

ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیک و مهم زراعی اکوتیپ های مختلف هندوانه (*Citrullus lanatus*) با استفاده از روش های آماری چند متغیره

Investigation of Variation in Morphological and Important Agronomic Characteristics among Watermelon (*Citrullus lanatus*) Ecotypes using Multivariate Statistical Analysis

مریم عبدلی نسب^{۱*}، مهدی رحیمی^۲، الهام رضوان نژاد^۲

۱. استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان (نگارنده مسئول)

۲. استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۳۰

چکیده

عبدلی نسب، م.، رحیمی، م.، رضوان نژاد، ا.، ارزیابی تنوع صفات مورفولوژیکی و مهم زراعی اکوتیپ های مختلف هندوانه (*Citrullus lanatus*) با استفاده از روش های آماری چند متغیره

نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۰ - شماره ۴ - پایبند ۱۱۷ زمستان ۹۶: ۹۳-۱۰۹

هندوانه (*Citrullus lanatus*) گیاهی گرمسیری یا نیمه گرمسیری و سرشار از ترکیبات آنتی اکسیدانی می باشد. تعداد ۳۰ توده مهم هندوانه از مناطق مختلف کشور جمع آوری و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار کشت گردید. تعداد ۱۶ صفت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی مختلف از جمله طول، عرض و قطر بذر، طول، عرض و قطر میوه، وزن میوه، وزن گوشت، ضخامت پوست، وزن صدانه مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده ها، تفاوت معنی دار برای کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد. همبستگی صفت وزن میوه برای اکثر صفات مثبت و برای صفات طول و قطر میوه مثبت و معنی دار بود. همبستگی صفت وزن صد بذر با طول، عرض و قطر بذر مثبت و معنی دار مشاهده گردید. در بررسی ضرایب تغییرات فنوتیپی، صفات تعداد گل نر، وزن صد دانه، وزن گوشت میوه و تعداد گره ساقه بالاترین مقدار را نشان دادند. تجزیه خوشه ای به روش حداقل واریانس وارد، توده های مورد مطالعه را در چهار گروه مجزا قرار داد. بر اساس تجزیه به مولفه اصلی، دو مولفه اول بیش از ۹۲ درصد از کل تنوع بدست آمده را توجیه نمود. ضریب تنوع ژنتیکی وراثت پذیری عمومی در اکثر صفات مورد بررسی بالا بود که حاکی از بالا بودن بازده انتخاب برای این صفات می باشد. بر اساس نتایج حاصل، می توان از توده یزد جهت اصلاح صفت وزن میوه، از توده نیشابور به منظور تولید بذور درشت و از توده هجرک برای تولید بذور ریز در برنامه های اصلاحی در تلاقی با ارقام بومی ایران بهره برد.

واژه های کلیدی: هندوانه، تجزیه کلاستر، تجزیه به مولفه های اصلی، همبستگی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: m.abdolinassab@gmail.com

مقدمه

هندوانه با نام علمی (*Citrullus lanatus*) متعلق به جنس *Citrullus*، خانواده *Cucurbitaceae* و زیرخانواده (*Cucurbitoidae*) (Dane & Liu, 2007)، گیاهی گرمسیری یا نیمه گرمسیری است (Brickell, 1992). هندوانه در اکثر نقاط کشور به صورت دیم و آبی و عمدتاً در استان های سیستان و بلوچستان، خوزستان، کرمان، هرمزگان و فارس به صورت وسیع کشت می شود (Mirkazemi, 2011). مطالعه تنوع ژنتیکی نه تنها برای سازماندهی و حفاظت مواد گیاهی، بلکه برای بهره برداری از پدیده هتروزیس و تولید بذر هیبرید با هتروزیس بالا از لحاظ عملکرد، سازگاری بیشتر با محیط و تحمل در برابر تنشهای زیستی و غیرزیستی نیز اهمیت دارد (Ghareyazi, 1998; Abdolinasab & Rahimi, 2017). تخمین تنوع ژنتیکی و شناسایی قرابت و تفاوت بین نمونه ها از گذشته های دور معمول بوده است. این تخمین معمولاً بر اساس بررسی تظاهر ژن (نشانگرهای مورفولوژی و بیوشیمیایی) و یا توالی های موجود در DNA با استفاده نشانگرهای مولکولی صورت می گیرد (Lavi et al, 1994). در برنامه های اصلاحی کلاسیک شناسایی ارقام، عمدتاً بر پایه خصوصیات مورفولوژی برگ، گل و میوه انجام می گیرد (Kallo, 1988). صفات مورفولوژیکی که در ظاهر افراد قابل تشخیص بوده و عمدتاً توسط یک ژن کنترل می شوند، می توانند با موفقیت به عنوان نشانگرهای ژنتیکی مورد استفاده قرار گیرند (Alipour et al., 2011). از مزیت هایی عمده این نشانگرها می توان به مواردی از

جمله دامنه وسیع ژن های کنترل کننده صفات فنوتیپی، هزینه پایین و کاربرد ساده اشاره کرد. طبق گزارشات قبلی، تنوع گسترده ای از نظر صفات مورفولوژی در بین ارقام مختلف هندوانه وجود دارد که این صفات عمدتاً مربوط به رنگ و ضخامت پوست، شکل و رنگ میوه، بافت و رنگ گوشت، میزان قند، شکل و رنگ بذر، تعداد روز تا رسیدگی میوه و مقاومت به بیماری می باشند (Levi et al., 2001). در بررسی تعداد ۶۷ نمونه هندوانه بر مبنای ۵۶ خصوصیت مورفولوژی و تعداد هشت صفت کمی، نتایج حاکی از تنوع بالای بین نمونه ها بود (Huhl et al., 2008). در مطالعه ای، تنوع ژنتیکی ۹۵ گونه هندوانه ارزیابی و با نمونه هایی از چین، آمریکا، ژاپن، روسیه و هندوانه وحشی (*Trichosanthes kirilowii*) مقایسه گردید (Sheng et al., 2012). در بررسی تعداد ۱۷۱ هندوانه بذری بر اساس ۱۱ صفت مورفولوژیک کمی، تنوع قابل توجهی بین نمونه ها بخصوص در مورد صفات اندازه و وزن میوه مشاهده گردید (Gbotto et al., 2016). در بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت های مختلف هندوانه ایرانی با استفاده از صفات مورفولوژیکی مربوط به برگ، میوه و بذر، نمونه ها را در پنج گروه مجزا قرار گرفتند. (Soltani et al., 2016). به منظور مطالعه تنوع ژنتیکی هندوانه بومی ایران در شرایط اقلیم ارومیه، نمونه های هندوانه از استانهای مختلف جمع آوری و همراه با ارقام تجاری موجود در منطقه به عنوان شاهد در آزمایش قرار گرفتند. نتایج حاکی از تنوع بالای صفات مورفولوژیکی در جامعه مورد مطالعه و گروه بندی آنها در هشت

