

منیک ابزار آنلاین برای تخمین شاخص های تنش غیرزیست گیاهی

علیرضا پورا بوضاحه 1,8
صدیقہ Kadambot HM, 7
محسن یوسفیان 2
هدی مرادخانی 3
محمد مقدم واحد 4، پیتر پوکزی 5,6,8
، و

نسخه خطی دریافت شده در 27 فوریه 2019؛ بازبینی در 16 ژوئن 2019 پذیرفته شد.

مؤسسه اصلاح و بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران

مگروه علوم کامپوتر، دانشگاه مانتوبا، وینینگ، مانتوبا، کانادا

مگروه اصلاح نباتات، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه، ایران

وحداد گیاه شناسی، موزه تاریخ طبیعی فنلاند، دانشگاه هلسینکی،
صندوق پستی 7، هلسینکی FI-00014، فنلاند

موسسه کشاورزی UWA، دانشگاه استرالیای غربی، LB 5005، پرت،
استرالیای غربی 6001، استراليا
نویسندگان مکاتبات: a.poraboghadareh@gmail.com,
peter.poczaj@helsinki.fi

نقل قول: پوراوبوداره، ع. م. یوسفیان، ح. مرادخانی، م. مقدم واحد، پ. پوکریوخی و خ.ام صدیق. 2019.
من. یک ابزار آنلاین برای تخمین شاخص های تنش غیرزیست گیاهی
PASTIC: کاربرد در علوم گیاهی. 7(1): e11278
doi:10.1002/aps3.11278

فرضیه: در برنامه های اصلاحی محصولات، اصلاح کنندگان از عملکرد عملکرد در محیط های بهینه و استرس زا به عنوان شاخص کلیدی برای غربالگری محتمل ترین ژنوتیپ ها استفاده می کنند. در طول چهارده گذشته، چندین شاخص مبتنی بر عملکرد برای ارزیابی تحمل به تنش در محصولات پیشنهاد شده است. علیرغم استفاده به خوبی تثبیت شده از این شاخص ها در زراعت و اصلاح نباتات، نرم افزار کاربری سندی که دسترسی به این روش ها را فراهم کند، هنوز وجود ندارد.

روش‌ها و نتایج: ماشین حساب شاخص استرس غیر زنده گیاهی (من.و تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی ارایه‌هنگام D و C و B و A)، همراه با این شاخص ها، این ابزار به راحتی می تواند الگوهای رتبه بندی آن ها را محاسبه کند. فرکانس نسبی را برای هر شاخص تخمین بزنند، و نقشه های حرارتی را بر اساس تحلیل های همبستگی رتبه بندی پیرسون و اسپیرمن ایجاد کند. علاوه بر این، همچنین می تواند نمودارهای سه بعدی را بر اساس عملکرد عملکرد و هر شاخص برای جدا کردن ژئوتیپ های ورودی به گروه های فرناندز. YI(و شاخص عملکرد STI) شاخص تحمل تنش، SSI(شاخص حساسیت به تنش، GMP(میانگین هندسی بهره‌وری، YSI(محاسبه می کند. شاخص ثبات عملکرد HM(میانگین هارمونیک، MP(میانگین بهره‌وری، RSI(شاخص تنش نسبی، TOL(است که شاخص های متداول تحمل تنش و حساسیت را برای صفات مختلف محصول از جمله شاخص تحمل R یک برنامه آنلاین مبتنی بر جاوا اسکریپت و PASTIC

نتیجه‌گیری: من: موجود است <https://mohsenyousefian.com/ipastic/> می‌تواند به طور گسترده در برنامه‌های زراعت و اصلاح نباتات به عنوان یک رابط کاربر پسند برای کشاورزان و پرورش دهندگانی که با حجم زیادی از داده‌ها سروکار دارند، استفاده شود. این نرم افزار در آدرس <https://mohsenyousefian.com/ipastic/> موجود است

کلیدواژه‌ها: استرس‌های غیر زنده؛ نرم افزار آنلاین؛ تجزیه و تحلیل اجزای اصلی؛ شاخص انتخاب؛ طرح سه‌بعدی؛ شاخص‌های تحمل و حساسیت

