

ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) در مناطق معتدل ایران

Evaluation of adaptation and grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes in temperate agro-climate zone of Iran

توحید نجفی میرک^۱، علی اکبر مویدی^۲، شهریار ساسانی^۳ و اکبر قندی^۴

چکیده

نجفی میرک، ت.، ع. ا. مویدی، ش. ساسانی و ا. قندی. ۱۳۹۸. ارزیابی سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) در مناطق معتدل ایران. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۱(۲): ۱۲۷-۱۳۸.

شناسایی لاین‌هایی با پتانسیل عملکرد و سازگاری عمومی بالا در مناطقی که سطح زیر کشت قابل توجهی از گندم دوروم را دارد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور تعیین میزان سازگاری و پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم، تعداد ۱۸ لاین انتخابی از آزمایشات مقایسه عملکرد پیشرفته گندم دوروم در اقلیم معتدل کشور همراه با دو رقم شاهد (گندم دوروم دنا و گندم نان پارس) در چهار ایستگاه اقلیم معتدل شامل: کرج، نیشابور، کرمانشاه و اصفهان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و طی دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۲-۹۳ و ۹۳-۹۴) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای عملکرد دانه، داده‌ها مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت. با توجه به معنی‌دار شدن اثر اصلی ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در سال در مکان، به‌منظور بررسی دقیق‌تر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و بررسی وضعیت ژنوتیپ‌ها از لحاظ پایداری عملکرد، تجزیه پایداری به روش‌های غیر پارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه، تک متغیره ضریب تغییرات محیطی و چند متغیره AMMI انجام شد. براساس روش تک متغیره ضریب تغییرات محیطی، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۱۰ و ۱۱ و بر اساس روش غیر پارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۴ اثر متقابل کمتری را با محیط نشان داده و بعنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. با در نظر گرفتن عملکرد دانه در کنار پایداری عملکرد به روش AMMI، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴ و ۸، در روش رتبه و انحراف معیار رتبه و همچنین ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ انتخاب شدند. بنابراین ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ که براساس هر سه روش از عملکرد و پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند، بعنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند و با توجه به اینکه ژنوتیپ شماره ۲ شاهد گندم نان رقم پارس بوده و قبلاً بعنوان رقم معرفی شده است، دو ژنوتیپ ۳ و ۴ با میانگین عملکرد دانه بالا (به ترتیب ۸۶۵۰ و ۸۶۹۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین اثر متقابل با محیط، به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد و پایداری عملکرد بالا شناخته شدند. این دو ژنوتیپ پس از بررسی سایر خصوصیات زراعی و کیفی، در صورت احراز برتری نسبت به ارقام رایج منطقه در شرایط کشاورزان، بعنوان رقم جدید برای مناطق معتدل کشور معرفی خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم معتدل، تجزیه AMMI، تجزیه پایداری و گندم دوروم.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر با شماره مصوب ۹۲۲۱۶-۳۰۸-۰۳-۰۳ می‌باشد.

۱- دانشیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (مکاتبه کننده)

(پست الکترونیک: tnmirak@yahoo.com)

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

۴- مربی پژوهشی بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

مقدمه

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) یا گندم ماکارونی، گندم تتراپلوئیدی است که علاوه بر تفاوت‌های ژنتیکی و سطح پلوئیدی با گندم‌های معمولی، در خصوصیات کیفی دانه نیز تفاوت‌های بارزی با گندم نان (*Triticum aestivum* L.) دارد که مهم‌ترین آن‌ها سختی و رنگ زرد دانه، میزان پروتئین و کیفیت پخت بالای آن می‌باشد (Kneipp, 2008). از این نوع گندم علاوه بر تولید ماکارونی برای تولید بلغور، نان و غذاهای خاص نیز استفاده می‌شود. سختی بافت آندوسپرم و وجود رنگدانه‌های زرد در آن باعث افزایش کیفیت سمولینا و پاستای حاصل از آن می‌گردد (Anonymous, 2018). در سال زراعی ۱۵-۲۰۱۴ میزان تولید جهانی گندم در سطح ۲۱۵ میلیون هکتار، حدود ۷۲۰ میلیون تن بود که سهم گندم دوروم از آن ۳۳ میلیون تن بوده است، به عبارت دیگر حدود پنج درصد از گندم تولید شده در جهان به گندم دوروم اختصاص دارد (Ranieri, 2015). در ایران نیز سطح زیر کشت گندم دوروم در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود دویست هزار هکتار گزارش شده است (Anonymous, 2017).

