Plant Prod., 2022, 45(2), 241-252
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2022.32122.1862
Received: 8 February 2020
Accepted: 4 April 2022

Plant Productions
Research Article

The Effect of Dehydration Stress on Yield, Quantitative and Qualitative Traits of Hybrids Obtained From Crossbreeding of Commercial Potato Cultivars

Mohammad Reza Vesali[1], Reza Baradaran[2]*, Davood Hassanpanah[3], Mohammad Javad Seqatoleslami[4]

1- Ph.D. Student of Plant Breeding, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran
3- Associate Professor, Horticulture Crops Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Centre, AREEO, Ardabil, Iran
4- Associate Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran

Citation: Vesali, M. R., Baradaran, R., Hassanpanah, D., & Seqatoleslami, M. J. (2022). The effect of dehydration stress on yield, quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from crossbreeding of commercial potato cultivars. *Plant Productions*, 45(2), 241-252.

Abstract

Introduction

Potatoes are a plant sensitive to water stress and are a rich source of carbohydrates, essential nutrients such as fiber, vitamins, minerals, proteins and antioxidants. Drought is one of the most common tensions that has always threatened the production of agricultural products and has affected a large area of the world. Therefore, due to the scarcity of water resources, it is necessary to increase water consumption efficiency in the agricultural sector and to pay more attention to water control and storage methods, including irrigation. The present study was conducted to evaluate the effect of dehydration stress on yield, quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from crosses of commercial potato cultivars in Ardabil province.

Materials and Methods

This study was conducted to investigate the effect of dehydration stress on yield, quantitative and qualitative traits of hybrids resulting from cross-breeding of commercial potato cultivars for

* **Corresponding Author:** Reza Baradaran
E-mail: r.baradaran@yahoo.com

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

two years (2017-97) in the greenhouse of Zare Gostar Arta Agricultural Company in Ardabil province. Split plot experiment Based on a completely randomized design with three replications. The main factor included three levels of irrigation (100, 85 and 70% of the plant's water requirement) and the sub-factor included 12 potato hybrids that were the result of crossing four cultivars Losta, Banba, Spirit and Agria as parents. Statistical calculations were performed using Sas 9.1 and Mini-tab 16 statistical software.

Results and Discussion

The results of analysis of variance showed that there was a significant difference in terms of all evaluated traits except main stem diameter, tuber dry matter percentage, tuber specific gravity and tuber starch percentage. In terms of bilateral effect of irrigation levels × cultivars, except for tuber dry matter percentage, tuber specific gravity and tuber starch percentage, significant differences were observed in other traits. Treatment of 100% water usable in the swamp (a Luca × Esprit♂) with an average of 53.56 tons per hectare maximum tuber yield and treatments of 85% water usable in the confluence (♀ Luca × Esprit×) and 65% water usable in the swamp (uc Luca × Esprit♂) with an average of 49.75 and 50.39 tons per hectare, respectively, had the lowest tuber yield. Crossing No. 10 (baBanba × Esprit♀) with an average of 21.52% had the highest percentage of dry matter and along with crosses No. 1, 7 and 9 were in the top group. The results of correlation between the evaluated traits in these three conditions separately showed that in all three water conditions the correlation between tuber yield and tuber weight per plant was positive and significant and at irrigation levels of 100, 85 and 65, respectively (r= 0.98**, 0.99** and 0.99 **). Percentage of tuber dry matter, tuber specific gravity and percentage of tuber starch had a significant negative correlation with tuber yield and tuber weight per plant at 85% of usable water stress.

Conclusion

With this in mind, Cross No. 10 (baBanba × Esprit♀) is recommended among the crosses under evaluation for processing (chips).

Keywords: Dry matter, Low irrigation, Potato population, Tuber yield

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۱، ۴۵(۲)، ۲۴۱-۲۵۲
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/PPD.2022.32122.1862
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۵

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی

محمدرضا وصالی[۱]، رضا برادران[۲]*، داود حسن پناه[۳]، محمد جواد ثقه الاسلامی[۴]

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
۳- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی، به مدت دو سال اجرا گردید. هر دو آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح کامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانه شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا اردبیل در سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و فاکتور فرعی شامل ۱۲ جمعیت سیب‌زمینی بود. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی نظیر تعداد غده در بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، عملکرد غده، درصد ماده خشک، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده در سطوح آبیاری و هیبریدها نشان داد که بین هیبریدهای مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد وجود داشت. به منظور بررسی اختلاف بین سطوح آبیاری باید اذعان داشت از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. از نظر اثر دوجانبه سطوح آبیاری × رقم به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده در بقیه صفات اختلافات معنی‌داری مشاهده گردید. تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در تلاقی (♂Luca × Esprit♀) با میانگین ۵۳/۵۶ تن در هکتار بیشترین عملکرد غده و تیمارهای ۸۵ درصد آب قابل استفاده در تلاقی (♂Agaria × Esprit♀) و ۷۰ درصد آب قابل استفاده در تلاقی (♂Agaria × Esprit♀) به‌ترتیب با میانگین‌های ۲۰/۱۷ و ۱۸/۷۰ تن در هکتار کمترین عملکرد غده را به خود اختصاص دادند. تلاقی (♂Banba × Esprit♀) با میانگین ۲۱/۵۴ درصد بیشترین درصد ماده خشک را داشته و در گروه برتر قرار گرفتند، لذا با در نظر گرفتن این موضوع تلاقی (♂ Banba × Esprit♀) برای فراوری (چیپس) قابل توصیه می‌باشد. نتایج همبستگی بین صفات مورد ارزیابی تیمارهای آبی نشان داد که در تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی همبستگی بین عملکرد غده با ماده خشک غده، وزن مخصوص و درصد نشاسته غده در سطح یک درصد معنی دار بود. همبستگی بین تعداد ساقه اصلی در بوته با تعداد غده در بوته با افزایش تنش، منفی و افزایش یافته است.همبستگی منفی و معنی‌داری در هر سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ بین درصد ماده خشک غده با وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده مشاهده گردید. با توجه به عملکرد بالای غده هیبرید (Luca × Esprit) در هر سه شرایط محیطی پیشنهاد می‌شود در آزمایشات آتی از این هیبرید استفاده شود.

