

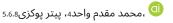


*من*یک ابزار آنلاین برای تخمین شاخص های تنش غیرزیست گیاهی **PASTIC:**

عليرضاپورابوضاحه،1 صدیق،Kadambot HM

محسن يوسفيان2، محسن

هدی مرادخانی₃





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

۱مؤسسه اصلاح و بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی(AREEO)، کرج، ایران

2گروه علوم کامپیوتر، دانشگاه مانیتوبا، وینیپگ، مانیتوبا، کانادا

دگروه اصلاح نباتات، واحد کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمانشاه،

۵گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

واحد گیاه شناسی، موزه تاریخ طبیعی فنلاند، دانشگاه هلسینکی، صندوقپستی 7، هلسینکی FI-00014، فنلاند

هَگروه فیزیولوژی گیاهی مولکولی، موسسه تحقیقات آب و تالاب، دانشگاهرادبود، GL Nijmegen 6500، هلند

7موسسه کشاورزی UWA، دانشگاه استرالیای غربی، LB 5005، پرت، استرالیایغربی 6001، استرالیا

> ، a.poraboghadareh@gmail.com ؛نویسندگان مکاتبات peter.poczai@helsinki.fi

نقلقول: پورابوغداره، ع.، م. یوسفیان، ح. مرادخانی، م. مقدم واحد، پ. پوکزیو خ.ام صدیق. 2019. *من*.یک اُبزار ُ آنلاین برای تخمین شاخص های تنش غیرزیست گیاهی :PASTIC *کاربرد در علوم گیاهی*.PASTIC)7(7

doi:10.1002/aps3.11278

فرضیه: در برنامه های اصلاحی محصولات، اصلاح کنندگان از عملکرد عملکرد در محیط های بهینه و استرس زابه عنوان شاخصی کلیدی برای غربالگری متحمل ترین ژنوتیپ ها استفاده می کنند. در طول چهاردهه گذشته، چندین شاخص مبتنی بر عملکرد برای ارزیابی تحمل به تنش در محصولات پیشنهاد شدهاست. علیرغم استفاده به خوبی تثبیت شده از این شاخص ها در زراعت و اصلاح نباتات، نرم افزار کاربرپسندی 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 ارائهکند)D و A، B، C همراه با این شاخص ها، این ابزار به راحتی می تواند الگوهای رتبه بندی آن ها را محاسبهکند، فرکانس نسبی را برای هر شاخص تخمین بزند، و نقشه های حرارتی را بر اساس تحلیل های همبستگیرتبه بندی پیرسون و اسپیرمن ایجاد کند. علاوه بر این، همچنین می تواند نمودارهای سه بعدی رابر اساس عملکرد عملکرد و هر شاخص برای جدا کردن ژنوتیپ های ورودی به گروه های فرناندز .)YI(و شاخصعملكرد)STI(شاخص تحمل تنش ،)SSI(شاخص حساسيت به تنش ،)GMP(ميانگين هندسي بهرهوری ،)YSI(محاسبه می کند. شاخص ثبات عملکرد)HM(میانگین هارمونیک ،)MP(میانگین بهره وری ،)RSI(شاخص تنش نسبی ،)TOL(است که شاخص های متداول تحمل تنش و حساسیت را برای صفاتمختلف محصول از جمله شاخص تحمل R یک برنامه آنلاین مبتنی بر جاوا اسکریپت و PASTIC(

نتیجهگیری:من.موجود است /https://mohsenyousefian.com/ipastic می تواند به طور گسترده در برنامه های زراعتو اصلاح نباتات به عنوان یک رابط کاربر پسند برای کشاورزان و پرورش دهندگانی که با حجم زیادی از داده ها سروکاردارند، استفاده شود. این نرم افزار در آدرس PASTIC

کلیدواژه هااسترس های غیر زنده؛ نرم افزار آنلاین; تجزیه و تحلیل اجزای اصلی؛ شاخص انتخاب؛ طرح سهبعدی؛ شاخص های تحمل و حساسیت

> بحراناقلیمی فراوانی و شدت استرس های غیر زنده و غیر زنده را افزایش دادهاست. در دهه های اخیر، اثرات این عوامل استرس زا بر تولید محصولاهمیت فزاینده ای پیدا کرده است (ووگان و همکاران، 2018). کاراییبرنامه های اصلاحی در محیط های متنوع را می توان با به دست آوردندرک ارتباط بین عملکرد عملکرد و معیارهای مختلف انتخاب، و همچنینبا برآورد دقیق تحمل به تنش در مواد ژنتیکی به طور قابل توجهی بهبودبخشید (کولارد و مکیل، 2008؛ خو، 2016). در اکثر محصولات زراعی،عملکرد عملکرد معیار اصلی برای ارزیابی تحمل به عوامل استرس زایمحیطی مختلف است. به عنوان مثال، در برنامه های بهبود محصول، پرورشدهندگان از عملکرد عملکرد و پایداری آن در شرایط مختلف رشد استفادهمی کنند (به عنوان مثال، خشکسالی، شوری، دمای شدید،

تحملاسترس بنابراین، غربالگری برای تحمل به یک تنش خاص مبتنی بر عملکردبالا 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 درنظر گرفته می شوند.

