل‌دهی (گرده‌افشانی تا کمی بعد از آن) انجام شد (Kirkegaard and Lilley, 2007).

برای جداسازی ریشه گیاه، در مرحله گرده‌افشانی لوله‌های پلاستیکی حاوی بوته‌های گندم ابتدا برای مدت حدود ۵ تا ۶ ساعت در آب قرار داده شد، تا رطوبت کافی جذب خاک اطراف ریشه‌ها گردد. سپس روی لوله‌های باز شده به آرامی آب ریخته شد، تا عمل جداسازی ریشه از خاک به طور کامل صورت گیرد. در زیر لوله‌ها نیز الک ۰/۵ میلی متری قرار گرفته بود تا تلفات ریشه‌ای در هنگام شستشو به حداقل برسد. پس از شستشوی کامل ریشه و جداسازی آن از خاک، طول ریشه از محل طوقه تا انتهای بلندترین ریشه بوسیله خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه‌ها و اندام‌های هوایی، ریشه‌ها در دمای ۶۵-۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و اندام‌های هوایی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون قرار داده شدند و سپس با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیدند (Barzegar et al., 2004). حجم ریشه از طریق قرار دادن ریشه در یک سیلندر آب با حجم مشخص و محاسبه میزان افزایش حجم نشان داده شده در سیلندر تعیین گردید (Atkinson, 1980). قبل از پایان آزمایش و بیرون آوردن گلدان‌ها برای اندازه‌گیری صفات ریشه و شاخساره، شاخص‌های زیر نیز اندازه‌گیری شدند:

پرایمینگ، ۱ به ۵ (گرم بر میلی‌لیتر) در نظر گرفته شد (Abdoli et al., 2013). بذرها در محلول‌های پرایمینگ، به مدت ۱۰ ساعت در دمای $19 \pm 1^\circ\text{C}$ قرار داده شدند و با استفاده از پمپ آکواریوم عمل تهویه (هوادهی) انجام گرفت (Abdoli et al., 2013). بعد از عمل پرایمینگ، بذرها به سرعت با آب مقطر آبکشی شده و به مدت سه روز با انجام عمل تهویه در دمای $19 \pm 1^\circ\text{C}$ خشک گردیدند. بذرها در یخچال 4°C نگهداری شدند (مطابق با روش Afzal et al., 2011). جهت بررسی رشد ریشه و بخش هوایی در تیمارهای مختلف گندم، لوله‌های پلاستیکی به قطر ۱۲ و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر در درون کانالی به ابعاد $0/5 \times 3/5 \times 0/8$ متر (به ترتیب عرض، طول و ارتفاع) که کف آن با سرامیک سنگ‌فرش شده بود، قرار گرفتند و بر اساس پروفیل خاک برداشتی از مزرعه به وسیله همان خاک زراعی پر شدند. مشخصات خاک زراعی در جدول (۲) ارائه شده است. تراکم کاشت ۳۵۰ بذر در مترمربع در نظر گرفته شد و بر اساس تراکم کاشت و محاسبه مساحت دهانه این لوله‌ها، در هر لوله ۵ بذر گندم در تاریخ ۱۵ آبان ماه کاشته شد. پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاه، عمل تنک کردن بوته‌ها انجام گرفت و تعداد بوته‌ها به سه بوته کاهش یافت. طی دوره رشد، به منظور مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی انجام شد. سایر مراقبت‌های مرحله داشت (مبارزه با آفات و کوددهی سرک) نیز به طور یکسان برای تمامی تیمارها انجام گرفت. جهت تعیین حجم، چگالی و تراکم توده (وزن) خشک ریشه به ترتیب از روش‌های (Aggarwal et al., 2006)، (Khatar et al., 2017) و Yang et al. (2010) استفاده گردید. به این ترتیب که حجم ریشه با استفاده از غوطه‌وری ریشه در استوانه مدرج حاوی آب و ثبت میزان تغییر حجم آن بدست آمد. چگالی ریشه به

Table 2. Soil analysis results of the experimental site

Depth of sampling (cm)	Chemical analysis						Physical analysis				
	N	T.N.V	K	P	Organic carbon	pH	Electrical conductivity of the saturated extract	Clay	Silt	Sand	Soil texture
	%		mg/kg		%O.C		mmhos/cm	%			
0-30	0.1	30	302	4.2	1.05	7.42	0.57	37	48	15	Silty clay loam

تحمل خشکی است که در سال‌های اخیر توجه به‌نژادگران را به خود معطوف داشته‌است. بیشترین وزن خشک ریشه در لوله و در تک بوته به ترتیب با مقادیر ۴/۶۰ و ۱/۵۲ گرم به رقم کریم مربوط بود و ارقام سرداری و ریژا در رتبه‌های بعد قرار داشتند. لذا می‌توان اظهار داشت رقم کریم ریشه‌هایش را با تراکم بیشتری نسبت به دو رقم دیگر گسترش می‌دهد.