* **نویسنده مسئول:** رضا برادران
رایانامه: r.baradaran@yahoo.com

© 2022 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

کلیدواژه‌ها: جمعیت سیب‌زمینی، عملکرد غده، کم آبیاری، ماده خشک

مقدمه

سیب‌زمینی جزء گیاهان حساس به تنش کمبود آب است (Deblonde and Ledent, 2001) و منبع غنی از کربوهیدرات‌ها، مواد مغذی ضروری مانند فیبر، ویتامین‌ها، مواد معدنی، پروتئین و آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشد، از این رو، افزایش بهره‌وری محصول سیب‌زمینی می‌تواند در تحقق نیازهای غذایی جمعیت رو به افزایش کمک کند (Bach et al., 2012). اردبیل به دلیل شرایط محیطی مناسب یکی از مناطق اصلی تولید سیب‌زمینی کشور به شمار می‌رود (Mohammad Dost Chamanabad et al., 2010). بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان فائو، کشور چین با تولید ۹۹ میلیون تن و ایران با ۵/۱ میلیون تن به ترتیب رتبه‌های اول و سیزدهم تولید سیب‌زمینی جهان را در اختیار دارند (FAO, 2019).

بخش کشاورزی به‌عنوان مصرف‌کننده عمده آب باید به ارزش اقتصادی آب بیشتر توجه نماید که این تداوم تنها در سایه تولید بیشتر به ازای واحد آب مصرفی امکان‌پذیر است (Sepaskhah and Ahmadi. 2010). کم‌آبیاری یک راهکار بهینه برای به عمل آوردن محصولات تحت شرایط کمبود آب است که با افزایش کارایی مصرف آب همراه می‌شود (Sepaskhah and Ahmadi. 2010). یکی از کارهای اساسی و لازم جهت کاهش تأثیر تنش، درک کامل و دقیق واکنش‌های فیزیولوژیکی و عکس‌العمل گیاهان در مقابل آن می‌باشد (Khorshidi Benam et al., 2006). خشکی یکی از معمول‌ترین تنش‌هایی است که همواره تولید محصولات کشاورزی را تهدید کرده و سطح وسیعی از مناطق جهان را تحت تأثیر خود قرار داده است (Passioura, 2007 و Aminian et al., 2019). شدت، تناوب و دوره خشکی‌ها به آرامی در حال افزایش بوده و این امر تأثیر جدی روی محصولات کشاورزی خواهد داشت (Stikic et al., 1992). تنها گزینه موثر برای تأمین امنیت غذایی برای جمعیت رو به افزایش جهان، استفاده از کشاورزی آبی است، زیرا میزان محصول کشاورزی تولید شده تحت آبیاری دو برابر میزان محصول تولید شده در شرایط دیم است (Sepaskhah and Ahmadi. 2010). بنابراین ضروری است با توجه به کمبود منابع آبی، راندمان مصرف آب در بخش کشاورزی افزایش یابد و روش‌های کنترل کننده و ذخیره‌کننده آب از جمله کم آبیاری مورد توجه بیشتر قرار گیرد. مدیریت این روش در مورد برخی از گیاهان مانند سیب‌زمینی که ریشه سطحی دارند به سختی انجام می‌شود. زیرا با توجه به حساسیت گیاه به خشکی و سطحی بودن ریشه، حتی اعمال دوره‌های کوتاه تنش نیز روی محصول و کیفیت آن مؤثر است. رشد سیب‌زمینی و عملکرد غده تا حد زیادی به آبیاری بستگی دارد، بنابراین، حتی یک دوره کوتاه کسری آب می‌تواند باعث از دست رفتن قابل توجه عملکرد غده و بدتر شدن کیفیت غده شود (Deblonde and Ledent, 2001). میزان از بین رفتن عملکرد غده ناشی از خشکسالی، تا حد زیادی به مرحله رشد گیاه و طول مدت و شدت تنش بستگی دارد (Evers et al., 2010). اگر خشکسالی در مراحل اولیه رشد رخ دهد، به‌طور قابل ملاحظه‌ای شروع غده، حجیم شدن و عملکرد غده را تحت تأثیر قرار می‌دهند، خشکسالی هنگام غده‌زایی، باعث کاهش تعداد غده و عملکرد آن می‌شود. اگر خشکسالی را در مرحله حجیم کردن غده تجزیه کنند، غده‌های کوچک‌تر تولید می‌شود. علاوه بر تأثیر آن بر عملکرد غده، خشکسالی به میزان قابل توجهی پارامترهای کیفی غده را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد و آن‌ها را برای پردازش و مصرف نا مناسب می‌کند (Wang-Pruski and Schofield, 2012). Khorshidi Benam et al. (2002)گزارش کردند اعمال هرگونه تنش محتوای نسبی آب، کارایی مصرف آب، تعداد غده در بوته، درصد ماده خشک و عملکرد را کاهش می‌دهد. Yuan et al. (2003) گزارش کردند که با افزایش میزان آب مصرفی ارتفاع گیاه، میزان بیوماس و محصول بازارپسند با وزن غده بیش از ۸۰ گرم افزایش یافت. Lian et al. (2011) در تحقیقات خود نشان دادند که اعمال تنش ۵۰ درصدی در مرحله غده‌زایی روی سیب زمینی باعث کاهش میزان بیوماس گیاه در کم آبیاری سنتی و کم آبیاری متناوب شده است. Jensen et al. (2010) بیان داشتند اعمال روش کم آبیاری سنتی و کم آبیاری متناوب باعث افزایش محصول بازارپسند سیب‌زمینی تا ۱۵ درصد و کاهش ۳۰-۲۰ درصد آب مصرفی شده است. Tofang Sazpoor et al. (2016) گزارش کردند که دو روش کشت از نظر صفات عملکرد غده، کارایی مصرف آب و میزان نشاسته غده با هم اختلاف معنی‌دار داشتند، و روش جوی و پشته‌ای نسبت به کشت کرتی با عملکرد غده ۱۴۳۵/۲۴ گرم در مترمربع برتری داشت. با توجه به اهمیت گیاه سیب‌زمینی و هم‌چنین موقعیت جغرافیایی بیشتر مناطق ایران به‌عنوان

مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه اثر تنش خشکی در گیاه سیب‌زمینی بسیار با ارزش است. برای اصلاح گیاه سیب‌زمینی شناخت سازوکار مقابله با تنش خشکی و نیز تشخیص اثر تنش‌خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و متابولیسمی گیاه از گام‌های نخست به شمار می‌آید. از این رو، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی در استان اردبیل به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تنش کم‌آبی بر عملکرد، صفات کمی و کیفی هیبریدهای حاصل از تلاقی ارقام تجاری سیب‌زمینی، به مدت دو سال (۹۷-۱۳۹۶) که سال اول برای ایجاد تنوع ژنتیکی و سال دوم برای انتخاب هیبرید مناسب از نظر صفات زراعی، کمی و کیفی در شرایط تنش (محدودیت آبی) و نرمال درگلخانه شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا استان اردبیل اجرا گردید. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده برپایه طرح کامل تصادفی و در سه تکرار و ابعاد هر کرت ۲×۴ و تکرارها کنار هم کشت شد و تمامی مراحل اعم از به‌دست آوردن غده (میکروتیوبر) از بذر اولیه وایجاد شرایط تنش کم‌آبی در شرایط گلخانه انجام گردید که در آن فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰درصد نیاز آبی گیاه) بود که به‌صورت مجزا و شیرفلکه برای هرکدام از سطوح تنش با نوار تیپ انجام شد و هم‌چنین فاکتور فرعی نیز شامل ۱۲ هیبرید سیب‌زمینی بود.

ایجاد تنوع ژنتیکی

در این بخش از آزمایش از چهار رقم لوکا، بانبا، اسپیریت و آگریا به‌عنوان والد استفاده شد که می‌توان به برخی مشخصات ارقام اشاره نمود رقم لوکا پرمحصول، رقم آگریا پرمحصول، مناسب برای خلال سیب‌زمینی یخزده و حساس به تنش کم‌آبی، رقم بانبا پرمحصول، مناسب برای تازه‌خوری و رقم اسپیریت پرمحصول و متحمل به تنش کم‌آبی می‌باشد (Hassanpanah et al., 2016). پس ارقام لوکاو بانبا به‌عنوان ارقام حساس به تنش کم‌آبی وارقام اسپیریت وآگریا ارقام متحمل به تنش کم‌آبی معرفی شدند این رقم‌ها به روش دورگ گیری متقابل در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۶ در گلخانه شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا تلاقی داده شد.

خزانه گیری در گلخانه

بذر هیبریدهای تولیدی پس از شکستن خواب به‌صورت طبیعی بعد از حدود ۲ ماه نگهداری در دمای اتاق معمولی که دمای آن ۱۸ الی ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود، در مهرماه سال ۱۳۹۶در گلخانه و در بستر کاشت کوکوپیت و پوکه معدنی به نسبت حجمی ۱:۱ کشت شد.کوکوپیت نوعی بستر کشت می‌باشدکه از فیبر نارگیل تهیه میشود و دارایی قابلیت نگهداری آب بالایی دارد و حاوی مواد غذایی بالا و محیطی نسبتاً اسیدی است. هم‌چنین کوکوپیت دارای pH ایده‌آل بین ۶ تا ۶/۵ بوده و به‌عنوان محیط بدون خاک نیز می‌تواند معرفی شود که موجب جذب متناسب مواد غذایی به ریشه می‌شود. در طی مراحل رشد، عملیات آبیاری و وجین علف‌های هرز به‌طور منظم انجام شد. چون تمامی مراحل کاشت در محیط گلخانه انجام گرفته قاعدتا به علت گرمایی موجود در گلخانه برای مبارزه وکنترل آفات آن که می‌توان به مگس سرکه و بید سیب‌زمینی اشاره کرد از سم کنفیدور به مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر در ۱۰۰ مترمربع و برای مبارزه با بیماری‌های قارچی از قارچ‌کش مانکوزب به مقدار ۱۰ گرم در ۱۰۰ مترمربع استفاده شد. شرایط رشد محیطی در کلیه مراحل تحقیق در گلخانه با طول دوره روشنایی ۱۶ ساعت و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵-۶۵ درصد بود. پس از دو ماه میکروتیوبرها تولید و پس از شکستن خواب مجددا در دی‌ماه ۱۳۹۶ در گلخانه کشت شدند. در این مرحله جمعیت‌ها در ۳ تیمار محدودیت آب (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد آب قابل استفاده) بررسی شد. میزان آب مصرفی براساس مراحل مختلف رشد و نیاز گیاه مصرف گردید. برای محاسبه میزان آب آبیاری در هر نوبت و در هر مرحله از رشد سیب‌زمینی مقادیردرصد ظرفیت مزرعه (FC=۲۹/۱%)، درصد پژمردگی دایم (PWP =۱۴/۶٪)، جرم مخصوص ظاهری خاک (Bd.D = ۱/۲۹)، آب قابل استفاده (AW =۱۴/۵٪) و آب سهل‌الوصول (RAW ۶/۵۴۷٪ =) محاسبه شد. حداکثر کمبود مجاز برای سیب‌زمینی ۰/۳۵ در نظر گرفته شد. درصد رطوبت خاک برای تعیین زمان شروع آبیاری از طریق جمع مقادیر آب سهل‌الوصول و پژمردگی دایم محاسبه گردید. مقدار رطوبت خاک ۲۱/۱۴۷ درصد برای زمان شروع آبیاری در نظر گرفته شد. مقدار درصد رطوبت خاک محل آزمایش در طی دوره رشد سیب‌زمینی با استفاده از دستگاه پرتابل رطوبت‌سنج خاک مدل PMS-714 ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری گردید. به خاطر پوست‌بندی غده‌ها قسمت‌های هوایی ۱۰ روز قبل از برداشت بوته‌ها سربرداری شد. در طی مراحل رشد عملیات آبیاری برای هر سه سطح (۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) بصورت