گروه مختلف بود (Jahanbin & Kiani, 2014). در بررسی ارقام هندوانه سیستان و مقایسه آن با ارقام اصلاح شده بر مبنای صفات مورفولوژیک و کمی مورد مطالعه، در کلیه صفات، ضریب تنوع فنوتیپی بیشتر از تنوع ژنتیکی مشاهده گردید که نشان دهنده تاثیر عوامل محیطی بر روی صفات مذکور می باشد (NaroeiRad *et al.*, 2009). در بررسی تنوع ژنتیکی برخی جمعیت های هندوانه بومی ایران کشت شده در شرایط آب و هوایی ارومیه بر مبنای برخی صفات مورفولوژیک، نتایج حاصل حاکی از اختلاف معنی دار بین ژنوتیپ ها از لحاظ صفات طول میوه و نسبت طول به عرض میوه می باشد (Hajali *et al.*, 2017). از آنجا که استان کرمان یکی از قطب های اصلی کشت هندوانه در کشور می باشد، در تحقیق حاضر، وضعیت تنوع بین توده های هندوانه مختلف از سراسر استان و کشور در شرایط آب و هوایی کرمان کشت و از لحاظ صفات زراعی و فیزیولوژیکی مدنظر در برنامه های اصلاحی مورد بررسی قرار می گیرد. با اطلاع از وضعیت پراکندگی ژنتیکی گونه ها و توده های مختلف، می توان با برنامه ریزی آتی تلاقی بین گونه ها در جهت تولید بذر هیبرید، گامی هر چند کوچک در جهت خود کفایی بذور هیبرید هندوانه مورد نیاز کشور برداشت.

مواد و روش ها

تعداد ۳۰ توده هندوانه (جدول ۱) برخی از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج و برخی از سراسر کشور جمع آوری و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در

مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان با مختصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲ دقیقه طول شرقی، ۵۷ درجه و ۱۴ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۵۵ متر از سطح دریا کشت گردید. قبل از کشت، بذور ابتدا با هیپوکلرید سدیم ۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی، سپس ۱ ساعت زیر آب روان قرار گرفتند و بعد از آن به مدت ۲۴ ساعت در محلول رقیقی از قارچ کش خیسانده شد. بذور با عمق ۳ و فاصله ۳۵ سانتیمتر در اواسط فروردین ماه کشت شده و هر ۳ یا ۴ روز یک بار آبیاری صورت می گرفت. بذور کم کم جوانه زدند که با فاصله های زمانی متفاوت تعداد بذور جوانه زده یادداشت برداری شد. ۴۵ روز بعد از کشت، تعداد برگ هر بوته ثبت و میانگین آن ها در هر کرت برای تجزیه های آماری استفاده شد. طول بزرگ ترین کمر برگ هر بوته از شروع دمبرگ تا نوک برگ، تعداد گره های ساقه اصلی نیز در طول دوره رشد، فاصله میانگره ها اندازه گیری و ثبت گردید. همچنین شمارش تعداد گل های نر هر بوته زمانی که ۷۰ درصد مزرعه به گل نشست انجام گردید.

میوه ها پس از رشد کامل برداشت شده و صفات طول و عرض میوه، وزن میوه، وزن گوشت، ضخامت پوست و میزان اسیدیته (pH) آب میوه ها اندازه گیری شد. بذر گیری از نمونه ها انجام و خصوصیات طول، قطر و عرض بذر و وزن صد بذر اندازه گیری شد. داده ها از پنج گیاه و پنج میوه در هر توده بدست آمد. به منظور تعیین وجود اختلاف معنی دار بین توده ها از نظر صفات بررسی شده، تجزیه واریانس داده ها و

جدول ۱: نام و شناسه توده های هندوانه مورد مطالعه

Table 1. Name and code of the studied watermelon accessions

| کد Code | نام توده Population name | کد Code | نام توده Population name | کد Code | نام توده Population name |
|------------|---------------------------------|------------|-------------------------------|------------|---------------------------------------|
| G1 | رابر Rabor | G11 | سفید ۲ Sefid2 | G21 | سفید Sefid |
| G2 | گرد Gerd | G12 | راور Ravar | G22 | ترت حیدریه Torbat heidarie |
| G3 | چترود Chatrod | G13 | ژاپنی Japanese | G23 | محلای نیشابور Neyshabour |
| G4 | ارزوئییه Orzoieic | G14 | رفسنجان Rafsanjan | G24 | اردبیل Ardabil |
| G5 | بافت Baft | G15 | روستای هجرگ Hrjrag village | G25 | یزد Yazd |
| G6 | علی آبادزرنند Aliabad zarand | G16 | سبزوار Sabzevar | G26 | بوشهر Boushehr |
| G7 | سرکارآقایی Sarkar Aghaei | G17 | بی نام Binam | G27 | خراسان رضوی Khorasan Razavi |
| G8 | صوغان Soghan | G18 | B | G28 | سیستان بلوچستان Sistan Balochestan |
| G9 | A3 | G19 | C | G29 | اصفهان Esfahan |
| G10 | سفید ۱ Sefid1 | G20 | D | G30 | قزوین Gazvin |

انجام تجزیه تابع تشخیص در نرم افزار
Lincoln & Lander,) Mapmaker V. 3.25
(1993; Liu & Muse, 2005)، تجزیه به مولفه
های اصلی (PCA) در نرم افزار
Minitab V. 17، برآورد همبستگی بین صفات در نرم افزار
SPSS V. 22 و محاسبه ضریب کوفنتیک در نرم
افزار NTYSIS صورت گرفت. اجزای واریانس
و ضرایب تنوع ژنوتیپی، فنوتیپی و محیطی، و
وراثة پذیری عمومی با فرمول های مربوطه
(جدول ۲) محاسبه گردید.

برآورد پارامترهای آمار توصیفی داده ها با نرم
افزار SAS V.9.4 انجام گردید. برای شناسایی
رقم های مورد مطالعه و گروه بندی ارقام مشابه
از نظر کلیه صفات اندازه گیری شده، از تجزیه
خوشه ای استفاده شد. بدین منظور ابتدا داده ها
استاندارد شده، روش های مختلف تجزیه خوشه
ای و همچنین معیارهای مختلف شباهت محاسبه
و در نهایت گروه بندی ارقام با تجزیه خوشه ای
به روش حداقل واریانس وارد^۱ (Ward,1963)
با نرم افزار SPSS V. 22 انجام گردید.