براساس نظریه فرناندز (فرناندز، 1992)، ژنوتیپ ها را می توان بر اساسپاسخ عملکرد به شرایط استرس زا به چهار گروه طبقه بندی کرد: (1) عملکردنسبتا یکنواخت 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 هایتحت استرس (گروه C) و (4) عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنشو استرس (گروه D). در رابطه با این طبقه بندی ها، چندین شاخص تحملتنش و حساسیت مبتنی بر عملکرد فرموله شده است تا

مشخصکردن پاسخ ژنوتیپ ها در محیط های مختلف و انتخاب ژنوتیپ های متحمل. اینها عبارتند از: شاخص تحمل (۲۰۱۲؛ روزیل و هامبلین، 1981)، شاخص خشکسالی نسبی (RDI؛ فیشر و وود، 1979؛ در اینجا به عنوانشاخص تنش نسبی [RSI])، بهره وری متوسط (MP؛ روزیل و عنوانشاخص تنش نسبی [RSI])، بهره وری متوسط (Bidinger ؛ HM) و همکاران، 1987)، میانگین هارمونیک (HM؛ Bidinger و همکاران، 1987)، شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP؛ (Fernandez، 1992)، شاخص میانگین هندسی بهره وری (GMP؛ (Fernandez، 1992)، شاخص تحمل حساسیتبه تنش (SSI)، و شاخص عملکرد (Fischer and Maurer، 197) و همکاران، 1997).

نهشاخص پیشنهادی برای اولین بار برای غربال ژنوتیپ های مقاوم به خشکیمورد استفاده قرار گرفت و معمولاً به عنوان شاخص های تنش خشکیشناخته می شوند. با این وجود، این شاخص ها می توانند در مطالعاتدیگر - از جمله عوامل استرس زای غیرزیستی و زیستی - برای غربالگریژنوتیپ های متحمل و حساس مورد استفاده قرار گیرند. در طول چهاردهه گذشته، این شاخص ها به طور مستقل در برنامه های اصلاحی متعددیتوسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته اند. با این حال، بسته نرم افزاریکه همه این شاخص ها را در یک منبع واحد ادغام کند تا کنون ایجادنشده است. بنابراین، ما اولین نرم افزار آنلاین کاربرپسند را ارائه می دهیمکه این نیاز را برآورده می کند، محاسبه گر شاخص استرس غیر زندهگیاهی. من یاستیک).

روشها و نتایج

شرح*من*نرم افزار PASTIC و قابلیت های آن

جدول1 فرمول های ریاضی و الگوی انتخاب هر شاخص را نشان می دهد. *من*،دسترسی داشته باشند. علاوه بر وب اپلیکیشن)/iPASTIC/ *من*،دسترسی داشته باشند. علاوه بر وب اپلیکیشن)/GitHub (و مجموعه دادههای پشتیبانی کننده در)R ، 2014 تیم هسته توسعه(R از طرف دیگر، کاربرانمی توانند به کدهای منبع به زبان .//ipast ic/

وبه عنوان یک برنامه وب در دسترس است PHP به زبان برنامه نویسی وبه عنوان یک برنامه وب در دسترس است PHP به زبان برنامه نویسی جاوااسکریپت در سمت مرورگر و PASTICمن،را می خواند، از این رو حتی برایکاربرانی که دانش محدودی از زبان های برنامه نویسی کامپیوتر دارند، آسانو قابل دسترس است. به عنوان عملکرد اصلی آن Microsoft Excel این نرم برایکاربران پیشرفته تر در دسترس است. شکل 1 جریان اطلاعات این نرم افزاررا 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 محاسبهمی کند PASTIC 9

الگوهایژنوتیپ ها بر اساس هر شاخص. با استفاده از چارچوب های WebGL و WebGl، 2014(و Three.js)Cabello، 2014(و WebGL و WebGL، 2014(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 شاخصدر نتیجه، کاربران می توانند ژنوتیپ ها را به گروه های A، B، C و شاخصاص دهند که توسط فرناندز (1992) توضیح داده شده است. بر اساسضرایب همبستگی مرتبه مرتبه پیرسون و اسپیرمن (پیرسون، اساسضرایب همبستگی مرتبه مرتبه پیرسون و اسپیرمن (پیرسون، 1895؛اسپیرمن، 1904)،من.تجسم کنند PCA ابزار دیگری است که در این نرمافزار موجود است، که کاربران را قادر می سازد تا ارتباط بین ژنوتیپ هایآزمایش شده و بردارهای شاخص را در یک بای پلات مبتنی بر)PCA(نمایشداده می شوند، شناسایی کند. فراوانی نسبی هر شاخص را نیز می تواند روابط متقابلبین شاخص ها و رتبه های آنها را با استفاده از نقشه(های) حرارتی کهبا ابزار PASTIC ابزار PASTIC)