نظر به اهمیت گندم دوروم در صنعت و تغذیه، تولید و اصلاح ارقام جدید با پتانسیل عملکرد بالا و دارای ویژگی‌های مطلوب زراعی نظیر زودرسی، مقاوم به خوابیدگی بوته و متحمل به بیماری‌ها ضرورت دارد. یکی از عوامل موثر در سرعت اصلاح و معرفی ارقام برای مناطق مختلف، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است. وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نشان دهنده تاثیر محیط بر عملکرد ارقام بوده و باعث می‌شود که ارزش واقعی هر ژنوتیپ را نتوان به درستی برآورد نمود، به عبارت دیگر این موضوع باعث کاهش همبستگی ارزش ژنوتیپی و فنوتیپی شده و در نتیجه ژنوتیپ‌های موفق در یک محیط ممکن است در محیط دیگر تظاهر ضعیفی داشته باشند (Becker and Leon, 1988). وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در خصوص صفات مهم

اقتصادی مانند عملکرد دانه، باعث کندی مراحل به‌نژادی و معرفی ارقام جدید می‌شود (Kang, 1988). بررسی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، اطلاعات با ارزشی در رابطه با عملکرد ارقام در محیط‌های مختلف در اختیار به‌نژادگران قرار داده و نقش مهمی در ارزیابی پایداری عملکرد مواد اصلاحی ایفا می‌کند (Karadavut et al., 2010). در واقع برای یک رقم موفق علاوه بر عملکرد بالا و صفات مطلوب زراعی، باید عملکرد آن در دامنه وسیعی از شرایط محیطی حفظ شود، به همین منظور لاین‌ها و ارقام برای بررسی عملکرد و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مکان‌ها و سال‌های مختلف کشت و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند (Becker and Leon, 1988). روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری متعددی به منظور برآورد پایداری ژنوتیپی و نیز تحلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط توسط محققان پیشنهاد شده است. روش‌های آماری پارامتری خود به دو گروه تک متغیره و چند متغیره تقسیم می‌شوند (Najafi Mirak et al., 2018a). روش‌های تک متغیره شامل روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس و روش‌های مبتنی بر رگرسیون هستند (Najafi Mirak et al., 2018b). از روش‌های مبتنی بر تجزیه واریانس می‌توان به واریانس محیطی (Roemer, 1947)، ضریب تغییرات محیطی (Francis and Kannenberg, 1978)، اکووالانس ریک (Wricke, 1962) و واریانس پایداری شوکلا (Shukla, 1972) اشاره کرد. ضریب رگرسیون فینلی و ویلکینسون (Finlay and Wilkinson, 1963)، ضریب تشخیص پینتوس (Pinthus, 1973)، ضریب رگرسیون و انحراف از خط رگرسیون (Eberhart and Russel, 1966) روش‌های مبتنی بر تجزیه رگرسیون هستند (Najafi Mirak et al., 2018b). از مهم‌ترین روش‌های چند متغیره می‌توان به مدل

سازگاری عمومی بالایی داشته و برای چند منطقه متفاوت قابل توصیه بوده و در مناطق اقلیمی مشابه، عملکرد قابل قبولی داشته باشند (Akcura et al., 2006). این پژوهش با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های پر محصول گندم دوروم که دارای سازگاری وسیعی بوده و از لحاظ تولید محصول اقتصادی پایدار باشند، جهت کشت در مناطق مختلف اقلیم معتدل کشور انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش ۱۸ لاین امید بخش گندم دوروم که از آزمایشات مقایسه عملکرد لاین‌های پیشرفته گندم دوروم اقلیم معتدل انتخاب شده بودند (جدول ۱)، در چهار منطقه کرج، اصفهان، کرمانشاه و نیشابور همراه با گندم دوروم دنا و گندم نان پارسی (به عنوان شاهد) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی متوالی (۱۳۹۲-۹۳ و ۹۴-۱۳۹۳) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. نوع عملیات فنی و زراعی اجرای طرح در کلیه مناطق یکسان و مشابه بود. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم کلش بعد از برداشت محصول قبل، یک نوبت شخم بهاره، یک نوبت دیسک، دو بار لولر عمود برهم، کود پاشی و ایجار فارو بود. بذره‌های آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضد عفونی شدند. میزان بذر مصرفی بر اساس ۴۵۰ بذر در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه هر لاین در نظر گرفته شد. کشت به صورت جوی و پشته و آبیاری بصورت نشتی انجام گرفت. نوع و میزان کود بر اساس نتایج آزمون خاک هر منطقه در نظر گرفته شد. کود پتاس از منبع سولفات پتاس، کود فسفر از منبع فسفات آمونیوم بصورت پایه و کود نیتروژن از منبع اوره بصورت پایه و سرک مصرف شدند. مساحت هر کرت آزمایشی شامل شش خط شش متری به فاصله ۲۰

(Additive Main effect and Multiplicative AMMI Interaction) و (Genotype + Genotype × GGE) (Gauch, H. G and R. W. اشاره کرد (Yan et al., 2000; Zobel. 1996). از روش تجزیه امی برای بررسی پایداری ژنوتیپ‌های مختلف انواع گیاهان زراعی استفاده شده است. اسماعیل زاده مقدم و همکاران (Esmailzadeh Moghaddam et al., 2011) از بین روش‌های مختلفی که برای ارزیابی پایداری ارقام گندم دوروم استفاده کردند، روش AMMI و SHMM را مناسب‌تر از بقیه اعلام کردند. آقائی سربرزه و همکاران (Aghaee-Sarbarzeh et al., 2007 and Aghaee-Sarbarzeh et al., 2012)، نجفیان و همکاران (Najafian et al., 2010)، تارنی نژاد (Tarinejad, 2017) و نجفی میرک (Najafi Mirak, 2011) با استفاده از روش AMMI ژنوتیپ‌های پایدار را معرفی و اظهار داشتند که این روش می‌تواند در شناسایی ژنوتیپ‌های حائز سازگاری عمومی و خصوصی برای مکان‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد. این مدل روش بسیار مناسبی برای تجزیه و تفسیر ماتریس‌های بزرگ ژنوتیپ در محیط است، زیرا با ایجاد بای پلات در این روش، استنباط مناسبی در مورد اثر متقابل ژنوتیپ در محیط فراهم شده و انتخاب ژنوتیپ‌های سازگاری مناسب در محیط‌های خاص تسهیل می‌گردد (Zobel et al., 1988).