بررسی مقایسه میانگین‌ها برای حجم ریشه نشان داد که رقم کریم با متوسط ۳۰/۹ سانتی‌متر مکعب در لوله، بیشترین حجم ریشه را داشت و دو رقم سرداری و ریژا در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). ارقام کریم و ریژا با ۰/۱۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب چگالی ریشه بیشتری داشتند و رقم سرداری نیز با ۰/۱۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب در رتبه‌ی بعد قرار گرفت. رقم کریم بالاترین تراکم وزن خشک ریشه را داشت و دو رقم سرداری و ریژا دارای مقادیر کمتری بودند. در کل، صفات مرتبط با وزن ریشه برای رقم کریم برتر از دو رقم دیگر بود. رقم کریم برای صفات وزن خشک شاخساره و نسبت وزن ریشه به شاخساره نیز نسبت به دو رقم ریژا و سرداری برتر بود و دو رقم دیگر در یک گروه آماری و در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). از نظر نسبت وزن خشک شاخساره به ریشه دو رقم ریژا و سرداری برتر بودند و در یک گروه آماری قرار داشتند. برای بهره‌برداری از منابع آب، خاک و دسترسی به آن‌ها صفات مرتبط با ریشه اهمیت اساسی دارند (Manschadi et al., 2008). و یک سیستم کارآمد ریشه‌ای می‌تواند نقش مهمی در مقاومت گیاه و اجتناب از تنش خشکی داشته باشد (Moosavi et al., 2014).

صفاتی مانند حجم ریشه، محتوای نسبی آب برگ، تراکم وزن خشک ریشه، وزن خشک ریشه در بوته، وزن خشک شاخساره و سطح برگ پرچم در رقم کریم بیشترین مقدار را نسبت به ارقام دیگر داشت. دارا بودن صفات مطلوب مرتبط با ریشه و شاخساره برای یک رقم به‌عنوان مزیت محسوب شده و می‌تواند نقش مهمی را در تولید گندم تحت شرایط محدودیت آب داشته باشد (Manschadi et al., 2008) (جدول ۴).

شاخص کلروفیل برگ پرچم با استفاده از دستگاه SPAD مدل Minolta 502 در مرحله ظهور کامل برگ پرچم اندازه‌گیری شد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)، بر اساس روش Slafer et al. (1996) و فرمول (۱) محاسبه گردید.

فرمول (۱)

$$RWC (\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

FW، DW و TW به ترتیب برابر وزن تر، وزن خشک و وزن تورژسانس برگ پرچم است.

ارتفاع بوته از محل طوقه تا بالاترین قسمت سنبله با استفاده از متر اندازه‌گیری شد.

مساحت برگ پرچم با استفاده از رابطه پیشنهادی Rawson et al. (1988) در مرحله گرده‌افشانی با اندازه‌گیری طول و عرض پنج برگ پرچم به صورت زیر (فرمول ۲) محاسبه شد:

فرمول (۲)

$$0.75 \times \text{عرض} \times \text{طول} = \text{مساحت برگ پرچم}$$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS و SPSS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال آماری یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رقم و تیمارهای مختلف پرایمینگ‌بذر روی کلیه صفات اندازه‌گیری شده، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و اثر برهمکنش رقم در تیمار برای این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات اصلی برای عامل رقم نشان داد که رقم سرداری با بیشترین طول ریشه (۱۱۸ سانتی‌متر) به طور معنی‌داری نسبت به دو رقم دیگر برتر بود (جدول ۴). رقم ریژا نیز با ۱۱۳/۷ سانتی‌متر طول ریشه، در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۴). رشد طولی زیاد ریشه در رقم سرداری می‌تواند یکی از دلایلی باشد که این رقم برای سالیان طولانی (بیش از ۳۰ سال) به‌عنوان یک رقم مناسب از طرف کشاورزان مورد پذیرش می‌باشد و در سطح بسیار وسیعی در دیم‌زارها کشت و کار می‌شود. چرا که وجود یک سیستم ریشه‌ای کارآمد، از صفات مهم و مؤثر برای