بحران اقلیمی فراوانی و شدت استرس های غیر زنده و غیر زنده را افزایش داده است. در دهه های اخیر، اثرات این عوامل استرس زا بر تولید محصول اهمیت فزاینده ای پیدا کرده است (ووغان و همکاران، 2018). کارایی برنامه های اصلاحی در محیط های متنوع را می توان با به دست آوردن درک ارتباط بین عملکرد عملکرد و معیارهای مختلف انتخاب، و همچنین با برآورد دقیق تحمل به تنش در مواد ژنتیکی به طور قابل توجهی بهبود بخشید (کولارد و مکیل، 2008؛ خو، 2016). در اکثر محصولات زراعی، عملکرد عملکرد معیار اصلی برای ارزیابی تحمل به عوامل استرس زای محیطی مختلف است. به عنوان مثال، در برنامه های بهبود محصول، پژوهش دهندگان از عملکرد عملکرد و پایداری آن در شرایط مختلف رشد استفاده می کنند (به عنوان مثال، خشکسالی، شوری، دما، شدد،

تحميل استرس بنابرین، غربالگری برای تحمل به یک تنش خاص مبتنی بر عملکرد بالا در محیط های بدون تنش و تنش است (کلارک و همکاران، 1992)، به طوری که ژنوتیپ های با عملکرد بالا در هر دو محیط متحمل در نظر گرفته می شوند.

بر اساس نظریه فرناندز (فرناندز، 1992)، ژنوتیپ ها را می توان بر اساس پاسخ عملکرد به شرایط استرس زا به چهار گروه طبقه بندی کرد: (1) عملکرد نسبتاً پیکناخت در هر دو محیط بدون تنش و تنش (گروه A)، (2) بالا. عملکرد در محیط های بدون تنش (گروه B)، (3) عملکرد بالا در محیط های تحت استرس (گروه C) و (4) عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنش و استرس (گروه D). در رابطه با این طبقه بندی ها، چندین شاخص تحمل، تنش و حساسیت مبتنی بر عملکرد فرموله شده است تا

الگوهای ژنوتیپ ها بر اساس هر شاخص. با استفاده از چارچوب های WebGL و (Cabello, 2014) Three.js، این نرم افزار یک نمودار سه بعدی (3D) تعاملی را بر اساس بازده (Yp) عملکرد بازده در شرایط بدون تنش، و Ys: عملکرد بازده تحت شرایط استرس) ارائه می کند. هر شاخص در نتیجه، کاربران می توانند ژنوتیپ ها را به گروه های A، B، C و D اختصاص دهند که توسط فرناندز (1992) توضیح داده شده است. بر اساس ضرایب همبستگی مرتبه مرتبه پیرسون و اسپیرمن (پیرسون، 1895؛ اسپیرمن، 1904)، من. تجسم کنند PCA ابزار دیگری است که در این نرم افزار موجود است، که کاربران را قادر می سازد تا ارتباط بین ژنوتیپ های آزمایش شده و بردارهای شاخص را در یک بای پلات مبتنی بر (PCA) نمایش داده می شوند، شناسایی کند. فراوانی نسبی هر شاخص را نیز می توان تخمین زد. تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی Canvas می تواند روابط متقابل بین شاخص ها و رتبه های آنها را با استفاده از نقشه (های) حرارتی که با ابزار PASTIC

پس از انجام دستورالعمل های موجود در وب سایت، نتایج در پنج تب جداگانه نمایش داده می شود. تب اول، شاخص ها، شامل دو برگه مجزا می باشد. برگه اول میانگین عملکرد (برای هر صفت) را در شرایط بدون تنش و استرس، تغییرات نسبی ناشی از تنش و مقادیر واقعی نه شاخص اندازه گیری شده را نشان می دهد. برگه دوم رتبه بندی ژنوتیپ را برای هر شاخص به همراه رتبه های مجموع، مجموع میانگین رتبه ها (ASR) و انحراف معیار (SD) نشان می دهد که همه آنها با فرمت Excel قابل دانلود هستند.

تب دوم، فرکانس ها، فراوانی نسبی ژنوتیپ ها را بر اساس عملکرد و هر شاخص ارائه می دهد. این تب کاربران را قادر می سازد تا اطلاعات بیشتری در مورد توزیع ژنوتیپ ها در طبقات مختلف به دست آورند. هنگامی که یک شاخص انتخاب می شود، ژنوتیپ های متعلق به هر کلاس در پایین نمودار فراوانی نمایش داده می شوند.