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

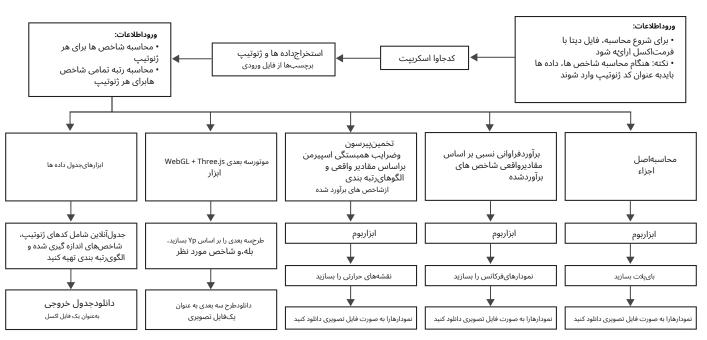
تبدوم، *فرکانس ها*، فراوانی نسبی ژنوتیپ ها را بر اساس عملکرد و هرشاخص ارائه می دهد. این تب کاربران را قادر می سازد تا اطلاعات بیشتریدر مورد توزیع ژنوتیپ ها در طبقات مختلف به دست آورند. هنگامیکه یک شاخص انتخاب می شود، ژنوتیپ های متعلق به هر کلاس درپایین نمودار فراوانی نمایش داده می شوند.

درتب سوم،*نمودارهای همبستگی*، ارتباط بین شاخص های مختلف و عملکرددر دو نقشه حرارتی مجزا نشان داده شده است. تحلیل همبستگی پیرسونضرایب همبستگی همبستگی را بین مقادیر واقعی شاخص ها تخمینمی زند. تحلیل همبستگی مرتبه ای اسپیرمن روابط بین رتبه های شاخص هارا نشان می دهد. کاربر این امکان را دارد که نتایج را به عنوان یکیاز سه نقشه حرارتی مختلف (یعنی مربع، دایره یا مقادیر مخلوط و دایره

تبچهارم، *سه بعدی*، یک نمودار سه بعدی برای هر شاخص همراه با بازدهارائه می کند. بعد سوم قابل تنظیم است و کاربران می توانند هر یک ازشاخص ها را از نوار منو در پایین صفحه برای ایجاد یک نمودار سه بعدی انتخابکنند. *من*همچنین دارای ابزاری برای بررسی موقعیت هر ژنوتیپ به صورتجداگانه است. انتخاب یک یا چند ژنوتیپ در "پانل کنترل ژنوتیپ ها" در سمت راست PASTIC

میز1.فرمول های ریاضی شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده توسط*من*نرم افزار PASTIC.

فهرستمطالب	فرمول	الگوىانتخاب	ارجاع
	TOL = Y - Y	حداقلارزش	and Hamblin)1981(
بهرهوری متوسط	$\frac{Y+Y-Y}{2I}$ P=	حداكثرمقدار	Rosielle and Hamblin)1981(Rosielle
میانگینبهره وری هندسی	V MP=	حداكثرمقدار	فرناندز(1992)
میانگینهارمونیک	$\frac{(\underline{Y} \times_{\cup l}) Y}{(\underline{Y} \times_{\cup l}) Y} 2 M =$	حداكثرمقدار	بايدينگرو همكاران (1987)
شاخصحساسیت به استرس	$\frac{(\underline{Y}\setminus_{\omega})Y}{(\underline{Y}\setminus_{\omega})Y-1} \cdot 1SI =$	حداقلارزش	فيشرو مورر (1978)
شاخصتحمل استرس	$\frac{\underline{Y} \times_{\omega} \underline{Y}}{\widehat{Y}} T\underline{I} =$	حداكثرمقدار	فرناندز(1992)
شاخصبازده	من ڴ	حداكثرمقدار	گاووززیو همکاران (1997)
شاخصثبات عملكرد	$\sim \frac{\tilde{Y}}{Y}$ SI=	حداكثرمقدار	بوسلماو شاپو (1984)
شاخصاسترس نسبى	$\frac{(\cancel{y} \setminus \cancel{y})}{(\cancel{y} \setminus \cancel{y})}$ SI=	حداكثرمقدار	فيشرو وود (1979)



شکل1.نمودار جریان اطلاعات برای*من*نرم افزار PASTIC.

نوارمنوی شاخص موقعیت ژنوتیپ های انتخاب شده را نشان می دهد. با کلیکبر روی نوارها در نمودار سه بعدی، برچسب هر ژنوتیپ نمایش داده میشود. زاویه دید طرح را می توان با کشیدن طرح سه بعدی تغییر داد. پساز انتخاب بهترین موقعیت و زاویه دید، نمودار نهایی به صورت فایل تصویریقابل دانلود است.