¹Ward's Minimum Variance method

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس براساس طرح بلوک های کامل تصادفی نشان داد که تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد در بین صفات مورد مطالعه وجود دارد که خود دلیلی بر تنوع بالای بین توده های مختلف و انتخاب توده مناسب می باشد (جدول ۲). این نتایج در تطابق با نتایج حاصل از بررسی تنوع ژنتیکی برخی توده های بومی ایران در شرایط آب و هوایی ارومیه می باشد (Hajali *et al.*, 2017). همچنین در بررسی تنوع ژنتیکی برخی توده های بومی ایران در شرایط آب و هوایی خراسان نیز از نظر صفات طول و عرض میوه، طول، عرض و قطر بذر و وزن صد بذر اختلاف معنی دار مشاهده گردید (Kiani & Jahanbin, 2010).

دامنه تغییرات و ضریب تغییرات فنوتیپی

صفات مورد مطالعه

حداقل، حداکثر و دامنه تغییرات صفات مورد مطالعه در جدول ۳ ارائه شده است. بررسی ضرایب تغییرات فنوتیپی صفات نشان داد که تعداد گل نر، وزن صد بذر، وزن گوشت میوه و تعداد گره ساقه بالاترین ضرایب تغییرات فنوتیپی را دارا می باشند. بنابراین می توان از این صفات در به نژادی استفاده نمود و گزینش های مؤثری در بین ارقام مورد مطالعه جهت بهبود و اصلاح این صفات انجام داد. همچنین کمترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به ضخامت پوست میوه، فاصله میانگره و عرض بذر بود و اصلاح این صفت نسبت به صفات دیگر از طریق گزینش

جدول ۲: فرمول های محاسبه اجزای واریانس، ضرایب تنوع ژنتیکی، فنوتیپی، محیطی و وراثت پذیری عمومی
Table 2. Formulas for calculating variance components, coefficient of phenotypic, genotypic, environmental variations and general heritability

| شاخص | فرمول | شاخص | فرمول |
|--------------------------|----------------------------|--|---|
| Index | Formula | Index | Formula |
| واریانس محیطی | $VE = MSe$ | ضریب تنوع محیطی | $CVE = \frac{\sqrt{VE}}{\bar{X}} \times 100$ |
| Environmental variance | | Coefficient of environmental variation | |
| واریانس ژنوتیپی | $VG = \frac{MSG - Mse}{r}$ | ضریب تنوع ژنوتیپی | $CVG = \frac{\sqrt{VG}}{\bar{X}} \times 100$ |
| Genotype variance | | Coefficient of genotypic variation | |
| واریانس فنوتیپی | $VP = VG + VE$ | ضریب تنوع فنوتیپی | $CVPh = \frac{\sqrt{VP}}{\bar{X}} \times 100$ |
| Phenotypic variance | | Coefficient of phenotypic variation | |
| وراثت پذیری عمومی | $h^2 = \frac{VG}{VP}$ | | |
| Broad sense heritability | | | |

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف توده‌های هندوانه مورد مطالعه بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی
 Table 2. Analysis of variance for different traits of the studied watermelon accessions based on completely randomized block design

| | | میانگین مربعات Mean of Squares | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|--|
| منابع تغییرات Source of variation | درجه آزادی df | طول بذر Seed length | عرض بذر Seed width | قطر بذر Seed diameter | طول برگ Leaf length | فاصله میانگره Internode distance | تعداد گل نر Number of male flowers | تعداد برگ Number of leaf | تعداد گره ساقه Number of nodes | | |
| بلوک Block | 2 | 0.0008 | 0.0013 | 0.0001 | 0.49 | 0.06 | 915.51 | 2324.23 | 7.51 | | |
| رقم Cultivar | 29 | 0.19** | 0.039** | 0.006** | 14.57** | 4.69** | 615.48** | 1733.8** | 73.7** | | |
| اشتهاء Error | 58 | 0.001 | 0.0013 | 0 | 0.314 | 0.1 | 248.6 | 613.36 | 21.022 | | |
| ضریب تغییرات CV | | 5.22 | 6.36 | 24.17 | 35.58 | 3.98 | 0.13 | 7.26 | 7.21 | | |

ns, *, ** و *** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, *, ** are, respectively, non-significant and significant at 5 and 1 % probability levels

همچنین کمترین فاصله بین توده بافت و بوشهر با فاصله ۳/۳۶ مشاهده گردید. اکثر توده های قرار گرفته در گروه یک دارای بیشترین میزان تعداد گل نر، تعداد برگ، گره ساقه و طول میوه بودند. توده های قرار گرفته در گروه چهارم کمترین مقدار صفات مورد بررسی را در بر می گیرند. با توجه به اینکه توده روستای هجرگ قرار گرفته در گروه چهارم کمترین مقدار طول، عرض و قطر بذر و همچنین وزن صد بذر را در مقایسه با سایر ژنوتیپ ها در بر می گیرد، می توان از این توده در تولید واریته هایی که دارای اندازه دانه کوچک هستند استفاده کرد. گروه بندی حاصل، برخی توده های مناطق جغرافیایی نزدیک را در یک گروه قرار داد از جمله توده های ارزوئی و رابر در گروه اول، توده های علی آباد زرنند، رفسنجان و یزد در گروه دوم، توده های خراسان رضوی و تربت حیدریه، توده های صوغان و بافت در گروه سوم و توده های روستای هجرگ و اصفهان

گروه چهارم. بررسی گروه های حاصل براساس انحراف میانگین هر گروه از میانگین کل (جدول ۴) نشان داد که توده های گروه چهارم در بیشتر صفات دارای کمترین مقدار بودند که می توان از این گروه برای اصلاح این صفات استفاده نمود. از لحاظ وزن صد بذر، تعداد گل نر و تعداد برگ گروه اول بیشترین تعداد را داشت. کمترین pH مربوط به گروه چهارم می باشد. از نظر صفت عرض میوه گروه دوم کمترین مقدار را نشان داد. از نظر طول، عرض و قطر بذر گروه دوم و سوم دارای مقادیر بیشتری بودند، از جمله توده محلی

در جمعیت مورد مطالعه با موفقیت کمتری همراه خواهد بود. مقادیر ضریب تغییرات فنوتیپی مشاهده شده بین صفات نشان دهنده تنوع مطلوب برای اکثر صفات مورد مطالعه می باشد. می توان از این تنوع برای اصلاح این صفات در برنامه های به نژادی استفاده نمود.