Table 3. Variance analysis of effect of seed priming pre-treatments on root and shoot traits of three wheat cultivars in potted planting conditions in farm

S.O.V	df	Mean of squares											
		Root density	Shoot dry weight in tube	Root volume	Root weight density	Root dry weight in plant	Root dry weight in tube	Root length	Chlorophyll index	Flag leaf area	Relative water content	Plant height	Ratio of Root/Shoot
Cultivar	2	0.00095**	0.005**	302.81**	0.0837**	0.760**	71.13**	4792.925**	324.60**	185.60**	149.90**	3090.80**	0.21**
Priming	11	0.00300**	0.003**	5180.0**	0.1484**	1.350**	6.13**	597.411**	26.10**	38.60**	67.17**	9.30**	1.46**
Cultivar × Priming	22	0.00006 ^{ns}	0.00006 ^{ns}	0.976 ^{ns}	0.0005 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.80 ^{ns}	2.178 ^{ns}	1.16 ^{ns}	0.87 ^{ns}	0.91 ^{ns}	1.60 ^{ns}	1.01 ^{ns}
Error	72	0.00006	0.00006	1.27	0.0012	0.010	0.22	3.614	0.89	1.38	1.94	2.48	0.01
C.V. (%)	-	3.73	6.28	4.90	8.83	8.36	8.34	8.40	2.16	8.95	1.80	1.79	4.49

ns, * and **: not significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

Table 4. Mean comparison of root and shoot traits of three bread wheat cultivars in potted planting conditions in farm under the effect of seed priming pre-treatments

Cultivar	Root density (g/cm ³)	Shoot dry weight in tube (g/tube)	Root volume (cm ³ /tube)	Root weight density (mg/cm ³)	Root dry weight in plant (g/plant)	Root dry weight in tube (g/tube)	Root length (cm)	Chlorophyll index	Flag leaf area (cm ²)	Leaf relative water content (%)	Plant height (cm)	Ratio of Root/Shoot
Rijaw	0.15	25.0	25.1	0.41	1.25	3.7	113.7	46.3	13.53	76.96	84.4	0.15
Sardari	0.14	25.4	27.5	0.42	1.28	3.8	118.0	40.5	10.70	75.56	98.4	0.15
Karim	0.15	26.7	30.9	0.50	1.52	4.6	96.2	44.8	15.19	79.58	80.8	0.17
LSD1%	0.006	0.06	0.63	0.005	0.24	0.22	2.20	0.44	0.55	0.65	0.74	0.006

افزایش طول ریشه (۱۲۳/۹ سانتی متر) داشت. تیمار پرایمینگ بذر با محلول ۰/۳ درصد سولفات روی نیز (۱۲۰/۲ سانتی متر) در رتبه بعدی قرار گرفت. کوتاه ترین طول ریشه (۹۶ سانتی متر) به تیمار پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ (PEG₄₀₀₀) با پتانسیل ۲/۹- بار تعلق گرفت (جدول ۵). در این تحقیق، اکثر تیمارهای پرایمینگ و حتی تیمار پرایمینگ بذر با آب مقطر در افزایش طول ریشه نسبت به شاهد بدون پرایمینگ مؤثر و برتر بودند. در این راستا (Aboutalebian et al., 2008) در گندم، نشان دادند که تیمار پرایمینگ با اوره سبب افزایش معنی دار جوانه زنی و ظهور گیاهچه نسبت به تیمار شاهد گردید. بیشترین وزن خشک ریشه در لوله به تیمار پرایمینگ بذر با ۴ گرم اوره در لیتر با وزن خشک ریشه ۶/۲۱ گرم مربوط بود. رتبه بعدی وزن خشک ریشه به تیمار پرایمینگ سولفات روی با غلظت ۰/۳ درصد با ۵/۷۲ گرم در لوله تعلق داشت (جدول ۵). گیاهان تیمار شده با پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ (PEG₄₀₀₀) با پتانسیل ۲/۹- بار از کمترین مقدار وزن ریشه برخوردار بودند. در مورد ۲۴- اپی براسینولید نتایج مقایسه میانگین نشان داد برای چگالی ریشه، این تیمار نسبت به تیمارهای سولفات روی یک دهم درصد و پلی اتیلن گلیکول ۷/۵ درصد تفاوتش معنی دار نبود و نسبت به تیمارهای شاهد بدون پرایم و PEG ده درصد برتری معنی داری نشان داد. از نظر وزن خشک ریشه نسبت به تیمارهای بدون پرایم و PEG ده درصد برتری معنی داری داشت ولی با سولفات روی یک دهم درصد، اوره دو گرم در لیتر، آب مقطر و PEG هفت و نیم درصد تفاوتش معنی دار نگردید. از نظر طول ریشه، نسبت به تیمارهای شاهد بدون پرایم و تیمارهای پلی اتیلن گلیکول برتری معنی دار داشت اما نسبت به آب مقطر تفاوتش معنی دار نبود (جدول ۵). بیشترین حجم ریشه نیز به تیمار پرایمینگ بذر با ۴ گرم اوره در لیتر با ۳۶ گرم بر سانتی متر مکعب تعلق گرفت (جدول ۵). حجم بیشتر ریشه، دسترسی به آب را افزایش داده و موجب افزایش دوام و رشد گیاه می گردد (Assgharipoor et al., 2010).