در تب سوم، نمودارهای همبستگی، ارتباط بین شاخص های مختلف و عملکرد در دو نقشه حرارتی مجزا نشان داده شده است. تحلیل همبستگی پیرسون ضرایب همبستگی مرتبه ای بین مقادیر واقعی شاخص ها تخمین می زند. تحلیل همبستگی مرتبه ای اسپیرمن روابط بین رتبه های شاخص ها را نشان می دهد. کاربر این امکان را دارد که نتایج را به عنوان یکی از سه نقشه حرارتی مختلف (یعنی مربع، دایره یا مقادیر مخلوط و دایره) نمایش دهد.

تب چهارم، سه بعدی، یک نمودار سه بعدی برای هر شاخص همراه با بازده ارائه می کند. بعد سوم قابل تنظیم است و کاربران می توانند هر یک از شاخص ها را از نوار منو در پایین صفحه برای ایجاد یک نمودار سه بعدی انتخاب کنند. من همچنین دارای ابزاری برای بررسی موقعیت هر ژنوتیپ به صورت جداگانه است. انتخاب یک یا چند ژنوتیپ در "پانل کنترل ژنوتیپ ها" در سمت راست PASTIC

مشخص کردن پاسخ ژنوتیپ ها در محیط های مختلف و انتخاب ژنوتیپ های متحمل. اینها عبارتند از: شاخص تحمل (TOL؛ روزیل و هامبلین، 1981)، شاخص خشکسالی نسبی (RDI؛ فیشرو و وود، 1979؛ در اینجا به عنوان شاخص تنش نسبی [RSI])، بهره وری متوسط (MP؛ روزیل و هامبلین، 1981)، میانگین هارمونیک (HM؛ Bidingner و همکاران، 1987)، شاخص ثبات عملکرد (YSI؛ YSI، 1984؛ Bouslama and Schapaugh)، میانگین هندسی بهره وری (GMP؛ Fernandez، 1992)، شاخص حساسیت به تنش (SSI؛ Fischer and Maurer، 197؛ Fischer and Maurer، 197)، شاخص تحمل استرس (STI؛ فرناندز، 1992)، و شاخص عملکرد (YI؛ Gavuzzi و همکاران، 1997).

نه شاخص پیشنهادی برای اولین بار برای غربال ژنوتیپ های مقاوم به خشکی مورد استفاده قرار گرفت و معمولاً به عنوان شاخص های تنش خشکی شناخته می شوند. با این وجود، این شاخص ها می توانند در مطالعات دیگر - از جمله عوامل استرس زای غیرزیستی و زیستی - برای غربالگری ژنوتیپ های متحمل و حساس مورد استفاده قرار گیرند. در طول چهارده گذشته، این شاخص ها به طور مستقل در برنامه های اصلاحی متعددی توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال، بسته نرم افزاری که همه این شاخص ها را در یک منبع واحد ادغام کند تا کنون ایجاد نشده است. بنابراین، ما اولین نرم افزار آنلاین کاربرپسند را ارائه می دهیم که این نیاز را برآورده می کند، محاسبه گر شاخص استرس غیر زنده گیاهی، من پاستیک).

روش ها و نتایج

شرح نرم افزار PASTIC و قابلیت های آن

جدول 1 فرمول های ریاضی و الگوی انتخاب هر شاخص را نشان می دهد. من، دسترسی داشته باشند. علاوه بر وب اپلیکیشن (/iPASTIC/ GitHub) https://github.com/pour-aboughadareh و مجموعه داده های پشتیبانی کننده در (R، تیم هسته توسعه) R از طرف دیگر، کاربران می توانند به کدهای منبع به زبان R (/ipast ic/ mohsenyousefian.com) https://mohsenyousefian.com در سمت سرور نوشته شده است و به عنوان یک برنامه وب در دسترس است PHP به زبان برنامه نویسی جاوا اسکریپت در سمت مرورگر و PASTIC من، را می خواند، از این رو حتی برای کاربرانی که دانش محدودی از زبان های برنامه نویسی کامپیوتر دارند، آسان و قابل دسترس است. به عنوان عملکرد اصلی آن Microsoft Excel برای کاربران پیشرفته تر در دسترس است. شکل 1 جریان اطلاعات این نرم افزار را نشان می دهد. این نرم افزار فرمت های استاندارد R به زبان PASTIC من شاخص و درصد تغییر نسبی ناشی از تنش نسبت به محیط بدون تنش را برای مجموعه ای از ژنوتیپ ها محاسبه می کند. رتبه را نیز محاسبه می کند PASTIC 9

میزان 1. فرمول های ریاضی شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده توسط نرم افزار PASTIC.