تجزیه خوشه ای بر مبنای صفات

مورفولوژیکی

تجزیه خوشه ای ارقام به روش های مختلف متوسط فاصله بین و درون گروه ها، نزدیکترین و دورترین همسایه ها و روش حداقل واریانس وارد انجام گردید و گروه بندی حاصل از آن ها مورد مقایسه قرار گرفت. از آن جایی که روش متوسط فاصله بین کلاستر^۲ (WARD) با معیار فاصله اقلیدوسی بهترین نتیجه را در گروه بندی ارقام مورد مطالعه ارائه داد و ضریب کوفتیک از همه بیشتر بود (۰/۷۱)، لذا تنها نتایج این روش گزارش گردید (شکل ۱). با برش دندروگرام، چهار گروه ایجاد گردید که به ترتیب گروه اول شامل توده های رابر، ارزوئی، گرد، سفید، سفید ۱، B و D، گروه دوم توده های علی آباد زرنند، سفید ۲، رفسنجان، محلی نیشابور، یزد، راور، سبزوار و C، گروه سوم شامل توده های صوغان، خراسان رضوی، تربت حیدریه، قزوین، چترود، بافت، بوشهر، بی نام، اردبیل، سرکار آقایی و A3، گروه چهارم شامل توده های روستای هجرگ، سیستان بلوچستان، اصفهان و ژاپنی می باشند. بیشترین فاصله بین توده روستای هجرگ و B با فاصله ۱۱۰/۴۸ مشاهده شد.

2 Ward's Minimum Variance method



شکل ۱- دندرو گرام ترسیم شده بر اساس روش Ward برای ۳۰ توده مختلف هندوانه مورد مطالعه

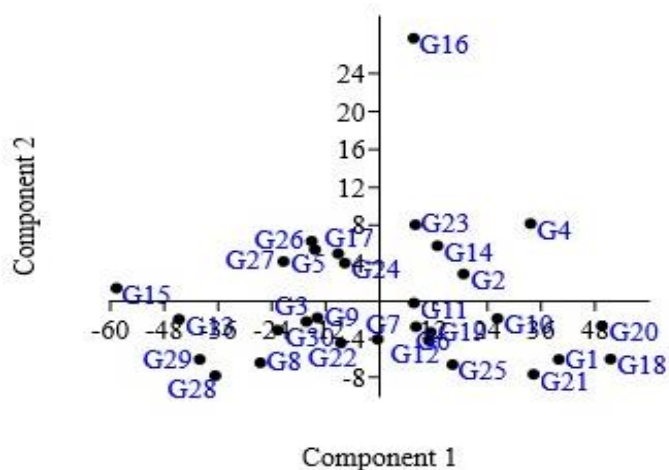
Figure 1. Dendrogram of the 30 studied watermelon ecotypes using ward clustering method

محلی بازارپسندی بیشتری دارند اما ارقام هندوانه پوست ضخیم به دلیل مقاومت در برابر ضربات مکانیکی، جهت حمل و نقل به نقاط دوردست مناسب تر هستند. در بین توده های مورد بررسی، توده های ارزوئیه و بافت با کمترین و توده های یزد و سفید با بیشترین ضخامت پوست مشاهده گردیدند. می توان توده یزد را به عنوان یکی از والدین سودمند در تلاقی با سایر توده ها جهت اصلاح صفات مربوط به میوه به کار برد. این

نیشابور که دارای بیشترین میزان طول، عرض، قطر و وزن صد بذر می باشد که می توان از آنها در اصلاح ارقامی که به منظور تهیه بذر کشت می شوند استفاده کرد. ارقام گوشتی با pH بالاتر از مقبولیت بیشتری در بین مصرف کنندگان برخوردارند. بیشترین وزن گوشت در توده های ارزوئیه و یزد و بیشترین pH در توده های یزد، سبزوار و سفید ۲ مشاهده گردید. از طرفی اگرچه ارقام هندوانه پوست نازک در بین مردم

Table 4. Deviation of the cluster-analysis group means from the total mean

| صفت Trait | انحراف میانگین گروه اول از میانگین کل Deviation of group 1 mean from the total mean | انحراف میانگین گروه دوم از میانگین کل Deviation of group 2 mean from the total mean | انحراف میانگین گروه سوم از میانگین کل Deviation of group 3 mean from the total mean | انحراف میانگین گروه چهارم از میانگین کل Deviation of group 4 mean from the total mean |
|--|---|---|---|---|
| طول بذر Seed length | 0.012 | 0.087 | 0.067 | -0.382 |
| عرض بذر Seed width | 0.002 | 0.0025 | 0.044 | -0.13 |
| قطر بذر Seed diameter | 0.022 | 0.0044 | 0.0002 | -0.049 |
| طول برگ Leaf length | 0.11 | 1.029 | -0.182 | -1.76 |
| فاصله میانگره Internode distance | 0.078 | 0.355 | -0.37 | 0.17 |
| تعداد گل نر Number of male flowers | 15.67 | 7.48 | -6.7 | -23.37 |
| تعداد برگ Number of leaf | 32.42 | 7.35 | -12.79 | -36.26 |
| تعداد گره ساقه Number of nodes | 4.54 | 1.77 | -0.82 | -9.22 |
| وزن صد بذر 100- seed weight | 0.63 | 0.21 | 0 | -0.5 |
| طول میوه Fruit length | 0.001 | 1.79 | 1.17 | -8.5 |
| عرض میوه Fruit width | 2.3 | 0.35 | 0 | -2.8 |
| قطر میوه Fruit diameter | 0.21 | 0.73 | 0.73 | -0.8 |
| اسیدیته pH | 0.95 | -0.06 | 0.68 | -3.4 |
| وزن میوه Fruit weight | -1.79 | -2.13 | 0.67 | 0.54 |
| وزن گوشت Flesh weight | -1.43 | 0.53 | -0.41 | 0.42 |
| ضخامت پوست Thickness of pericarp | -0.34 | 0.23 | -0.15 | 0.02 |



شکل ۲: نمودار تنوع ژنتیکی ۳۰ توده هندوانه کشور با

استفاده از تجزیه به مولفه های اصلی بر مبنای ۱۶ صفت مورد مطالعه

Figure 2. Graphic representation of genetic diversity of the 30 watermelon ecotypes using principal component analysis based on the 16 studied traits.

