Plant Prod., 2023, 46(2), 307-318
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43140.2087
Received: 26 February 2023
Accepted: 28 July 2023

Plant Productions
Research Article

Investigating the amount of nutritional elements in reproductive organs on the fruit set of tissue culture derived and offshoot date palm cv. Barhee

Maryam Boroujerdnia[1*], Seyyed Samih Marashi[2], Hojat Dialami[3]

1. Research Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran.
2. Research Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran.
3. Research Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization, Ahwaz, Iran.

Citation: Boroujerdnia, M., Marashi, S.S., & Dialami, H. (2023). Investigating the amount of nutritional elements in reproductive organs on the fruit set of tissue culture derived and offshoot date palm cv. Barhee. *Plant Productions,* 46(2), 307-318.

Abstract

Introduction

Date is one of the important crops in arid and semi-arid regions in the world. Today, plant tissue culture technology, as an important commercial method, provides the possibility of rapid reproduction of trees needed for the development of groves. Despite this, one of the main weaknesses of this method is the possibility of abnormal phenotypes such as delay in flowering, low levels of fruit set and formation of parthenocarp fruits. There is a difference between tissue culture date varieties in terms of the amount of abnormalities. In young tissue culture palm trees of Berhi cultivar, the amount of parthenocarp fruits reaches 59-86% and the yield of the date palm is greatly reduced. Therefore, identifying the causes of these abnormalities in tissue culture palms is very important.

Materials and Methods

This study was conducted in order to investigate the changes in nutrient elements related to fruit set in the pollination season on tissue culture derived date palms and derived from offshoot cv. Barhee in Date Palm and Tropical Fruit Research Center of Ahvaz city (year 2022). At the beginning of spring season, palm trees were selected from each group of tissue culture and offshoot trees 10- years -old. Sampling of flowers and fruits were done in the three stages of spath appearance, ripe spath and 2 weeks after pollination from three spathes. In the pollination stage, three spathes in each palm (1-2 days before natural opening) were pollinated with the same male pollen. Nitrogen, zinc, iron, magnesium, manganese, boron and potassium elements were measured in the flower or fruit samples collected from tissue culture and offshoot trees. In 5th week after pollination, fruit set percentage, parthenocarp fruits percentage and flower and fruit drop percentage were recorded.

* **Corresponding Author:** Maryam Boroujerdnia
E-mail: Boroujerdnia@gmail.com

© 2023 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.

Results and Discussion

The results showed that tissue culture derived plants had less fruit set and more seedless fruits and drop as compared to off shoot derived plants. Also, the fruit yield in the tissue culture plants was lower than off shoot derived plants. The levels of magnesium, manganese, boron, zinc and potassium in off shoot derived plants were higher than tissue culture plants in most of the measured stages. By using multiple linear regression analysis and superior model selection, the amount of calcium and iron of flower and fruit had a negative relationship with the amount of fruit set and the amount of nitrogen, phosphorus, magnesium, manganese and boron had a positive relationship with it.

Conclusion

The lack of nutritional elements in tissue culture plants in comparison to offshoot derived plants in different stages, especially pollination and fruit formation, may cause disturbances in the synthesis of carbohydrates, protein, and organic matter, so the growth and development of the plant and ultimately the amount reduce fruit yield. Therefore, optimal feeding of trees and foliar spraying with key elements such as boron, zinc, manganese and magnesium at different stages can be one of the effective ways to improve fruiting and achieve maximum yield and increase the quality of the fruit of these trees.

Keywords: Date palm, Partenocarpic fruit, Pollination, Spath, Yield

تولیدات گیاهی، ۱۴۰۲، ۴۶(۲)، ۳۰۷-۳۱۸
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2023.43140.2087
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۶

تولیدات گیاهی

مقاله پژوهشی

بررسی میزان عناصر غذایی اندام‌های زایشی بر میوه‌نشینی درختان کشت بافتی و حاصل از پاجوش خرمای رقم برحی

مریم بروجردنیا[1*]، سید سمیح مرعشی[2]، حجت دیالمی[3]

۱. استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۲. استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
۳. استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات،آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

چکیده

این پژوهش به‌منظور بررسی روند تغییرات عناصر غذایی بر میوه‌نشینی نخل‌های خرمای کشت بافتی و پاجوشی رقم برحی در نخلستان ستاد پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری در شهرستان اهواز (سال ۱۴۰۰) انجام شد. در اوایل فصل بهار از هر دسته درختان کشت بافتی و پاجوشی، نمونه‌برداری گل و میوه در سه مرحله ظهور اسپات، اسپات رسیده و ۲ هفته پس از گرده‌افشانی از سه اسپات صورت گرفت. در مرحله گرده‌افشانی، سه اسپات دیگر در هر نخل ۱ تا ۲ روز قبل از باز شدن طبیعی با گرده نر یکسان به روش سنتی گرده‌افشانی شد. در نمونه‌های جمع‌آوری شده از درختان کشت بافتی و پاجوشی، عناصر نیتروژن، روی،آهن، منیزیم، منگنز، بور و پتاسیم اندازه‌گیری شد. در هفته پنجم پس از گرده‌افشانی، درصد میوه‌نشینی، درصد میوه‌های پارتنوکارپ و درصد ریزش گل و میوه و در زمان برداشت عملکرد خوشه هر نخل مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد گیاهان کشت‌بافتی نسبت به گیاهان حاصل از پاجوش دارای درصد میوه‌نشینی کمتر (۳۵/۳ درصد در گیاهان کشت بافتی و ۷۱/۵۱ درصد در گیاهان حاصل از پاجوش) و میزان میوه‌های پارتنوکارپ (۲۰/۲۷ درصد در گیاهان کشت بافتی و صفر درصد در گیاهان حاصل از پاجوش) و ریزش گل و میوه (۲۸/۴۹ درصد در گیاهان کشت بافتی و ۴۴/۴۳ درصد در گیاهان حاصل از پاجوش) بیش‌تری بودند .همچنین میزان عملکرد میوه در گیاهان کشت بافتی (۵/۰۸ کیلوگرم در خوشه) نسبت به گیاهان حاصل از پاجوش (۱۱/۶ کیلوگرم در خوشه) کمتر بود .میزان عناصر منیزیم، منگنز، بور، روی و پتاسیم در گیاهان حاصل از پاجوش در اغلب مراحل اندازه‌گیری شده بالاتر از گیاهان کشت بافتی بود. نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه و گزینش مدل برتر نشان داد میزان کلسیم و آهن گل و میوه با میوه‌نشینی رابطه منفی و میزان نیتروژن، فسفر، روی، منیزیم، منگنز و بور گل و میوه، رابطه مثبت با میوه‌نشینی داشت.