مقایسه میانگین اثرات اصلی برای عامل رقم نشان داد که رقم سرداری با بیشترین ارتفاع بوته (۹۸/۴ سانتی متر) از دو رقم ریژاو و کریم برتر بود (جدول ۴). رقم سرداری از بین توده های بومی غرب کشور انتخاب شده و در طول سال های متمادی کشت، توسط انتخاب طبیعی غربال شده و نسبت به شرایط طبیعی مناطق مورد کشت سازگاری مناسبی دارد. همچنین این رقم متحمل به تنش خشکی و به ویژه تنش های آخر فصل بوده که به احتمال زیاد ناشی از طول ریشه زیاد و نفوذ بیشتر آن در زمین به منظور جذب رطوبت است (Roostae et al., 1985). بالاترین محتوای نسبی آب برگ با تفاوت معنی داری نسبت به سایر ارقام به رقم کریم (۷۹/۵۸ درصد) تعلق داشت و ارقام ریژاو (۷۶/۹۶ درصد) و سرداری (۷۵/۵۶ درصد) به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). رقم کریم هم چنین بالاترین سطح برگ پرجم (۱۵/۲ سانتی متر مربع) را به خود اختصاص داد و از این لحاظ با دو رقم دیگر تفاوت معنی داری داشت و ارقام ریژاو و سرداری نیز به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند. رقم کریم رقمی دیم و مختص مناطق و اراضی خشک با تنش رطوبتی زیاد است. مهمترین مشخصه این رقم، زودرس بودن و گریز از خشکی آخر فصل است. در این بررسی رقم کریم همچنین از نظر وزن، حجم و تراکم وزن ریشه نیز از دو رقم دیگر برتر بود. بالاترین میزان شاخص سبزینگی برگ (۴۶/۳) در رقم ریژاو حاصل گردید و ارقام کریم و سرداری به ترتیب در رتبه های بعدی قرار گرفتند. به لحاظ این صفت تفاوت بین ارقام کاملاً معنی دار بود. با توجه به صفات اندازه گیری شده، ملاحظه می شود هر یک از ارقام مورد استفاده واکنش های مناسبی در راستای تحمل خشکی از خود نشان دادند و به نوعی انتخاب این ارقام به عنوان ارقام متحمل به تنش خشکی و توصیه برای مناطق مختلف و دیمزارهای استان کرمانشاه انتخاب مناسبی بوده و این نتایج می تواند تایید دوباره این ارقام باشد (مطابق با نتایج Bashiri, 2014; Lotfi et al., 2015). مقایسه میانگین اثرات اصلی برای عامل پرایمینگ (جدول ۵) نشان داد که تیمار پرایمینگ بذر با ۴ گرم اوره در لیتر بیشترین تأثیر را بر

Table 5. Mean comparison of priming pre-treatments effect on root and shoot traits of three bread wheat cultivars in potted planting conditions in farm