تعداد گره ساقه، طول، عرض، قطر و وزن میوه و وزن گوشت و در مولفه دوم صفات تعداد گل نر، طول برگ و وزن گوشت در جهت مثبت و صفات طول و عرض بذر و pH در جهت منفی بیشترین تاثیر را داشتند. توده های ارزشی، سبزواری، رفسنجان، گرد و محلی نیشابور قرار گرفته در ناحیه اول پلات دو بعدی از اهمیت بیشتری برای تولید عملکرد بالا برخوردار هستند. در مطالعه ای بر روی توده های محلی سیستان نیز صفات طول، عرض و وزن میوه و عملکرد در مولفه اول و تعداد میوه و وزن بذر در مولفه دوم اهمیت بیشتری را نشان دادند (NaroeiRad *et al.*, 2010). همچنین مطالعه برخی توده های هندوانه کره و ترکیه نشان داد که صفات طول، عرض و وزن میوه در مولفه اول اهمیت بیشتری دارند (Hull *et al.*, 2008). از ضریب تنوع ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی برای تعیین وجود و یا عدم وجود تنوع استفاده می شود. با مقایسه این ضرایب می توان به تاثیر

تحقیقات می تواند پیش نیازی برای برنامه های دورگ گیری به شمار رود و صفات مطرح شده برای گروه ها به منظور تصمیم گیری در انتخاب والدین مفید می باشند.

تجزیه به مولفه های اصلی (جدول ۵) نشان داد که مولفه های اول (۸۶/۷۶) و دوم (۵/۸۶) با ریشه مشخصه بیشتر از یک، جمعا ۹۲/۶۲ درصد از تنوع بدست آمده را توجیه می کنند. مولفه اول نماینده صفت تعداد برگ، مولفه دوم نماینده صفت تعداد گل نر، مولفه سوم نماینده صفت وزن صد بذر، مولفه چهارم نماینده صفت طول میوه و مولفه پنجم نماینده صفت تعداد گره ساقه می باشند. براساس نتایج تجزیه به مولفه های اصلی، توده ها در چهار گروه قرار گرفتند (شکل ۲). نتایج تجزیه به مولفه های اصلی، نتایج تجزیه خوشه ای را کاملا تایید کرد چراکه دو مولفه بیشتر از ۹۰ درصد تغییرات را توجیه می کنند. در مولفه اول صفات طول، عرض و قطر بذر، فاصله میانگره، تعداد برگ،

جدول ۶- ضرایب تنوع ژنتیکی (CVG)، فنوتیپی (CVPh)، و محیطی (CVE)، نسبت ضریب تنوع ژنتیکی به محیطی (CVG/ CVE) و وراثت پذیری عمومی (h^2) صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف هندوانه

Table 6. Coefficient of phenotypic variation (CVPh), genotypic variation (CVG) and environmental variation (CVE), the ratio of the genetic variation to environmental variation (CVG/ CVE), broad sense heritability (h^2) of the studied traits in the different watermelon accessions

| صفت Trait | CVG | CVE | CVPh | CVG/ CVE | h^2 |
|---------------------------------------|--------|--------|---------|----------|--------|
| طول بذر Seed length | 17.956 | 2.324 | 18.1060 | 7.724 | 98.351 |
| عرض بذر Seed width | 13.622 | 3.771 | 14.134 | 3.61 | 92.880 |
| قطر بذر Seed diameter | 20.868 | 4.400 | 21.326 | 4.74 | 95.742 |
| طول برگ Leaf length | 13.471 | 3.425 | 13.900 | 3.93 | 93.928 |
| فاصله میانگره Internode distance | 15.024 | 3.868 | 15.514 | 3.88 | 93.783 |
| تعداد گل نر Number of male flowers | 37.943 | 49.994 | 62.762 | 0.75 | 36.548 |
| تعداد برگ Number of leaf | 32.810 | 38.960 | 50.935 | 0.84 | 41.494 |
| تعداد گره ساقه Number of nodes | 22.375 | 24.862 | 33.448 | 0.89 | 44.749 |
| وزن صد بذر 100-seed weight | 21.980 | 6.5760 | 22.943 | 3.34 | 91.784 |
| طول میوه Fruit length | 35.132 | 4.016 | 35.361 | 8.74 | 98.710 |
| عرض میوه Fruit width | 17.363 | 5.448 | 18.198 | 3.18 | 91.036 |
| قطر میوه Fruit diameter | 3.588 | 5.959 | 6.956 | 0.6 | 26.612 |
| اسیدیته pH | 17.55 | 5.915 | 18.524 | 2.96 | 89.801 |
| وزن میوه Fruit weight | 30.757 | 24.226 | 39.1530 | 1.26 | 61.713 |
| وزن گوشت Flesh weight | 45.923 | 14.293 | 48.095 | 3.21 | 91.168 |
| ضخامت پوست Thickness of pericarp | 27.908 | 4.792 | 28.3172 | 5.82 | 97.136 |

از بررسی توده های محلی هندوانه سیستان (باتوارث پذیری ۹۸ درصد) (NaroeiRad *et al.*, 2010) و مطالعه برخی توده های محلی در شرایط اقلیمی ارومیه (با توارث پذیری ۹۶ درصد) (Hajali *et al* 2017) می باشد. نتایج حاصل از این بررسی مبنی بر توارث پذیری بالای صفات طول بذر (۷۴ درصد)، عرض بذر (۵۳ درصد) و طول برگ (۵۴ درصد) مطابق با مطالعات قبلی (Hajali *et al* 2017) مشاهده گردید. اما توارث پذیری پایین صفت وزن میوه (توارث پذیری ۲ درصد) مغایر با گزارش حاصل از بررسی توده های محلی سیستان (NaroeiRad *et al.*, 2010) و توارث پذیری پایین صفت pH (توارث پذیری ۳ درصد) مغایر با گزارش حاصل از بررسی برخی توده های بومی ایران در شرایط اقلیمی ارومیه (2017 Hajali *et al*) می باشد. از روش های گزینش بر اساس ژنوتیپ برای اصلاح صفاتی که دارای وراثت پذیری متوسط هستند می توان استفاده کرد. در بررسی همبستگی بین صفات مشخص گردید بین صفات طول و عرض بذر، طول بذر و طول میوه، طول بذر و pH، عرض بذر و قطر میوه، قطر بذر و تعداد گره ساقه، طول برگ و فاصله میانگره، طول برگ و قطر میوه، تعداد گل نر و تعداد برگ، تعداد گل نر و تعداد گره ساقه، تعداد برگ و عرض میوه، تعداد گره ساقه و قطر میوه، طول و قطر میوه، طول و عرض میوه، وزن میوه و وزن گوشت با احتمال یک درصد خطای آزمایش و بین صفات طول بذر و قطر میوه، عرض بذر و pH، قطر بذر و وزن گوشت، طول میوه و pH، عرض و وزن میوه، عرض