شیرفلکه ومجزا برای هرکدام از شرایط تنش با نوار تیپ صورت گرفت و وجین علف‌های هرز به‌طور منظم در تیمارها انجام شد. اولین آبیاری به‌صورت کامل انجام گرفت. آبیاری براساس نیاز گیاه و زمان آن با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج پورتابل مشخص شد. پس از برداشت هیبریدها از لحاظ صفات تعداد غده در بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، عملکرد غده، وزن مخصوص غده، درصد نشاسته و درصد ماده خشک غده اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری درصد نشاسته با استفاده از روش پلاریمتری میزان چرخش نور پلاریزه قرائت‌شده و توسط فرمول مربور درصد نشاسته محاسبه شد. در این روش ابتدا نمونه‌های سیب‌زمینی به‌وسیله خرد کن کاملاً خردشده، سپس به میزان سه برابر وزن پالپ با آب مخلوط شده، ۲۰ میلی لیتر محلول متابی سولفیت ۰/۱ درصد اضافه نموده و بوسیله پارچه توری صاف گردید.پس از دو فاز شدن محلول، توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر نشاسته جدا گردید. نشاسته به‌دست‌آمده چندین بار با آب شسته‌شده و نهایتاً در ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. تجزیه واریانس پس از نرمال بودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی در قالب طرح آماری کرت‌های خردشده بر پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای انجام محاسبه‌های آماری از نرم‌افزار کامپیوتری SAS 9.1 استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین صفات، از ضرایب همبستگی خطی استفاده شد. برای محاسبه آن از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده گردید.

تحلیل آماری

برای نرمال بودن کشیدگی و یا چولگی توزیع داده‌ها، از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شد. تجزیه واریانس پس از نرمال بودن داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات مورد ارزیابی در قالب طرح آماری کرتهای خرد شده بر پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای انجام محاسبه‌های آماری از نرم‌افزار کامپیوتری SAS 9.1 استفاده شد. برای بررسی ارتباط بین صفات، از ضرایب همبستگی خطی استفاده شد. برای محاسبه آن از نرم‌افزار Minitab 16 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در سطوح آبیاری و هیبریدها در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد وجود داشت. این امر حاکی از تنوع فنوتیپی بالای بین ارقام به منظور گزینش برای صفات مورد نظر می‌باشد. به منظور بررسی اختلاف بین سطوح آبیاری باید اذعان داشت از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید. مابین هیبریدها از لحاظ کلیه صفت مورد بررسی از نظر اثر دوجانبه سطوح آبیاری × رقم به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده در بقیه صفات اختلافات معنی‌داری مشاهده گردید. کمترین ضریب تغییرات مربوط به خطای آزمایشی به‌ترتیب با مقادیر ۰/۲۸ مربوط به وزن مخصوص غده بود و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به خطای آزمایشی با مقدار ۱۲/۷۶ درصد مربوط به تعداد غده در بوته بود (جدول ۱).

تعداد غده در بوته

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد غده در بوته با ۸ عدد مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی در هیبریدهای (♂Banba × Esprit♀) و (♂Esprit × Agria♀) و کمترین تعداد غده در بوته با ۳ عدد به تیمار ۷۰ درصد نیاز آبی به هیبریدهای (♂Banba × Esprit♀) و (♂Banba × Lucao♀) اختصاص یافت (جدول ۲). صفت تعداد غده در بوته از مهمترین صفات است و از اجزای اصلی عملکرد در سیب‌زمینی به شمار می‌رود. هر چه تعداد استولون بیشتر باشد، تعداد غده در بوته نیز بیشتر خواهد شد (Hasanpanah and Akbarloo, 2013). تحقیقات انجام گرفته توسط Demelash (2013) و Alva et al. (2012) نیز موید آن بودند.

Table 1. Table of analysis of variance of studied traits in water stress and hybrids

S.O.V.	df	Mean of squares

		Tuber number per plant	Tuber yield	Number of main stems per plant	Tuber dry matter percent	Tuber specific weight	Tuber starch percent
Irrigation levels	2	53.08**	1630.7**	5.25**	0.24^{ns}	0.000001^{ns}	0.241^{ns}
Error 1	6	0.44	32.45	0.11	0.45	0.000001	0.441
Hybrid	11	4.06**	247.38**	1**	3.05**	0.00009**	2.996**
Irrigation levels× Hybrid	22	1.36**	41.81**	1.07**	0.3^{ns}	0.000001^{ns}	0.301^{ns}
Error 2	66	0.44	803.92	0.11	0.45	0.0000152	0.441
Coefficient of variation (%)		12.76	10.06	10.53	3.23	0.28	4.48

*, ** Significant at p≤0.05 and 0.01, respectively.

Table 2. Comparison of the average quantitative and qualitative traits of hybrids from potato commercial cultivars

Low water stress	Maternal parent ♀	Paternal parent ♂	Tuber number per plant	Tuber yield (ton / ha)	Number of main stems per plant
100% plant water requirement	Luca	Banba	5cd	49.75ab	3c
		Esprit	7ab	46.91bc	3c
		Agria	5cd	43.3cd	3c
	Banba	Luca	6bc	41.15de	4b
		Esprit	6bc	41.09de	3c
		Agria	7ab	28.86lmnopq	4b
	Esprit	Luca	5cd	53.56a	5a
		Agria	7ab	36.33efghij	4b
		Banba	8a	50.39ab	4b
	Agria	Luca	7ab	35.25fghijk	3c
		Esprit	8a	40.37def	4b
		Banba	7ab	39.31defgh	3c
85% plant water requirement	Luca	Banba	4de	27.49nopq	3c
		Esprit	6bc	36.51efghi	3c
		Agria	5cd	40.3def	3c
	Banba	Luca	5cd	33.65hijklm	3c
		Esprit	4de	39.58defg	4b
		Agria	6bc	20.17r	3c
	Esprit	Luca	5cd	32.67ijklmno	4b
		Agria	6bc	28.3mnopq	3c
		Banba	5cd	40.12def	3c
	Agria	Luca	6bc	27.19opq	3c
		Esprit	5cd	33.17ijklmn	2d
		Banba	4de	33.61ijklm	3c
70% plant water requirement	Luca	Banba	4de	23.95qr	3c
		Esprit	4de	34.41ghijkl	3c
		Agria	4de	35.47efghijk	3c
	Banba	Luca	3e	27.56nopq	3c
		Esprit	3e	32.79ijklmno	4b
		Agria	4de	18.7r	3c
	Esprit	Luca	4de	30.24klmnop	2d
		Agria	5cd	26.05pq	3c
		Banba	5cd	31.7ijklmnop	3c
	Agria	Luca	4de	26.69pq	3c
		Esprit	5cd	31.68ijklmnop	2d
		Banba	4de	30.74jklmnop	2d