Seed priming treatment	Root density (g/cm ³)	Shoot dry weight in tube (g/tube)	Root volume (cm ³ /tube)	Root weight density (mg/cm ³)	Root dry weight in plant (g/plant)	Root dry weight in tube (g/tube)	Root length (cm)	Ratio of Root/Shoot	Chlorophyll index	Flag leaf area (cm ²)	Relative water content (%)	Plant height (cm)
KCl 100Mm	0.158	29.98	31.55	0.547	1.65	4.94	115.3	0.164	44.0	14.29	80.65	88.8
ZnSO ₄ 0.1%	0.134	23.28	26.11	0.384	1.16	3.47	105.6	0.146	43.4	12.60	76.28	88.0
ZnSO ₄ 0.3%	0.169	32.56	34.11	0.633	1.91	5.72	120.2	0.174	46.0	16.13	80.75	89.0
PEG ₄₀₀₀ 7.5%	0.133	23.07	25.22	0.371	1.12	3.36	104.3	0.146	43.3	11.70	75.39	88.0
PEG ₄₀₀₀ 10%	0.111	18.71	20.33	0.245	0.74	2.21	96.0	0.117	40.4	9.32	72.06	85.6
Urea 2g/l	0.176	24.05	27.00	0.411	1.24	3.71	107.2	0.153	44.0	12.80	77.77	87.8
Urea 4g/l	0.176	33.94	36.00	0.687	2.07	6.21	123.9	0.184	47.0	16.84	81.51	89.9
GA 100mg/l	0.144	24.65	27.77	0.442	1.33	3.99	110.2	0.163	44.2	14.00	77.31	87.4
24-EBR 1mg/l	0.136	23.28	25.66	0.384	1.16	3.47	106.6	0.148	44.0	12.89	77.08	87.3
ASA 100mg/l	0.159	28.48	30.44	0.536	1.62	4.84	115.4	0.171	45.1	14.00	78.45	87.9
Distilled water	0.141	24.28	26.22	0.408	1.23	3.68	107.4	0.151	43.7	12.13	76.47	88.3
No priming (control)	0.126	21.94	23.44	0.328	0.99	3.96	99.9	0.134	41.9	11.04	74.67	87.0
LSD1%	0.003	0.03	0.32	0.003	0.12	0.11	1.15	0.003	0.88	1.10	1.31	1.48

صفات ذکر شده بودند. احتمالاً افزایش بار منفی پتانسیل در این تیمار مانع جذب آب کافی به بذرها شده باشد و بر میزان فعالیت فیتوهورمون‌های بذر که در ابتدای جوانه‌زنی فعال می‌شوند اثر منفی و بازدارنده گذاشته باشد (Yuan et al., 2014). این نتایج با نتایج مطالعات Basra et al. (2005) و Guzman and Olave (2006) همخوانی دارد. مقایسه میانگین تیمارها برای صفات محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ پرچم و ارتفاع بوته نشان از برتری و تفاوت معنی‌دار پرایمینگ بذر به ترتیب با تیمارهای ۴ گرم اوره در لیتر (۸۱/۵۱ درصد، ۱۶/۸۴ سانتی متر مربع و ۸۹/۹ سانتی متر)، ۰/۳ درصد سولفات روی (۸۰/۷۵ درصد، ۱۶/۱۳ سانتی متر مربع و ۸۸/۸ سانتی متر)، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر کلرید پتاسیم (۸۰/۶۵ درصد، ۱۴/۲۹ سانتی متر مربع و ۸۸/۷ سانتی متر) و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر آسکوربیک اسید (۷۸/۴۵ درصد، ۱۴ سانتی متر مربع و ۸۷/۹ سانتی متر) داشت (جدول ۳). در یک تحقیق گزارش شده است کلیه پیش تیمارهای بذر نسبت به شاهد در چهار رقم گندم موجب افزایش عملکرد دانه شد (Eivazi et al. 2014).

(Farooq et al. 2005) گزارش نمودند، بهبود معنی‌دار طول ریشه و شاخساره ممکن است با جوانه‌زنی زودتر و سریع تر ناشی از پرایمینگ بذر در مقایسه با عدم پرایمینگ بذر همبستگی داشته باشد. (Guzman 2006) and Olave بیان داشتند که در بذرهای پرایم شده با محلول سولفات روی، برتری سولفات روی به احتمال زیاد به دلیل نقش روی در سنتز پروتئین، عملکرد غشای سلولی و طولی شدن سلول است. میانگین‌ها برای صفات چگالی ریشه، تراکم وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخساره و نسبت وزن ریشه به شاخساره نیز نشان از برتری و تفاوت معنی‌دار تیمار پرایمینگ بذر با محلول‌های ۴ گرم اوره در لیتر و ۰/۳ درصد سولفات روی (به ترتیب ۰/۱۷۶ گرم بر سانتی متر مکعب، ۰/۶۸۷ میلی گرم بر سانتی متر مکعب، ۳۳/۹۴ گرم در لوله و ۰/۱۸۴) و (به ترتیب ۰/۱۶۹ گرم بر سانتی متر مکعب، ۰/۶۳۳ میلی گرم بر سانتی متر مکعب، ۳۲/۵۶ گرم در لوله و ۰/۱۷۴) نسبت به سایر تیمارها داشت. گیاهان تحت تیمار پلی اتیلن گلیکول ۴۰۰۰ (PEG₄₀₀₀) با پتانسیل ۲/۹- بار دارای کمترین مقادیر