عوامل محیطی بر روی صفات مورد بررسی پی برد (Falconer, 1989). ضریب تنوع ژنتیکی برای اکثر صفات مورد بررسی از جمله طول میوه، طول و قطر بذر، ضخامت پوست، طول بزرگ ترین برگ و فاصله میانگره بالا بود که نشان دهنده بالا بودن بازده انتخاب برای این صفات و تشخیص بهتر ژنوتیپ های مطلوب و نامطلوب از یکدیگر است (NaroeiRad *et al.*, 2010). ضریب تنوع ژنتیکی برآورد شده برای صفات تعداد گل نر، تعداد برگ، تعداد گره ساقه، قطر و وزن میوه پایین بود که نشان دهنده تاثیر عوامل محیطی بر روی این صفات است. در بررسی توارث پذیری عمومی بر طبق نظریه استنسفیلد (1991 Stansfield)، صفات طول، عرض و قطر بذر، طول بزرگترین برگ، فاصله میانگره، وزن صد دانه، طول و عرض میوه، وزن میوه، وزن گوشت، ضخامت پوست و pH دارای توارث پذیری بالا بوده و صفات تعداد گل نر، تعداد برگ، تعداد گره ساقه و قطر میوه توارث پذیری متوسط دارند. بیشترین مقدار وراثت پذیری در صفت طول بذر و طول میوه (۹۸ درصد) و کمترین آن در صفت قطر میوه (۲۶ درصد) مشاهده گردید. با توجه به وراثت پذیری بالای صفات طول بذر و میوه می توان گفت این صفت توسط تعداد کمتری ژن کنترل می شود و صفات دارای وراثت پذیری کم توسط تعداد بیشتری ژن با اثرات کم کنترل می شوند. صفت وزن صد بذر که از صفات مهم در ارزیابی عملکرد بذر می باشد با ۹۱ درصد وراثت پذیری عمومی دارای وراثت پذیری بالا مشاهده گردید که در تطابق با نتایج حاصل

بین تعداد برگ و تعداد گره ساقه، تعداد گره ساقه و تعداد گل نر، تعداد برگ و تعداد گل نر می توان جهت شناسایی ارقام با تعداد گل نر بیشتر به منظور استفاده در تلاقی ها بهره برد. از آنجا که همبستگی منفی بین وزن صد بذر و فاصله میانگره مشاهده گردید می توان اظهار داشت توده ها با رشد رویشی کمتر بذور درشت تری دارند.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، تنوع ژنتیکی بالایی بین توده های بومی هندوانه ایران مشاهده گردید. توده یزد از نظر صفات وزن گوشت، ضخامت پوست و pH میوه، برتری بالاتری نسبت به سایر توده ها داشته و توده نیشابور با بیشترین میزان طول، عرض، قطر و وزن صد دانه می تواند جهت اصلاح توده ها برای تولید بذر به کار رود. همچنین از توده روستای هجرگ با کمترین طول، عرض، قطر و وزن صد بذر می توان به عنوان والد سودمند در تلاقی ها جهت تولید ژنوتیپ های جدید استفاده کرد. با توجه به همبستگی مثبت صفات طول، عرض و قطر بذر با صفت وزن صد بذر و صفات طول، عرض، قطر میوه و وزن گوشت با صفت وزن میوه می توان از این صفات در گزینش موفق به منظور افزایش عملکرد بذر و یا میوه استفاده کرد.

سپاسگزاری

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به دلیل تامین هزینه مالی این تحقیق از محل طرح پژوهشی به شماره ۹۲۰۳۳۹۲۴ اعلام می کنند.

میوه و وزن گوشت، عرض میوه و ضخامت پوست، وزن گوشت و pH با احتمال پنج درصد خطای آزمایش همبستگی مثبت و معنی دار دارند (جدول ۸). بر اساس این نتایج، صفات طول، عرض و قطر بذر که به طور مستقیم در افزایش وزن صد بذر و عملکرد بذر نقش دارند با این صفت همبستگی مثبت و بالا نشان دادند. همچنین صفات طول، عرض، قطر میوه و وزن گوشت که در افزایش وزن میوه اهمیت دارند به طور مستقیم با این صفت همبستگی مثبت نشان دادند. با تکیه بر چنین صفاتی می توان گزینش موفق جهت افزایش عملکرد بذر و یا میوه انجام داد. مطالعات قبلی صورت گرفته در بررسی برخی گونه های هندوانه های تراپلویید، ارزیابی توده های هندوانه در شرایط اقلیم ارومیه و هندوانه های بومی سیستان نیز همبستگی مثبت و معنی داری بین صفات طول و عرض میوه نشان داد (Sheikh et al., 2013; Hajali et al., 2017; NaroieRad et al., 2010) که در تطابق با نتایج حاصل از این مطالعه می باشد. همچنین گزارش حاصل از تجزیه گرافیکی روابط متقابل بین صفات در برخی توده های طالبی ایرانی نیز همبستگی مثبت و معنی دار بین صفات طول، عرض و ضخامت میوه با صفت وزن میوه نشان داد (Mohammadi et al., 2013). از آنجا که بین طول بذر و قطر میوه، عرض بذر و قطر میوه، قطر بذر و عرض میوه، وزن صد بذر و عرض میوه همبستگی مثبت و معنی داری مشاهده گردید می توان اظهار داشت که میوه ها با شکل ظاهری گردتر بذور درشت تری دارند. همچنین از همبستگی مثبت و معنی دار

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در اکتیپ های مختلف هندوانه

Table 8. Correlation coefficients between the studied traits of the different watermelon ecotypes

| | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | x10 | x11 | x12 | x13 | x14 | x15 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------------|--------------------|---------------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| x2 | 0.74* | | | | | | | | | | | | | | |
| x3 | 0.28 | 0.273 | | | | | | | | | | | | | |
| x4 | 0.024 | -0.011 | 0.103 | | | | | | | | | | | | |
| x5 | -0.143 | -0.05 | -0.068 | 0.483 | | | | | | | | | | | |
| x6 | 0.27 | 0.148 | 0.35 | 0.17 | -0.05 | | | | | | | | | | |
| x7 | 0.277 | 0.172 | 0.3 | 0.185 | 0.097 | 0.572* | | | | | | | | | |
| x8 | 0.317 | 0.21 | 0.50 | 0.268 | 0.198 | 0.546* | 0.613* | | | | | | | | |
| x9 | 0.0137 | -0.12 | 0.183 | 0.254 | -0.067 | 0.219 | 0.145 | 0.276 | | | | | | | |
| x10 | 0.849* | 0.663* | 0.407* | 0.035 | -0.312 | 0.343 | 0.3189 | 0.374 | 0.158 | | | | | | |
| x11 | 0.228 | -0.016 | -0.072 | 0.019 | -0.042 | 0.233 | 0.409 | 0.148 | 0.089 | 0.106 | | | | | |
| x12 | 1.235* | 1.005* | 0.753* | 0.502* | 0.292 | 0.305 | 0.482 | 0.729 | -0.0005 | 0.92* | 0.078 | | | | |
| x13 | 0.47* | 0.436* | 0.325 | 0.28 | 0.151 | 0.123 | 0.225 | 0.313 | 0.116 | 0.374 | 0.283 | 0.106 | | | |
| x14 | 0.067 | -0.041 | 0.058 | 0.189 | 0.058 | 0.197 | 0.283 | 0.178 | 0.074 | 0.171 | 0.39 | 0.063 | 0.256 | | |
| x15 | 0.274 | 0.194 | 0.38 | 0.181 | 0.158 | 0.382 | 0.399 | 0.42 | 0.121 | 0.311 | 0.428 | 0.017 | 0.424 | 0.5769* | |
| x16 | 0.214 | 0.058 | -0.103 | -0.003 | -0.084 | 0.008 | 0.086 | 0.106 | 0.269 | 0.149 | 0.38 | 0.27 | 0.313 | 0.078 | 0.152 |
| Fruit diameter | X13: قطر میوه | | | | | | | | | | | | | | |
| Fruit weight | X14: وزن میوه | | | | | | | | | | | | | | |
| Flesh weight | X15: وزن گوشت | | | | | | | | | | | | | | |
| Thickness of pericarp | X16: ضخامت پوست | | | | | | | | | | | | | | |
| | | pH | | | | | | | | | | | | | |
| | | 100-seed weight | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fruit length | | | | | | | | | | | | | |
| | | Fruit width | | | | | | | | | | | | | |
| | | | X9: اسیدیته | | | | | | | | | | | | |
| | | | X10: وزن صند بندر | | | | | | | | | | | | |
| | | | X11: طول میوه | | | | | | | | | | | | |
| | | | X12: عرض میوه | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Internode distance | | | | | | | | | | | |
| | | | | Number of male flowers | | | | | | | | | | | |
| | | | | Number of leaves | | | | | | | | | | | |
| | | | | Number of nodes | | | | | | | | | | | |
| | | | | | X5: فاصله میانگوه | | | | | | | | | | |
| | | | | | X6: تعداد گل نر | | | | | | | | | | |
| | | | | | X7: تعداد برگ | | | | | | | | | | |
| | | | | | X8: تعداد گره ساقه | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Seed length | | | | | | | | | |
| | | | | | | Seed width | | | | | | | | | |
| | | | | | | Seed diameter | | | | | | | | | |
| | | | | | | Leaf length | | | | | | | | | |
| | | | | | | طول بندر | | | | | | | | | |
| | | | | | | عرض بندر | | | | | | | | | |
| | | | | | | قطر بندر | | | | | | | | | |
| | | | | | | طول برگ | | | | | | | | | |

References

- AbdoliNasab, M., and Rahimi , M. 2017. Evaluation of genetic diversity and classification of watermelon (*Citrullus lanatus*) ecotypes using SRAP molecular markers. *Nova Biologica Reperta*, 4(3): 201-208 (In Persian with English Summary).
- Alipour, M., Abdollahi, H., Ghasemi, A., Abdosi, V., and Akramian, M. 2011. *Evaluation of genetic diversity of some quince cultivars (Cydonia oblonga Mill.) grown in Esfahan by using morphological traits*. Proceeding of the 7th Horticultural Sciences Congress of Iran, Esfahan. (In Persian).
- Brickell, C. 1992. *The Royal Horticultural Society Encyclopedia of Gardening*.- London: Dorling Kindersley. p. 333
- Chalak, L., Chehade, A., and Kadri, A. 2007. Morphological characterization of cultivated almonds in Lebanon. *Fruits*, 62: 177-186
- Dane, F., and Liu, J. 2007. Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). *Genet Resour Crop Ev.*, 54: 1255-1265.
- Falconer, D.S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. (3 rd edition) *Longman*. New York. 415 p.
- Gbotto, A.A., Koffi, K.K., Fouha Bi, N.D., Doubi Bi, S.T., Tro, H.H., Baudoin, J.P., and Zoro Bi, I.A. 2016. Morphological diversity in oleaginous watermelon (*Citrullus mucosospermus*) from the Nangui Abrogoua University germplasm collection. *African Journal of Biotechnology*, 15(21): 917-922.
- Ghareyazi B. 1998. *The application of DNA markers in plant breeding*. Proceedings of the Fourth Conference on Agronomy and Plant Breeding Sanati Isfahan University, 42(2): 328-381.
- Gichimu, B.M., Owuor, B.O., Mwai, G.N., and Dida, M.M. 2009. Morphological characterization of some wild and cultivated watermelon (*Citrullus sp*) accessions in Kenya. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(2): 10-18.
- Hajiali, A., Darvishzadeh, R., Zahedi, B., and Abbasi, J. 2017. Exploring genetic diversity of some iranian watermelon (*Citrullus vulgaris*) accessions in Urmia climatic condition. *The Plant Production*, 40(1): 29-41 (In Persian with English Summary).
- Huhl, Y.C., Solmaz, I., and Sari. N. 2008. *Morphological characterization of Korean and Turkish watermelon germplasm. Cucurbitaceae*. In: Proceedings