کلیدواژه‌ها: اسپات، خرما، عملکرد، گرده‌افشانی، میوه پارتنوکارپ

* **نویسنده مسئول:** مریم بروجردنیا
رایانامه: Boroujerdnia@gmail.com

© 2023 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.

مقدمه

خرما یکی از محصولات مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. امروزه تکنولوژی کشت بافت گیاهی به عنوان یک روش تجاری مهم، امکان تکثیر سریع درختان مورد نیاز برای توسعه نخلستان‌ها را فراهم می‌نماید. با وجود این، یکی از نقاط ضعف اصلی این روش، امکان ظهور فنوتیپ‌های غیرطبیعی مانند تأخیر در گلدهی، سطوح پائین میوه‌نشینی و تشکیل میوه‌های پارتنوکارپ است (Bouhouche et al., 2006). درصد پایین میوه‌نشینی به واسطه تولید بالای میوه‌های پارتنوکارپ و یا ریزش زیاد میوه‌ها به ویژه در گیاهان کشت بافتی رقم برحی معمول است که منجر به زیان اقتصادی به باغداران می‌شود. در بین ارقام خرمای کشت بافتی از نظر میزان ناهنجاری‌ها اختلاف وجود دارد، براساس بررسی‌های صورت گرفته در بسیاری از کشورها در رقم برحی حاصل از کشت بافت، میزان تولید میوه‌های پارتنوکارپ به ۵۹ تا ۸۶ درصد می‌رسد. با توجه به کیفیت منحصر به فرد میوه برحی و ارزش تجاری بالای آن به ویژه در بازارهای جهانی، کشت و پرورش این رقم در برنامه‌های توسعه کشور مانند سایر کشورهای خرماخیز جهان مدنظر قرار گرفته و به سرعت رو به گسترش است. مسلماً یافتن راهی بهینه برای افزایش میوه‌نشینی و عملکرد میوه این رقم در گیاهان کشت بافتی که با ناهنجاری زایشی مواجه‌اند، به منظور افزایش درآمد نخلدار و نیز درآمد ناشی از صادرات آن بسیار حایز اهمیت است. در بسیاری از تحقیقات نقش عناصر غذایی بر جوانه‌زنی دانه‌گرده و رشد لوله‌گرده در گونه‌های گیاهی مختلف مشخص شده است(Patel and Mankad, 2014) . محلول‌پاشی با بعضی عناصر معدنی باعث بهبود میوه‌نشینی، کاهش ریزش میوه و افزایش کمیت و کیفیت میوه می‌شود(Sarrwy et al., 2012) . مواد معدنی به عنوان اجزای تشکیل‌دهنده مواد آلی، فعال‌کننده آنزیم‌ها و واکنش‌های آنزیمی و همچنین تنظیم‌کننده فشار اسمزی گیاه می‌باشند. تأثیر مواد معدنی بر فرایندهای فیزیولوژیکی مختلف در گیاه متفاوت است. بیش-ترین اثر آن‌ها از راه تأثیر بر متابولیت‌های اولیه و ثانویه به دست آمده از فتوسنتز مانند کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، پروتئین‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد صورت می‌گیرد. تأثیر بعضی عناصر ماکرو و میکرو بر عملکرد خرما و کیفیت میوه در بسیاری از تحقیقات گزارش شده است (Al Hamudi, 2006; Khayyat et al., 2007). در بین عناصر غذایی سه عنصر نیتروژن، بور و روی بیش‌ترین اثر را بر میوه نشینی دارند. Dialami et al. (2012)نشان دادند محلول‌پاشی با اوره و سولفات روی بیش‌ترین اثر را بر تشکیل میوه، عملکرد و کیفیت میوه خرمای رقم استعمران داشت. Mohebi (2011) بیان کرد همبستگی منفی بین درصد میوه نشینی با کربن آلی، فسفر و پتاسیم قابل جذب خاک و نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد میوه نشینی با روی و بور برگ وجود دارد. Boroujerdnia et al., (2022) نشان دادند محلول‌پاشی خوشه خرمای کشت بافتی رقم برحی با اسید بوریک و سولفات پتاسیم به طور معنی‌داری میوه‌نشینی، عملکرد و خصوصیات فیزیکی میوه از قبیل وزن، حجم، طول و قطر میوه و درصد مواد جامد محلول را افزایش داد. Soliman and Al-Obeed (2011) دریافتند که محلول‌پاشی اسید بوریک (۰/۶ درصد) به همراه قند (۲ گرم در لیتر) باعث کاهش ریزش میوه، افزایش وزن خوشه و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه ارقام خرمای نبات سیف و خلاص می‌شود. عناصر غذایی مختلف در مرحله گرده افشانی، تشکیل لوله گرده و تلقیح در گیاهان مختلف نقش مهم و اساسی دارند، بنابراین بررسی غلظت عناصر غذایی در نخل‌های کشت بافتی از اهمیت زیادی برخوردار است. این تحقیق به منظور بررسی و مقایسه میزان عناصر غذایی درختان خرمای حاصل از کشت بافت و پاجوش و ارتباط آن با میزان میوه-نشینی درختان دو گروه صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق روی درختان خرمای جوان بارور حاصل از کشت بافت و پاجوش رقم برحی (۱۰ساله) در نخلستان ستاد پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری در شهرستان اهواز به مدت یکسال (۱۴۰۰) انجام شد. با آغاز فصل گرده‌افشانی، نخل‌های مورد آزمایش روزانه پیش از آغاز عملیات گرده‌افشانی، بازدید شده و اسپات‌های مورد آزمایش بر اساس زمان ظهور بر روی درخت انتخاب شدند. جهت نمونه‌برداری، در هر نخل ۶ اسپات از نظر زمان ظهور بر روی درخت انتخاب (۳ اسپات متوالی اولیه جهت نمونه‌برداری میوه‌نشینی و ۳ اسپات متوالی بعدی جهت نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری عناصر غذایی) با نصب اتیکت، شماره‌گذاری شد. نمونه‌برداری گل و میوه با قطع نوک رشته‌های گل‌آذین در سه مرحله ظهور اسپات هنگامی که نوک اسپات حدود ۵ سانتی‌متر از الیاف بالا