درصد سولفات روی، تیمارهای آسکوربیک اسید و کلریدپتاسیم از تیمارهای برتر در بین تیمارهای مورد بررسی بودند. (Farooq et al. (2012) بیان کردند که پرایمینگ بذر با آسکوربیک اسید به طور معنی داری، ظهور و طویل شدن برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، محتوای سبزینگی، طول ریشه و وزن خشک گیاهچه را بهبود بخشید.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد هر سه رقم مورد استفاده، از طول و حجم ریشه مناسبی برای تحمل تنش خشکی در شرایط دیم برخوردار بودند. طول ریشه در رقم سرداری و ریژاو بیشتر و مقادیر صفات حجم، وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخساره، نسبت وزن ریشه به شاخساره و محتوای نسبی آب برگ در رقم کریم بالاتر بود. همچنین تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر اثرات متفاوت معنی داری روی ارقام گندم نشان دادند و غلظت متفاوت تیمارهای پرایمینگ بر صفات مورد ارزیابی در ارقام گندم اثرگذار بود. بر اساس مجموع صفات اندازه گیری شده در این تحقیق (بخش هوایی و ریشه)، تیمارهای غذایی اوره با غلظت ۴ گرم در لیتر و سولفات روی با غلظت ۰/۳ درصد تیمارهای برتر پرایمینگ بذر گندم برای شرایط دیم تعیین گردید که می تواند به طور مؤثری در دیمزارها مورد استفاده قرار گیرد.

سپاس گذاری

بدین وسیله از همکاران مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه و کارکنان آزمایشگاه فیزیولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند، قدردانی می شود.

بیشترین میزان شاخص سبزینگی به ترتیب به تیمارهای پرایمینگ بذر با محلول های ۴ گرم اوره در لیتر (۴۷)، ۰/۳ درصد سولفات روی (۴۶) و ۱۰۰ میلی گرم در لیتر آسکوربیک اسید (۴۵/۱) تعلق داشت.

(Farooq et al. (۲۰۱۲) بیان کردند، پرایمینگ بذر با آسکوربیک اسید روابط آب گیاه، محتوای سبزینگی، پایداری غشاء، فنولیک های محلول، محتوای پرولین آزاد برگ و محتوای آسکوربیک اسید را بهبود می بخشد و همزمان با آن میزان مالون دی آلدئید را در شرایط خشکی و عدم تنش خشکی کاهش می دهد. همچنین برخی نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر با مطالعات (Moori and Eisvand (2017) در مورد اثر پرایمینگ با هورمون ها در گندم مطابقت داشت.

لازم به یادآوری است که دسترسی کشاورزان به کودهای اوره و سولفات روی بسیار ساده و ارزان می باشد و کار پرایمینگ بذر نیز در این روش ها آسان و کاربردی است و با آموزشی ساده قابل اجرا می باشد. به نظر می رسد که فراهمی نیتروژن در طی پرایمینگ بذر، باعث افزایش فعالیت آنزیم های جوانه زنی مانند آلفا-آمیلاز می شود (Sung and Chang, 1993) و از این رو می تواند به جوانه زنی سریع تر بذر کمک کند. در بررسی های متعددی تأثیر عنصر روی بر رشد و فیزیولوژی گیاه در طول جوانه زنی و استقرار گیاهچه بسیار مفید گزارش شده است (Malakouti et al., 2008). با توجه به جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای پرایمینگ بذر در اکثر صفات اندازه گیری شده بخش ریشه و شاخساره، بعد از تیمارهای پرایمینگ بذر با محلول ۴ گرم در لیتر اوره و ۰/۳

References

- Abdoli, M., Saeidi, M., Azhand, M., Jalali-Honarmand, S., Esfandiari, E., & Shekari, F. (2013). The effects of different levels of salinity and Indole-3-Acetic Acid (IAA) on early growth and germination of wheat seedling. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 9(4), 329-338.
- Aboutalebian, M. R., Zare Ekbatani, G., & Sepehri, A. (2012). Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rain-fed wheat cultivars. *Annals of Biological Research*, 3(10), 4790-4796.
- Aboutalebian, M.A., Sharifzadeh, F., Jahansouz, M. R., Ahmadi, A., & Naghavi, M. R. (2008). The effect