فهرست مطالب	فرمول	الگوی انتخاب	ارجاع
تحمل	$TOL = Y - Y_{as}$	حداقل ارزش	and Hamblin 1981(
بهره وری متوسط	$p = \frac{Y_{+p} Y}{Y_{+p} Y_{+s}}$	حداکثر مقدار	Rosielle and Hamblin 1981(Rosielle
میانگین بهره وری هندسی	$MP = \frac{Y}{Y_{+s}}$	حداکثر مقدار	فرناندز(1992)
میانگین هارمونیک	$2M = \frac{(Y_{+s})Y}{(Y_{+s})^2}$	حداکثر مقدار	بایدیگرو همکاران (1987)
شاخص حساسیت به استرس	$SI = \frac{(Y_{+s})Y}{(Y_{+s})^2}$	حداقل ارزش	فیشرو مورر (1978)
شاخص تحمل استرس	$TI = \frac{Y_{+s} Y}{(Y_{+s})^2}$	حداکثر مقدار	فرناندز(1992)
شاخص بازده	Y_{+s}	حداکثر مقدار	گاووزی و همکاران (1997)
شاخص ثبات عملکرد	$SI = \frac{Y_{+s} Y}{(Y_{+s})^2}$	حداکثر مقدار	بوسلماو شاپو (1984)
شاخص استرس نسبی	$SI = \frac{(Y_{+s})Y}{(Y_{+s})^2}$	حداکثر مقدار	فیشرو وود (1979)



نوارمتری شاخص موقعیت ژئوتیپ های انتخاب شده را نشان می دهد. با کلیک بر روی نوارها در نمودار سه بعدی، برچسب هر ژئوتیپ نمایش داده می شود. زاویه دید طرح را می توان با کشیدن طرح سه بعدی تغییر داد. پس از انتخاب بهترین موقعیت و زاویه دید، نمودار نهایی به صورت فایل تصویری قابل دانلود است.

تب پنجم، *PCA*، نتایج تجزیه و تحلیل *PCA* را نشان می دهد که بیشتر به عنوان یک رویکرد چند متغیره در تجزیه و تحلیل داده های تحقیقی و برای مدل های پیش بینی استفاده می شود. همچنین می توان از آن برای تجسم فاصله و ارتباط بین ورودی ها استفاده کرد. *PCA* را می توان با تجزیه ارزش ویژه یک ماتریس همبستگی داده (یا کوواریانس) یا تجزیه مقدار منفرد یک ماتریس داده، معمولاً پس از یک مرحله عادی سازی داده های اولیه انجام داد. نتایج *PCA* در یک فایل اکسل دانلود می شود. در فایل خروجی، خلاصه آمار توصیفی (شامل حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار)، ماتریس همبستگی (یا کوواریانس)، مقادیر ویژه، بردارهای ویژه، بارعاملی، سهم متغیرها در هر جزء و نمرات عامل برای هر ژئوتیپ آمده است. در برگه های جداگانه نمایش داده می شود. در این بخش، بای پلات را دنبال بر روی دو جزء اصلی اول ارائه می شود، اما من را روی هر دو جزء اصلی دلخواه ارائه دهند *biplot* ابزار مفیدی را فراهم می کند که کاربران را قادر می سازد تا *PASTIC*