آمده بود، اسپات رسیده (۱ تا دو روز قبل از شکوفایی) و ۲ هفته پس از گرده‌افشانی از سه اسپات شماره‌گذاری شده صورت گرفت. در نمونه‌های جمع‌آوری شده از درختان کشت بافتی و پاجوشی، عناصر نیتروژن، روی، آهن، منیزیم، منگنز، بور و پتاسیم اندازه‌گیری شد. عملیات به‌زراعی برای کلیه درختان به صورت یکسان و بر اساس آخرین یافته‌های تحقیقاتی صورت گرفت. نتایج تجزیه خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

در هفته‌های پنجم پس از گرده‌افشانی، میانگین درصد میوه‌نشینی، ریزش و میوه‌های بی بذر، از طریق شمارش تعداد میوه‌های بذردار و بی‌بذر و جاهای خالی گل و میوه (گل‌ها و میوه‌های ریزش‌یافته) روی ۹ خوشه‌چه جدا شده از آن‌ها (۳ خوشه‌چه از هر خوشه با سه تکرار ثبت گردید (Marash et al., 2013):

روابط (۱ تا ۳):

۱۰۰× تعداد کل گل ها/ تعداد میوه های بذردار= درصد میوه نشینی

۱۰۰ ×تعداد کل گل‌ها/ تعداد میوه‌های بی‌بذر= درصد میوه‌های بی بذر

۱۰۰ ×کل گل‌ها/ جاهای خالی گل و میوه =درصد ریزش گل و میوه

تعداد کل گل‌ها از طریق جمع نمودن تعداد کل میوه‌های بذردار، بی‌بذر و جاهای خالی گل و میوه، روی ۹ رشته بدست آمد. پس از برداشت خوشه‌های یک نخل، کلیه میوه‌های هر خوشه از خوشه‌چه‌ها جدا و در پوشش مربوطه جمع‌آوری گردید. وزن کل میوه‌های بذردار هر خوشه اعم از خارک، رطب، خرما و خشکیده روی هم، با کمک ترازوی دیجیتالی با قابلیت توزین حداکثر ۳۰ کیلوگرم و دقت ۱۰ گرم اندازه گیری شد و با وزن کل میوه‌ها در سایر خوشه‌های نظیر آن از همان نخل جمع گردید و میانگین وزن کل میوه‌های یک خوشه در نخل محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم نمونه‌های گل و میوه، از روش نشر شعله‌ای توسط دستگاه فلیم فتومتر مدل ElEA استفاده شد(Walinga et al., 2013) . برای اندازه‌گیری فسفر از روش زرد مولیبدو وانات(Chapman and Pratt, 1961) و بور از روش کالریمتری آزومتین اچ (Walinga et al., 2013) استفاده شد. غلظت کلسیم و منیزیم با دستگاه جذب اتمی Shimadzu AA-670 به روش Walinga et al., (1989) تعیین شد. از دستگاه کجلدال برای اندازه‌گیری نیتروژن استفاده شد. غلظت آهن، منگنز و روی توسط دستگاه جذب اتمی مدل Shimadzu AA-670 اندازه‌گیری و گزارش شد (Elmer and Conn, 1982). ابتدا محلول‌های استاندارد تهیه شده و با توجه به طول موج اختصاصی هر عنصر، منحنی کالیبراسیون رسم گردیده و سپس اقدام به قرائت نمونه‌ها شد.

آزمایش در قالب تجزیه رگرسیونی انجام شد. برای این منظور، گزینش متغیرهای مستقل و مدل‌سازی، با کمک روش حداکثر افزایش ضریب تبیین[1] صورت گرفت. برآورد ضرایب هر مدل با روش کم‌ترین مربعات[2] انجام و معنی‌دار بودن مدل و ضرایب آن از طریق تجزیه واریانس بررسی گردید.