- of seed priming on germination, stand establishment and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in three different climates of Iran. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 39(1), 145-154. [In Farsi]
- Afzal, I., Basra, S. M. A., & Ahmad, N. (2011). Hormonal priming induces salt tolerance in wheat through enhanced antioxidant defense system. *Cereal Research Communications*, 39(3), 334-342.
- Aggarwal, P., Choudhary, K. K., Singh, A. K., & Chakraborty, D. (2006). Variation in soil strength and rooting characteristics of wheat in relation to soil management. *Geoderma*, 136(1-2), 353-363.
- Aliabadi Farahani, H., Lebaschi, M. H., Shiranirad, A. H., Valadabadi, A. R., & Daneshian, J. (2008). Effects of *arbuscular mycorrhizal* fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(6), 125-131.
- Assgharipoor, M. R., & Rafiei, M. (2010). *Effect of drought stress on different morphological characteristics of root and root: Shoot ratio on mung bean genotypes*. Proceedings of the 11th Iranian Crop Sciences Congress, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Atkinson, D. (1980). The distribution and effectiveness of the roots of tree crops. *Horticultural Reviews*, 2(1), 424-490.
- Barzegar, A. R., Mosavi, M. H., Asoodar, M. A., & Herbert, S. J. (2004). Root mass of winter wheat as influenced by different tillage system in semi-arid region. *Journal of Agronomy*, 3(3), 223-228.
- Bashiri, Z. (2015). Evaluation of yield, remobilization of assimilates to grain, and photosynthesis of spike of rainfed wheat genotypes with the participation of farmers. *Journal of Agriculture (Research & Construction)*, 106(28), 135-143 [In Farsi]
- Basra, S. M. A., Farooq, M., Tabassum, R., & Ahmad, N. (2005). Physiological and biochemical aspects of pre-sowing seed treatment in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, 33(3), 623-628.
- De-Gara, L., De-Pinto, M. C., Moliterni, V. M. C., & D-Egidio, M. G. (2003). Redox regulation and storage processes during maturation in kernels of *Triticum durum*. *Journal of Experimental Botany*, 54(381), 249-258.
- Eivazi, A., Najafi Par, A., Mosavi Anzabi, S. H., & Ranji, H. (2014). Evaluation of water deficit stress tolerance induced by seed priming in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Plant Productions*, 36(3), 1-12. [In Farsi]
- FAO. (2017). *FAOSTA*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Farooq, M., Basra, S. M. A., Saleem, B. A., Nafees, M., & Chishti, S. A. (2005). Enhancement of tomato seed germination and seedling vigour by osmopriming. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 42(3-4), 36-41.
- Farooq, M., Irfan, M., Aziz, T., Ahmad, I., & Cheema, S. A. (2012). Seed priming with ascorbic acid improves drought resistance of wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199(1), 12-22.
- Fry, J., & Huang, B. (2004). *Applied Turfgrass Science and Physiology*. Canada, New Jersey: John Wiley and Sons Publisher.
- Ganjeali, A., & Kafi, M. (2007). Genotypic differences for allometric relationships between root and shoot characteristics chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 39(5), 1523-1531.
- Guzman, M., & Olave, J. (2006). Response of growth and biomass production of primed melon seed (*Cucumis melo* L. cv. Primal) to germination salinity level and N-forms in nursery. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4(1), 163-165.
- Hunang, B. R., Taylor, H. M., & McMichal, B. L. (1991). Growth and development of seminal and crown roots of wheat seedlings as affected by temperature. *Environmental and Experimental Botany*, 31(4), 471-477.
- Hussain, I., Ahmad, R. Farooq, M., & Wahid, A. (2013). Seed Priming improves the performance of poor quality wheat seed. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(6), 1343-1348.

- Ibrahim, E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology*, 192(1), 38-46.
- Khatar, M., Mohammadi, M. H., & Shekar, F. (2017). Effect of soil salinity and aeration stresses on the root and yield components in wheat and bean. *Iranian Journal of soil and Water Research*, 48(2), 429-440. [In Farsi]
- Kirkegaard, J. A., & Lilley, J. M. (2007). Root penetration rate-a benchmark to identify soil and plant limitations to rooting depth in wheat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 47(5), 590-602.
- Kulkarni, M., & Swati, P. (2009). Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annum* L.) under water stress. *Scientia Horticulture*, 120(2), 159-166.
- Lotfi, A., Ibrahim, M., Haghparast, R., & Rajabi, R. (2014). *Evaluation of bread wheat cultivars based on drought tolerance indicators in supplementary irrigation and irrigation conditions*. 13th Iranian Conference on Agronomy and Plant Breeding Sciences and Third Iranian Seed Science and Technology Conference, Aug., 28th, Karaj. [In Farsi]
- Mahakham, W., Sarmah, A. K., Maensiri, S., & Theerakulpisut, P. (2017). Nanoprimer technology for enhancing germination and starch metabolism of aged rice seeds using phytosynthesized silver nanoparticles. *Science Report*, 7(8263), 1-21.
- Malakouti, M., Keshavarz, B., & Karimian, N. (2008). *Comprehensive detection and recommendation method for sustainable agriculture*. Tehran: Publication of Tarbiat Modares University. [In Farsi]
- Manschadi, A. M., Hammer, G. L., Christopher, J. T., & deVoil, P. (2008). Genotypic variation in seedling root architectural traits and implications for drought adaptation in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 303(1-2), 115-129.
- Moori, S., & Eisvand, H. (2017). Plant growth regulators and ascorbic acid effects on physiological quality of wheat seedlings obtained from deteriorated seeds. *Pakistan Journal of Botany*, 49(5), 1811-1819.
- Moosavi, S. S., Jalalifar, S., Abdolahi, M. R., & Chaichi, M. (2014). Evaluation of diversity and heritability of some morphological traits in bread wheat under stress and normal conditions. *Journal of Agronomy Sciences*, 9(5), 37-54.
- Moshtati, A., Syadat S. A., Alami, S. Kh., Bakhshandeh, A., & Kamali, J. (2013). Nabipour, M., & Mesgarbashi, M. (2013). Comparison of wheat cultivars using indices of tolerance and susceptibility to terminal heat stress in Ahvaz. *Plant Productions*, 36(2), 61-73 [In Farsi]
- Palta, J. A., Chen, X., Milroy, S. P., Rebetzke, G. J., Dreccer, M. F., & Watt, M. (2011). Large root systems: Are they useful in adapting wheat to dry environments? *Functional Plant Biology*, 38(5), 347-354.
- Patade, V. Y., Maya, K., & Zakwan, A. (2011). Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Research of Journal Seed Science*, 4(3), 125-136.
- Rawson, H. M., Richards, R. A., & Munns, R. (1988). An examination of selection criteria for salt-tolerance in wheat, barley and triticale genotypes. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39(5), 759-772.
- Rezaei Sokht Abendani, R., Mohseni, A., & Ramazani, M. (2014). Priming effect on dry matter yield and two hybrid maize qualitative characteristics with summer cultivation after wheat harvesting in the Mazadaran region. *Plant Productions*, 36(4), 1-13. [In Farsi]
- Roostaie, M., Kenata, H., & Sadeghzadeh-Ahari, D. (1985). Evaluation of genetic diversity and agricultural properties of sardari wheat. *Journal of Agricultural Sciences*, 2(10), 27-28. [In Farsi]
- Schonfeld, M. A., Johnson, R. C., Carver, B. F., & Mornhinweg, D. W. (1988). Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. *Crop Science*, 28(3), 526-531.
- Sedighi Dehkordi, F., Nabipour, M., & Mesgarbashi, M. (2013). Effect of different seed priming methods on germination of chicory's ecotypes (*Cichorium intybus* L.). *Plant Productions*, 36(4), 96-107.

- Shekari, F., & Esfandiari, A. 2010. *Production physiology in crops (translated)* Maraghe: Publication of Maraghe University. [In Farsi]
- Slafer, G. A., Calderini, D. F., & Miralles, D. J. (1996). Generation on of yield components and compensation on in wheat: Opportunities for further increasing yield potential. In Reynolds, M. P., Rajaram, S., & McNab, A. (Eds.), *Increasing yield potential in wheat: Breaking the barriers* (pp. 101-133). Mexico D.F., Cimmyt: Cimmyt International Symposium.
- Sung, F. J. M., & Chang, Y. (1993). Biochemical activities associated with priming of sweet corn seeds to improve vigor. *Seed Science and Technology*, 21(1), 97-105.
- Wang, W., He, A., Peng, S., Huang, J., Cui, K., & Nie, L. (2018). The Effect of Storage Condition and Duration on the Deterioration of Primed Rice Seeds. *Frontiers in Plant Science*. 9(172), 1-17.
- Yang, C. H., Chai, Q., & Huang, G. B. (2010). Root distribution and yield responses of wheat/maize intercropping to alternate irrigation in the arid areas of northwest. *Plant Soil Environ*, 56(6), 253-262.
- Yuan, Z., Wang, C., Li, S., Li, S., & Tai, F. (2014). Effects of different plant hormones or PEG seed soaking on maize resistance to drought stress. *Canadian Journal of Plant Science*, 94(8), 1491-1499.