عملکرد غده

نتـایج مقایسـه میـانگین اثـر دوجانبـه سـطوح آبیـاری ×

هیبریدها نشان داد که بیشترین عملکـرد غـده مربـوط بـه ۱۰۰

درصد نیازآبی از هیبرید (♂Luca × Esprit♀) با میانگین ۵۳/۵۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد غده از نیاز آبی ۷۰ درصد و هیبرید (♀banba × Agria♂) با میانگین ۱۸/۷ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۲). به‌طورکلی هرچه تعداد ساقه بیشتر باشد باعث زیاد شدن تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد برگ‌ها و بالا رفتن سطح فتوسنتزکننده و در نتیجه زیادتر شدن تعداد غده قابل برداشت می‌شود.

تعداد ساقه اصلی در بوته

نتایج مقایسه میانگین اثر دوجانبه سطوح آبیاری × هیبریدها نشان داد که بیشترین تعداد ساقه اصلی در بوته از تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و هیبرید (♂Luca × Esprit♀) با میانگین ۵ عدد و کمترین آن از تیمار ۸۵ درصد نیاز آبی و هیبرید (♂Esprit × Agria♀) و نیز نیاز آبی ۷۰ درصد و هیبریدهای (♂Banba × Agria♀)، (♂Luca × Esprit♀) و (♂Esprit × Agria♀) به‌دست‌آمد (جدول۲). تنظیم تعداد ساقه در مترمربع توسط تیمار غده‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است (Mahmoudi et al., 2017).

درصد ماده خشک

مقدار ماده خشک تعیین‌کننده مقدار آبی است که در حین فرآوری باید از ماده غذایی جدا و تبخیر شود تا محصول به مقدار رطوبت نهایی مطلوب برسد (Yaghoubi and Javadi, 2013). از نظر درصد ماده خشک تنها هیبریدهای مورد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). نتایج نشان داد که تلاقی شماره ۱۰ (♀Banba × Esprit♂) با میانگین ۲۱/۵۲ درصد بیشترین درصد ماده خشک را داشته و تلاقی شماره ۵ (♂Banba × Agria♀) با میانگین ۱۹/۷۳ درصد کمترین درصد ماده خشک غده را به خود اختصاص داد (شکل ۱). پژوهش‌های بسیاری مؤید این مطلب است که با کاهش میزان آبیاری و اعمال تنش خشکی، ضمن کاهش عملکرد، درصد ماده خشک اندام‌های هوایی و غده‌ها در سیب‌زمینی افزایش می‌یابد (Porter et al., 1999, Ayas and Korukcu, 2010, Ayas, 2013 و Eskandari et al., 2011). غده‌هایی با ماده خشک بالا به انرژی کمتری در طی سرخ یا خشک شدن جهت حذف آب نیاز دارند و بازده بالاتری در واحد وزن تر نسبت به غده‌هایی با ماده خشک پایین حاصل می‌کنند و در حین سرخ کردن روغن کمتری جذب می‌کنند (Hassanpanah and Hassanabadi, 2012). لذا با در نظر گرفتن این موضوع که تلاقی شماره ۱۰ (♀Banba × Esprit♂) در بین تلاقی‌های مورد ارزیابی برای فراوری (چیپس) قابل

توصیه می‌باشد.

وزن مخصوص غده

نتایج نشان داد که هیبریدهای (♀Luca × Esprit♂) و (♂Banba × Esprit♀) با میانگین‌های ۱/۰۸۸ و ۱/۰۸۹ گرم بیشترین و هیبرید (♀Banba × Agria♂) با میانگین ۱/۰۸ گرم کمترین وزن مخصوص غده را به خود اختصاص داد (شکل ۲). میزان تولید مواد فتوسنتزی، انتقال و توزیع مطلوب این مواد از برگ‌ها به غده‌ها از عواملی هستند که نقش اساسی در افزایش وزن غده‌ها در بوته دارند (Kazemi, 2003).

درصد نشاسته غده

از نظر درصد نشاسته غده مابین هیبریدها اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که (♂Banba × Esprit♀) با میانگین ۱۵/۷ درصد بیشترین و (♀Banba × Agria♂) با میانگین ۱۳/۹۲ درصد کمترین درصد نشاسته غده را به خود اختصاص داد (شکل ۳). نشاسته جزء ترکیبات مهم در سیب‌زمینی است و مقدار آن هم از بعد صنعتی و هم از لحاظ تغذیه‌ای دارای اهمیت می‌باشد (Yaghoubi and Javadi, 2013). Shafaghi Asl and Maloufi (2015) گزارش کردند مقدار ماده خشک غده با مقدار نشاسته غده سیب‌زمینی ارتباط مستقیم دارد و با افزایش مقدار ماده‌ی خشک سیب‌زمینی مقدار نشاسته آن نیز افزایش می‌یابد.