سپس مدل رگرسیون چندگانه برتر برای توصیف تغییرات میزان میوه‌نشینی از میان بهترین مدل های برازش شده با تعداد متغیر مختلف انتخاب شد. مدل رگرسیون چندگانه برگزیده، از نظر فرض‌های اصلی صحت و کفایت مدل یعنی نرمال بودن توزیع باقی‌مانده، استقلال باقی‌مانده‌ها و خطی بودن مدل و نیز از نظر عدم وجود هم‌خطی بین متغیرهای مستقل موجود در مدل مورد ارزیابی قرار گرفت. نرمال بودن باقی‌مانده‌ها، به کمک آزمون شاپیرو ویلک و نیز ترسیم مطالعه نمودار باقی‌مانده‌ها، نمودار احتمال نرمال باقی‌مانده‌ها، نمودار میله‌ای باقی‌مانده‌ها در برابر منحنی توزیع نرمال و نمودار توزیع نرمال در برابر چندک‌های باقی‌مانده‌ها، بررسی گردید.

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil in experimental site

Depth (cm)	Texture	K(mg.kg^{-1})	P(mg.kg^{-1})	O.C (%)	pH	EC (ds.m^{-1})
0-30	Silty Clay	140.6	9	0.35	8.3	5.8
60-30	Silty Clay	153.2	7	0.33	8	4
60-90	Silty Clay	166.6	7	0.29	7.9	4.8

1. Maximum r-square improvement (maxr)
2. Least squares

جهت بررسی یکنواختی واریانس‌های باقی‌مانده‌ها، استقلال باقی‌مانده‌ها و خطی بودن مدل، از ترسیم و مطالعه نمودارهای پراکنش باقی‌مانده‌ها در برابر مقادیر هریک از متغیرهای مستقل و مقادیر پیش بینی شده متغیر وابسته، استفاده شد. در نهایت وجود هم‌خطی میان متغیرهای مستقل موجود در مدل، با محاسبه و بررسی مقادیر ریشه مشخصه و عامل تورم واریانس برای هر یک از متغیرهای مذکور، مورد آزمون قرار گرفت. از نرم‌افزار اکسل برای رسم نمودارها استفاده شد و تحلیل داده‌ها و معنی‌دار بودن اختلاف بین آن‌ها با آزمون t در سطح ۵ درصد توسط نرم افزار SAS9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد بین گیاهان حاصل از پاجوش و کشت بافتی از نظر درصد میوه‌نشینی و میوه‌های بی‌بذر اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. میزان میوه‌نشینی عملکرد خوشه در گیاهان حاصل از پاجوش بسیار بالاتر از گیاهان کشت بافتی بود. همچنین درصد میوه‌های بی‌بذر و ریزش در گیاهان کشت بافتی بیشتر از پاجوشی بود (جدول ۲). بر اساس آزمون t بین دو گروه مورد بررسی، در مرحله ظهور اسپات، از نظر میزان عناصر فسفر، منیزیم، منگنز و روی بین گیاهان کشت‌بافتی و حاصل از پاجوش اختلاف معنی‌داری وجود داشت در صورتی که بین عناصر نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، آهن، گوگرد و بور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در این مرحله، میزان فسفر، منیزیم، منگنز و روی در گیاهان حاصل از پاجوش به مراتب بالاتر از گیاهان کشت بافتی بود (جدول ۳).

Table 2. Mean comparison of fruit set, parthenocarpic fruits, drop and yield between of tissue culture derived and offshoot date palms Using T-Test

Trait	Offshoot derived date palm	Tissue culture derived date palm	T-Test
Parthenocarpic fruits (%)	0	20.27	-15^{**}
Drop of flower and fruit (%)	28.49	44.43	-3.67^{*}
Fruit set (%)	71.51	35.3	7.06^{**}
Yield (kg)	11.6	5.08	8.63^{**}

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant a 1% of probability level.

Table 3. Mean comparison of the amount of nutritional elements in stage of spath appearance between of tissue culture derived and offshoot date palms Using T-Test

trait	Offshoot derived date palm	Tissue culture derived date palm	T-Test
N (%)	2.46	2.52	-0.11^{ns}
K (%)	3.91	4.3	-0.3^{ns}
P (%)	0.59	0.37	3.3^{*}
Ca (%)	0.21	0.21	0.19^{ns}
Mg (%)	0.78	0.22	10.5^{**}
Fe (ppm)	194	183.33	1.31^{ns}
Mn (ppm)	44.33	31.17	3.35^{*}
Zn (ppm)	232	193.13	4.11^{*}
S (ppm)	0.27	0.27	0.1^{ns}
B (ppm)	17.9	11.3	1.72^{ns}

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant a 1% of probability level.

در مرحله اسپات رسیده، بین عناصر پتاسیم، منیزیم، منگنز، روی و بور در گیاهان کشت بافتی و حاصل از پاجوش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، در صورتی‌که بین عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن و گوگرد تفاوت معنی‌داری در هر دو گروه وجود نداشت. میزان پتاسیم، منیزیم، منگنز، روی و بور در این مرحله در گیاهان حاصل از پاجوش بیش‌تر از گیاهان کشت بافتی بود (جدول ۴).

در مرحله دو هفته پس از گرده‌افشانی، میزان پتاسیم، منیزیم، منگنز و بور در گیاهان حاصل از پاجوش به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهان کشت بافتی بود. بین عناصر نیتروژن، فسفر، کلسیم، آهن، روی و گوگرد در هر دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

آماره‌های ساده متغیرهای مستقل و وابسته (خصوصیات) بررسی شده در جدول ۶ ارائه شده است. براساس این جدول ملاحظه می‌شود که هیچ‌یک از خصوصیات بررسی شده، داده پرت یعنی داده‌ای که 3 انحراف معیار یا بیشتر از میانگین فاصله داشته باشد، ندارند. بدین‌ترتیب مراحل بعدی تجزیه رگرسیون چندگانه قابل انجام بود.

