

ارزیابی روش‌های ناپارامتری در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار گندم دوروم (*Triticum turgidum L. var. durum*)

Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum L. var. durum*)

توحید نجفی میرک^۱، منوچهر دستفال^۲، بهرام اندرزیان^۳، حسین فرزادی^۴، محمد بهاری^۵ و حسن زالی^۶

چکیده

نجفی میرک، ت.، م. دستفال، ب. اندرزیان، ح. فرزادی، م. بهاری و ح. زالی. ۱۳۹۷. ارزیابی روش‌های ناپارامتری در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار گندم دوروم. *مجله علوم زراعی ایران*. (Triticum turgidum L. var. durum) ۲۰(۲): ۱۲۶-۱۳۸.

به منظور ارزیابی روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و پایدار گندم دوروم برای مناطق گرم و خشک کشور، آزمایشی با ۱۸ لاین امیدبخش به همراه یک رقم گندم دوروم (بهرنگ) و یک رقم گندم نان (چمران) در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد و دزفول در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال (۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴) اجرا شد. نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط با روش‌های ناپارامتری بریدینکامپ (به جز اثر ژنوتیپ) و هیلدبراند برای عدم وجود اثر متقابل غیرکراس اور (بدون تغییر در رتبه) و آزمون دی‌کرون و وان دیرلان (به جز اثر متقابل ژنوتیپ × محیط) برای عدم وجود اثر متقابل کراس اور (تغییر در رتبه)، معنی‌دار بود. بر اساس شخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Selection index of ideal genotype; SIIG) بر مبنای کلیه روش‌های ناپارامتری، ژنوتیپ‌های DW-92-20 و DW-92-17 با بیشترین مقدار و به ترتیب با عملکرد دانه ۶۰.۹۵ و ۶۲۱۵ کیلوگرم در هكتار، جزء پایدار ترین لاین‌ها شناخته شدند. نتایج شاخص SIIG نشان داد که اغلب روش‌های ناپارامتری، قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با مفهوم استاتیکی (بیولوژیکی) هستند. بنابراین ژنوتیپ‌های انتخاب شده با استفاده از این روش‌ها ممکن است از عملکرد دانه بالایی برخوردار نباشد. در مجموع ژنوتیپ‌های DW-92-17 و DW-92-20 به عنوان لاین‌های پایدار با عملکرد بالاتر از شاهد و ژنوتیپ‌های DW-92-4 و DW-92-5 تنها به عنوان دو لاین پرمحصول برای تحقیقات تکمیلی (ارزیابی مقاومت به بیماری‌ها و خصوصیات کیفی) انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل ژنوتیپ × محیط، روش SIIG، ژنوتیپ ایده‌آل و گندم دوروم.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۰۳ این مقاله مستخرج از طرح تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر با شماره مصوب ۹۲۲۶-۰۳-۰۳-۰۳۰۸-۹۲۲۶ می باشد.
۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲- مریب پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۳- استادیار بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۴- مریب پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی صفائی آباد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۵- مریب پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۶- استادیار بخش تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
(مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: Hzali90@yahoo.com)

مقدمه

مبانی رتبه‌های تصحیح شده پیشنهاد کرد. در تحقیقی که به منظور بررسی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم در مناطق گرم و خشک با استفاده از روش‌های ناپارامتری انجام شد، سه ژنوتیپ (Pichtaz/Catbird) و (SW89.5277//BORL95//SKAUZ/3/PRL/2*P) (WhEAR//2*PRL/2*PASTOR) به عنوان ارقام پایدار شناخته شدند (Omranی *et al.*, 2017). سوچی و همکاران (Soughi *et al.*, 2016) در ارزیابی پایداری ارقام گندم بیان نمودند که روش‌های تنارازو (Thennarasu, 1995) و ناسار و هیون (Nassar and Huehn, 1987) اغلب بیانگر جنبه بیولوژیک پایداری است و قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های گندم با عملکرد بالا و پایدار نیست. آن‌ها روش ناپارامتری انتخاب همزمان برای عملکرد و پایداری (Kang, 1993) را روش مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و پرمحصول گندم معرفی کردند. کاربرد این آماره‌ها در انتخاب ارقام مناسب گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2007; Jahromi *et al.*, 2011) و گندم نان (Zarei *et al.*, 2012) نیز گزارش شده است. برای انتخاب ارقام پرمحصول با عملکرد پایدار، استفاده از یک روش به‌تهابی ممکن است منجر به نتایج مطلوبی نشود، ولی ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از روش‌های مختلف تجزیه پایداری، احتمال شناسایی ژنوتیپ‌های مطلوب را افزایش می‌دهد. بر همین اساس در این تحقیق از روش شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (Selection index of ideal genotype; SIIG) ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری، برای ارزیابی بهتر ژنوتیپ‌ها استفاده شد (Zali *et al.*, 2015, 2016). روش SIIG، برای اولین بار توسط زالی و همکاران (Zali *et al.*, 2015) برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری معرفی شد. شاخص SIIG برگرفته از مدل TOPSIS The technique for order of preference by (similarity to ideal solution) یا اولویت‌بندی بر اساس

گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. durum) یکی از محصولات مهم زراعی و صنعتی است. خصوصیات گلوتن سنگین و خمیر غیرچسبنده و سنگین، این نوع گندم را برای تهیه محصولات پاستا از جمله ماکارونی و اسپاگتی مناسب نموده است (Brennan *et al.*, 2002). با توجه به اهمیتی که گندم دوروم در صنعت و تغذیه دارد، تولید و اصلاح ارقام جدید و پر محصول با ویژگی‌های مهمی مانند پایداری عملکرد ضروری است. در همین راستا تولید ارقام پرمحصول که دارای ویژگی‌های مناسبی برای کشت در مناطق مختلف کشور باشند، از اهداف مهم برنامه‌های بهنژادی این گیاه است (Aghaee-sarbarzeh *et al.*, 2014).

به علت وجود اثر متقابل بین ژنوتیپ و محیط، ارزیابی ارقام جدید در محیط‌های مختلف، یک ضرورت محسوب می‌شود. محققان معیارهای متفاوتی را جهت تشخیص پایداری ارقام و معرفی آن‌ها به کار برده‌اند (Farshadfar *et al.*, 2012). روش‌های ناپارامتری متعددی نیز به منظور تعیین پایداری ارقام پیشنهاد شده است که در اکثر آن‌ها ارقام در محیط‌های مختلف رتبه‌بندی شده و ژنوتیپی پایدار محسوب می‌شود که در کلیه محیط‌ها رتبه مشابهی داشته باشد. آماره‌های میانگین تفاوت قدر مطلق ($S_i^{(1)}$) و واریانس یا انحراف استاندارد ($S_i^{(2)}$)، جزء آماره‌های ناپارامتری هستند که توسط ناسار و هیون (Nassar and Huehn, 1987) برآورد اثر متقابل ژنوتیپ و محیط و پایداری فتوتیپی (پایداری ژنوتیپ‌ها در همه محیط‌ها) به کار برده شده است. یکی دیگر از روش‌های ناپارامتری، روش ناپارامتری رتبه است. در این روش، ژنوتیپ‌ها در کلیه محیط‌ها براساس عملکرد دانه رتبه‌بندی می‌شوند. سپس میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه‌ها (SDR) برای هر رقم محاسبه می‌شود. تنارازو (Thennarasu, 1995) چهار روش ناپارامتری NP_i⁽¹⁾, NP_i⁽²⁾, NP_i⁽³⁾ و NP_i⁽⁴⁾ را بر

به همراه یک رقم گندم دوروم (بهرنگ) (شاهد) و یک رقم شاهد گندم نان (چمران) در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی داراب، اهواز، خرم‌آباد و ذوفول در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به مدت دو سال (۱۳۹۲-۹۴ و ۱۳۹۳-۹۴) مورد ارزیابی قرار گرفتند. زمین مورد کشت تحت تناوب دو ساله غلات- آیش بوده و عملیات تهیه زمین شامل شخم (بعد از برداشت محصول قبل و یک نوبت شخم بهاره)، دیسک، دو بار لولر عمود بر هم، کودپاشی و ایجاد فارو بود. بذرهای ارقام و لاین‌های آزمایشی قبل از کاشت به منظور جلوگیری از سیاهک پنهان با قارچ‌کش کاربوکسین تیرام به نسبت دو در هزار ضعدهفونی شدند. میزان بذر مصروفی ۴۵۰ دانه در متر مربع و با در نظر گرفتن وزن هزار دانه برای هر لاین تعیین شد. کاشت بذرها در شش خط به طول شش متر (۷/۲ مترمربع) به فاصله ۲۰ سانتی متر به صورت جوی و پشته و آبیاری به صورت نشتری انجام شد. قبل از برداشت ۱/۱۰ متر از ابتدا و انتهای هر کرت حذف و محصول از بقیه (شش مترمربع) هر کرت برداشت شد. ترکیب کودی براساس نتایج تجزیه خاک هر منطقه مورد استفاده قرار گرفت. مبارزه با علف‌های هرز پهن و نازک برگ به صورت وجین دستی و با مصرف علف‌کش‌های برومایسیدام آ و آتلانتیس (هر کدام یک و نیم لیتر در هکتار) در مرحله پنجهزنی انجام شد.