علاوه بر اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، موضوع سازگاری و پایداری عملکرد نیز جنبه مهم دیگری است که باید مورد توجه قرار گیرد. هر چند موضوع سازگاری مفهوم پیچیده‌ای دارد، اما بطور خلاصه می‌توان گفت که سازگاری عبارت از ظرفیت ژنتیکی یک رقم برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت است (Farshadfar, 1998). با توجه به اینکه تولید ارقام اصلاح شده سازگار با ظرفیت عملکرد بالا برای هر محیط هزینه سنگین و صرف وقت زیادی را می‌طلبد، باید ژنوتیپ‌هایی را انتخاب نمود که

جدول ۱- اسامی/شجره لاین‌های گندم دوروم مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Name/Pedigree of durum wheat genotypes used in the experiment

No.	نام/شجره Name/Pedigree
1	Dena (<i>T.durum</i>)
2	Parsi (<i>T. aestivum</i>)
3	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAIA_2/5/KJOVE_1/7/AJAIA_12/F3LOCAL (SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/8/SOOTY_9/RASCON_37/ /WODUCK/CHAM_3
4	BCRIS/BICUM//LLARETA INIA/3/DUKEM_12/2*RASCON_21/4/1A.1D 5+10-6/2*WB881//1A.1D 5+10-6/3*MOJO/3/BISU_1/PATKA_3
5	1A.1D 5+10-6/3*MOJO//RCOL/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
6	YAV79/3/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4
7	STORLOM/3/RASCON_37/TARRO_2//RASCON_37/4/D00003A/5/1A.1D 5+10-6/3*MOJO/3/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13
8	GODRIN/GUTROS//DUKEM/3/THKNEE_11/4/DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1/5/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/3/ADAMAR
9	DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1/4/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/5/PATKA_4/PLATA_16
10	MOHAWK/10/LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/LD357E/2*TC60//JO69/8/SOMBRA_20/9/JUPARE C 2001/11/YAZI_1/AKAKI_4//SOMAT_3/3/AUK/GUIL//GREEN
11	MOULSABIL/CANELO_9.1/5/SKEST/KRM//SLA/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRO_1/6/VANRRRIKSE_6.2//1A-1D 2+12-5/3*WB881/5/SKEST/KRM//SLA/3/SORA/2*PLATA_12/4/GREEN_18/FOCHA_1//AIRO_1
12	AAZ//ALTAR 84/ALD/3/AJAIA/4/AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85)//PLATA_13/5/ATIL/6/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/7/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4
13	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/7/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/LD357E/2*TC60//JO69/8/SOMBRA_20/9/JUPARE C 2001/10/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/11/SOOTY_9/RASCON_37//WODUCK/CHAM_3
14	ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1/4/TOSKA_26/RASCON_37//SNITAN/5/PLAYERO
15	BICHENA/AKAKI_7/3/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/7/CHEN_11/POC//TANTLO/5/ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3/LD357E/2*TC60//JO69/6/MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3
16	CF4-JS 40//SOOTY_9/RASCON_37/4/CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN
17	CNDO/PRIMADUR//HAI-OU_17/3/SNITAN
18	EUDO//CHEN_1/TEZ/3/TANTLO_1/4/SNITAN/5/SOMAT_4/INTER_8
19	EUPODA_3/SLA_2//MINIMUS/3/PLATA_7/ILBOR_1//SOMAT_3
20	DUKEM_1//PATKA_7/YAZI_1/3/PATKA_7/YAZI_1/4/TARRO_1/2*YUAN_1//AJAIA_13/YAZI/5/PATKA_4/PLATA_16

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب برای عملکرد دانه در چهار منطقه و دو سال انجام شد و نتایج نشان داد که تفاوت معنی داری بین مکان‌های مورد آزمایش وجود نداشت، ولی بین سال‌های اجرای آزمایش اختلاف معنی داری مشاهده شد که نشان دهنده تفاوت شرایط آب و هوایی سال‌های آزمایش و اثر متفاوت آن‌ها بر عملکرد دانه لاین‌های گندم دوروم بود. اثر ژنوتیپ‌ها نیز بر عملکرد دانه معنی دار بود، ولی با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل سه گانه سال در مکان در ژنوتیپ، مقایسه میانگین عملکردها به تنهایی نمی‌توانست منجر به انتخاب ژنوتیپ یا ژنوتیپ‌های برتر شود، به همین دلیل برای شناسایی ژنوتیپ‌هایی که علاوه بر پتانسیل عملکرد دانه بالا از پایداری عملکرد و سازگاری عمومی بالایی برخوردار بودند، تجزیه اثر متقابل ژنوتیپ در محیط با استفاده از روش چند متغیره مدل AMMI انجام شد.