Table 4. Mean comparison of the amount of nutritional elements in stage of ripe spath between of tissue culture derived and offshoot date palms Using T-Test

Trait	Offshoot derived date palm	Tissue culture derived date palm	T-Test
N (%)	2.23	2.06	0.76^{ns}
K (%)	4.07	2.76	3.52^{*}
P (%)	0.34	0.35	-0.21^{ns}
Ca (%)	0.28	0.14	2.39^{ns}
Mg (%)	0.71	0.18	7.71^{**}
Fe (ppm)	199	199	0
Mn (ppm)	45.67	17.13	7.61^{**}
Zn (ppm)	163.67	114.17	9.25^{**}
S (ppm)	0.34	0.27	1.77^{ns}
B (ppm)	21.07	11.52	3.19^{*}

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant a 1% of probability level..

Table 5. Mean comparison of the amount of nutritional elements in stage of 2 weeks after pollination between of tissue culture derived and offshoot date palms Using T-Test.

trait	Offshoot derived date palm	tissue culture derived date palm	T-Test
N (%)	1.45	1.36	0.98^{ns}
K (%)	4.49	2.99	6.04^{*}
P (%)	0.26	0.28	-0.24^{ns}
Ca (%)	0.14	0.11	0.72^{ns}
Mg (%)	0.75	0.21	9.51^{**}
Fe (ppm)	167	149	1.14^{ns}
Mn (ppm)	48.33	17.77	11.06^{**}
Zn (ppm)	128	115.33	1.12^{ns}
S (ppm)	0.28	0.31	-0.66^{ns}
B (ppm)	15.33	55.7	-5.64^{**}

ns, * and **: Non-significant, Significant at 5% of probability level and Significant a 1% of probability level.

Table 6. Simple statistics of the examined variables

Variable	Number of observations	Mean	Standard deviation	Minimum	Maximum
N (%)	18	2.01	0.58	1.24	3.29
K (%)	18	3.75	1.05	2.32	6.66
P (%)	18	0.37	0.13	0.21	0.64
Ca (%)	18	0.18	0.073	0.07	0.36
Mg (%)	18	0.47	0.29	0.16	0.87
Fe (ppm)	18	181.88	22.24	128	211
Mn (ppm)	18	34.07	13.79	14.4	51
Zn (ppm)	18	157.71	45.77	98	242
S (ppm)	18	0.29	0.05	0.22	0.40
B (ppm)	18	14.68	4.97	7.77	25.5
Fruit set (%)	18	53.4	19.36	30.78	78.6

نتایج انجام مراحل گزینش متغیر و مدل‌سازی و گزینش مدل رگرسیون چندگانه برتر برای توصیف تغییرات میزان میوه‌نشینی از میان بهترین مدل‌های برازش شده با تعداد متغیر مختلف در جداول ۷ و ۸ آمده است. بررسی نتایج تجزیه واریانس رگرسیون خطی چندگانه با ۸ متغیر مستقل گزینش شده از میان خصوصیات بررسی شده نشان داد که میزان میوه-نشینی، رابطه خطی بسیار معنی‌داری (در سطح خطای کمتر از ۰/۱ درصد) با متغیرهای گزینش شده دارد (جدول ۷). ملاحظه ضریب تبیین این مدل رگرسیون در جدول نشان می‌دهد که با استفاده از ۸ متغیر مستقل مزبور، حدود ۹۲/۸۴ درصد یعنی بخش عمده-ای از تنوع میوه نشینی بین گیاهان کشت بافتی و حاصل از پاجوش به خوبی قابل توجیه است. بر اساس جدول ۸ ملاحظه می‌شود که همه‌ی ضرایب مدل برگزیده ارتباط معنی‌داری با میزان میوه‌نشینی‌دارند.

نتایج تجزیه باقی‌مانده‌ها نشان داد که هیچ‌یک از فرض‌های اصلی صحت و کفایت مدل یعنی نرمال بودن باقی‌مانده ها، یکنواختی واریانس باقی‌مانده‌ها، استقلال باقی‌مانده‌ها و خطی بودن مدل نقض نگردید. بر اساس جدول ۹ نیز مشاهده می‌شود که مقادیر ریشه مشخصه و عامل تورم واریانس هیچ‌کدام از متغیرهای مستقل موجود در مدل به ترتیب کمتر از ۰/۰۱ و بالاتر از ۱۰ نیست. بنابراین مشکل هم‌خطی میان متغیرهای مذکور در مدل برگزیده وجود ندارد.

بدین ترتیب، شایستگی مدل رگرسیون خطی ۸ متغیره برگزیده جهت توصیف تغییرات میوه‌نشینی به طور کامل مورد تایید قرار می‌گیرد و معادله آن بر طبق متغیرهای معرفی شده در جدول ۸، به شرح زیر است:

$$Y=25.32+12.225X_1+51.697X_2-59.762X_3+28.527X_4 -0.166X_5+0.755X_6+0.197X_7+1.125X_8$$

بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون خطی چندگانه و انتخاب مدل برتر (جداول ۷ و ۸)، مهم‌ترین فاکتورهای مرتبط با میوه‌نشینی از میان عناصر بررسی شده و میزان و نوع تأثیر هریک از این فاکتورها روی میزان میوه‌نشینی (با توجه به میزان و علامت ضرایب مربوطه در مدل رگرسیون برگزیده) مشخص شد. آن‌چه در این میان از اهمیت بالاتری برخوردار می‌باشد، درک نوع تأثیر فاکتورهای مرتبط بر میزان میوه‌نشینی است. میزان کلسیم وآهن گل و میوه، رابطه منفی با میزان میوه‌نشینی داشتند و میزان نیتروژن، فسفر، روی، منیزیم، منگنز و بور دارای رابطه مثبت با آن بودند.