در این تحقیق از روش‌های ناپارامتری ^(۱) S_i ، $S_i^{(2)}$ ، $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(4)}$ معرفی شده توسط ناسار و هیون (Huehn, 1990) و ⁽²⁾ $NP_i^{(1)}$ ، $NP_i^{(2)}$ ، $NP_i^{(3)}$ و $NP_i^{(4)}$ چهار روش ناپارامتری معرفی شده توسط تارازو (Thennarasu, 1995) و روش میانگین رتبه (\bar{R}) و انحراف معیار رتبه (SDR) و شاخص برتری فاکس (Fox et al., 1990) استفاده شد. به منظور ادغام روش‌های ناپارامتری از شاخص SIIG (Zali et al., 2015, 2016) استفاده شد. نحوه محاسبه

شباهت به راه حل ایده‌آل می‌باشد که نخستین بار بواسیله ونگ و یون (Hwang and Yoon, 1981) به عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی شد. از روش SIIG می‌توان برای رتبه‌بندی و مقایسه بهتر ژنوتیپ‌های مختلف و انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و تعیین فواصل بین ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها استفاده نمود. از ویژگی‌های روش SIIG این است که برای محاسبه آن می‌توان از سایر روش‌های تجزیه پایداری به طور هم‌زمان (Zali et al., 2015) یا شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی به طور هم‌زمان (Zali et al., 2016) و یا سایر صفات استفاده نمود و کارایی انتخاب را افزایش داد. از آن‌جایی که ممکن است هر ژنوتیپی از نظر یک شاخص یا صفتی برتر باشد و در نهایت با افزایش تعداد صفات یا شاخص‌ها، ممکن است انتخاب ژنوتیپ مناسب برای محقق دشوار شود، به کمک روش SIIG تمام شاخص‌ها و صفات به صورت یک شاخص درآمده و رتبه‌بندی و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر بسیار ساده‌تر می‌شود. از جمله مزیت‌های این روش آن است که معیارها یا شاخص‌های به کار رفته برای مقایسه می‌توانند دارای واحدهای سنجش متفاوتی بوده و طبیعت منفی و مثبت داشته باشند.

هدف از این تحقیق، ارزیابی روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری، پایداری عملکرد لاین‌های امیدبخش گندم دوروم، معرفی لاین‌های دارای عملکرد پایدار جهت معرفی و کشت در مناطق مختلف اقلیم‌های گرم و خشک و هم‌چنین استفاده از شاخص SIIG برای ادغام روش‌های مختلف تجزیه پایداری ناپارامتری بود.

مواد و روش‌ها

هیجده لاین امیدبخش گندم دوروم که از آزمایشات مقایسه عملکرد لاین‌های پیشرفته گندم دوروم اقلیم گرم و خشک جنوب کشور در سال زراعی ۹۲-۹۱ انتخاب شده بودند (جدول ۱)،

n در رابطه با ژنوتیپ j ($j = 1, 2, \dots, m$) می‌باشد.
 x_i^+ و x_i^- به ترتیب مقدار نرمال شده ژنوتیپ ایده‌آل و
 $i = 1, 2, \dots, n$ ژنوتیپ ضعیف برای هر شاخص (صفت) i هستند.
 d_i^+ : فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و d_i^- : فاصله از ژنوتیپ ضعیف می‌باشند.
5- محاسبه شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG).
شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل از رابطه 6 محاسبه می‌شود:

$$SIIG = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad 0 \leq SIIG \leq 1 \quad (\text{رابطه } 6)$$

مقدار SIIG بین صفر و یک تغییر می‌کند و هر چه گزینه مورد نظر به ژنوتیپ ایده‌آل نزدیک‌تر باشد
مقدار SIIG آن به یک نزدیک‌تر خواهد بود. به عبارت دیگر می‌توان از شاخص‌های منفی و مثبت به شکل ترکیبی در این روش استفاده نمود. بر اساس این روش، بهترین ژنوتیپ، نزدیک‌ترین ژنوتیپ به ژنوتیپ‌های ایده‌آل و دورترین از ژنوتیپ‌های ضعیف است. در اینجا منظور از ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپی فرضی است که بیشترین پایداری عملکرد را داشته باشد. ژنوتیپ ضعیف، ژنوتیپی فرضی است که کمترین پایداری عملکرد داشته باشد (Zali *et al.*, 2016). به طور خلاصه، ژنوتیپ ایده‌آل از مجموع مقادیر ایده‌آل هر یک، از آماره‌های پایداری به دست می‌آید، در حالی که ژنوتیپ ضعیف از مجموع مقادیر ضعیف هر یک از آماره‌های پایداری حاصل می‌شود. به عنوان مثال در مورد عملکرد، حداکثر عملکرد یک ژنوتیپ، مقدار ایده‌آل و عملکرد پایین، به عنوان مقدار ضعیف در نظر گرفته می‌شود. در مورد واریانس محیطی نیز، مقدار ایده‌آل برابر کمترین مقدار واریانس محیطی برای ژنوتیپ‌ها و مقدار ضعیف برابر با حداکثر مقدار واریانس محیطی برای ژنوتیپ‌ها می‌باشد (Zali *et al.*, 2015).

برای محاسبه آماره‌های ناپارامتری از برنامه نوشه شده در نرم افزار SAS (Akbarpour *et al.*, 2016) و

شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) به شرح ذیل می‌باشد:

1- تشکیل ماتریس داده‌ها. با توجه به تعداد ژنوتیپ‌ها و تعداد شاخص‌ها یا صفات مورد بررسی، ماتریس داده‌ها به صورت زیر تشکیل می‌شود.

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه } 1)$$

x_{ij} مقدار شاخص (صفت) i در رابطه با ژنوتیپ j ($j = 1, 2, \dots, m$) می‌باشد.

2- تبدیل ماتریس داده‌ها به ماتریس نرمال (رابطه 2)

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

ماتریس R به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه } 3)$$

3- شناسایی ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ غیر ایده‌آل (ضعیف). در این مرحله برای هر شاخص یا صفت به طور جداگانه، بهترین ژنوتیپ و ضعیف‌ترین انتخاب می‌شود.

4- محاسبه فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و ژنوتیپ ضعیف. در این مرحله برای هر آماره یا شاخص، فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل و فاصله از ژنوتیپ ضعیف به ترتیب از رابطه‌های 4 و 5 محاسبه می‌شوند:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^+)^2} \quad i = 1, \dots, n$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - r_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, n \quad (\text{رابطه‌های } 4 \text{ و } 5)$$

x_{ij} مقدار نرمال شده شاخص (صفت) i ($i = 1, 2, \dots, n$)

و شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل (SIIG) از نرم افزار Excel استفاده شد.

برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم افزار SPSS، برای روش‌های مختلف تجزیه پایداری

جدول ۱- اسامی / شجره ارقام و لاین‌های امید بخش گندم دوروم مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Name/pedigree of durum wheat cultivars and promising lines used in the experiment

کد لاین‌ها Code of lines	نام لاین‌ها Name of lines	شجره لاین‌ها Pedigree of lines
G1	DW-92-1	Behrang (<i>T. durum</i>)
G2	DW-92-2	Chamran (<i>T. aestivum</i>)
G3	DW-92-3	MINIMUS/COMB DUCK_2//CHAM_3/3/FICHE_6/4/MOJO/AIRON/5/SOMAT_3.1/6/CHEN/ALTA...
G4	DW-92-4	ARTICO/AJAI_3//HUALITA/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO...
G5	DW-92-5	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS//ENTE/MEXI_2//HUI/4/YAV_1/3..3
G6	DW-92-6	CNDO/VEE//7*PLATA_8/3/GUANAY/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573//QFN/...
G7	DW-92-7	CBC 514 CHILE/3/AUK/GUIL//GREEN
G8	DW-92-8	CMH85.79//CADO/BOOMER_33/4/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3/CANELO_9.1
G9	DW-92-9	ARTICO/AJAI_3//HUALITA/10/PLATA_10/6/MQUE/4/USDA573... 84/3/HUI/POC//B...
G10	DW-92-10	LD357E/2*TC60//JO69/3/FGO/4/GTA/5/SRN_1/6/TOTUS/...
G11	DW-92-11	NUS/SULA/5*NUS/4/SULA/RBCE_2/3/HUI//CIT71/CII*2/5/ARMENT//SRN_3/NIGRIS_4/3...
G12	DW-92-12	ALTAR 84/BINTEPE 85/3/STOT//ALTAR 84/ALD/4/POD_11/YAZI_1/5/VANRIKSE_12...
G13	DW-92-13	KOFA/3/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4
G14	DW-92-14	CBC 509 CHILE/6/ECO/CMH76A.722//BIT/3/ALTAR 84/4/AJAI_2/5/KJOVE_1
G15	DW-92-15	SOOTY_9/RASCON_37//SOMAT_3.1
G16	DW-92-16	PLATA_6/GREEN_17/3/CHEN/AUK//BISU*2/5/PLATA_3//CREX/ALLA/3/SOMBRA_20/4/SILVE...
G17	DW-92-17	STOT//ALTAR 84/ALD/3/PATKA_7/YAZI_1/4/SOMAT_3/PHAX_1//TILO_1/LOTUS_4/5/SOOTY...
G18	DW-92-18	RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHO//SHWA/MALD/3/CREX/5/SNITAN_6/YAZI_1/AKAKI_4/...
G19	DW-92-19	YAV79//SOMAT_4/INTER_8/7/YAV79/6/CHEN_1/TEZ/3/GUIL//CIT71/CII/4/SORA/PLAT...LD
G20	DW-92-20	ALTAR 84/CMH82A.1062//ALTAR 84/3/DIPPER/RISSA//ALTAR 84/AOS/4/ARMEN...

(Bredenkamp, 1974) معنی‌دار بود، ولی با روش هیلدهبراند (Hildebrand, 1980) به علت پایین بودن مقدار χ^2 معنی‌دار نبود. جمشیدی مقدم و پورداد (Jamshidimoghaddam and Pourdad, 2013) اثر معنی‌داری را برای ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط با دو روش دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و هیلدهبراند (Hildebrand, 1980) در گلنگ گزارش کردند، اما اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط با روش هیلدهبراند (Hildebrand, 1980) معنی‌دار نبود. استفاده از این روش‌های ناپارامتری در گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2007)، نخود (Ebadi Segherloo *et al.*, 2008) و گلنگ (Abdulahi *et al.*, 2007) گزارش شده است. آماره‌های ناپارامتری پایداری مورد مطالعه برای انتخاب لاین‌های پایدار گندم دوروم براساس معیارهای پیشنهادی هیون (Huehn, 1990)، تنارازو

نتایج و بحث

به منظور بررسی اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط تجزیه واریانس انجام شد. معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر عملکرد تفاوت بسیار معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). با استفاده از روش‌های ناپارامتری، معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که اثر محیط در هر سه روش دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و هیلدهبراند (Hildebrand, 1980) معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ \times محیط با استفاده از روش دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و هیلدهبراند (Hildebrand, 1980) معنی‌دار بود. اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط با روش‌های دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و بردینکامپ (Bredenkamp, 1974) معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ \times محیط با روش‌های دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و بردینکامپ (Bredenkamp, 1974) معنی‌دار بود. اثر ژنوتیپ \times محیط با روش‌های دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) و بردینکامپ (Bredenkamp, 1974)

به منظور انتخاب ارقام و لاین‌های پایدار از نظر عملکرد در گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2007)، گلنگ (Moghadam and Pourdad, 2009)، عدس (Sabaghnia *et al.*, 2006)، نخود زراعی (Zarei *et al.*, 2011) و گندم نان (Zali *et al.*, 2012) مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

(Thennarasu, 1995)، میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه و شاخص برتری TOP (Fox *et al.*, 1990) به ترتیب در جدول ۳ ارائه شده است. در کلیه روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری (TOP)، ژنوتیپی از نظر عملکرد دانه پایدار محسوب می‌شود که کمترین مقدار این آماره‌ها را داشته باشد. روش‌های ناپارامتری

جدول ۲- نتایج روش‌های آماری برای آزمون معنی‌داری اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط برای عملکرد لاین و رقم گندم دوروم در هشت محیط

Table 2. Results of the different statistical test methods of grain yield of 20 durum wheat lines in 8 environments

S.O.V	متابع تغییر	درجه آزادی d.f	تجزیه واریانس ANOVA	روش‌های ناپارامتری [‡]		
				Nonparametric methods		
				χ^2 (Bredenkamp, 1974)	χ^2 (Hildebrand, 1980)	χ^2 (De Kroon/Van der Laan, 1981)
Genotypes (G)	ژنوتیپ‌ها	19	1139674**	12.716 ^{ns}	117.12**	51.385**
Environments (E)	محیط‌ها	7	240115462**	429.43**	415.11**	7430.4**
G × E	ژنوتیپ × محیط	133	580115 ^{ns}	3065.41**	475.97**	153.4 ^{ns}

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns and **: Not significant and significant at 1% probability level, respectively

[‡] فرض صفر برای روش‌های ناپارامتری بریدنکامپ (Bredenkamp, 1974) و هیلبراند (Hildebrand, 1980) عدم وجود اثر متقابل غیرکراس‌اور (بدون تغییر در رتبه) و برای آزمون دی‌کرون و وان‌دیرلان (De Kroon/Van der Laan, 1981) عدم وجود اثر متقابل کراس‌اور (تغییر در رتبه) است.

[‡] The null hypothesis for Berdenkamp and Hildebrand is no non-crossover GEI and for de Kroon/van der Laan is no crossover GEI.