برای آزمون دقت نرم افزار، از دو مجموعه داده جمع آوری شده از دو آزمایش برای غربالگری متحمل ترین ژنوتیپ ها در پاسخ به تنش های شدید شوری و کمبود آب استفاده شد. در مجموعه داده 1، ما 90 ژنوتیپ والحاق از خویشاوندان کشت شده و وحشی گندم را در شرایط کنترل و شور مورد آزمایش قرار دادیم. آزمایش گلخانه ای گلخانه ای در سال 1394-95 در گروه تولید و اصلاح نباتات دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) قزوین، ایران انجام شد. اطلاعات در مورد چیدمان آزمایشی، شرایط رشد، تیمارهای شوری، و جمع آوری عملکرد زیست توده زیرزمینی تحت کنترل (Yp) و شرایط شور (Ys) برای هر گیاهچه در احمدی و همکارانش موجود است. (2018b). اطلاعات دقیق در مورد ژنوتیپ های آزمایش شده در ضمیمه S1 موجود است. نتایج نه بر اساس عملکرد

<http://www.wileyonlinelibrary.com/journal/AppsPlantSci>

© 2023 Wiley Periodicals, Inc. | All rights reserved. | This article is a U.S. Government work and, as such, is in the public domain in the United States of America. | This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). | For all other use, permission should be sought from Wiley Periodicals, Inc. | This article is published with the understanding that Wiley Periodicals, Inc. is not liable for any consequences arising from the use of the information contained herein.

قدردانی

نویسندگان از دکتر جیمز تامپسون از وزارت کشاورزی ایالات متحده (USDA) برای بازنگری پیش نویس اولیه نسخه خطی تشکر می کنند. حمایت مالی از LUOMUS Trigger Fund و سازمان همکاری اقتصادی و توسعه (OECD) برنامه تحقیقات تعاونی (CRP) (به PP) دریافت شد.

دسترسی به داده ها

کدهای منبع اسکریپت R مورد استفاده برای توسعه من و /iPASTIC/ (https://github.com/pour-aboughadareh/GitHub) و همچنین مجموعه داده های پشتیبانی، در PASTIC من برنامه وب PASTIC در https://mohsenyousefian.com/ipastic/ موجود است.

اطلاعات پشتیبانی

اطلاعات پشتیبانی اضافی را می توان به صورت آنلاین در برگه اطلاعات پشتیبانی این مقاله یافت.

ضمیمه S1. برچسب، شماره دسترسی بانک ژن، و گونه های 90 ژنوتیپ گندم و توده های آزمایش شده در مجموعه داده 1.

ضمیمه S2. عملکرد عملکرد 90 ژنوتیپ و توده گندم تحت شرایط شاهد (Yp) و شور (Ys) همراه با تغییر نسبی (RC) ناشی از تنش و تحمل و شاخص های حساسیت محاسبه شد. من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S3. رتبه بندی عملکرد 90 ژنوتیپ و توده گندم تحت شرایط کنترل (Yp) و شور (Ys) به همراه شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده با استفاده از من نرم افزار PAS-TIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S4. (محاسبه شده توسط GMP) شاخص های میانگین بهره وری هندسی (D) و (MP) شاخص های میانگین بهره وری (C) (فراوانی نسبی D-) (C) شرایط تنش در 90 ژنوتیپ گندم و الحاق B) (کنترل و A) (فراوانی نسبی عملکرد در شرایط A-B من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S5. فراوانی نسبی (A) شاخص تنش نسبی (RSI)، (B) شاخص تحمل تنش (STI)، (C) شاخص حساسیت به تنش (SSI) و (D) شاخص بازده (YI) محاسبه شده توسط من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S6. فرکانس نسبی (A) شاخص پایداری تسلیم (YSI)، (B) میانگین هارمونیک (HM) و (C) شاخص تحمل (TOL) محاسبه شده توسط من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S7. نمودار نقشه حرارتی ارائه شده بر اساس تحلیل همبستگی پیرسون برای مجموعه داده 1. برای تعاریف کامل شاخص ها به جدول 1 مراجعه کنید.

ضمیمه S8. نمودار سه بعدی ارائه شده بر اساس شاخص STI و عملکرد عملکرد (Yp و Ys) 90 ژنوتیپ گندم و الحاق در مجموعه داده 1. هر نمودار یک زاویه دید از توزیع ژنوتیپ های ورودی به گروه های فرناندز (A-D) را نشان می دهد.

ضمیمه S9. بای پلات مبتنی بر تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی بر اساس ماتریس همبستگی Yp، Ys و 9 تلورانس ارائه شده است.