بر اساس جدول ۱۰، درصد میوه‌نشینی با میزان غلظت عناصر کم‌مصرف منیزیم، منگنز و بور گل و میوه همبستگی مثبت معنی‌داری داشت، یعنی با افزایش میزان این سه عنصر، میوه‌نشینی افزایش می‌یابد. بنابراین کاهش میوه‌نشینی در گیاهان کشت‌بافتی نسبت به گیاهان حاصل از پاجوش ممکن است با تغییرات غلظت این عناصر در ارتباط باشد و میزان تفاوت عناصر غذایی مهم و تأثیرگذار در گرده‌افشانی و لقاح یکی از دلایل عدم میوه‌نشینی مطلوب در درختان خرمای کشت بافتی باشد.

Table 7. Variance analysis of selected 2-variable linear regression

Source of variation	df	Sum of Squares	Means of Squares	F Value	Pr > F
Regression	8	5917.87	739.73	4.59	0.0003
Residual	9	456.22	50.69		
Corrected Total	17	6374.09			

maxr=0.9284

Table 8. Estimation of linear regression coefficients of 8 selected variables

Variable	df	Parameter estimate	Standard error	t Value	Pr > t
Intercept	1	25.321	15.361	1.65	0.13
(X_1) N	1	12.225	5.482	2.23	0.05
(X_2) P	1	51.697	23.461	2.20	0.05
(X_3) Ca	1	-59.762	36.206	-1.65	0.13
(X_4) Mg	1	28.527	16.817	1.70	0.12
(X_5)Fe	1	-0.166	0.105	-1.58	0.14
(X_6) Mn	1	0.775	0.366	2.12	0.06
(X_7)Ze	1	0.197	0.089	2.20	0.05
(X_8)B	1	1.125	0.600	1.87	0.09

Percentage of fruit set (Y) is the dependent variable.

Table 9. The results of examining the presence of collinearity between independent variables in the selected regression model

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Eigenvalue	3.88	1.88	0.79	0.59	0.42	0.23	0.14	0.05
Variance inflation factor	3.43	3.08	2.34	7.85	1.85	8.55	5.61	2.99

Table10. Correlation between the percentage of fruit set and nutritional elements of spath

	N	K	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	S	B
Fruit set	0.081^{ns}	0.31^{ns}	0.28^{ns}	0.32^{ns}	0.92^{**}	0.17^{ns}	0.87^{**}	0.36^{ns}	0.12^{ns}	0.69^{**}

ns, ** non-correlation and correlation at 1% probability level, respectively

عناصر نقش‌های مختلفی در گیاه ایفا می‌کنند. عنصر بور به‌طور مستقیم در سنتز پکتین و به‌طور غیرمستقیم در نمو غشای لوله‌گرده نقش ایفا می‌کند. بور بر کنترل رشد، نفوذپذیری غشاء، کمک در انتقال قند، متابولیسم ایندول استیک اسید، متابولیسم RNA و فعال‌سازی چندین آنزیم نقش دارد. بور همچنین اثر حفاظتی اعمال می‌کند و از پلیمریزاسیون بیش از حد قندها در مکان‌های مربوط به متابولیسم قند جلوگیری می‌کند. کمبود بور تا حد زیادی باعث کاهش انعطاف‌پذیری دیواره سلولی و اختلال در طویل‌شدگی طبیعی سلول در بافت‌های گیاهی در حال رشد می‌گردد (Patel and Mankad, 2014). محققین بسیاری اشاره کرده‌اند که کاربرد بور منجر به افزایش میوه‌نشینی در درختان میوه شده است (Wojcik and Wojcik, 2003; Usenik and Stampa, 2007). همچنین Merwad et al., (2019) و Boroujerdnia et al., (2022) در محلول‌پاشی خوشه خرما طی مرحله گرده‌افشانی با بور به نتایج مشابهی دست یافتند.

میزان پتاسیم در زمان گرده افشانی و دو هفته پس از آن در گیاهان حاصل از پاجوش به میزان معنی‌داری بالاتر از

گیاهان کشت بافتی بود. پتاسیم عنصری ضروری در توسعه سلولی است و پتاسیم برای بزرگ شدن میوه، فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها، بیوسنتز قندها و انتقال آن‌ها لازم می‌باشد. تحقیقات بسیاری نشان داده است که پتاسیم و بور بر میوه-نشینی، عملکرد و کیفیت میوه بسیاری از محصولات اثرگذار بوده‌اند (Al Hamudi, 2006; Harhash and Abdel-Nasser, 2010; Boroujerdnia et al., 2022).