عدس (Karimizadeh *et al.*, 2008) و گلنگ (Karimizadeh *et al.*, 2008) نیز گزارش شده است. بر اساس دو معیار $S_i^{(3)}$ و $S_i^{(4)}$ ارقام DW-92-1 و DW-92-2 (چمران) و لاین‌های DW-92-8 و DW-92-2 (بهرنگ)، DW-92-7 (بهرنگ)، DW-92-4 (DW-92-3)، DW-92-5 (DW-92-4)، DW-92-6 (DW-92-5)، DW-92-7 (DW-92-6)، DW-92-8 (DW-92-7)، DW-92-9 (DW-92-8)، DW-92-10 (DW-92-9)، DW-92-11 (DW-92-10)، DW-92-12 (DW-92-11)، DW-92-13 (DW-92-12)، DW-92-14 (DW-92-13)، DW-92-15 (DW-92-14)، DW-92-16 (DW-92-15)، DW-92-17 (DW-92-16)، DW-92-18 (DW-92-17)، DW-92-19 (DW-92-18)، DW-92-20 (DW-92-19)، DW-92-21 (DW-92-20)، DW-92-22 (DW-92-21)، DW-92-23 (DW-92-22)، DW-92-24 (DW-92-23)، DW-92-25 (DW-92-24)، DW-92-26 (DW-92-25)، DW-92-27 (DW-92-26)، DW-92-28 (DW-92-27)، DW-92-29 (DW-92-28)، DW-92-30 (DW-92-29)، DW-92-31 (DW-92-30)، DW-92-32 (DW-92-31)، DW-92-33 (DW-92-32)، DW-92-34 (DW-92-33)، DW-92-35 (DW-92-34)، DW-92-36 (DW-92-35)، DW-92-37 (DW-92-36)، DW-92-38 (DW-92-37)، DW-92-39 (DW-92-38)، DW-92-40 (DW-92-39)، DW-92-41 (DW-92-40)، DW-92-42 (DW-92-41)، DW-92-43 (DW-92-42)، DW-92-44 (DW-92-43)، DW-92-45 (DW-92-44)، DW-92-46 (DW-92-45)، DW-92-47 (DW-92-46)، DW-92-48 (DW-92-47)، DW-92-49 (DW-92-48)، DW-92-50 (DW-92-49)، DW-92-51 (DW-92-50)، DW-92-52 (DW-92-51)، DW-92-53 (DW-92-52)، DW-92-54 (DW-92-53)، DW-92-55 (DW-92-54)، DW-92-56 (DW-92-55)، DW-92-57 (DW-92-56)، DW-92-58 (DW-92-57)، DW-92-59 (DW-92-58)، DW-92-60 (DW-92-59)، DW-92-61 (DW-92-60)، DW-92-62 (DW-92-61)، DW-92-63 (DW-92-62)، DW-92-64 (DW-92-63)، DW-92-65 (DW-92-64)، DW-92-66 (DW-92-65)، DW-92-67 (DW-92-66)، DW-92-68 (DW-92-67)، DW-92-69 (DW-92-68)، DW-92-70 (DW-92-69)، DW-92-71 (DW-92-70)، DW-92-72 (DW-92-71)، DW-92-73 (DW-92-72)، DW-92-74 (DW-92-73)، DW-92-75 (DW-92-74)، DW-92-76 (DW-92-75)، DW-92-77 (DW-92-76)، DW-92-78 (DW-92-77)، DW-92-79 (DW-92-78)، DW-92-80 (DW-92-79)، DW-92-81 (DW-92-80)، DW-92-82 (DW-92-81)، DW-92-83 (DW-92-82)، DW-92-84 (DW-92-83)، DW-92-85 (DW-92-84)، DW-92-86 (DW-92-85)، DW-92-87 (DW-92-86)، DW-92-88 (DW-92-87)، DW-92-89 (DW-92-88)، DW-92-90 (DW-92-89)، DW-92-91 (DW-92-90)، DW-92-92 (DW-92-91)، DW-92-93 (DW-92-92)، DW-92-94 (DW-92-93)، DW-92-95 (DW-92-94)، DW-92-96 (DW-92-95)، DW-92-97 (DW-92-96)، DW-92-98 (DW-92-97)، DW-92-99 (DW-92-98)، DW-92-100 (DW-92-99)، DW-92-101 (DW-92-100)، DW-92-102 (DW-92-101)، DW-92-103 (DW-92-102)، DW-92-104 (DW-92-103)، DW-92-105 (DW-92-104)، DW-92-106 (DW-92-105)، DW-92-107 (DW-92-106)، DW-92-108 (DW-92-107)، DW-92-109 (DW-92-108)، DW-92-110 (DW-92-109)، DW-92-111 (DW-92-110)، DW-92-112 (DW-92-111)، DW-92-113 (DW-92-112)، DW-92-114 (DW-92-113)، DW-92-115 (DW-92-114)، DW-92-116 (DW-92-115)، DW-92-117 (DW-92-116)، DW-92-118 (DW-92-117)، DW-92-119 (DW-92-118)، DW-92-120 (DW-92-119)، DW-92-121 (DW-92-120)، DW-92-122 (DW-92-121)، DW-92-123 (DW-92-122)، DW-92-124 (DW-92-123)، DW-92-125 (DW-92-124)، DW-92-126 (DW-92-125)، DW-92-127 (DW-92-126)، DW-92-128 (DW-92-127)، DW-92-129 (DW-92-128)، DW-92-130 (DW-92-129)، DW-92-131 (DW-92-130)، DW-92-132 (DW-92-131)، DW-92-133 (DW-92-132)، DW-92-134 (DW-92-133)، DW-92-135 (DW-92-134)، DW-92-136 (DW-92-135)، DW-92-137 (DW-92-136)، DW-92-138 (DW-92-137)، DW-92-139 (DW-92-138)، DW-92-140 (DW-92-139)، DW-92-141 (DW-92-140)، DW-92-142 (DW-92-141)، DW-92-143 (DW-92-142)، DW-92-144 (DW-92-143)، DW-92-145 (DW-92-144)، DW-92-146 (DW-92-145)، DW-92-147 (DW-92-146)، DW-92-148 (DW-92-147)، DW-92-149 (DW-92-148)، DW-92-150 (DW-92-149)، DW-92-151 (DW-92-150)، DW-92-152 (DW-92-151)، DW-92-153 (DW-92-152)، DW-92-154 (DW-92-153)، DW-92-155 (DW-92-154)، DW-92-156 (DW-92-155)، DW-92-157 (DW-92-156)، DW-92-158 (DW-92-157)، DW-92-159 (DW-92-158)، DW-92-160 (DW-92-159)، DW-92-161 (DW-92-160)، DW-92-162 (DW-92-161)، DW-92-163 (DW-92-162)، DW-92-164 (DW-92-163)، DW-92-165 (DW-92-164)، DW-92-166 (DW-92-165)، DW-92-167 (DW-92-166)، DW-92-168 (DW-92-167)، DW-92-169 (DW-92-168)، DW-92-170 (DW-92-169)، DW-92-171 (DW-92-170)، DW-92-172 (DW-92-171)، DW-92-173 (DW-92-172)، DW-92-174 (DW-92-173)، DW-92-175 (DW-92-174)، DW-92-176 (DW-92-175)، DW-92-177 (DW-92-176)، DW-92-178 (DW-92-177)، DW-92-179 (DW-92-178)، DW-92-180 (DW-92-179)، DW-92-181 (DW-92-180)، DW-92-182 (DW-92-181)، DW-92-183 (DW-92-182)، DW-92-184 (DW-92-183)، DW-92-185 (DW-92-184)، DW-92-186 (DW-92-185)، DW-92-187 (DW-92-186)، DW-92-188 (DW-92-187)، DW-92-189 (DW-92-188)، DW-92-190 (DW-92-189)، DW-92-191 (DW-92-190)، DW-92-192 (DW-92-191)، DW-92-193 (DW-92-192)، DW-92-194 (DW-92-193)، DW-92-195 (DW-92-194)، DW-92-196 (DW-92-195)، DW-92-197 (DW-92-196)، DW-92-198 (DW-92-197)، DW-92-199 (DW-92-198)، DW-92-200 (DW-92-199)، DW-92-201 (DW-92-200)، DW-92-202 (DW-92-201)، DW-92-203 (DW-92-202)، DW-92-204 (DW-92-203)، DW-92-205 (DW-92-204)، DW-92-206 (DW-92-205)، DW-92-207 (DW-92-206)، DW-92-208 (DW-92-207)، DW-92-209 (DW-92-208)، DW-92-210 (DW-92-209)، DW-92-211 (DW-92-210)، DW-92-212 (DW-92-211)، DW-92-213 (DW-92-212)، DW-92-214 (DW-92-213)، DW-92-215 (DW-92-214)، DW-92-216 (DW-92-215)، DW-92-217 (DW-92-216)، DW-92-218 (DW-92-217)، DW-92-219 (DW-92-218)، DW-92-220 (DW-92-219)، DW-92-221 (DW-92-220)، DW-92-222 (DW-92-221)، DW-92-223 (DW-92-222)، DW-92-224 (DW-92-223)، DW-92-225 (DW-92-224)، DW-92-226 (DW-92-225)، DW-92-227 (DW-92-226)، DW-92-228 (DW-92-227)، DW-92-229 (DW-92-228)، DW-92-230 (DW-92-229)، DW-92-231 (DW-92-230)، DW-92-232 (DW-92-231)، DW-92-233 (DW-92-232)، DW-92-234 (DW-92-233)، DW-92-235 (DW-92-234)، DW-92-236 (DW-92-235)، DW-92-237 (DW-92-236)، DW-92-238 (DW-92-237)، DW-92-239 (DW-92-238)، DW-92-240 (DW-92-239)، DW-92-241 (DW-92-240)، DW-92-242 (DW-92-241)، DW-92-243 (DW-92-242)، DW-92-244 (DW-92-243)، DW-92-245 (DW-92-244)، DW-92-246 (DW-92-245)، DW-92-247 (DW-92-246)، DW-92-248 (DW-92-247)، DW-92-249 (DW-92-248)، DW-92-250 (DW-92-249)، DW-92-251 (DW-92-250)، DW-92-252 (DW-92-251)، DW-92-253 (DW-92-252)، DW-92-254 (DW-92-253)، DW-92-255 (DW-92-254)، DW-92-256 (DW-92-255)، DW-92-257 (DW-92-256)، DW-92-258 (DW-92-257)، DW-92-259 (DW-92-258)، DW-92-260 (DW-92-259)، DW-92-261 (DW-92-260)، DW-92-262 (DW-92-261)، DW-92-263 (DW-92-262)، DW-92-264 (DW-92-263)، DW-92-265 (DW-92-264)، DW-92-266 (DW-92-265)، DW-92-267 (DW-92-266)، DW-92-268 (DW-92-267)، DW-92-269 (DW-92-268)، DW-92-270 (DW-92-269)، DW-92-271 (DW-92-270)، DW-92-272 (DW-92-271)، DW-92-273 (DW-92-272)، DW-92-274 (DW-92-273)، DW-92-275 (DW-92-274)، DW-92-276 (DW-92-275)، DW-92-277 (DW-92-276)، DW-92-278 (DW-92-277)، DW-92-279 (DW-92-278)، DW-92-280 (DW-92-279)، DW-92-281 (DW-92-280)، DW-92-282 (DW-92-281)، DW-92-283 (DW-92-282)، DW-92-284 (DW-92-283)، DW-92-285 (DW-92-284)، DW-92-286 (DW-92-285)، DW-92-287 (DW-92-286)، DW-92-288 (DW-92-287)، DW-92-289 (DW-92-288)، DW-92-290 (DW-92-289)، DW-92-291 (DW-92-290)، DW-92-292 (DW-92-291)، DW-92-293 (DW-92-292)، DW-92-294 (DW-92-293)، DW-92-295 (DW-92-294)، DW-92-296 (DW-92-295)، DW-92-297 (DW-92-296)، DW-92-298 (DW-92-297)، DW-92-299 (DW-92-298)، DW-92-300 (DW-92-299)، DW-92-301 (DW-92-300)، DW-92-302 (DW-92-301)، DW-92-303 (DW-92-302)، DW-92-304 (DW-92-303)، DW-92-305 (DW-92-304)، DW-92-306 (DW-92-305)، DW-92-307 (DW-92-306)، DW-92-308 (DW-92-307)، DW-92-309 (DW-92-308)، DW-92-310 (DW-92-309)، DW-92-311 (DW-92-310)، DW-92-312 (DW-92-311)، DW-92-313 (DW-92-312)، DW-92-314 (DW-92-313)، DW-92-315 (DW-92-314)، DW-92-316 (DW-92-315)، DW-92-317 (DW-92-316)، DW-92-318 (DW-92-317)، DW-92-319 (DW-92-318)، DW-92-320 (DW-92-319)، DW-92-321 (DW-92-320)، DW-92-322 (DW-92-321)، DW-92-323 (DW-92-322)، DW-92-324 (DW-92-323)، DW-92-325 (DW-92-324)، DW-92-326 (DW-92-325)، DW-92-327 (DW-92-326)، DW-92-328 (DW-92-327)، DW-92-329 (DW-92-328)، DW-92-330 (DW-92-329)، DW-92-331 (DW-92-330)، DW-92-332 (DW-92-331)، DW-92-333 (DW-92-332)، DW-92-334 (DW-92-333)، DW-92-335 (DW-92-334)، DW-92-336 (DW-92-335)، DW-92-337 (DW-92-336)، DW-92-338 (DW-92-337)، DW-92-339 (DW-92-338)، DW-92-340 (DW-92-339)، DW-92-341 (DW-92-340)، DW-92-342 (DW-92-341)، DW-92-343 (DW-92-342)، DW-92-344 (DW-92-343)، DW-92-345 (DW-92-344)، DW-92-346 (DW-92-345)، DW-92-347 (DW-92-346)، DW-92-348 (DW-92-347)، DW-92-349 (DW-92-348)، DW-92-350 (DW-92-349)، DW-92-351 (DW-92-350)، DW-92-352 (DW-92-351)، DW-92-353 (DW-92-352)، DW-92-354 (DW-92-353)، DW-92-355 (DW-92-354)، DW-92-356 (DW-92-355)، DW-92-357 (DW-92-356)، DW-92-358 (DW-92-357)، DW-92-359 (DW-92-358)، DW-92-360 (DW-92-359)، DW-92-361 (DW-92-360)، DW-92-362 (DW-92-361)، DW-92-363 (DW-92-362)، DW-92-364 (DW-92-363)، DW-92-365 (DW-92-364)، DW-92-366 (DW-92-365)، DW-92-367 (DW-92-366)، DW-92-368 (DW-92-367)، DW-92-369 (DW-92-368)، DW-92-370 (DW-92-369)، DW-92-371 (DW-92-370)، DW-92-372 (DW-92-371)، DW-92-373 (DW-92-372)، DW-92-374 (DW-92-373)، DW-92-375 (DW-92-374)، DW-92-376 (DW-92-375)، DW-92-377 (DW-92-376)، DW-92-378 (DW-92-377)، DW-92-379 (DW-92-378)، DW-92-380 (DW-92-379)، DW-92-381 (DW-92-380)، DW-92-382 (DW-92-381)، DW-92-383 (DW-92-382)، DW-92-384 (DW-92-383)، DW-92-385 (DW-92-384)، DW-92-386 (DW-92-385)، DW-92-387 (DW-92-386)، DW-92-388 (DW-92-387)، DW-92-389 (DW-92-388)، DW-92-390 (DW-92-389)، DW-92-391 (DW-92-390)، DW-92-392 (DW-92-391)، DW-92-393 (DW-92-392)، DW-92-394 (DW-92-393)، DW-92-395 (DW-92-394)، DW-92-396 (DW-92-395)، DW-92-397 (DW-92-396)، DW-92-398 (DW-92-397)، DW-92-399 (DW-92-398)، DW-92-400 (DW-92-399)، DW-92-401 (DW-92-400)، DW-92-402 (DW-92-401)، DW-92-403 (DW-92-402)، DW-92-404 (DW-92-403)، DW-92-405 (DW-92-404)، DW-92-406 (DW-92-405)، DW-92-407 (DW-92-406)، DW-92-408 (DW-92-407)، DW-92-409 (DW-92-408)، DW-92-410 (DW-92-409)، DW-92-411 (DW-92-410)، DW-92-412 (DW-92-411)، DW-92-413 (DW-92-412)، DW-92-414 (DW-92-413)، DW-92-415 (DW-92-414)، DW-92-416 (DW-92-415)، DW-92-417 (DW-92-416)، DW-92-418 (DW-92-417)، DW-92-419 (DW-92-418)، DW-92-420 (DW-92-419)، DW-92-421 (DW-92-420)، DW-92-422 (DW-92-421)، DW-92-423 (DW-92-422)، DW-92-424 (DW-92-423)، DW-92-425 (DW-92-424)، DW-92-426 (DW-92-425)، DW-92-427 (DW-92-426)، DW-92-428 (DW-92-427)، DW-92-429 (DW-92-428)، DW-92-430 (DW-92-429)، DW-92-431 (DW-92-430)، DW-92-432 (DW-92-431)، DW-92-433 (DW-92-432)، DW-92-434 (DW-92-433)، DW-92-435 (DW-92-434)، DW-92-436 (DW-92-435)، DW-92-437 (DW-92-436)، DW-92-438 (DW-92-437)، DW-92-439 (DW-92-438)، DW-92-440 (DW-92-439)، DW-92-441 (DW-92-440)، DW-92-442 (DW-92-441)، DW-92-443 (DW-92-442)، DW-92-444 (DW-92-443)، DW-92-445 (DW-92-444)، DW-92-446 (DW-92-445)، DW-92-447 (DW-92-446)، DW-92-448 (DW-92-447)، DW-92-449 (DW-92-448)، DW-92-450 (DW-92-449)، DW-92-451 (DW-92-450)، DW-92-452 (DW-92-451)، DW-92-453 (DW-92-452)، DW-92-454 (DW-92-453)، DW-92-455 (DW-92-454)، DW-92-456 (DW-92-455)، DW-92-457 (DW-92-456)، DW-92-458 (DW-92-457)، DW-92-459 (DW-92-458)، DW-92-460 (DW-92-459)، DW-92-461 (DW-92-460)، DW-92-462 (DW-92-461)، DW-92-463 (DW-92-462)، DW-92-464 (DW-92-463)، DW-92-465 (DW-92-464)، DW-92-466 (DW-92-465)، DW-92-467 (DW-92-466)، DW-92-468 (DW-92-467)، DW-92-469 (DW-92-468)، DW-92-470 (DW-92-469)، DW-92-471 (DW-92-470)، DW-92-472 (DW-92-471)، DW-92-473 (DW-92-472)، DW-92-474 (DW-92-473)، DW-92-475 (DW-92-474)، DW-92-476 (DW-92-475)، DW-92-477 (DW-92-476)، DW-92-478 (DW-92-477)، DW-92-479 (DW-92-478)، DW-92-480 (DW-92-479)، DW-92-481 (DW-92-480)، DW-92-482 (DW-92-481)، DW-92-483 (DW-92-482)، DW-92-484 (DW-92-483)، DW-92-485 (DW-92-484)، DW-92-486 (DW-92-485)، DW-92-487 (DW-92-486)، DW-92-488 (DW-92-487)، DW-92-489 (DW-92-488)، DW-92-490 (DW-92-489)، DW-92-491 (DW-92-490)، DW-92-492 (DW-92-491)، DW-92-493 (DW-92-492)، DW-92-494 (DW-92-493)، DW-92-495 (DW-92-494)، DW-92-496 (DW-92-495)، DW-92-497 (DW-92-496)، DW-92-498 (DW-92-497)، DW-92-499 (DW-92-498)، DW-92-500 (DW-92-499)، DW-92-501 (DW-92-500)، DW-92-502 (DW-92-501)، DW-92-503 (DW-92-502)، DW-92-504 (DW-92-503)، DW-92-505 (DW-92-504)، DW-92-506 (DW-92-505)، DW-92-507 (DW-92-506)، DW-92-508 (DW-92-507)، DW-92-509 (DW-92-508)، DW-92-510 (DW-92-509)، DW-92-511 (DW-92-510)، DW-92-512 (DW-92-511)، DW-92-513 (DW-92-512)، DW-92-514 (DW-92-513)، DW-92-515 (DW-92-514)، DW