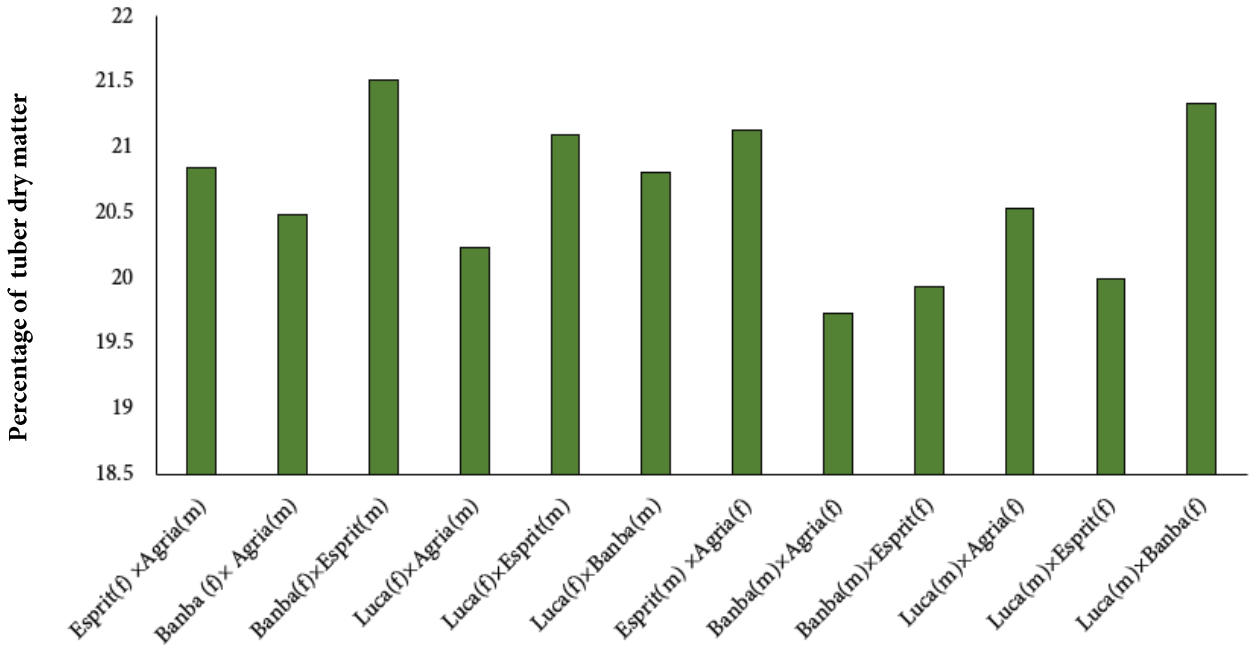

Figure 1. Comparison of mean hybrids evaluated for percentage of tuber dry matter

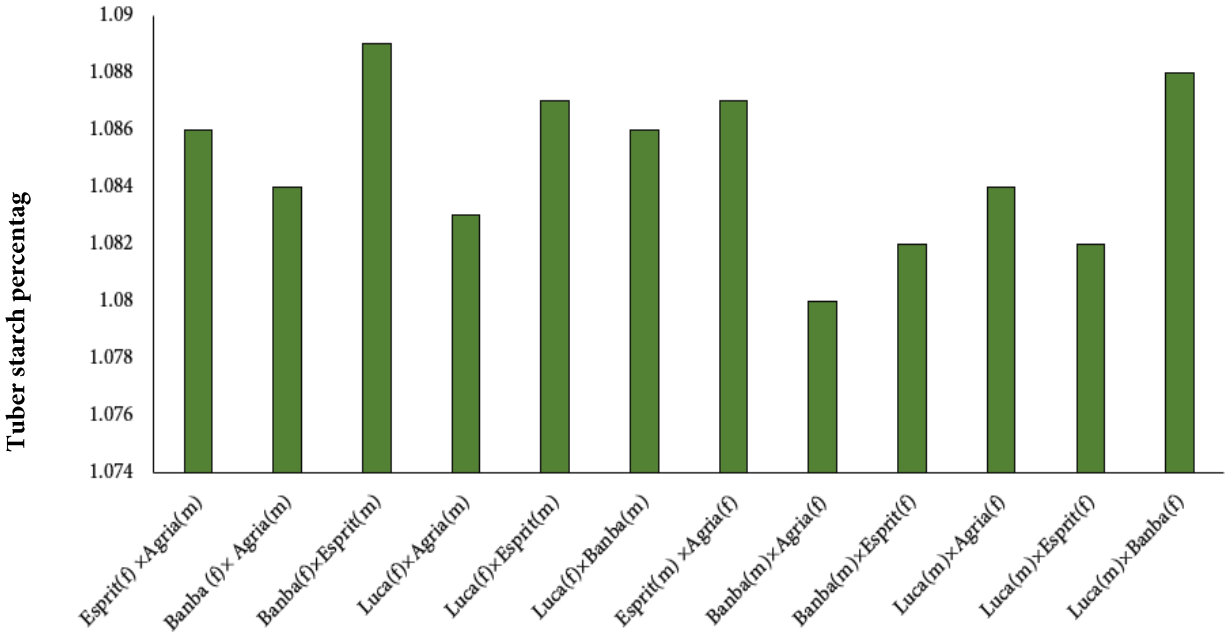

Figure 2. Comparison of mean hybrids evaluated for tuber specific weight (gr)