میزان دو عنصر منیزیم و منگنز در هر سه مرحله نمونه-برداری در گیاهان حاصل از پاجوش به‌طور معنی‌داری بالاتر از گیاهان کشت بافتی بود. منیزیم جزء فلزی کلروفیل است و جذب سایر عناصر غذایی را تنظیم می‌کند. همچنین در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و فعال کردن آنزیم‌های مرتبط با سنتز نوکلوئیک اسیدها (DNA و RNA) نقش دارد و به عنوان حامل ترکیبات فسفات در سرتاسر گیاه عمل می‌کند و انتقال کربوهیدرات‌ها را تسهیل می کند. منگنز عنصری ضروری در تولید کلروفیل، فعالیت آنزیم‌های مربوط به تنفس، متابولیسم نیتروژن، جذب نیترات و سایر آنزیم‌ها می‌باشد (Ram and Bose, 2000). این عنصر نقش اساسی در گرده‌افشانی و انتقال کربوهیدرات دارد. نتایج Singh et al., (1982) نشان داد محلول‌پاشی برگی گواوا با منیزیم (۰/۴ درصد) منجر به افزایش میوه‌نشینی، کاهش ریزش میوه و بهبود عملکرد شد. همچنین محلول‌پاشی با سولفات‌روی (۰/۴ درصد)، سولفات آهن (۰/۴ درصد)، سولفات مس (۰/۲ درصد) و اسید بوریک (۰/۲ درصد) به تنهایی یا در ترکیب با هم بر گلدهی، میوه-نشینی و عملکرد انبه مؤثر بود (Singh and Maurya, 2004) . تحقیقات Babu and Yadav (2005) بر روی پرتقال نشان داد محلول‌پاشی با منگنز، منیزیم و روی (۰/۵ درصد (باعث افزایش تعداد میوه در هر درخت، وزن میوه، عملکرد میوه، محتوای آب میوه و مواد جامد محلول شد. در این تحقیق عنصر روی در مرحله ظهور اسپات و اسپات رسیده در گیاهان حاصل از پاجوش به طور معنی‌داری بالاتر از کشت بافتی بود. عنصر روی نقش کاتالیزوری یا ساختاری در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی در گیاهان دارد و همچنین در ساخت و تخریب پروتئین‌ها نقش ایفا می‌کند. از طرفی روی نقش مهمی در تسریع جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله‌گرده در طی گرده‌افشانی دارد، بنابراین باعث افزایش لقاح و تشکیل میوه می‌شود (Beede et al., 2005). نتایج تحقیقات Merwad et al., (2019) و Dialami et al., (2015) et al. (2015) نیز نشان داد که محلول‌پاشی خوشه خرما با عنصر روی باعث بهبود میوه‌نشینی و عملکرد می‌گردد.

همچنین تحقیقات انجام شده بر روی جوانه‌زنی دانه‌گرده نشان داده است، عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم در جوانه‌زنی دانه گرده مؤثر می‌باشند (Mudi and Subrata, 2014; Boroujerdnia, 2017). کلسیم نقش ضروری در جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده دارد و به نفوذپذیری غشا و استحکام آن کمک می‌کند. نتایج رگرسیون خطی نشان داد بین میزان میوه‌نشینی و غلظت کلسیم رابطه منفی وجود داشت، بنابراین با توجه به اینکه غلظت مطلوب کلسیم برای جوانه‌زنی در گونه‌های گیاهی مختلف متفاوت است، احتمالا غلظت مطلوب کلسیم در جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده اثر مثبت داشته باشد اما در غلظت‌های بالاتر از حد مطلوب باعث ایجاد سمیت و جلوگیری از جوانه‌زنی دانه گرده و در نتیجه کاهش میوه‌نشینی گردد. همبستگی مثبت بین درصد میوه‌نشینی با میزان غلظت عناصر کم‌مصرف منیزیم، منگنز، روی و بور گل و میوه وجود داشت یعنی با افزایش این عناصر میزان میوه-نشینی افزایش می‌یابد. این عناصر در جوانه‌زنی دانه گرده و رشد لوله گرده و بسیاری از فعالیت‌های متابولیکی نقش ایفا می‌کنند. همچنین در فعال‌سازی بسیاری از آنزیم‌ها اثر دارند و یا از اجزای ساختاری آن‌ها می‌باشند.

نتیجه‌گیری

گیاهان حاصل از پاجوش ۵۰/۶ درصد میوه‌نشینی بیشتری نسبت به گیاهان کشت بافتی داشتند، در صورتی‌که میزان ریزش گل و میوه در گیاهان حاصل از پاجوش ۳۵/۸ درصد کمتر از گیاهان کشت بافتی بود. همچنین میزان میوه‌های پارتنوکارپ) بی بذر) گیاهان کشت بافتی در حدود ۲۰ درصد نسبت به گیاهان حاصل از پاجوش بیش‌تر بود. میزان عملکرد میوه در گیاهان کشت بافتی ۵۶ درصد کمتر از گیاهان حاصل از پاجوش بود. در مراحل مختلف نمونه‌برداری بین میزان برخی از عناصر اندازه‌گیری شده در دو گروه تفاوت‌هایی مشاهده شد. در گیاهان پاجوشی میزان عناصر منیزیم، منگنز، بور، روی و پتاسیم در اغلب مراحل اندازه‌گیری شده بالاتر از گیاهان کشت‌بافتی بود. اختلاف در میزان عناصر و نسبت‌های متفاوت بین عناصر در دو گروه گیاهان کشت بافتی و پاجوشی احتمالا در میزان میوه‌نشینی نقش مهمی ایفا می‌کند. کمبود یا افزایش نامطلوب برخی از عناصر غذایی در میزان میوه-

نشینی نقش بسزایی ایفا می‌کند. عناصر غذایی ممکن است اجزای تشکیل‌دهنده یک ماده باشند و یا در فعالیت آنزیم‌ها نقش داشته باشند. بنابراین کمبود آن‌ها میوه‌نشینی، عملکرد و کیفیت میوه را تحت‌تأثیر می‌گذارد، از طرفی افزایش نامطلوب آن‌ها ممکن است باعث برهم خوردن موازنه بین نسبت‌های عناصر شده و میوه‌نشینی را متأثر سازد.

کمبود عناصر غذایی در گیاهان کشت‌بافتی نسبت به گیاهان پاجوشی در مراحل مختلف به‌ویژه گرده‌افشانی و تشکیل میوه، ممکن است باعث اختلال در سنتز کربوهیدرات-ها، پروتئین، مواد آلی شود، بنابراین رشد و نمو گیاه و در نهایت میزان عملکرد میوه را کاهش دهد. بنابراین تغذیه بهینه درختان و محلول‌پاشی با عناصر کلیدی از قبیل بور، روی، منگنز و منیزیم در مراحل مختلف می‌تواند یکی از راه‌های مؤثر برای بهبود میوه‌نشینی و دستیابی به حداکثر عملکرد و افزایش کیفیت میوه این درختان باشد.