تبپنجم، *PCA*، نتایج تجزیه و تحلیل PCA را نشان می دهد که بیشتر بهعنوان یک رویکرد چند متغیره در تجزیه و تحلیل داده های تحقیقی و برایمدل های پیش بینی استفاده می شود. همچنین می توان از آن برای تجسمفاصله و ارتباط بین ورودی ها استفاده کرد. PCA را می توان با تجزیه ارزش ویژه یک ماتریس همبستگی داده (یا کوواریانس) یا تجزیه مقدارمنفرد یک ماتریس داده، معمولا ً 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، براعاملی، سهم متغیرها در هر جزء و نمرات عامل برای هر ژنوتیپ آمده است.در برگه های جداگانه نمایش داده می شود. در این بخش، بای پلات درابتدا بر روی دو جزء اصلی اول ارائه می شود، اما *من*.را روی هر دو جزء اصلیدلخواه ارائه دهند biplot ابزار مفیدی را فراهم می کند که کاربران راقادر می سازد تا PASTIC ایکه

آزمایشکردن*من*نرم افزار PASTIC

برای آزمون دقت نرم افزار، از دو مجموعه داده جمع آوری شده از دو آزمایشبرای غربالگری متحمل ترین ژنوتیپ ها در پاسخ به تنش های شدیدشوری 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 شرمورد آزمایش قرار دادیم. آزمایش گلخانه ای گلخانه ای در سال 97-1394 گروه تولید و اصلاح نباتات دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره اقزوین، ایران انجام شد. اطلاعات در مورد چیدمان آزمایشی، شرایط رشد،تیمارهای شوری، و جمع آوری عملکرد زیست توده زیرزمینی تحت کنترل(۲۷) و شرایط شور (۷۶) برای هر گیاهچه در احمدی و همکارانش موجوداست. (2018b). اطلاعات دقیق در مورد ژنوتیپ های آزمایش موجوداست. S1 موجود است. نتایج نه بر اساس عملکرد

شاخصها همراه با تغییر نسبی ناشی از تنش برای هر ژنوتیپ در ضمیمه S2 نشان داده شده است. در شرایط شاهد، وزن خشک اندام هوایی (Yp) از37.65 تا 99.08 میلی گرم در بوته متغیر بود. او ژنوتیپ های G25، G20 ،G1، G3 و G30 دارای بالاترین میانگین عملکرد بودند. تحت تنش شوری، وزنخشک اندام هوایی (Ys) از 25.43 تا 84.38 میلی گرم در بوته متغیر بود. او ژنوتیپ های G3، G47، G2، G20 و G46 بیشترین مقدار را نشان دادند.تغییر نسبی ناشی از تنش شوری برای هر ژنوتیپ آزمایش شده نشانداد که ژنوتیپ های G55، G47، G69، G71 و G46 کمترین تغييراترا داشتند كه به ترتيب 2.19، 2.53، 2.86، 4.59 درصد و 5.46 درصدکمتر از شاهد بودند. . با استفاده از شاخص TOL، ژنوتیپ هایی که مقادیرکمتری دارند، تحمل بیشتری نسبت به تنش دارند. بر این اساس، ژنوتیپهای G55، G69، G47، G71 و G23 متحمل ترین به شوری و ژنوتیپهای G88، G25، G34، G59 و G4 حساس ترین بودند. ژنوتیپ هاییکه در شرایط بدون استرس و استرس عملکرد خوبی دارند، مقادیر بالاییبرای شاخص های STI، MP، GMP و HM خواهند داشت و به عنوانمتحمل شناخته می شوند. در این مورد، ژنوتیپ های G46، G47 ، G2، G3، G20 و G50 بیشترین مقادیر را برای این شاخص ها داشتند. SSI تنها ژنوتیپ هایی را با حداقل کاهش در شرایط استرس زا در مقایسه باشرایط غیر استرس زا شناسایی می کند (فیشر و مورر، 1978). 1 < SSI نشاندهنده حساسیت بالاتر از حد متوسط به تنش خشکی است (Guttieri و همکاران، 2001). همانطور که در ضمیمه S2 نشان داده شده است،اکثر ژنوتیپ ها دارای 1 ≤ SSI بودند. با G55، G47، G69، G71 و G46 کمترین مقادیر را دارند. از سه شاخص (YI، YSI و RSI) می توان برایارزیابی پایداری ژنوتیپی در شرایط استرس زا و غیر استرس زا استفاده کرد.این شاخص ها بر اساس تحمل یا حساسیت ژنوتیپ ها هستند و در بسیاریاز محصولات از جمله گندم نان (Sardouei-Nasab et al., 2019) ،گندم دوروم (Etminan et al., 2019)، جو (Khalili et al.) استفاده شده است. ،2016)، گلرنگ (خلیلی و همکاران، 2014)، نخود (پورسیابیدی و پورابوغادره،2013)، و سيب زميني (Cabello et al., 2013).

همانطورکه در اینجا مشاهده می شود، شناسایی ژنوتیپ های متحمل بر اساس یک شاخصواحد می تواند مشکل ساز باشد. برنامه ما می تواند ASR را برای همه تخمین بزند