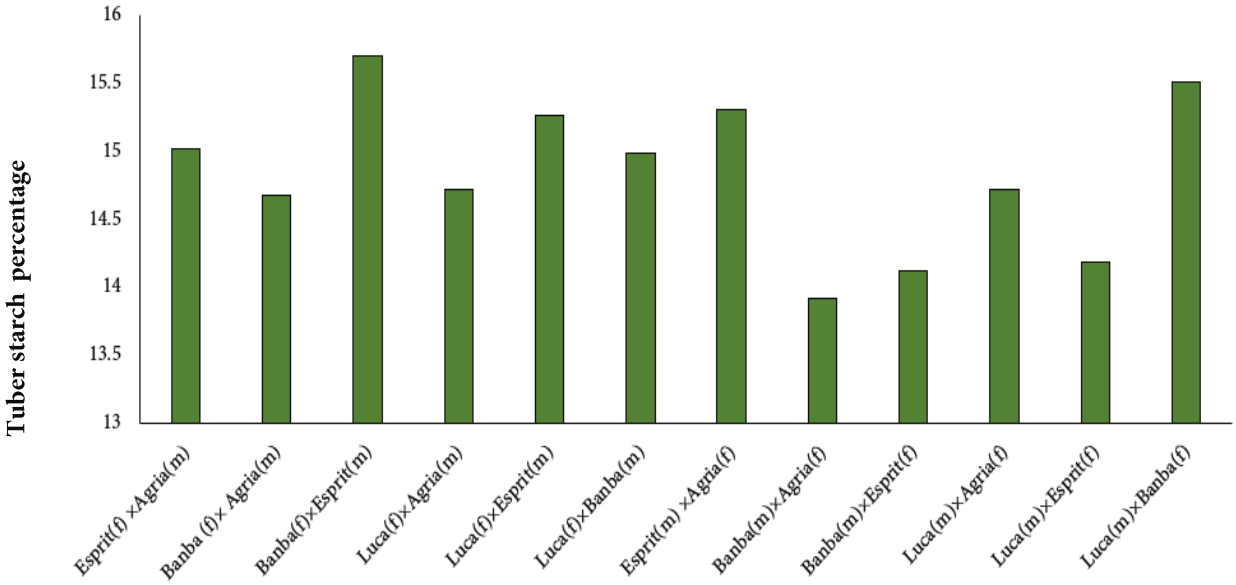

Figure 3. Comparison of mean hybrids evaluated for tuber starch percentage

نتایج روابط همبستگی بین صفات مورد ارزیابی در این سه شرایط به تفکیک نشان داد که (جدول ۳) رابطه بین تعداد ساقه اصلی در بوته با تعداد غده در بوته با افزایش شدت تنش، منفی و افزایش یافته است ولی معنی‌دار نشده است به نحوی که این رابطه در شرایط سطوح آبیاری ۷۰ درصد آب قابل استفاده به میزان (r = -۰/۴۳۲) رسیده است. درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده با عملکرد غده و وزن غده در بوته در تنش ۸۵ درصد آب قابل استفاده دارای رابطه منفی و معنی‌دار بودند. رابطه منفی و معنی‌داری در هر سه سطح آبیاری ۱۰۰، ۸۵ و ۷۰ بین درصد ماده خشک غده با وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده مشاهده گردید. محققین همچون Nickmanesh and Hassanpanah (2014)، Moradi et al. (2017) و Zakerhamidi and Hassanpanah (2014) رابطه عملکرد غده را با تعداد غده در بوته مثبت و معنی‌دار گزارش کرده‌اند که با نتایج حاصل از این تحقیق مغایرت داشت.

Table 3. Correlation between quantitative and qualitative traits of hybrids obtained from potato cultivars crossing under normal conditions (100, 85 and 70% plant water requirement)

Row	Traits	Irrigation Levels	1	2	3	4	5	6
		100						
1	Tuber number per plant	85	1					
		70						
		100	-0.37					
2	Tuber yield	85	-0.40	1				
		70	-0.002					
		100	0.06	0.17				
3	Number of main stems per plant	85	-0.24	0.19	1			
		70	-0.43	-0.05				
		100	0.21	-0.45	0.07			
4	Percentage of tuber dry matter	85	0.09	-0.74**	-0.05	1		
		70	0.21	-0.57	-0.23			
		100	0.08	-0.30	0.24	0.83**		
5	Tuber specific weight	85	0.11	-0.74**	-0.11	0.99**	1	
		70	0.11	-0.45	-0.26	0.89**		
		100	0.21	-0.44	0.07	0.98**	0.83**	
6	Tuber starch percentage	85	0.09	-0.74**	-0.05	0.99**	0.99**	1
		70	0.21	-0.57	-0.23	0.99**	0.89**	

*, ** Significant at p≤0.05 and 0.01, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در سطوح آبیاری و هیبریدها نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد وجود داشت. بررسی اختلاف بین سطوح آبیاری نشان داد که کلیه صفات مورد ارزیابی به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده دارای اختلاف معنی‌دار بودند و هم‌چنین از نظر اثر دوجانبه سطوح آبیاری × رقم به جز درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده در بقیه صفات اختلافات معنی‌داری مشاهده گردید. تیمار ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده در تلاقی شماره ۷ (♂Luca × Esprit♀) با میانگین ۵۳/۲۶ تن در هکتار و ترکیب‌های تیمارهای ۸۵ درصد آب قابل استفاده در تلاقی شماره ۱۸ (♀banba × Agria♂) و ۷۰ درصد آب قابل استفاده درتلاقی شماره ۳۰ (♀banba × Agria♂) با میانگین‌های ۲۰/۱۷ و ۱۸/۷ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد غده را به خود اختصاص دادند. تلاقی شماره ۱۰ (♀Banba × Esprit♂) با میانگین ۲۱/۵۲ درصد بیشترین درصد ماده خشک را داشته و به همراه تلاقی‌های شماره ۱، ۷ و ۹ در گروه برتر قرار گرفتند، لذا با در نظر گرفتن این موضوع تلاقی شماره ۱۰ (♀Banba × Esprit♂) در بین تلاقی‌های مورد ارزیابی برای فراوری (چیپس) قابل توصیه می‌باشد. نتایج روابط بین صفات مورد ارزیابی نشان داد که درصد ماده خشک غده، وزن مخصوص غده و درصد نشاسته غده با عملکرد غده و وزن غده در بوته در تنش ۸۵ درصد آب قابل استفاده دارای رابطه منفی و معنی‌دار بودند.

سپاس‌گزاری

از شرکت کشاورزی زرع گستر آرتا در استان اردبیل به منظور در اختیار گذاشتن گلخانه و امکانات مورد نیاز جهت اجرای این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

Alva, A. K., Ren, H., & Moore, A. D. (2012). Water and nitrogen management effects on biomass accumulation and partitioning in two potato cultivars. *American Journal of Plant Science*, 3(1), 164-170.

Aminian, R., Karimzadeh Asl, Kh., Habibzadeh, F., & Baghbani Arani, A. (2019). The Multivariate statistical methods to study the relationships among safflower traits under normal irrigation and drought stress conditions. *Plant Productions*, 42(2), 211-226. [In Farsi]

Ayas, S. (2013). The effects of different regimes on potato (*Solanum tuberosum* L. Hermes) yield and quality characteristics under unheated greenhouse conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(1), 87-95.

Ayas, S., & Korukcu, A. (2010). Water-yield relationships in deficit irrigated potato. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 24(2), 23-26.

Bach, S., Yada, R. Y., Bizimungu, B., & Sullivan, J. A. (2012). Genotype by environment interaction effects on fibre components in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 187(1), 77-86.

Deblonde, P. M. K., & Ledent, J. F. (2001). Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. *European Journal of Agronomy*, 14(1), 31-41.

Demelash, N. (2013). Deficit irrigation scheduling for potato production in North Gondar, Ethiopia. African *Journal of Agricultural Research*, 8(11), 144-1154.