سپاس‌گزاری

بدین‌وسیله از همکاری صمیمانه همکار گرامی جناب آقای سیدناصر موسوی در اجرای این پروژه تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

Al-Hamudi, A.H. (2006). Studies on fruit set of date palm. M. Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Ain Shams University. Cairo, Egypt.

Babu, K.D., & Yadav, D.S. (2005). Foliar spray of micronutrients for yield and quality improvement in Khasi mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.). *Indian Journal of Horticulture*, 62(3), 280-281.

Beede, R.H., Brown, P.H., Kallsen, C., & Weinbaum, S.A. (2005). Diagnosing and correcting nutrient deficiencies. In: L. Ferguson (ed), Pistachio production manual. 4th edition. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California: Oakland, 147-157.

Boroujerdnia, M. (2017). Effect of different concentrations of medium nutrients on In Vitro pollen germination in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) different cultivars. *Research in Pomology*, 2(1), 31-44. [In Persian]

Boroujerdnia, M., Mostaan, A., Torahi, A., & Dialami, H. (2022). Assessing fruit set improvement of tissue culture derived date palm cv. Barhee through bunches spraying with mineral nutrition. *Plant Productions*, 45(2), 205-214. [In Persian]

Bouhouche, N., Al-Mazroui, H.S., & Zaid, A. (2007). Fertilization Failure and Abnormal Fruit Set in Tissue Culture-Derived Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *Proc. IIIrd IC on Date Palm, ISHS. Acta Hort,* 736, 225-232.

Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). Method of analysis for soils, plants and waters. *University of California, Division of Agricultureal Sciences,* 5-350.

Dialami, H. (2015). Determining the critical level of potassium in palm leaves and investigating the effect of potassium on yield and quality of “Sayyer” date palm cultivar. *Plant Productions*, 37(4), 35-45. [In Persian]

Dutta Mudi, M., & Mondal, S. (2014). Studies on in vitro Pollen Germination of *Phyllanthus reticulates* Poir. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4 (3), 367-373.

Elmer, P., & Conn, P. (1982). Analytical methods for atomic absorbtion spectrophotometry. *Perkin– Elmer Corp., U.S.A.,* 1-300.

Harhash, M., & Abdel-Nasser, G. (2010). Improving of fruit Set, yield and fruit quality of "Khalas" tissue culture derived date palm through bunches spraying with potassium and/or boron. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(9), 4164-4172.

Khayyat, M., Tafazoli, E., Eshghi, S., & Rajaee, S. (2007). Effect of nitrogen, boron, potassium and zinc sprays on yield and fruit quality of date Palm. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental* Sciences, 2(3), 289-296.

Marashi, S.S., Rahkhodaei, E., Ghasemi, R.A., Behseresht, R., & Garshasbi, M.R. (2013). Study on the adaptability and determination of quantitative and qualitative fruit characteristics of date cultivars in Tabas region. Final Report of Project, Date Palm and Tropical Fruits Research Institute of Iran, Ahwaz. [In Persian]

Merwad, M.A., Mostafa, E.A.M., Ashour, N.E., & Saleh, M.M.S. (2019). Effect of boron, zinc and seaweed sprays on yield and fruit quality of Barhee date palm. *Plant Archives*, 19 (2), 393-397.

Mohebi, A.H., Dialami, H., & Torahi, A. (2011). Study on chemical characteristics in date palm derived tissue culture (cv. Barhee) for distinguish of fruit set reducing, Final report of Project, Date Palm and Tropical Fruits Research Institute, Ahwaz, 35.

Mudi, M., & Subrata, M. (2014). Studies on in vitro pollen germination of *Phyllanthus reticulatus* Poir. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences*, 4(3), 367-373.

Patel, R.G., & Mankad, A.U. (2014). In vitro pollen germination. *International Journal of Science and Research*, 3(5), 304-307.

Ram, R.A., & Bose, T.K. (2000). Effect of foliar application of magnesium and micronutrients on growth, yield and fruit quality of mandarin orange (*Citrus reticulata* Blanco). *Indian Journal of Horticulture*, 57(3), 215-220.

Sarrwy, S.M.A., Gadalla, E.G., & Mostafa, E.A.M. (2012). Effect of calcium nitrate and boric acid sprays on fruit set, yield and fruit quality of cv. Amhat Date Palm. *World Journal of Agricultural Sciences*, 8 (5), 506-515.

Singh, J., & Maurya, A.N. (2004). Effect of micronutrients on bearing of mango (*Mangifera indica*) cv. Mallika. *Progressive Agriculture*, 4(1), 47-50.

Singh, S.P., Singh, B.P., & Moti, R. (1982). Effect of magnesium and season on growth, flowering, fruiting and yield of guava (*Psidium guajava* L.) Cv. Allahabad Safeda. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, 11(3-4), 188-191.

Soliman, S.S., & Al-Obeed, R.S. (2011). Effect of boron and sugar spray on fruit retention and quality of date palm. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10(3), 404-409.

Usenik, V., & Stamper, F. (2007). Effect of late season boron spray on boron accumulation and fruit set of Sumit and Hedelfinger sweet cherry (*Prunus savium* L.). *Acta Agricultura Slovenca*, 89(1), 51-58.

Walinga, I., Van, W., Houba, V.J.G., & Van der lee, J.J. (2013). Soil and plant analysis, a series of syllabi. Part 7, plant analysis procedure, Wageningen Agriculture University.

Wojcik, P., & Wojcik, M. (2003). Effect of boron fertilization on Conference peartree vigor, nutrition and fruit yield and storability. *Plant and Soil*, 256, 413.