شاخصهایی برای انتخاب ژنوتیپ های بالقوه برتر. هرچه این مقدار کمتر باشد، ژنوتیپبرتری بیشتری دارد. در این مورد، G47 (ASR = 3.73؛ SD = 2.90)، G46 (SD = 2.90) ASR =6.82؛ SD = 4.09؛ و GD (ASR = 9.64) و ASR = 9.64) متحمل ترين ژنوتيپ هابه شوری در شرایط شوری شدید بودند (ضمیمه) S3). نتایج فراوانی نسبی اطلاعاتبیشتری در مورد پراکنش ژنوتیپ ها به طبقات مختلف ارائه کرد. به عنوانمثال، در شرایط کنترل، نیمی از ژنوتیپ ها دارای پتانسیل عملکرد از 51 تا 65میلی گرم در گیاه بودند.-ااما تحت تنش شوری پتانسیل عملکرد اکثر ژنوتیپ ها بین34 تا 62 میلی گرم در بوته بود.-۱(پیوست S4). فراوانی نسبی ژنوتیپ ها بر اساسسایر شاخص ها در ضمیمه S4-S6 ارائه شده است. دو نقشه حرارتی بر اساسمقادیر واقعی شاخص ها و الگوهای رتبه بندی آنها در همه ژنوتیپ ها نشان دادکه STI، MP، GMP و HM به شدت با عملکرد محصول (۲p و Yp) همبستگی دارند(پیوست S7). همبستگی بسیار معنی دار بین این شاخص ها و عملکرد در شرایطشاهد و شور نشان دهنده ظرفیت آن ها در شناسایی ژنوتیپ های با پتانسیلعملکرد و تحمل به شرایط شور است. علاوه بر این، همبستگی بسیار معنی داربین این شاخص ها نشان می دهد که می توان از آنها به جای یکدیگر برای انتخابژنوتیپ های متحمل استفاده کرد. در مقابل، SSI، TOL، YSI، و YI به شدتبا Ys همبستگی داشتند اما نه Yp، و بنابراین نمی توان برای شناسایی ژنوتیپهای گروه A استفاده کرد. توانایی جداسازی ژنوتیپ های گروه A از سایر ژنوتیپها با استفاده از STI، GMP و MP با یافته های گزارش شده برای لوبیا معمولی(فرناندز، 1992)، نخود (گانجعلی و همکاران، 2011)، و کلزا (خلیلی و همکاران،2012) مطابقت دارد.). پیوست S8 نمودارهای سه بعدی رندر شده را بر اساسشاخص STI و بازده (Yp و Ys) نشان می دهد. برای نشان دادن قابلیت انتخابنرم افزار، نمودارهایی را از زوایای مختلف نشان داده ایم. ژنوتیپ های G61 ، G2, G3, G8, G9, G10, G20, G43, G45, G46, G47, G48, G49, G50, G54 وG83 در گروه A قرار گرفتند. نتایج PCA بر اساس ماتریس همبستگی نشان داد که دومؤلفه اصلی اول با مقادیر ویژه > 1، 99.26 درصد از کل تغییرات عملکرد عملکردو نه شاخص مبتنی بر بازده (خروجی ها شامل آمار توصیفی، همبستگی و/یا ماتریسکوواریانس، مقادیر ویژه، بردارهای ویژه، بار عاملی، سهم متغیرها در هر جزء،و نمرات عامل برای هر ژنوتیپ نشان داده نشده است). PC1 به طور مثبت تحتتأثیر عملکرد (Yp و Ys) و همه شاخص ها به جز SSI و TOL قرار گرفت، در حالیکه PC2 به طور مثبت تحت تأثیر Yp، TOL، MP، GMP، HM، و SSI قرار گرفت.از این رو، انتخاب بر اساس مقادیر بالای PC1 و مقادیر میانی PC2 می تواند بهشناسایی ژنوتیپ های متحمل به نمک کمک کند. چندین ژنوتیپ از جمله G47 ، G2، G3، G20، G46 و G50 به عنوان ژنوتیپ های برتر شناسایی شدند که با یافته هاینمودار سه بعدی (پیوست S9) پشتیبانی می شود. انتخاب بر اساس مقادیر بالایPC1 و مقادیر میانی PC2 می تواند به شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به نمک کمککند. چندین ژنوتیپ از جمله G2، G3، G20، G46، G47 و G50 به عنوان ژنوتیپهای برتر شناسایی شدند که با یافته های نمودار سه بعدی (پیوست S9) پشتیبانیمی شود. انتخاب بر اساس مقادیر بالای PC1 و مقادیر میانی PC2 می تواندبه شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به نمک کمک کند. چندین ژنوتیپ از جمله G2، G3، G20، G46، G47 و G50 به عنوان ژنوتيپ های برتر شناسايی شدند که بایافته های نمودار سه بعدی (پیوست S9) پشتیبانی می شود.

درمجموعه داده 2، ما نرم افزار را با استفاده از داده های وزن خشک شاخسارهاز آزمایش تنش آبی که شامل 9 ژنوتیپ از چندین گونه گندم زراعیو وحشی بود، آزمایش کردیم.*Triticum aestivum* ماندیلیان، *T. durum* الدسف. *T. urartu. السعت T.* ومانجان سابق گاندیلیان، *Aeedilops tauschii. بویس. Aee .. Aeetilops tauschii. بویس. Aee. caudata* العن المانق ا