با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در تجزیه واریانس مرکب در مدل AMMI اثر متقابل ژنوتیپ در محیط به مولفه‌های اصلی تشکیل دهنده آن تجزیه شد. در این تجزیه مولفه اصلی اول معنی دار شد. این مولفه به تنهایی حدود ۵۳ درصد از تغییرات اثر متقابل ژنوتیپ و محیط را توجیه نمود و همراه با مولفه دوم که اثر آن نیز در اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط معنی دار شده بود، ۸۷ درصد تغییرات اثر متقابل را توجیه می‌کرد (جدول ۲).

سانتی‌متر، ۷/۲ مترمربع بود (۶×۱/۲). برداشت محصول پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت (از سطح شش مترمربع از هر کرت) انجام شد. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ، مخلوطی از علف‌کش‌های گرانستار و پوما سوپر (به ترتیب ۲۰ گرم و یک لیتر در هکتار) در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن استفاده شد. در طول دوره رشد علاوه بر مراقبت‌های زراعی، یادداشت برداری‌هایی از کرت‌های آزمایشی به عمل آمد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت بودند از: تاریخ جوانه زنی، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی، ارتفاع بوته، درصد خوابیدگی بوته و عکس العمل به بیماری‌ها. بعد از برداشت محصول عملکرد دانه و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شدند. پس از تنظیم داده‌ها، تجزیه واریانس ساده و مرکب با در نظر گرفتن مکان و ژنوتیپ بعنوان فاکتور ثابت (FT و FL) و سال بعنوان فاکتور تصادفی (RY) برای عملکرد دانه انجام گرفت. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ در محیط، تجزیه پایداری به روش‌های ضریب تغییرات محیطی (Francis and Kannenberg, 1978) و غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه (Kang, 1988) انجام شد. لاین‌های سازگار به مناطق معتدل کشور که بالاترین و پایدارترین عملکرد دانه را دارا بودند، شناسایی شدند. از نرم افزارهای ADEL-R و GEA-R به ترتیب برای تجزیه واریانس و تجزیه‌های پایداری استفاده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 2. AMMI analysis for grain yield of durum wheat genotypes

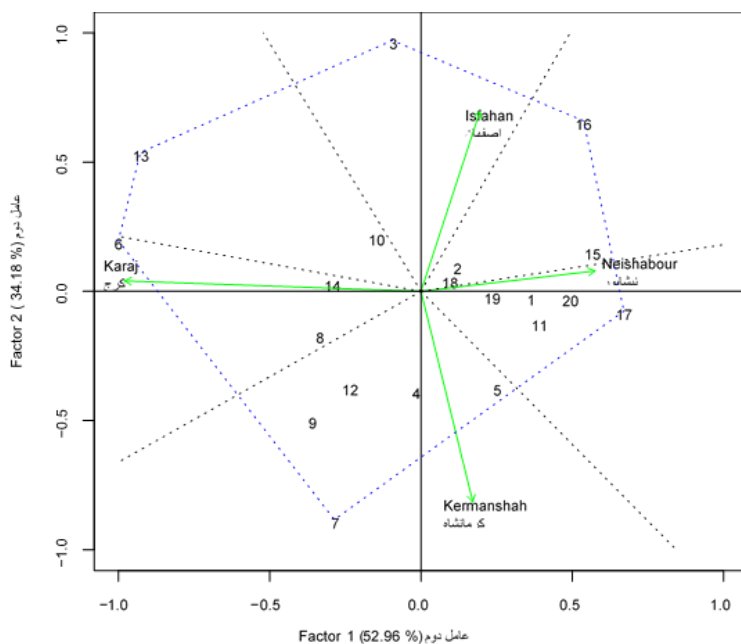
Source of variation	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات MS	واریانس تجمعی Accumulative variance (%)
Environment	محیط	3	37.98**	-
Genotype	ژنوتیپ	19	1.68**	-
Environment*Genotype	ژنوتیپ در محیط	57	0.61**	-
IPCA ₁	مولفه اصلی اول	21	0.87**	52.96
IPCA ₂	مولفه اصلی دوم	19	0.62**	87.14
IPCA ₃	مولفه اصلی سوم	17	0.26 ^{ns}	100
Residuals	باقی مانده	160	0.33 ^{ns}	0