Eskandari, A., Khuzai, H. R., Nezami, A., & Kafi, M. (2011). Study of the Impact of Irrigation Regime on Yield and Some Qualitative Properties of Three Potato Cultivars *Solanum tuberosum* L. *Journal of Soil and Water Science and Agriculture*, 25(2), 247-240.

Evers D., Lefevre I., Legay S., Lamoureux D., Hausman J. F., & Rosales R. O. (2010). Identification of drought-responsive compounds in potato through a combined transcriptomic and targeted metabolite approach. *Journal of Experimental Bottany*, 61(9), 2327-2343.

FAO (Food and Agricultural Organization). (2019). *FAOSTAT database for agriculture.* Available at: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E.

Hasanpanah, D., & Akbarloo, H. (2013). *Cultivation and processing of edible and seed potatoes.* Tehran: Danehneghar press. [In Farsi]

Hassanpanah, D., & Hassanabadi, H. (2011). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of promising potato clones in Ardabil region, Iran. *Agroecology Journal*, 7(22), 37-48. [In Farsi]

Hassanpanah, D., & Hassanabadi, H. (2012). Evaluation of quantitative, qualitative and tuber yield stability of 18 promising potato clones in Ardabil province. *Journal of Crop Ecophysiology*, 6(22), 219-233. [In Farsi]

Hassanpanah, D., Hassanabadi, H., Hossainzadeh, B., Soheyli, B., & Mohammadi, R. (2016). Decomposition into factors, AMMI stability value parameter and GGE biplot graphic method of quantitative and qualitative traits of potato genotypes. *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(3) 731-748. [in Farsi]

Jensen, C. R., Battilani, A., Plauborg, F., Psarras, G., Chartzoulakis, K., Jovanovic, Z., & Andersen, M. N. (2010). Deficit irrigation based on drought tolerance and root signaling in potatoes and tomatoes. *Agricultural Water Management*, 98(3), 403-413.

Kazemi, H. (2003). *Principles of farming.* Tabriz: Tabriz University Press. [In Farsi]

Khorshidi Benam, M. B., Rahimzadeh Khoi, F., Mirhadi, M. J., & Nour Mohammadi, A. H. (2002). Investigation of drought stress effects on growth stages of different potato cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 1(4), 48-59. [In Farsi]

Khorshidi Benam, M. B., Rahimzadeh Khoi, F., Mirhadi, M. J., & Nour Mohammadi, A. H. (2006). Effect of drought stress on root dry weight of three potato cultivars. *Agroecology Journal*, 2(3), 39-39. [In Farsi]

Lian xu, H., Qin, F., Xu, Q., Tan, J., & G. Liu. (2011). Application of xerophytophysiology in plant production- The potato crop improved by partial root zone drying of early season but not whole season. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 528-534.

Mahmoudi, A.A., Darvishi, B., Mansourifar, S., & Jafari Sayadi, M.H. (2017). Study on the effect of cold stress and Gibberellic acid (GA3) on dormancy breaking of potato minituber. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 4(4), 37-48). [In Farsi]

Mirzaaliandastjerdi, A. A., Moradi, N., Rezazadeh, A., & Heidary M. (2014). Effect of Salicylic acid and storage period on quality of mango fruit. *Plant Productions*, 37(1), 27-36. [In Farsi]

Mohammad Dost Chamanabad, H. R., Asghari, A., Habibi, Gh., & Purmorad Kleiber, B (2010). The effect of herbicides and plant residues on potato weed control, *Electronic Journal of Crop Production*, 4(1), 185-171. [In Farsi]

Moradi, F., Golchin, A., & Abdollahi, S. (2017). *Investigating the effect of growth hormones on potato gland function, Agria Cv*. 15th Iranian Soil Science Congress, Iran Soil Science Association-Isfahan University of Technology, Isfahan. [In Farsi]

Nickmanesh, L., & Hassanpanah, D. (2014). Evaluation of genetic diversity for agronomic traits in 127 potato hybrids with using multivariate statistical methods. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4(2), 502-507. [In Farsi]

Passioura, J. B. (2007). The drought environment: Physical, biological and agricultural perspectives. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 113-117.

Porter, G. A., Opena, G. B., Bradbury, W. B., Mc Burnie, J. C., & Sission, J. A. (1999). Soil management and supplemental irrigation effects on potato. I. Soil properties, tuber yield and quality. *Agronomy Journal*, 91(3), 416-425.

Sepaskhah, A. R., & S. H. Ahmadi. (2010). A review on partial root zone drying irrigation. *International Journal of Plant Production*, 4(4), 241-259. [In Farsi]

Shafaghi Asl, S. K., & Maloufi, N. (2015). *Dry matter and starch content of different potato cultivars*. Twenty-third National Congress of Iranian Food Science and Technology, Islamic Azad University, Quchan Branch, Quchan. [In Farsi]

Stikic, R., Jovanovic, Z., Paukovic, M., & Djordjevic, S. (1992). *Deficit irrigation techniques in potato growing: practical application of stress physiology knowledge*. In 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture. P. 639-642.

Tofang Sazpoor, R., Roshanfekr, H., Meskarbashee, M., & Bromand Nasab, S. (2015). Effect of irrigation deficit and cultivation method on some quantitative and qualitative characteristics of potato cultivars. *Plant Productions*, 38(2), 1-12. [In Farsi]

Wang-Pruski G., & Schofield A. (2012). Potato: improving crop productivity and abiotic stress tolerance. In Tuteja N., Gill S. S., Tiburcio A. F., Tuteja R. (Eds), *Improving crop resistance to abiotic stress*. Weinheim: Wiley Vch Verlag Gmbh Co Kgaa Weinheim.

Yaghoubi, H., & Javadi, A. S. (2013). Barriers to organic crop production from the viewpoints of agricultural jihad experts, *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 24 (1), 68-57.

Yuan, B. Z., Nishiyama, S., & Kang, Y. (2003). Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of drip irrigated potato. *Agricultural Water Management*, 63(3), 153-167.

Zakerhamidi, S., & Hassanpanah, D. (2014). Investigation of genetic diversity for quantitative traits in 166 potato hybrids of produced from Luca and Caesar cultivars crosses. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 3(12), 34-37. [In Farsi]