T. aestivum، در حالیکه کراسا Ae. tauschiiه کمترین را داشت. با این T. durum، در حالیکه کراسا Ae. tauschiiه کمترین را داشت. با این خفلت Ae. tauschii، Ae. نوشتند. بر اساس کمترین تغییرات را در وزن خشک در پاسخ به تنش آبی داشتند. بر اساس کمترین مقادیر برای TOL و بالاترین مقادیر برای RSI و بالاترین مقادیر برای RSI و بالاترین مقادیر برای PSI بخفلت Ae. tauschii، Ae. بغوان متحمل ترین ژنوتیپ ها انتخاب شدند. متقابلا، PSI، MP، GMP، HM و STI، MP، GMP، HM براساس مقادیر برای STI، MP، GMP، HM براساس مقادیر RSA، متحمل ترین ژنوتیپ ها بودندست (3.64) (پیوست براساس مقادیر A36)، غفلت A18)Ae. و به شاخص نشان داد که STI، MP، GMP، HM و Y۶ همبستگی دارند (پیوست STI، MP، GMP، HM و کا همبستگی دارند (پیوست یای شاخی نشان داد که برای شاخص ها برای تولید یک نمودار سه بعدی برای شناسایی ژنوتیپ ها در گروه های فرناندز استفاده شد. همانطور که در پیوست ST3 نشان داده شده است، گروه A شامل T. durum،

Ae. triuncialis گروه B شامل; Ae. caudata، و Ar. urartu،T. aestivum; گروه C شامل Ae. كراسا. Ae. كراسا. Ae. كراسا. Ae. كراسا. Ae. كراسا. Ae. ترمون C شامل T. boeoticum.

ازآنجایی که PCA یک تحلیل چند متغیره است که معمولاً برای کاهش دادهها از طریق تجزیه واریانس کل به چند مؤلفه مستقل جدید استفاده میشود، دستیابی به نتایج قابل قبول به اندازه مجموعه داده ها بستگی دارد.برای این مجموعه داده، ما فقط از تجزیه و تحلیل PCA برای نشان دادنکاربردپذیری نرم افزار استفاده کردیم. در اینجا، دو جزء اصلی اول دادنکاربردپذیری نرم افزار استفاده کردیم. در اینجا، دو جزء اصلی اول 98.8% (۱۵.6% = PC1 و ۱۵.5% = 25.2%) از کل تغییرات عملکرد عملکردو شاخص های اندازه گیری شده را به خود اختصاص دادند. ضرایببردار ویژه نشان داد که ۷p و ۲۶ همراه با شاخص ها، به جز YSI ضرایببردار ویژه نشان داد که ۲p و SSI همراه با شاخص ها، به جز YSI رتباط مثبت دارند، در حالی که SSI و TOL با PC2 ارتباط منفیدارند. از این رو، با استفاده از نتایج PC1، ژنوتیپ های متحمل بر اساسعملکرد عملکرد و شاخص های تحمل با رتبه بالا مانند MP، GMP (GMP)

T. durum, به عنوان ژنوتیپ های متحمل با عملکرد قابل قبول در هر دو شرایطبدون تنش و تنش آبی (پیوست S14) شناسایی شدند. با توجه به ابزارPCA، شایان ذکر است که در حالی که این روش زمانی که الگوهای جالبواریانس پیش بینی ها را بر روی اجزای متعامد افزایش می دهند، راهخوبی برای خلاصه کردن داده ها ارائه می کند، اما محدودیت هایی نیز داردکه ارزش در نظر گرفتن هنگام تفسیر خروجی را دارد. اول، ساختار زیربناییداده ها باید خطی باشد. دوم، الگوهایی که همبستگی بالایی دارند ممکناست حل نشده باشند زیرا همه اجزای اصلی همبستگی ندارند. در نهایت، هدف به حداکثر رساندن واریانس است و لزوما یافتن خوشه ها نیست(Lever et al., 2017).

نتیجهگیری

مایک نرم افزار آنلاین جدید توسعه دادیم (ص،برای محاسبه چندین شاخص تحمل تنش و حساسیت مبتنی بر عملکرد که در شناسایی ثروتیپ های محصول متحمل مهم هستند. علاوه بر ابزارهای مفید و کاربردیکه در بالا در روش ها و نتایج توضیح داده شد)PASTIC من،که به کاربردیکه در بالا در روش ها و نتایج توضیح داده شد)PASTIC من،که به دانشکاربر اضافی نیاز دارند R و SAS همچنین دارای مزایای زیر است: (1) میتواند مجموعه داده های بزرگ را در حداقل زمان تجزیه و تحلیل کند. (2) اینیک نرم افزار چند پلتفرمی است که نیازی به دانلود یا نصب اضافی ندارد.(3) بر خلاف سایر کدهای مبتنی بر بسته های PASTIC منیک رابط کاربرپسند مبتنی بر وب دارد. و (4) با مرورگرهای اصلی (به عنوان مثال، گوگلکروم، موزیلا فایرفاکس، سافاری) سازگار است. این مزایا، همراه با گوگلکروم، موزیلا فایرفاکس، سافاری) انتخاب بهتر ژنوتیپ های ورودی، باعثمی شود PASTIC من.برای استفاده در برنامه های زراعت و اصلاح باعثمی شود PASTIC من.برای استفاده در برنامه های زراعت و اصلاح نباتات توسط دانش آموزان، معلمان و محققان به طور یکسان ارزشمند

قدرداني

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

دسترسیبه داده ها

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

اطلاعاتپشتیبانی

اطلاعاتپشتیبانی اضافی را می توان به صورت آنلاین در برگه اطلاعات پشتیبانیاین مقاله یافت.