- of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France), 327-334.
- Kallo, G. 1988. Vegetable Breeding. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA. 239 P.
- Kiani, M., and Jahanbin, G. 2006. Investigation on genetic variation of Iran watermelon accession. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(2): 333-345. (In Persian).
- Levi, A., and Thomas, C.E. 2001. Low Genetic Diversity Indicates the Need to Broaden the Genetic Base of Cultivated Watermelon. *Hort. Science*, 36(6): 1096-1101.
- Lincoln, S.E., Daly, M.J., and Lander, E.S. 1993. Constructing genetic maps with MAPMAKER/EXP version 3.0, a tutorial and reference manual. In: Whitehead Inst Biomed Res Tech Rpt (3rd ed). Whitehead Institute for Biomedical Research, Cambridge, 47 P.
- Liu, K., and Muse, S.V. 2005. PowerMarker: an integrated analysis environment for genetic marker analysis. *Bioinformatics*, 21: 2128-2129.
- Mohammadi, R., Dehghani, H., and Karimzadeh, Q. 2014. Graphic analysis of trait relations of cantaloupe using the Biplot method. *Jornal of Plant Production Research*, 21 (4): 43-62 (In Persian with English Summary).
- NaroueiRad M.R., Alah Dou M., Ghasemi A., and Fanaei H.R. 2010. Investigation of genetic diversity and broad sense heritability in watermelon accessions of Sistan. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 40(4): 95-103 (In Persian).
- SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Sheikh, S., Noh, J., Seong, M., Jung, G., Kim, J., Ju, H., and Huh, Y. 2013. Phenotypic markers for tetraploid watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) following parental exposure to colchicine in to generation. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 54(6): 524-530.
- Sheng, Y., Luan, F., Zhang, F., and Davis A.R. 2012. Genetic Diversity within Chinese Watermelon Ecotypes Compared with Germplasm from Other Countries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 3: 144-151.
- Soltani, F., Ebadi, M., Mostoufi, Y., and Azizzadeh, S.M. 2016. *Evaluation of phenotypic variation of Iranian watermelon (Citrullus sp.) accessions by morphological markers*. SHS Acta Horticulturae 1145: International

Symposium on Biotechnology and Other Omics in Vegetable Science.
Stansfield, W.D. 1969. Theory and problems in genetics. McGraw-Hill, New York.
Ward, J. 1963. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58 (301)244–236 :.

Investigation of Variation in Morphological and Important Agronomic Characteristics among Watermelon (*Citrullus lanatus*) Ecotypes using Multivariate Statistical Analysis

M. Abdoli Nasab^{1*}, Mehdi Rahimi², Elham Rezvannejad³

1. Assistant Professor, Department of biotechnology, institute of science and high technology and environmental sciences, graduate university of advanced technology, kerman, Iran. (Corresponding author)
1. Assistant Professor, Department of biotechnology, institute of science and high technology and environmental sciences, graduate university of advanced technology, kerman, Iran.

Received: February 2018 Accepted: July 2018

Extended Abstract

Abdoli Nasab, M., Rahimi, Rezvannejad, E., Investigation of Morphological and Important Crop Characteristics Variation among Some Watermelon (*Citrullus lanatus*) Ecotypes using Multivariate Statistical Analysis

Applied Research in Field Crops Vol 30, No. 4, 2017 16-18: 93-109(in Persian)

Introduction

Watermelon (*Citrullus lanatus*) is a tropical or semi-tropical plant and is considered to be a rich source of antioxidant compounds. China is the leading producer of watermelon in the world followed by Turkey, United States, Iran and Republic of Korea. The study of genetic diversity is important not only for the conservation of plant materials, but also for the utilization of the heterosis phenomenon in the breeding programs to produce hybrid seeds with high heterosis in yield, which have greater adaptability and tolerance to biotic and abiotic stress environmental conditions (Abdolinhasab & Rahimi, 2017). The province of Kerman is one of the most important regions for watermelon cultivation and production in Iran. In the present study, we used the multivariate statistical analysis based on several morphological and economically important physiological characteristics to evaluate the variation in thirty ecotypes of watermelon that had been collected from different parts of Kerman province.

Material and Methods

The collected ecotypes were cultivated in a completely randomized block design with three replications in Kerman. Sixteen morphological and physiological traits were evaluated. Analysis of variance, estimation of the descriptive statistical

Email address of the corresponding author: m.abdolinhasab@gmail.com

parameters, cluster analysis, the discriminant and the principal component analysis (PCA), the correlation between traits and the cophenetic correlation coefficient were calculated using different statistical software packages. Components of variance and coefficients of genotypic, phenotypic and environmental variation, also broad sense heritability were calculated with the corresponding formulas.

Results & Discussion

Analysis of variance revealed significant differences among the investigated traits. Correlation between fruit weight and most of the traits was positive. The length, width and diameter of seeds, which directly affected the seed yield exhibited a positive correlation with this trait. Therefore, they can be viewed as beneficial traits in terms of increasing seed yield. Also, the fruit length, width and diameter as well as flesh weight, which are important yield components in increasing fruit weight, successful variety showed a positive correlation with this trait and can lead to the selection to increase seed and fruit yields. Cluster analysis using ward method classified the studied ecotypes into four groups. Based on the principal component analysis, the first and second components, with characteristic root of higher than 1, justified more than 92 percent of the total variation. The first component represented leaf number trait and the second component represented male flower number trait. NaroeiRad *et al.*, 2010 showed that fruit length, fruit width, fruit weight and yield were the most important traits in the first component and fruit number and seed weight were the most important traits in the second component. Also, Huhl *et al.*, 2008 showed that length, width and weight of fruit were the traits with the greatest importance in the first component. Seed and fruit length traits had the highest heritability (98 %) and the lowest heritability (26 %) was associated with fruit diameter trait. The results of this study showed a great deal of diversity among the morphological traits in the studied ecotypes. The accessions had been divided into four groups in which group 1 produced the highest seed yield. Therefore, the accessions of this group can be used to enhance yield. The Hejrag accession showed the minimum length, width and diameter of seeds, as well as the lowest weight, suggesting that it could be used in the production of small-size seed cultivars in breeding programs.

Conclusion

This study showed that the quantitative traits are a useful tool for preliminary evaluation of genetic diversity in watermelon ecotypes. Based on correlation analysis, the traits including seed diameter, male flower number, number of leaves per plant, number of nodes, fruit length, fruit diameter and fruit weight had positive association with flesh weight. Selection of parent plants should be based on the wider inter-cluster distance and superior mean performance for fruit

yield and quality in four distinct groups. The ecotype Yazd was superior for pH, flesh weight and thickness of pericarp, so it can be included in further breeding programs for developing superior varieties. Also, the Neyshabor accession showed the maximum seed length, width, diameter and 100-seed weight, making it suitable for the production of large size seed cultivars.

Keywords: Water melon, Cluster analysis, Principal component analysis, Correlation

References:

, M. 2017. Evaluation of genetic diversity AbdoliNasab, M., and Rahimi ecotypes using SRAP and classification of watermelon (*Citrullus lanatus*) molecular markers. *Nova Biologica Reperta*. 4(3): 201-208. (In Persian with English Summary).

Huhl, Y.C., Solmaz, I., and Sari. N. 2008. *Morphological characterization of Korean and Turkish watermelon germplasm. Cucurbitaceae*. In: Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France), 327-334.

NaroueiRad M.R., Alah Dou M., Ghasemi A., and Fanaei H.R. 2010. Investigation of genetic diversity and broad sense heritability in watermelon accessions of Sistan. *Iranian Journal of Horticultural Sciences*, 40(4): 95-103 (In Persian).