*, **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

برای ارزیابی پایداری عملکرد دانه و سازگاری خصوصی ژنوتیپ‌های گندم دوروم با مکان‌های مورد مطالعه از مدل AMMI2 که از پلات کردن دو مولفه اصلی اول و دوم ایجاد می‌شود، استفاده شد (شکل ۱). بر اساس نتایج، مولفه اول ۵۲/۹۶ و مولفه دوم ۳۴/۱۸ (در مجموع ۸۷/۱۴ درصد) اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را توجیه کردند که بسیار قابل توجه است. در این مدل هرچه ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات AMMI نزدیک‌تر باشند، اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در عملکرد آن‌ها کمتر بوده و از سازگاری عمومی بیشتری برخوردار هستند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که در این موقعیت قرار می‌گیرند، برای اکثر مکان‌ها قابل توصیه می‌باشند. در مقابل، ژنوتیپ‌هایی که از مرکز بای پلات دور هستند، بویژه ژنوتیپ‌هایی که در راس چند ضلعی این بای پلات قرار می‌گیرند، دارای سازگاری خصوصی با مکان‌هایی هستند که کمترین زاویه را با بردار آن‌ها در بای پلات دارند (Gauch and Zoble, 1997). بر اساس اطلاعات شکل ۱، ژنوتیپ‌های شماره ۲

(شاهد پارسی)، ۴، ۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۱۹ نزدیک‌ترین ژنوتیپ‌ها به مرکز بای پلات AMMI بودند، در نتیجه به نظر می‌رسد که کمترین تغییرات محیطی را داشته و به عنوان ژنوتیپ‌های گندم دوروم پایدارتر شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر ارزش پایداری (Ammi Stability Value; AVS) که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های پایداری محسوب می‌شود (Gauch and Zobel, 1996)، نیز پایدارترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. ژنوتیپ ۱۸ با ارزش پایداری ۰/۱۴۷، کمترین و پس از آن ژنوتیپ‌های ۲، ۱۰، ۱۹، ۴ و ۱۴ به ترتیب با ارزش پایداری ۰/۲۱۵، ۰/۳۱۵، ۰/۳۵۸، ۰/۳۸۱ و ۰/۴۶۳، کمترین تغییرات محیط را داشتند (جدول ۳). رارابتی و همکاران (Rharrabti et al., 2003) نیز از بین چندین روش تجزیه پایداری که برای ارزیابی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط روی ژنوتیپ‌های گندم دوروم استفاده کرده بودند، روش AMMI را روشی با کارایی بالاتر از روش‌های رگرسیونی اعلام کردند.



شکل ۱- بای پلات دو مولفه اول مدل AMMI2 برای اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Fig. 1. Biplot presentation of first and second components of G×E interaction for grain yield of durum wheat genotypes

بر اساس نتایج تجزیه بای پلات مدل AMMI2، ژنوتیپ‌های ۶، ۱۳، ۳، ۱۶، ۱۷ و ۷ که در راس چند ضلعی قرار گرفته‌اند، پایداری عملکرد مناسبی نداشته، ولی دارای سازگاری خصوصی مناسبی بودند و به عبارت دیگر بالاترین عملکرد را در محیط‌های خاص

نشان می‌دهند. بطوری که ژنوتیپ‌های ۶ و ۱۳ با کرج، ۳ و ۱۶ با اصفهان، ۱۷ با نیشابور و ۷ با کرمانشاه سازگاری اختصاصی خوبی نشان دادند (شکل ۱) و بنابراین به عنوان لاین‌های گندم دوروم مناسب برای مکان‌های مزبور شناخته شدند.

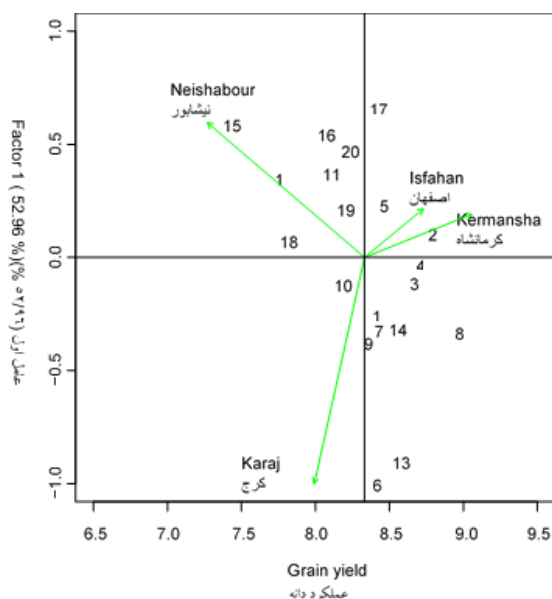
جدول ۳- مولفه‌های اصلی اثر متقابل ژنوتیپ در محیط و ارزش پایداری (ASV) در مدل AMMI برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 3. Principal components of genotype×environment interaction and Ammi Stability Value (ASV) in

AMMI method for grain yield of durum wheat genotypes				
شماره No.	میانگین عملکرد دانه Mean of grain yield (kg.ha ⁻¹)	مولفه اول DIM1	مولفه دوم DIM2	ارزش پایداری ASV
1	7779	0.366	-0.019	0.567
2	8776	0.123	0.101	0.215
3	8650	-0.095	0.971	0.982
4	8699	-0.015	-0.381	0.381
5	8452	0.249	-0.369	0.534
6	8413	-1.000	0.196	1.562
7	8498	-0.287	-0.883	0.989
8	9026	-0.338	-0.166	0.550
9	8351	-0.359	-0.496	0.745
10	8170	-0.151	0.212	0.315
11	8128	0.390	-0.118	0.615
12	8417	-0.239	-0.368	0.521
13	8556	-0.927	0.537	1.534
14	8537	-0.298	0.034	0.463
15	7406	0.562	0.157	0.884
16	8048	0.537	0.660	1.062
17	8393	0.670	-0.076	1.041
18	7817	0.090	0.046	0.147
19	8232	0.231	-0.015	0.358
20	8287	0.490	-0.023	0.760