ضمیمه51.برچسب، شماره دسترسی بانک ژن، و گونه های 90 ژنوتیپ گندمو توده های آزمایش شده در مجموعه داده 1.

ضمیمه52.عملکرد عملکرد 90 ژنوتیپ و توده گندم تحت شرایط شاهد (۲۳) و شور (۲۶) همراه با تغییر نسبی (RC) ناشی از تنش و تحمل و شاخص هایحساسیت محاسبه شد.*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده1.

ضمیمه53.رتبه بندی عملکرد 90 ژنوتیپ و توده گندم تحت شرایط کنترل (۲۶) و شور (۲s) به همراه شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده بااستفاده از*من*نرم افزار PAS-TIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه54.(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 نسبیعملکرد در شرایط)A-B*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه55.فراوانی نسبی (A) شاخص تنش نسبی (RSI)، (B) شاخص تحملتنش (STI)، (C) شاخص حساسیت به تنش (SSI) و (D) شاخص بازده(YI) محاسبه شده توسط*من*زرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمهS6.فرکانس نسبی (A) شاخص پایداری تسلیم (YSI)، (B) میانگین هارمونیک(HM) و (C) شاخص تحمل (TOL) محاسبه شده توسط*من*نرم افزارPASTIC برای مجموعه داده 1.

ضمیمه57.نمودار نقشه حرارتی ارائه شده بر اساس تحلیل همبستگی پیرسون برایمجموعه داده 1. برای تعاریف کامل شاخص ها به جدول 1 مراجعه کنید.

ضمیمه58.نمودار سه بعدی ارائه شده بر اساس شاخص STI و عملکرد عملکرد(۲p و Yp) 90 ژنوتیپ گندم و الحاق در مجموعه داده 1. هر نمودار یکزاویه دید از توزیع ژنوتیپ های ورودی به گروه های فرناندز (A-D) را نشانمی دهد.

ضمیمه59.بای پلات مبتنی بر تجزیه و تحلیل مؤلفه های اصلی بر اساس ماتریسهمبستگی ۲۶، ۷۶ و 9 تلورانس ارائه شده است.

وشاخص های حساسیت با استفاده از*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده1.

ضمیمهS10.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 حساسیتمحاسبه شد.*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ضمیمه511.رتبه بندی عملکرد نه ژنوتیپ گندم تحت شرایط کنترل (Yp) وشور (Ys) به همراه شاخص های تحمل و حساسیت محاسبه شده با استفادهاز*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ضمیمS12.نمودار نقشه حرارتی ارائه شده بر اساس تحلیل همبستگی پیرسونبرای مجموعه داده 2. برای تعاریف کامل شاخص ها به جدول 1 مراجعهکنید.

ضمیمهS13.نمودار سه بعدی ارائه شده بر اساس شاخص STI و عملکردعملکرد (Yp و Y) 90 ژنوتیپ گندم و الحاق در مجموعه داده 2.

ضمیمه514.بای پلات مبتنی بر تحلیل مؤلفه های اصلی بر اساس ماتریسهمبستگی ۲۶، ۲۹ و نه شاخص تحمل و حساسیت محاسبه شده بااستفاده از*من*نرم افزار PASTIC برای مجموعه داده 2.

ادبياتنقل شده

احمدی،ج.، ع. پورابوغداره، س. فابریکی اورنگ، ع.ع.محرابی، و ک. :خویشاوندانوحشی گندم .a صدیق. Aegilops–TriticumHM 2018الحاق ها پاسخهای آنتی اکسیدانی و فیزیولوژیکی متفاوتی را به تنش آبی نشان می دهند. 40:90*Acta Physiologiae Plantarum*

احمدی،ج،، ع. پورابوغداره، س. فابریکی اورنگ، ع.ع،محرابی و خ. م.صدیق. 2018b. غربالگری اجداد وحشی گندم برای تنش شوری در مراحل اولیه رشدگیاه: بینش به منابع بالقوه تنوع برای سازگاری با شوری در گندم*علم زراعی و مرتع* ارزیابیمجدد خشکسالی .GD Rao. 1987 و ،Bidinger، FR، V. Mahalakshmi 69:649-658.

مقاومت در ارزن مروارید (Pennisetum americanum)(ل) لیک). II. برآورد پاسخ ژنوتیپه استرس.*مجله تحقیقات کشاورزی استرالیا* 38: 59-49.

بوسلما،ام.، و دبلیو تی شاپاگ. 1984. تحمل استرس در سویا. قسمت 1: ارزیابیسه تکنیک غربالگری برای تحمل گرما و خشکی. ع*لم زراعی*24: 933-933.