DW-92-8 و DW-92-13 به عنوان پایدارترین لاین‌ها معرفی شدند (جدول ۳). لازم به توضیح است که در این تحقیق برای محاسبه میانگین رتبه و انحراف معیار رتبه از داده‌های تصحیح شده استفاده شد. زارعی و همکاران (2012) در ارزیابی روش‌های تجزیه پایداری گزارش کردند که روش ناپارامتری رتبه به دلیل بالا بودن میزان درستی نتایج و همچنین سادگی محاسبه، از روش‌های مناسب در تجزیه پایداری محسوب می‌شود.

در این تحقیق به منظور انتخاب بهترین لاین‌ها از نظر ثبات عملکرد در محیط‌های مختلف، علاوه بر استفاده از تک تک آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری، از شاخص SIIG نیز استفاده شد و همه آماره‌های تجزیه پایداری ناپارامتری ادغام شده و تبدیل به یک شاخص واحد یعنی SIIG شدند (جدول ۴). به منظور انتخاب هم‌زمان عملکرد و پایداری عملکرد از نمودار دو بعدی استفاده شد (شکل ۱). در این نمودار، محور افقی نشان‌دهنده عملکرد و محور عمودی نشان‌دهنده میزان SIIG می‌باشد. نقطه چین افقی در این نمودار نشان دهنده میانگین SIIG است. از آنجایی که میزان تغیرات SIIG بین صفر تا یک می‌باشد و هر چه SIIG به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده ایده‌آل‌تر بودن آن ژنوتیپ است (Zali *et al.*, 2015, 2016)، بنابراین لاین‌هایی که در بالای محور نقطه چین افقی قرار می‌گیرند از پایداری عملکرد بالایی از نظر اکثر آماره‌های G17 ناپارامتری برخوردار هستند. بر این اساس لاین‌های DW-92-17 و G20 (DW-92-20) با بیشترین مقدار SIIG جزء پایدارترین لاین‌ها بوده و بعد از آن‌ها، لاین‌های G13 (DW-92-13) G7 (DW-92-7)، G8 (DW-92-8)، G16 (DW-92-16)، G12 (DW-92-12)، G1 (DW-92-1) و G2 (DW-92-2) جزء لاین‌های پایدار از نظر عملکرد دانه شناخته شدند. لاین‌های G4 (DW-92-4)، G3 (DW-92-3)، G5 (DW-92-5)، G11 (DW-92-11) و G18 (DW-92-18) با کمترین مقدار

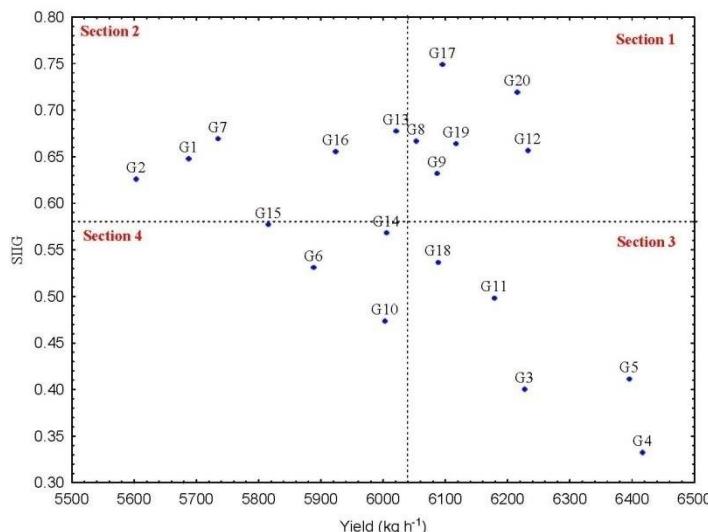
DW-92-8 و DW-92-7 را به عنوان پایدارترین لاین‌ها شناسایی نمودند و لاین‌های DW-92-4 و DW-92-5 با این‌ها بودند، هر چند لاین‌های DW-92-4 و DW-92-5 جزء لاین‌هایی با بالاترین عملکرد بودند. نتایج نشان داد که آماره‌های تارازو (Thennarasu, 1995) جزء مفهوم پایداری ایستایی هستند و ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شده براساس این روش‌ها ممکن است از عملکرد دانه بالایی برخوردار نباشند. نتایج مشابهی در گندم دوروم (Mohammadi *et al.*, 2007)، گلنگ Jamshidimoghadam and Abdulahi *et al.*, 2003) و Sabaghnia *et al.*, 2006 (Pourdad, 2013) گندم نان (Kaya and Taner, 2003) گزارش شده است. لاین‌های DW-92-8، DW-92-20 و DW-92-13 با کمترین مقدار آماره NP^(۱) به عنوان لاین‌هایی با سازگاری عمومی شناخته شدند. جمشیدی مقدم و (Jamshidimoghadam and Pourdad, 2013) Huehn, (1990) و تارازو (Thennarasu, 1995) جزء مفهوم ایستایی پایداری هستند و ژنوتیپ‌های پایدار بر اساس این روش‌ها از عملکرد دانه بالایی برخوردار نیستند. با توجه به شاخص برتری (TOP) فاکس و همکاران (Fox *et al.*, 1990) که در آن درصد قرارگیری لاین‌های مورد مطالعه در بین پنج ژنوتیپ برتر، از نظر عملکرد دانه، محاسبه می‌شود، لاین‌های DW-92-4 و DW-92-3 به ترتیب با ۷۵، DW-92-5 و DW-92-11، DW-92-5 و DW-92-3 به ترتیب با ۶۲/۵، ۶۲/۵ و ۵۰ درصد از کلیه محیط‌ها، بالاترین پایداری را داشتند (جدول ۳). ژنوتیپ‌های پایداری که با روش TOP انتخاب می‌شوند از میانگین عملکرد دانه بالایی برخوردار هستند. لاین‌های DW-92-15، DW-92-3، DW-92-10 و DW-92-4 با اختصاص کمترین مقدار میانگین رتبه به عنوان برترین لاین‌ها شناخته شدند. با توجه به شاخص انحراف معیار رتبه (SDR)، لاین‌های

جدول ۳- تجزیه پایداری عملکرد دانه برای لینهای گندم دوروم براساس روش‌های ناپارامتری در هشت محیط

Table 3. Stability analysis of grain yield for durum wheat lines based on non-parametric methods in 8 environments

نام لینهای Name of lines	آماره‌های هان (Huhn, 1990)						آماره‌های تارازو (Thennarasu, 1995)				شاخص‌های رتبه Rank indexes	شاخص فاکس و همکاران (Fox et al., 1990)	
	S _i ⁽¹⁾	Z _i ⁽¹⁾	S _i ⁽²⁾	Z _i ⁽²⁾	S _i ⁽³⁾	S _i ⁽⁶⁾	NP _i ⁽¹⁾	NP _i ⁽²⁾	NP _i ⁽³⁾	NP _i ⁽⁴⁾	\bar{R}	SDR	TOP
DW-92-1	6.43	0.028ns	31.14	0.030ns	1.08	4.69	3.75	0.250	0.342	0.422	9.50	5.58	0.0
DW-92-2	7.21	0.183ns	38.21	0.165ns	1.38	5.00	4.75	0.288	0.361	0.451	10.25	6.18	0.0
DW-92-3	8.79	2.627ns	57.71	4.011ns	5.94	46.07	6.25	1.042	0.801	0.990	9.50	7.60	50.0
DW-92-4	9.18	3.683ns	58.55	4.291ns	6.67	51.67	6.63	1.893	1.193	1.530	9.63	7.65	75.0
DW-92-5	7.46	0.382ns	38.70	0.199ns	5.91	35.89	5.13	1.464	0.990	1.271	10.88	6.22	62.5
DW-92-6	9.07	3.377ns	65.36	6.909ns	4.12	30.55	6.50	0.394	0.593	0.711	12.25	8.08	37.5
DW-92-7	6.54	0.008ns	31.41	0.023ns	1.90	10.90	3.88	0.235	0.347	0.432	10.38	5.60	12.5
DW-92-8	4.36	3.028ns	13.43	2.633ns	1.59	5.78	2.75	0.250	0.315	0.401	11.50	3.66	0.0
DW-92-9	6.96	0.057ns	33.27	0.000ns	3.85	23.40	4.88	0.513	0.533	0.688	11.13	5.77	37.5
DW-92-10	8.82	2.716ns	55.13	3.207ns	4.80	35.84	6.38	0.750	0.669	0.850	9.38	7.42	37.5
DW-92-11	8.00	1.050ns	44.57	0.859ns	5.08	35.31	5.25	1.050	0.769	0.985	10.00	6.68	62.5
DW-92-12	6.29	0.076ns	27.64	0.211ns	2.48	10.12	4.00	0.533	0.596	0.762	11.25	5.26	25.0
DW-92-13	5.54	0.715ns	22.13	0.829ns	2.07	10.69	3.38	0.293	0.395	0.498	10.88	4.70	12.5
DW-92-14	7.50	0.416ns	40.00	0.305ns	3.95	25.05	5.50	0.524	0.570	0.723	10.00	6.32	25.0
DW-92-15	8.32	1.609ns	47.70	1.399ns	3.40	21.57	5.63	0.469	0.550	0.708	8.63	6.91	25.0
DW-92-16	6.32	0.062ns	27.84	0.196ns	2.28	13.73	4.13	0.306	0.399	0.511	11.13	5.28	12.5
DW-92-17	5.64	0.584ns	22.57	0.764ns	2.47	10.95	3.75	0.357	0.439	0.557	11.50	4.75	37.5
DW-92-18	7.50	0.416ns	40.50	0.352ns	4.24	29.43	4.75	0.594	0.635	0.800	10.25	6.36	25.0
DW-92-19	6.50	0.013ns	29.64	0.087ns	3.58	19.79	4.50	0.474	0.536	0.684	10.75	5.44	37.5
DW-92-20	4.57	1.197ns	16.79	0.110ns	2.36	10.12	3.00	0.333	0.465	0.554	11.25	4.10	25.0
$E(S_i^{(1)}) = 6.65$		$E(S_i^{(2)}) = 33.25$											
$V(S_i^{(1)}) = 1.736$		$V(S_i^{(2)}) = 149.21$											
$\chi^2 \text{ sum} = 9.140$		$\chi^2 Z1, Z2 = 31.41$											

"ارزیابی روش های ناپارامتری در گرینش..."



شکل ۱- نمودار دو بعدی پراکنش ۲۰ لاین گندم دوروم بر اساس عملکرد دانه و روش SIIG

Fig. 1. Two-dimensional graph of distribution of 20 durum wheat lines based on grain yield and SIIG method

جدول ۴- شاخص انتخاب ژنوتیپ ایده‌آل گندم دوروم بر مبنای روش‌های تجزیه پایداری ناپارامتری و فواصل از ژنوتیپ مطلوب (d^+)، ژنوتیپ نامطلوب (d^-) و عملکرد دانه

Table 4. Selection index of ideal durum wheat genotype based on non-parametric different methods and

distance from ideal genotype (d^+), non-ideal genotype and grain yield

نام لاین‌ها		شاخص	عملکرد دانه
Name of lines	d^+	SIIG index	Grain yield
DW-92-1	0.483	0.889	5687.1
DW-92-2	0.508	0.851	5602.7
DW-92-3	0.694	0.463	6226.8
DW-92-4	0.934	0.465	6416.3
DW-92-5	0.688	0.481	6395.1
DW-92-6	0.570	0.646	5888.0
DW-92-7	0.420	0.851	5734.3
DW-92-8	0.465	0.931	6052.5
DW-92-9	0.404	0.694	6086.2
DW-92-10	0.594	0.534	6002.4
DW-92-11	0.563	0.560	6178.2
DW-92-12	0.390	0.747	6232.2
DW-92-13	0.404	0.849	6020.5
DW-92-14	0.487	0.641	6005.0
DW-92-15	0.488	0.667	5815.2
DW-92-16	0.426	0.810	5923.3
DW-92-17	0.282	0.843	6094.8
DW-92-18	0.515	0.597	6087.9
DW-92-19	0.368	0.728	6116.6
DW-92-20	0.334	0.856	6215.0
Mean	میانگین	0.585	6039.0

بیشترین عملکرد را داشتند. این موضوع نشان می‌دهد که اکثر روش‌های ناپارامتری جزء مفهوم پایداری ایستایی بوده و ژنوتیپ‌های پایدار معرفی شده بر اساس

جزء ناپایدار ترین لاین‌ها از نظر ثبات عملکرد بودند. از طرفی لاین‌های شماره‌ی G3، (DW-92-4) G4، (DW-92-11) G11، (DW-92-5) G5، (DW-92-3)

در میان روش‌های ناپارامتری، آماره TOP (Fox *et al.*, 1990) بهتر از سایر روش‌ها ژنوتیپ‌های پرمحصول با پایداری عملکرد را شناسایی کرد که این موضوع نشان دهنده همبستگی بالای این شاخص با عملکرد دانه است. این موضوع در سایر تحقیقات نیز گزارش شده است (Jamshidimoghadam *et al.*, 2007; Ebadی *et al.*, 2007; Mohammadi *et al.*, 2007; and Pourdad, 2013 Segherloo *et al.*, 2008)، بنابراین شاید بتوان شاخص برتری فاکس و همکاران (Fox *et al.*, 1990) را به عنوان یک شاخص مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های TOP، پرمحصول گدم در نظر گرفت. بر مبنای روش DW-92-4 و DW-92-5 به عنوان لاین‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا نسبت به سایر لاین‌ها شناخته شدند. بر اساس نتایج کلی این آزمایش، ژنوتیپ‌های DW-92-17 و DW-92-20 به عنوان لاین‌های پایدار با عملکرد دانه بالاتر از شاهد و ژنوتیپ‌های DW-92-4 و DW-92-5 تنها به عنوان دو لاین پرمحصول برای تحقیقات تکمیلی (ارزیابی مقاومت به بیماری‌ها و خصوصیات کیفی جهت تهیه ماکارونی)، شناخته شدند.

این روش‌ها معمولاً از عملکرد دانه بالای برخوردار نیستند (Abdulahi *et al.*, 2003; Kaya and Taner, 2003; Mohammadi *et al.*, 2003; Sabaghnia *et al.*, 2003) و Jamshidimoghadam and Pourdad, 2007 این تحقیق، اکثر روش‌های ناپارامتری (روش SIIG) لاین‌های با عملکرد متوسط را به عنوان لاین‌های پایدار شناسایی نمودند (شکل ۱).

بر مبنای اکثر روش‌های ناپارامتری (شاخص SIIG)، لاین‌های DW-92-20 و DW-92-17 جزء پایدارترین لاین‌ها از نظر سازگاری عمومی در همه مناطق (به ترتیب با عملکرد ۶۰۹۵ و ۶۲۱۵ کیلوگرم در هکتار) بودند، در حالی که لاین‌های DW-92-4 و DW-92-5 با وجود عملکرد دانه بالا (به ترتیب ۶۴۱۶ و ۶۳۹۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به سایر لاین‌ها جزء ناپایدارترین لاین‌ها از نظر عملکرد دانه بودند. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های ناپارامتری تnarazo (Thennarasu, 1995) و Nassar و هیون (Nassar and Huehn, 1987) ممکن است منجر به انتخاب ارقام پایدار با عملکرد بالا نشود (Soghi *et al.*, 2013; Jamshidimoghadam and Pourdad, 2013).

منابع مورد استفاده

- Abdulahi, A., R. Mohammadi and S. S. Pourdad. 2007.** Evaluation of safflower (*Carthamus* spp.) genotypes in multi-environment trials by nonparametric methods. Asian J. Plant Sci. 6 (5): 827-832.
- Aghaee-sarbarzeh, M., M. Bahari, H. F. Arzadi, B. Andarzian, M. Dastfal and T. Najafi mirak. 2014.** Evaluation of grain yield and its stability in durum wheat genotypes in warm and dry areas of Iran. Iran. J. Crop sci. 16(1):1 -11. (In Persian with English abstract).
- Akbarpour, O. A., H. Dehghani, B. Sorkhi-Lalelo and M. Singh Kang. 2016.** A SAS macro for computing statistical tests for two-way table and stability indices of nonparametric method from genotype by environment interaction. Acta Scientiarum. Agron. Maringá. 38(1): 35-50.
- Bredenkamp, J. 1974.** Nonparametrische Prüfung von Wechselwirkungen. Psychologische Beiträge, 16: 398-416.
- Brennan, J. P., A. Aw-Hassan, K. J. Quade and T. L. Nordblom. 2002.** Impact Of Icarda Research On Australian Agriculture, Economic Research Report No. 11. , Nsw Agriculture, Wagga. Australia.
- De Kroon, J. P. M. and P. van der Laan. 1981.** Distribution-free test procedures in two-way layouts: a concept

- of crossover-interaction. *Statistica Neerlandica*, 35: 189-213.
- Ebadí Segherloo, A., S. H. Sabaghpoor, H. Dehghani and M. Kamrani. 2008.** Non-parametric measures of phenotypic stability in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 162: 221-229.
- Farshadfar, E., S. H. Sabaghpoor and H. Zali. 2012.** Comparison of parametric and non-parametric stability statistics for selecting stable chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under diverse environments. *Aust. J. Crop Sci.* 6(3): 514-524.
- Fox, P. N., B. Skovmand, B. K. Thompson, H. J. Braun and R. Cormier. 1990.** Yield and adaptation of hexaploid spring triticale. *Euphytica*, 47: 57-64.
- Hildebrand, H. 1980.** A symptomatisch verteilungs freie Rangtests in linearen Modellen. *Medizinische Informatik und Statistik*, 17: 344-349.
- Huehn, V. M. 1990.** Non-parametric measures of phenotypic stability. Part I: Theory. *Euphytica*, 47: 189-194.
- Hwang, C. L. and K. Yoon. 1981.** *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg. Germany.
- Jahromi, H. M. A., M. Khodarahmi, A. R. Mohammadi and A. Mohammadi. 2011.** Stability analysis for grain yield of promising durum wheat genotypes in southern warm and dry agro-climatic zone of Iran. *Iran. J. Crop Sci.* 13 (3): 565-579. (In Persian with English abstract).
- Jamshidimoghaddam, M. and S. S. Pourdad. 2013.** Evaluation of seed yield adaptability of spring safflower genotypes using nonparametric parameters and GGE biplot method in rain-fed conditions. *Seed Plant Improv. J.* 19 (1): 45-63. (In Persian with English abstract).
- Kang, M. S. 1993.** Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agron. J.* 85: 754-757.
- Karimizadeh, R., M. Safikhani, M. Mohammadi, F. Seyyedi, A. Mahmoodi and B. Rostami. 2008.** Determining rank and stability of lentil in rainfed condition by nonparametric statistics. *J. Sci. Tech. Agric. Natur. Res.* 43(1): 93-103. (In Persian with English abstract).
- Kaya, Y. and S. Taner. 2003.** Estimating genotypic ranks by nonparametric stability analysis in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Cent. Eur. Agric.* 4 (1): 47-53.
- Moghaddam, M. J. and S. S. Pourdad. 2009.** Comparison of parametric and nonparametric methods for analyzing genotype \times environment interactions in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Agric. Sci. Cambridge*, 147: 601-612.
- Mohammadi, R., A. Abdulahi, R. Haghparast and M. Armion. 2007.** Interpreting genotype \times environment interactions for durum wheat grain yields using nonparametric methods. *Euphytica*, 157: 239-251.
- Nassar, R. and M. Huehn. 1987.** Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for non-parametric measures of phenotypic stability. *Biometrics*, 43: 45-53.
- Omraní, S., A. Mohammad Naji and M. Esmailzadeh Moghaddam. 2017.** Yield stability analysis of

promising bread wheat lines in southern warm and dry agroclimatic zone of Iran using GGE biplot model. *J. Crop Breed.* 23(9): 157-165. (In Persian with English abstract).

Sabaghnia, N., H. Dehghani and S. H. Sabaghpoor. 2006. Nonparametric methods for interpreting genotype × environment interaction of lentil genotypes. *Crop Sci.* 46: 1100-1106.

Soughi, H. A., N. A. Babaian Jelodar, G. A. Ranjbar and M. Hadi Pahlevani. 2016. Simultaneous selection based on yield and yield stability in bread wheat genotypes. *J. Crop Breed.* 8 (18): 119-125. (In Persian with English abstract).

Thennarasu, K. 1995. On certain non-parametric procedures for studying genotype-environment interactions and yield stability. Ph.D. Thesis. P. J. School, IARI, New Delhi. India.

Zali, H., E. Farshadfar and S. H. Sabaghpoor. 2011. Non-parametric analysis of phenotypic stability in chickpea (*Cicer arietinum L.*) genotypes in Iran. *Crop Breed. J.* 1: 89-100. (In Persian with English abstract).

Zali, H., O. Sofalian, T. Hasanloo, A. Asghari and S. M. Hoseini. 2015. Appraising of drought tolerance relying on stability analysis indices in canola genotypes simultaneously, using selection index of ideal genotype (SIIG) technique: Introduction of new method. *Biol. Forum – An Int. J.* 7(2): 703-711.

Zali, H., T. Hasanloo, O. Sofalian A. Asghari and M. Zeinalabedini. 2016. Appropriate strategies for selection of drought tolerant genotypes in canola. *J. Crop Breed.* 8(20): 77-90. (In Persian with English abstract).

Zarei, L., E. Farshadfar, R. Haghparast, R. Rajabi, M. Mohammadi Sarab Badieh and H. Zali. 2012. Comparison of different methods of stability evaluation in bread wheat genotypes under drought stress conditions. *Electronic J. Crop Breed.* 5 (3): 81-97. (In Persian with English abstract).

Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum)

Najafi Mirak,¹ T. Dastfal,² B. Andarzian³, H. Farzadi⁴, M. Bahari⁵ and H. Zali⁶

ABSTRACT

Najafi Mirak, T., M. Dastfal, B. Andarzian, H. Farzadi, M. Bahari and H. Zali. 2018. Assessment of non-parametric methods in selection of stable genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). **Iranian Journal of Crop Sciences.** 19(2): 126-138. (In Persian).

To evaluate of non-parametric methods for identification of high yielding and stable durum wheat genotypes, 18 durum wheat promising lines along with two commercial durum (Behrang) and bread wheat (Chamran) as check cultivars, were evaluated in four warm and dry locations of Iran including Darab, Ahvaz, Khorramabad and Dezful stations during two cropping seasons (2013-2014). The experiments were conducted in a randomized complete block design with three replications. Results showed that the effect of environment (E), genotype(G) and interaction of GE were significant in Bredenkamp (except for genotype) and Hildebrand for non-crossover interaction (without change in rank) and de Kroon/van der Laan (except for interaction of GE) for non-crossover interaction (with change in rank) methods. Results of SIIG (Selection Index of Ideal Genotype) method, based on all non-parametric methods, showed that DW-92-17 and DW-92-20 genotypes (with 6095 and 6215 kg.ha⁻¹ grain yield) were the most stable genotypes. According to SIIG method, the majority of non-parametric methods may identify the stable genotypes considering the static (biological) concept, so the selected genotypes may not necessarily produce high grain yield. Genotypes DW-92-17 and DW-92-20 were selected as stable lines with higher yields (compared to control) and DW-92-4 and DW-92-5 genotypes were selected as high yielding lines for complementary experiments, especially for resistance to diseases and quality characteristics evaluation.

Key words: Interaction of Genotype × Environment, SIIG method, Ideal genotype and Wheat.

Received: December, 2017 Accepted: July, 2018

1. Associated Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Research Officer, Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran
3. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran
4. Research Officer, Seed and Plant Improvement Department, Dezful Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Dezful, Iran
5. Research Officer, Seed and Plant Improvement Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Khorramabad, Iran
6. Associated Prof., Seed and Plant Improvement Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Darab, Iran (Corresponding author) (Email: Hzali90@yahoo.com)