و شاخص های حساسیت با استفاده از من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه S10. عملکرد عملکرد 9 ژنوتیپ گندم در شرایط کنترل (Yp) و شور (Ys) همراه با تغییر نسبی (RC) ناشی از تنش و تحمل و شاخص های حساسیت محاسبه شد. من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ضمیمه S11. رتبه بندی عملکرد نه ژنوتیپ گندم تحت شرایط کنترل (Yp) و شور (Ys) به همراه شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده با استفاده از من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ضمیمه S12. نمودار نقشه حرارتی ارائه شده بر اساس تحلیل همبستگی پیرسون برای مجموعه داده 2. برای تعاریف کامل شاخص ها به جدول 1 مراجعه کنید.

ضمیمه S13. نمودار سه بعدی ارائه شده بر اساس شاخص STI و عملکرد عملکرد (Yp و Ys) 90 ژنوتیپ گندم و الحاق در مجموعه داده 2.

ضمیمه S14. بای پلات مبتنی بر تحلیل مؤلفه های اصلی بر اساس ماتریس همبستگی Yp، Ys و نه شاخص تحمل و حساسیت محاسبه شده با استفاده از من نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ادبیات نقل شده

- احمدی، ج.، ع. پورابوعدره، س. فابریکی اورنگ، ع. ع. محرابی، و ک. خویشتاندان وحشی گندم. a. صدیق. 2018. *Aegilops-Triticum* الحاق ها پاسخ های آنتی اکسیدانی و فیزیولوژیکی متفاوتی را به تنش آبی نشان می دهند. *Acta Physiologiae Plantarum* 40:90.
- احمدی، ج.، ع. پورابوعدره، س. فابریکی اورنگ، ع. ع. محرابی و خ. م. صدیق. 2018b. غربالگری اجداد وحشی گندم برای تنش شوری در مراحل اولیه رشد گیاه: بینش به منابع بالقوه تنوع برای سازگاری با شوری در گندم علم زراعی و مرتع ارزیابی مجدد خشکسالی. GD Rao. 1987. و Bidinger, FR. V. Mahalakshmi. 69:649-658.
- مقاومت در ارزن مروارید (*Pennisetum americanum* (L) لیک)، II. برآورد پاسخ ژنوتیپ به استرس. *مجله تحقیقات کشاورزی استرالیا* 38: 49-59.
- بوسلما، ام.، و دبلیو تی شاپاگ. 1984. تحمل استرس در سویا. قسمت 1: ارزیابی سه تکنیک غربالگری برای تحمل گرما و خشکی. *علم زراعی* 24: 933-937.
- Cabello, R. 2014. <https://github.com/mrdoob/three.js/blob/master/LICENSE> [دسترسی در 1 مه 2014].
- Cabello, R., P. Monneveux, FD Mendiburu, و M. Bonierbale. 2013. مقایسه شاخص های تحمل به خشکی بر اساس عملکرد در ارقام اصلاح شده، ذخایر ژنتیکی و توده های سبب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). *ایوفیتیکا* 193: 147-156.
- کلارک، جی ام، آر ام دی پاو، و تی ام تاونلی اسمیت. 1371. ارزیابی از روش های کمی تحمل به خشکی در گندم علم زراعی 32: 728-732.
- کولارد، بی سی و دی جی مکیل. 2008. انتخاب به کمک نشانگر: یک برنامه روشی برای اصلاح دقیق گیاهان در قرن بیست و یکم معاملات فلسفی انجمن سلطنتی لندن سری 363B: 557-572. اطمینان، ع.، ع. پورابوعدره، ر. محمدی، ل. شوشتری، م.
- یوسفی آذرخانیان و ج. مرادخانی. 2019. تعیین بهترین شاخص های تحمل به خشکی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN): بینش کاربرد کشاورزی هوشمند در زراعت و اصلاح نباتات. *ارتباطات تحقیقات غلات* 47: 170-181.
- معیارهای انتخاب موثر برای ارزیابی تنش گیاه. Fernandez, GCJ 1992. تحمل که درسازگاری محصولات غذایی با دما و [ویرایش] CG Kuo