Cabello, R. 2014. وب سایت .Three.js وب سایت.https://github.com/mrdoob/three.js/ blob/master/LICENSE]2014 مجوز

9 M. Bonierbale. 2013. و Cabello، R.، P. Monneveux، FD Mendiburu، مقایسهشاخص های تحمل به خشکی بر اساس عملکرد در ارقام اصلاح شده، ذخایر ژنتیکیو توده های سیب زمینی*Solanum tuberosum.)..ایوفیتیکا* 193: 147-156.

> کلارک،جی ام، آر ام دی پاو، و تی ام تاونلی اسمیت. 1371. ارزیابی از روشهای کمی تحمل به خشکی در گندم*علم زراعی*32: 327-728.

کولارد،بی سی و دی جی مکیل. 2008. انتخاب به کمک نشانگر: یک برنامه روشیبرای اصلاح دقیق گیاهان در قرن بیست و یکم*معاملات فلسفی انجمن سلطنتیانندن سری 3*638: 572-557. اطمینان، ع.، ع. پورابوغداره، ر. محمدی، ل. شوشتری،و.

ً یوسفیاًذرخانیان و ح. مرادخانی. 2019. تعیین بهترین شاخص های تحمل به خشکی بااستفاده از شبکه عصبی مصنوعی (ANN): بینش کاربرد کشاورزی هوشمند در زراعتو اصلاح نباتات. *ارتباطات تحقیقات غلات*47: 181-170.

> معیارهایانتخاب موثر برای ارزیابی تنش گیاه .Fernandez, GCJ 1992 تحمل*که در*سازگاری محصولات غذایی با دما و ،]ویرایش[CG Kuo

- تنشآبی، 257-270. مرکز تحقیقات و توسعه سبزیجات آسیایی، شانهوا، تایوان.
 - فیشر،RA، و R. Maurer. مقاومت به خشکی در کشت گندم بهاره. .پاسخعملکرد دانه vars. I. *مجله 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 *مجله تحقیقات کشاورزی استرالیا*30: 1001-1020.
- گنجعلى،ع.، ح. پورسا، و ع. باقرى. 1390. ارزيابى نخود ايرانى (*Cicer arietinum.* ژرم پلاسم ها براى تحمل به خشكى). *امديريت آب كشاورزى*98: 1477-1484.
- B و ،Gavuzzi، P.، F. Rizza، M. Palumbo، RG Campaline، GL Ricciardi و ،Gavuzzi، P.، F. Rizza، M. Palumbo، RG Campaline برقی.1376. ارزیابی پیش بینی کننده های مزرعه ای و آزمایشگاهی تحمل به خشکی وگرما در غلات زمستانه.*مجله علوم گیاهی کانادا*77: 523-531.
 - گوتیری،ام جی، جی 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. پورابوغداره و ج. طالب زاده. 2012. ارزیابیتحمل به تنش خشکی بر اساس شاخص های انتخاب در ارقام کلزای بهاره *براسیکاناپوس*.).۔*امجله علوم کشاورزی*4: 85-78.
- خلیلی،م.، ع.ر. پورابوغدره، محمدرضا نقوی و ع.محمد. امینی.1393. ارزیابی تحمل به خشکی در ژنوتیپ های گلرنگ بر اساس شاخص های تحملبه خشکی.42*Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca:* 214-218.

- خلیلی،م.، ع. پورابوغدره و محمدرضا نقوی. 2016. ارزیابی از تحملبه خشکی در جو: معیار انتخاب تلفیقی و شاخص های تحمل به خشکی.*زیست شناسیزیست محیطی و تجربی*14: 41-33. لیور، جی.، ام. کرژیوینسکی و ان. آلتمن. 2017.تحلیل مؤلفه های اصلی.
 - روشهای طبیعت14: 642-641.
 - پیرسون،ک. 1895. نکاتی در مورد رجعت و ارث در مورد دو والدین.
 - مجموعهمقالات انجمن سلطنتی لندن58: 242-240. پورسیاهبیدی،م.م و ع. پورابوغدره. 1392. ارزیابی غلات
- عملکردو تکرارپذیری شاخص های تحمل به خشکی برای غربالگری نخود (*aritinum*. 2-28. *Cicer.* 28. مایرات 28-37.
 - تیماصلی توسعه R. 2014. R: زبان و محیطی برای آمار
 - محاسبات تیکال بنیاد R برای محاسبات آماری، وین، اتریش. وب سایت https://www.r-project.org/ [دسترسی در سپتامبر 2018].
 - جنبههای نظری انتخاب برای بازده در .J. Hamblin. 1981 و ،Rosielle، AA
- محیطهای استرس زا و بدون استرس*علم زراعی*21: 946-943. ساردو_گی نسب، س،،گ. محمدی نژاد و ب. ناخدا. 2019. ثبات عملکرد
- تاثیرژرم پلاسم گندم نان در تنش خشکی و شرایط بدون تنش*مجله کشاورزی*111: 175-181.
 - اثباتو اندازه گیری ارتباط بین دو .Spearman, C. 1904 چیزها*مجله روانشناسی آمریکا*15: 101-72.
- پیرههای 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: 49-37.
 - .برایرمزگشایی اثرات زیست محیطی بر گیاهان زراعی Xu, Y. 2016. Envirotyping *ژنتیکنظری و کاربردی*219: 673-653.