ناپارامتری رتبه (R) و انحراف معیار رتبه (Sd-R) و روش تک متغیره ضریب تغییرات محیطی (CV%) نیز استفاده شد. نتایج نشان داد که براساس رتبه و انحراف معیار رتبه که بیانگر تغییرات ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف است، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۴ با داشتن کمترین رتبه و انحراف معیار رتبه، پایدارترین ژنوتیپ‌ها بودند (جدول ۴). از نظر ضریب تغییرات محیطی نیز ژنوتیپ‌های ۲، ۱۰، ۱، ۳، ۴ و ۱۱ از پایداری عملکرد بالاتری برخوردار بودند. برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار که دارای عملکرد بالایی نیز باشند، از بای پلات روی ضریب تغییرات محیطی روی عملکرد دانه استفاده شد (شکل ۳). براساس

با توجه به مدل AMMI1 که پراکنش ژنوتیپ‌ها را براساس میانگین عملکرد و مولفه اصلی اول نشان می‌دهد (شکل ۲)، ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ با داشتن کمترین میزان اثر متقابل و بیشترین عملکرد دانه، بعنوان ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه و پایداری عملکرد بالا شناخته شدند و ژنوتیپ ۸ نیز از نظر پایداری عملکرد بعد از آنها قرار گرفت، ولی از نظر میانگین عملکرد وضعیت بهتری نسبت به آنها داشت. همانطور که در شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود لاین‌های ۲، ۳ و ۴ علاوه بر پایداری عملکرد بالا، با مکان‌های اصفهان و کرمانشاه سازگاری خصوصی بالایی نیز دارند. برای اطمینان از نتایج روش فوق، از روش



شکل ۲- بای پلات عملکرد دانه در مقابل مولفه اول مدل AMMI1 در ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Fig 2. Biplot presentation of first component vs. grain yield of durum wheat genotypes

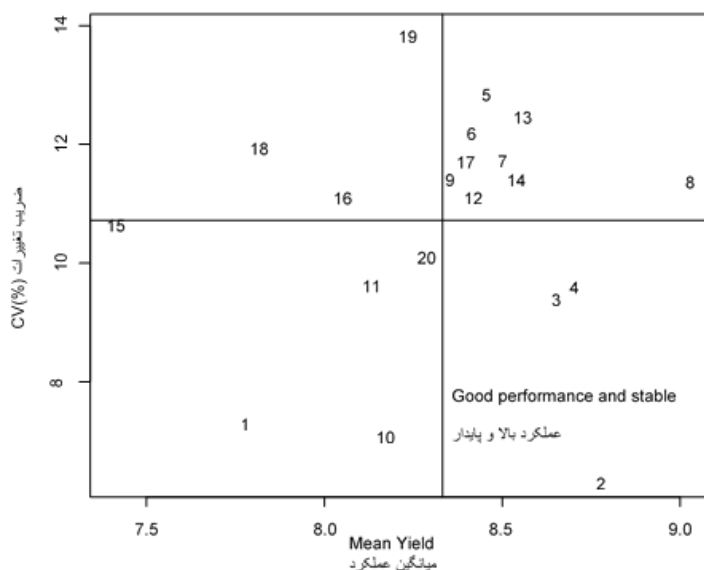
بالایی نیز برخوردار می‌باشند (Roemer, 1947). همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ در ناحیه ۴ قرار گرفته‌اند و بنابراین می‌توان این ژنوتیپ‌ها را بعنوان ژنوتیپ‌های مطلوب که دارای عملکرد و پایداری عملکرد هستند در نظر گرفت.

اطلاعات شکل ۳، ژنوتیپ‌هایی مطلوب برای برنامه‌های اصلاحی مطلوب هستند که در ناحیه ۴ قرار گیرند. این ناحیه نشان دهنده ژنوتیپ‌هایی است که عملکرد بالا و ضریب تغییرات محیطی پایینی داشته باشند، یعنی ژنوتیپ‌هایی که در این ناحیه قرار می‌گیرند در عین دارا بودن عملکرد بالا، از پایداری

جدول ۵- رتبه، انحراف معیار رتبه و ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Table 3. Rank, Standard deviation of Rank and CV% of durum wheat genotypes