- تنش‌آبی، 257-270. مرکز تحقیقات و توسعه سبزیجات آسیایی، شان‌هوا، تایوان.
- فیشر، RA، و 1357 R. Maurer. مقاومت به خشکی در کشت گندم بهاره. *پاسخ‌عملکرد دانه vars. I. مطالعه تحقیقات کشاورزی استرالیا* 29: 912-897.
- فیشر، RA، و تی. وود. 1358. مقاومت به خشکی در کشت گندم بهاره. ارتباط‌عملکرد با صفات مورفولوژیکی vars III. *مطالعه تحقیقات کشاورزی استرالیا* 30: 1001-1020.
- گنجعلی، ع.، ح. پورسا، و ع. باقری. 1390. ارزیابی نخود ایرانی (*Cicer arietinum*). ژرم پلاسما ها برای تحمل به خشکی (. *امدیریت آب کشاورزی* 98: 1477-1484.
- B. و Gavuzzi, P., F. Rizza, M. Palumbo, RG Campaline, GL Ricciardi. 1376. ارزیابی پیش بینی کننده های مزرعه ای و آزمایشگاهی تحمل به خشکی وگرما در غلات زمستانه. *مجله علوم گیاهی کانادا* 77: 523-531.
- گویتیری، ام جی، چی سی استارک، کی برین و ای. سوزا. 1380. حساسیت نسبی از عملکرددانه گندم بهاره و پارامترهای کیفی برای کمبود رطوبت. *علم زراعی* 41: 327-335.
- خلیلی، م.، محمدرضا نقوی، ع. پوراوغدره و ج. طالب زاده. 2012. ارزیابی‌تحمل به تنش خشکی بر اساس شاخص های انتخاب در ارقام کلزای بهاره *براسیکاناپوس* (. *مجله علوم کشاورزی* 4: 78-85.
- خلیلی، م.، ع.ر. پوراوغدره، محمدرضا نقوی و ع.محمد. امینی. 1393. ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ های گلرنگ بر اساس شاخص های تحمل به خشکی. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 42: 214-218.
- خلیلی، م.، ع. پوراوغدره و محمدرضا نقوی. 2016. ارزیابی از تحمل‌به خشکی در جو: معیار انتخاب تلفیقی و شاخص های تحمل به خشکی. *زیست شناسی زیست محیطی و تجربی* 14: 41-33. لیور، جی.، ام. کرژیوینسکی و ان. آلمن. 2017. تحلیل مؤلفه های اصلی. *روش‌های طبیعت* 14: 641-642.
- پیرسون، ک. 1895. نکاتی در مورد رجعت و ارث در مورد دو والدین. *مجموعه مقالات انجمن سلطنتی لندن* 58: 242-240.
- پورسیاهیدی، م.م و ع. پوراوغدره. 1392. ارزیابی غلات عملکردو تکرارپذیری شاخص های تحمل به خشکی برای غربالگری نخود (*aritinum* Cicer). ژنوتیپ ها در شرایط دیم (. *مجله ژنتیک و اصلاح نباتات ایران* 2: 28-37.
- تیم‌اصلی توسعه R 2014. R: زبان و محیطی برای آمار محاسبات‌تیکال بنیاد R برای محاسبات آماری، وین، اتریش. وب سایت <https://www.r-project.org/> [دسترسی در سپتامبر 2018].
- جنبه‌های نظری انتخاب برای بازده در Rosielle, AA, و J. Hamblin. 1981. محیط‌های استرس زا و بدون استرس علم زراعی 21: 943-946. ساردویی نسب، س.، گ. محمدی نژاد و ب. ناخدا. 2019. ثبات عملکرد تأثیر ژرم پلاسما گندم نان در تنش خشکی و شرایط بدون تنش *مجله کشاورزی* 111: 175-181.
- اثبات و اندازه گیری ارتباط بین دو Spearman, C. 1904. چیزها *مجله روانشناسی آمریکا* 15: 101-72.
- Vaughan. MM. A. Block, SA Christensen, LH Allen, و EA Schmelz. 2018. اثرات تنش های غیرزیستی مرتبط با تغییرات آب و هوایی بر روی دفاع گیاهی ذرت. *بررسی های فیتوشیمی* 17: 37-49.
- برای مرزگشایی اثرات زیست محیطی بر گیاهان زراعی Xu, Y. 2016. *Envirotyping ژنتیک نظری و کاربردی* 129: 653-673.