No.	میانگین عملکرد Mean of grain yield (kg.ha ⁻¹)	رتبه Rank	انحراف معیار رتبه Sd-R	ضریب تغییرات محیطی CV%
1	7779	15.0	5.5	7.4
2	8776	7.8	5.6	6.4
3	8650	6.9	6.2	9.5
4	8699	7.0	3.1	9.7
5	8452	10.0	7.1	12.9
6	8413	11.4	6.3	12.3
7	8498	8.6	6.9	11.8
8	9026	4.8	2.5	11.4
9	8351	11.4	4.7	11.5
10	8170	11.4	4.5	7.1
11	8128	11.1	5.2	9.7
12	8417	9.6	3.8	11.2
13	8556	9.1	6.2	12.5
14	8537	8.4	3.7	11.5
15	7406	17.4	4.0	10.7
16	8048	13.6	5.7	11.2
17	8393	9.9	6.6	11.8
18	7817	16.4	2.2	12.0
19	8232	10.6	4.6	13.9
20	8287	9.8	5.8	10.2



شکل ۳- بای پلات ضریب تغییرات محیطی روی عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم دوروم

Fig. 3. Biplot presentation of CV% on grain yield of durum wheat genotypes

رتبه و انحراف معیار رتبه و همچنین ضریب تغییرات محیطی ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ انتخاب شدند. بنابراین ژنوتیپ‌های ۲، ۳ و ۴ که براساس هر سه روش از عملکرد و پایداری عملکرد بیشتری برخوردار بودند، بعنوان ژنوتیپ‌های برتر شناخته شدند و با توجه به اینکه ژنوتیپ شماره ۲ شاهد گندم نان رقم پارسی است که قبلاً بعنوان رقم معرفی شده است، دو ژنوتیپ ۳ و ۴ با میانگین عملکرد دانه بالا (به ترتیب ۸۶۵۰ و ۸۶۹۹ کیلوگرم در هکتار) بعنوان لاین‌های برتر شناخته شدند. این دو ژنوتیپ پس از بررسی سایر خصوصیات زراعی و کیفی، در صورت احراز برتری نسبت به ارقام رایج منطقه در شرایط کشاورزان، بعنوان رقم جدید برای مناطق معتدل کشور معرفی خواهند شد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج تجزیه پایداری چند متغیره و ارزش پایداری AMMI، ژنوتیپ‌های ۲، ۴، ۱۰، ۱۴، ۱۸ و ۱۹ پایداری مناسب و قابل قبولی داشتند. براساس روش تک متغیره ضریب تغییرات محیطی، ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۱۰ و ۱۱ بر اساس روش غیرپارامتری رتبه و انحراف معیار رتبه، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴، ۸ و ۱۴ اثر متقابل کمتری را با محیط نشان داده و بعنوان ژنوتیپ‌های پایدار شناخته شدند. با توجه به اینکه هدف برنامه‌های اصلاحی، انتخاب و معرفی ژنوتیپ‌هایی است که هم عملکرد و هم پایداری بالایی داشته باشد، با در نظر گرفتن عملکرد دانه در کنار پایداری عملکرد در روش AMMI، ژنوتیپ‌های ۲، ۳، ۴ و ۸ در روش

References

- Aghaee-Sarbarzeh, M., H. Safari, M. Rostaei, K. Nadermahmoodi, M. M. Pour Siahbidi, A. Hesami, K. Solaimani, M. M. Ahmadi and R. Mohammadi. 2007. Study of general and specific adaptation in dryland advance wheat (*Triticum aestivum* L.) lines using GE biplot based on AMMI model. Pajouhesh & Sazandegi. 77: 41-48. (In Persian with English abstract).
- Aghaee-Sarbarzeh, M., M. Dastfal, H. Farzadi, A. Andarzian, A. Shahbazzpour Shahbazi, M. Bahari and

- H. Rostami. 2012.** Evaluation of durum wheat genotypes for yield and yield stability in warm and dry areas of Iran. *Seed Plant Improv. J.* 28-1 (2): 315-325. (In Persian with English abstract).
- Akcura, M., Y. Kaya, S. Taner and R. Ayranci. 2006.** Parametric stability analyses for grain yield of durum wheat. *Plant Soil Environ.* 52 (6): 254-261.
- Anonymous, 2018.** World Durum Wheat Market and Turkey. *Miller magazine*. Available in: <http://www.millermagazine.com/english/world-durum-wheat-market-and-turkey-3>.
- Anonymous. 2017.** Durum Wheat Statistic. Ministry of Jihad-Agriculture. Wheat office. (In Persian).
- Becker, H. C. and J. Leon, 1988.** Stability analysis in plant breeding. *Plant Breed.* 101:1-25.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russel. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6: 36-40.
- Esmailzadeh Moghaddam, M., M. Zakizadeh, H. Akbari Moghaddam, M. Abedini Esfahlani, M. Sayahfar, A. R. Nikzad, S. M. Tabib Ghafari and Gh.A. Lotfali Ayeneh. 2011.** Genotype $\times$ environment interaction and stability of grain yield of bread wheat genotypes in dry and warm areas of Iran. *Seed Plant Improv. J.* 27(2): 257-273. . (In Persian).
- Farshadfar, E. 1998.** Application of biometric genetics in plant breeding. Taghe-Bostan Press, Razi University, volume 2, pp 396. (In Persian).
- Finlay, K. W. and G. N. Wilkinson. 1963.** The analysis of adaptation in plant-breeding programs. *Aust. J. Agric. Res.* 14: 742-754.
- Francis, T. R. and L. W. Kannenberg. 1978.** Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. *Can. J. Plant Sci.* 58: 1029-1034.
- Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1997.** Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.* 31: 311-326.
- Gauch, H. G. and R. W. Zobel. 1996.** AMMI analysis of yield trials. PP. 85-122. In: M. S. Kang and H. G. Gauch (Eds.), *Genotype by Environment Interaction*, CRC Press, Boca Raton, New York, USA.
- Kang, M. S. 1988.** A rank-sum method for selecting high yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113-115.
- Karadavut, U., C. Palta, Z. Kavur maci, and Y. Block. 2010.** Some grain yield parameters of multi-environmental trials in faba bean (*Vicia faba*) genotypes. *Int. J. Agric. Res.* 12(2): 217-220.
- Kneipp, J. 2008.** Durum Wheat Production. NSW Department of Primary Industries, Tamworth Agricultural Institute, Calala, Australia.
- Najafi Mirak, T. 2011.** Study of grain yield stability of bread wheat genotypes in cold agro-climatic zone of Iran. *Iran. J. Crop Sci.* 13(2): 380-394.
- Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018a.** Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). *Agrobreed.* 20 (2): 126-138.

- Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018b.** Stability analysis of grain yield of durum wheat promising lines in warm and dy areas using parametric and non-parametric methods. *J. Crop Prod. Process.* 8(2): 79-96. . (In Persian).
- Najafian, G., A. K. Kaffashi and A. Jafar-Nezhad. 2010.** Analysis of grain yield stability in hexaploid wheat genotypes grown in temperate regions of Iran using additive main effects and multiplicative interaction. *J. Agric. Sci. Technol.* 12: 213-222.
- Pinthus, M. J. 1973.** Estimate of genotypic value: A proposed method. *Euphytica.* 22: 121- 123.
- Ranieri R. 2015.** Geography of the Durum Wheat Crop. Available in: http://www.openfields.it/sito/wp-content/uploads/2016/01/PASTARIA2015_06_en-artOF.pdf
- Rharrabti, Y., L. F. Garcia del moral, D. Villegas and C. Royo. 2003.** Durum wheat quality in Mediterranean environments: Stability and comparative methods in analyzing G×E interaction. *Field Crops Res.* 80: 141-146.
- Roemer, J. 1947.** Sinde die ertagdreichen Sorten ertagissicherer? *DLG-Mitteilungen* 32: 87-89.
- Shukla, G. K. 1972.** Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity.* 29: 383-390.
- Tarinejad, A. 2017.** Grain yield stability of some bread wheat cultivars introduced in moderate and cold area of Iran. *J. Ecophysiol.* 11(2): 437-452. . (In Persian).
- Wricke, G. 1962.** Uber ein methode zur frfassung der okmoyischen streitein fedversuchen. *Zpflanz Zenzuchtg.* 47: 92-96.
- Yan, W., L. A. Hunt, Q. Sheny and Z. Szlavncs. 2000.** Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE biplot. *Crop Sci.* 40: 597- 605.
- Zobel, R. W., M. W. Wright and H. G. Gauch. 1988.** Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80: 388-393.

Evaluation of adaptation and grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes in temperate agro-climate zone of Iran

Najafi Mirak, T.¹, A. A. Moayedi², Sh. Sasani³ and A. Ghandi⁴

ABSTRACT

Najafi Mirak, T., A. A. Moayedi, Sh. Sasani and A. Ghandi. 2019. Evaluation of adaptation and grain yield stability of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) genotypes in temperate agro-climate zone of Iran. **Iranian Journal of Crop Sciences**. 21(2): 127-138. (In Persian).

Identification of adapted genotypes with high grain yield is the most important goal in durum wheat breeding programs. To study adaptation and grain yield stability of durum wheat genotypes, 18 durum wheat promising lines with two commercial durum and bread wheat cultivars were used. The durum wheat genotypes were evaluated in four locations; Isfahan, Karaj, Kermanshah and Neishabour in temperate agro-climate zone of Iran in 2013-14 and 2014-15 cropping cycles. The experiments were conducted using randomized complete block design with three replications. Combined analyses of variance were performed for grain yield. The genotype and genotype $\times$ year $\times$ location effects were significant. Therefore, for more precise evaluation of genotype by environment interactions and grain yield stability, parametric and non-parametric analysis methods such as AMMI, rank and standard deviation (SD) of rank, coefficient of environmental variation was employed. Results of all three stability analysis methods showed that genotypes no. 3 and no. 4 with high grain yield (8650 and 8699 kg.ha⁻¹, respectively) and low G $\times$ E interaction were adapted with grain yield stability durum wheat genotypes. These superior durum wheat genotypes were identified for being released as new commercial durum wheat cultivars for temperate agro-climatic zone of Iran.

Key words: AMMI analysis, Durum wheat, Stability analysis and Temperate agro-climatic zone.

Received: December, 2018

Accepted: May, 2019

1. Associate Prof., Seed and Plant Improvement Institute, AREEO, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: tnmirak@yahoo.com)

2. Assistant Prof., Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

3. Assistant Prof., Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, Iran

4. Researcher, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran