

EXTENDED ABSTRACT

Lysimetric determination of crop coefficient and evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growth

M. Alihour

Assistant Professor, Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran. (alihouri_m@hotmail.com).

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 17 July 2019

Revised: 7 December 2019

Accepted: 9 December 2019

Keywords:

Consumed water, Date palm
plantation, Reference
evapotranspiration, Water
requirement..

TO CITE THIS ARTICLE :

Alihour, M. (2021). 'Lysimetric determination of crop coefficient and evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growth', Irrigation Sciences and Engineering, 44(1), pp. 33-45. doi: 10.22055/jise.2019.29898.1855

Introduction

The date palm area and fruit production in Iran are 253697 hectares and 1223142 tons, respectively. According to the Food and Agriculture Organization (FAO), Iran has ranked second in the world in date cultivation and production. Accurate planning is important for optimized use of water resources in the agricultural sector of Iran. The Basis for this planning is determination of water requirements of plants. The irrigation program can be adjusted correctly, the optimal amount of water can be provided for the plant, and a few other problems such as excess watering or water stress can be prevented by accurate specifying of plant water requirement.

The most common direct method for determining evapotranspiration is to use the principle of water balance in a controlled volume of soil or lysimeter. In lysimeter, conditions of water, soil and plant are determined more accurately than in the soil's natural environment (Tripler et al., 2011). This research was carried out to determine the precise amount of crop coefficient and evapotranspiration of *Barhee* date palm in the fourth and fifth years of growth.

Methodology

In this research, three drainage lysimeters with 2 m diameter and 1.2 m height were used for determining evapotranspiration of date palm (*Barhee* cultivar) and a drainage lysimeter with 60 cm diameter and 90 cm depth for determining reference evapotranspiration (Grass). Irrigation of palm trees and grass was done using water from the Karun River. The actual evapotranspiration of the plant was determined using soil water balance (Allen et al., 1998; Bhantana & Lazarovitch, 2010):

$$ET_{c(ly)} = I + P - RO - DP \pm \Delta S \quad (1)$$

In this equation, $ET_{c(ly)}$ is the evapotranspiration of the plant (mm/ly), I is the irrigation water (mm), P is the precipitation (mm), RO is the runoff (mm), DP is the drainage water (mm), and ΔS is the change in soil moisture (mm). Also, the amount of date crop coefficient (K_c) was determined on the basis of the measured values of the evapotranspiration of date palm and the reference evapotranspiration (Alihourri, 2017; Merkle & Allen, 2004).

Results and Discussion

The maximum and minimum reference evapotranspiration in 2015 were 342.0 mm in June and 32.3 mm in February. In 2016, however, the maximum reference evapotranspiration (344.1 mm) was measured in July and the minimum reference evapotranspiration (39.7 mm) was related to January. The total amount of reference evapotranspiration in 2015 and 2016 were 2006.2 mm and 1791.1 mm, respectively.

The maximum evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growth were 103.1 and 131.4 mm, respectively, in July. However, the minimum evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growth were measured to be 14.5 mm in January and 31.9 mm in February, respectively. The total amounts of evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growth were 666.4 and 961.7 mm, respectively. Increasing plant metabolic activity as a result of rising plant age can be attributed to this upward trend of date palm evapotranspiration in the fifth year of growth.

The maximum and minimum crop coefficient (K_c) of *Barhee* date in the fourth year of growth were in November and May, respectively (Table 1). Nonetheless, the maximum and minimum crop coefficient (K_c) in the fifth year of growth were in November and July, respectively (Table 2).

Conclusions

The amount of annual evapotranspiration of date palm in the fourth and fifth years of growths were 666.4 and 961.7 m³/ha, respectively. The annual increase in evapotranspiration of date palm in the fifth year of growth was 44.3%. However, the amount of crop coefficient (K_c) of *Barhee* date was from 0.27 to 0.56 in the fourth year of growth and from 0.38 to 0.91 in the fifth year of growth.

Table 1- Evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) of *Barhee* date in the fourth year of growth

Month	ET_o (mm)	ET_c (mm)	K_c
April	146.6	47.1	0.32
May	250.0	66.5	0.27
June	342.0	96.8	0.28
July	332.0	103.1	0.31
August	280.0	88.7	0.32
September	273.0	87.4	0.32
October	139.6	69.1	0.49
November	67.5	38.1	0.56
December	40.9	15.0	0.37
January	36.9	14.5	0.39
February	32.3	17.6	0.54
March	65.4	22.6	0.35
Sum	2006.2	666.4	---

Table 2- Evapotranspiration (ET_c) and crop coefficient (K_c) of *Barhee* date in the fifth year of growth

Month	ET _o (mm)	ET _c (mm)	K _c
April	104.7	58.2	0.56
May	149.1	76.6	0.51
June	251.7	112.9	0.45
July	344.1	131.4	0.38
August	288.3	129.3	0.45
September	199.5	118.7	0.59
October	135.1	107.8	0.80
November	77.9	70.7	0.91
December	41.7	34.8	0.83
January	39.7	33.7	0.85
February	52.6	31.9	0.61
March	106.8	55.8	0.52
Sum	1791.1	961.7	---

Acknowledgment

The author thanks the Date Palm and Tropical Fruit Research Center for funding this research.

References

- 1- Alihourri, M., 2017. Lysimertic determination of water requirement and crop coefficient of date palm in vegetative growth phase. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31(3), pp.329-340. (In Persian).
- 2- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 3- Bhantana, P. and Lazarovitch, N., 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97, pp.715–722.
- 4- Merkle, G.P. and Allen, R.G., 2004. *Sprinkle and trickle irrigation lectures*. Biological and Irrigation Engineering Department, Utah State University.
- 5- Tripler, E., Shani, U., Mualem, Y. and Ben-Gal, A., 2011. Long-term growth, water consumption and yield of date palm as a function of salinity. *Agricultural Water Management*, 99, pp.128-134.



تعیین لایسیمتری ضریب گیاهی و تبخیر تعرق نخل خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد

مجید علی‌حوری

استادیار پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.
alihouri_m@hotmail.com

پذیرش: 1398/9/18

بازنگری: 1398/9/16

دریافت: 1398/4/26

چکیده

پایه و اساس برنامه‌ریزی دقیق به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب در بخش کشاورزی، تعیین نیاز آبی گیاهان است. در این تحقیق، از یک لایسیمتر زهکش‌دار برای اندازه‌گیری تبخیر تعرق مرجع و سه لایسیمتر زهکش‌دار برای اندازه‌گیری تبخیر تعرق و تعیین ضریب گیاهی نخل خرما، رقم برخی در شهرستان اهواز استفاده شد. میزان تبخیر تعرق مرجع و نخل خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد، با استفاده از رابطه بیلان آب در خاک تعیین شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر تعرق نخل خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد به ترتیب معادل 666/4 و 961/7 میلی‌متر بود، ولی میزان تبخیر تعرق مرجع در سال‌های مذکور به ترتیب معادل 2006/2 و 1791/1 میلی‌متر شد. مقدار افزایش سالانه تبخیر تعرق نخل خرما در سال پنجم نسبت به سال چهارم رشد، برابر 44/3 درصد بود. بیشترین میزان تبخیر تعرق ماهانه گیاه برای سال‌های چهارم و پنجم رشد، در تیرماه وجود داشت، اما کمترین میزان تبخیر تعرق ماهانه گیاه برای سال چهارم رشد در دی ماه و برای سال پنجم رشد در بهمن ماه بود. مقدار ضریب گیاهی نخل خرما در سال چهارم رشد، بین 0/27 تا 0/56 و در سال پنجم رشد از 0/38 تا 0/91 متغیر بود. افزایش فعالیت‌های متابولیکی گیاه در اثر بالا رفتن سن گیاه می‌تواند علت اصلی افزایش میزان تبخیر تعرق و ضریب گیاهی نخل خرما در سال پنجم رشد باشد.

کلید واژه‌ها: آب مصرفی، تبخیر تعرق مرجع، نخلستان، نیاز آبی.

این اراضی تولید می‌شود (Alihouiri and Tishehzan, 2011; Ahmadi et al., 2018).

از سوی دیگر، برنامه‌ریزی دقیق به‌منظور استفاده بهینه از منابع آب کشور در بخش کشاورزی از اهمیت بسیاری برخوردار است. پایه و اساس این مساله را تعیین نیاز آبی گیاهان تشکیل می‌دهد. با تعیین دقیق مقدار نیاز آبی گیاهان می‌توان برنامه آبیاری را به درستی تنظیم نمود و مقدار آب بهینه در اختیار گیاه قرار داد و از مشکلات ناشی از بیش آبیاری و یا تنش آبی جلوگیری کرد.

منظور از تعیین نیاز آبی یا تبخیر تعرق گیاه، برآورد مقدار آبی است که باید به یک پوشش زراعی و یا باغی داده شود تا در طول دوره رویش صرف تبخیر تعرق نماید و بدون آن که با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را تکمیل نموده و حداکثر مقدار محصول را تولید کند. روش‌هایی که برای تعیین تبخیر تعرق به کار برده می‌شود در دو گروه اصلی شامل روش‌های مستقیم و یا غیرمستقیم (محاسبه‌ای) قرار می‌گیرند. معمول‌ترین روش مستقیم در تعیین تبخیر-تعرق، استفاده از اصل بیلان آب در یک حجم کنترل‌شده از خاک یا لایسیمتر است. در لایسیمتر وضعیت آب، خاک و گیاه به آسانی و بسیار دقیق‌تر از محیط طبیعی خاک تنظیم و بررسی می‌گردد و لایسیمتر به عنوان یک روش پایه‌ای و مبنای بررسی اعتبار سایر روش‌های برآورد تبخیر تعرق می‌باشد (Allen et al., 1998; Alizadeh, 2014).

مقدمه

بر اساس آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیرکشت خرما در کشور 253697 هکتار و میزان تولید آن 1223142 تن است که طبق نظر سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)، ایران از نظر سطح زیرکشت و تولید خرما رتبه دوم را در دنیا به خود اختصاص داده است. خرما در سیزده استان کشور کشت می‌شود که استان خوزستان با سطح زیرکشت 39576 هکتار، یکی از مناطق عمده خرماخیز کشور است که 13/5 درصد از کل تولید خرما در کشور را شامل می‌شود (Ahmadi et al., 2018).

آب و آبیاری به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم نقش به‌سزایی در فرایند تولید خرما و به تبع آن در عملکرد کمی و کیفی، قیمت و صادرات این محصول دارد. نخل خرما هر چند که درختی متحمل به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی و شوری شناخته شده، اما برای تولید محصول بهینه نیاز به آب کافی و با کیفیت مناسب دارد. نخل خرما از جمله گیاهانی است که نیاز آن به آب، در حد بالایی است، به‌طوری که میزان تبخیر تعرق آن (بر اساس روش پنمن-مانتیت فائو) تا 24000 مترمکعب در هکتار برای مناطق مختلف کشور برآورد شده است. این در حالی است که 92/5 درصد اراضی نخلستان‌های کشور زیرکشت آبی است که 97/1 درصد از کل خرما کشور از

با استفاده از معادله پنمن - مانتیت فائو برآورد شده که در استان خوزستان از 1819 (بهیمان) تا 2137 (خرمشهر) میلی‌متر متغیر بود (Farshi et al., 1997). مقدار ضریب گیاهی درخت خرما (بارور) در مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر 0/9، 0/95 و 0/95 اعلام شده است (Allen et al., 1998).

مطالعه لایسیمتری Tripler et al. (2007 و 2011) روی نهال‌های خرما رقم مجول نیز حاکی از آن بود که میزان اندازه‌گیری شده تبخیرتغرق گیاه در سال‌های سوم تا هشتم بین 15/1 تا 74/6 مترمکعب برای هر اصله نخل بود.

اندازه‌گیری نیاز آبی درختان 17 ساله خرما رقم Khalas نشان داد که ضریب گیاهی در ماه‌های ژانویه (دی) و فوریه (بهمن) به ترتیب برابر 1/34 و 0/89 بوده است. فواصل ردیف کاشت و بین درختان برابر شش متر و میزان تبخیرتغرق مرجع با روش پنمن برآورد شد (Saeed et al., 1990). اندازه‌گیری تبخیرتغرق درختان 15 ساله خرما رقم Sukariah نشان داد که میزان ضریب گیاهی در مرحله رشد زایشی بین 0/56 تا 0/70 نوسان داشت. کاشت درختان با فواصل هشت متر و آبیاری آن‌ها به روش قطره‌ای بود (Kassem, 2007). در مطالعه دیگری در برخی مناطق کشور عربستان سعودی، میزان ضریب گیاهی برای مرحله رشد زایشی درختان خرما بین 0/80 تا 0/99 به دست آمد. آبیاری درختان به روش قطره‌ای و فاصله بین درختان برابر ده متر بود (Alamoud et al., 2012). میزان ضریب گیاهی در مرحله رشد زایشی درختان 11 ساله خرما رقم مجول در کشور اردن نیز بین 0/50 تا 1/18 بود. آبیاری درختان به روش قطره‌ای و فاصله کاشت درختان برابر هشت متر بود (Mazahrih et al., 2012). همچنین Sadik et al. (2018) ضریب گیاهی درختان خرما رقم Siny در کشور مصر را در سال‌های نهم و دهم رشد به ترتیب بین 0/36 تا 0/70 و 0/62 تا 0/73 گزارش نمودند. فاصله کاشت درختان برابر هفت متر بود و آبیاری درختان به روش بابلر انجام گرفت.

به طور کلی بررسی منابع علمی مختلف نشان داد که در اکثر تحقیقات انجام شده، میزان تبخیرتغرق نخل خرما براساس روش‌های غیرمستقیم (معادله‌های تبخیر-تغرق) برآورد گردیده است. همچنین تاکنون مقدار دقیق تبخیرتغرق و ضریب گیاهی خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد تعیین نشده و فقط توسط برخی پژوهشگران Farshi et al. (1997) ضرایب کاهشی برای استفاده از ضریب گیاهی درختان بارور خرما در سال‌های مذکور پیشنهاد شده است. بنابراین تعیین میزان دقیق تبخیرتغرق و ضریب گیاهی در سال‌های چهارم و پنجم رشد خرما رقم برخی که یکی از ارقام مهم و تجاری کشور است و در برنامه‌های اصلاح و احیای نخلستان‌ها و توسعه سطح زیرکشت خرما توصیه می‌شود، از اهداف این تحقیق بودند. لازم به ذکر است که این تحقیق در ادامه پژوهش دیگری که در آن میزان تبخیرتغرق و ضریب گیاهی در سال‌های اول تا سوم رشد خرما رقم برخی تعیین شد Alihoury (2017) اجرا گردید.

نخل خرما از نظر گیاه‌شناسی در گروه محصولات دائمی قرار دارد و رشد آن در مناطقی میسر است که دارای تابستان گرم و خشک و زمستان معتدل باشد. سیستم ریشه این درخت افشان بوده، به طوری که ریشه‌های ثانویه ریشه‌های بعدی را تولید می‌کنند که آن‌ها نیز از همان نوع و تقریباً با همان قطر می‌باشند. تنه نخل که ساقه نیز نامیده می‌شود به شکل استوانه‌ای عمودی بدون انشعاب بوده و قطر آن در تمام طول نسبتاً یکسان است. ارتفاع تنه بسته به نوع رقم و منطقه کشت متغیر می‌باشد. به تدریج روی تنه نخل برگ‌های سبز ظاهر می‌شوند که جوانه انتهایی را احاطه می‌کنند. با وجود این که هر برگ تا 7 سال می‌تواند عمر کند، اما آن را بیش از 5 سال روی نخل نگهداری نمی‌کنند. هر برگ یک محور مرکزی به نام رگبرگ اصلی دارد که روی آن برگچه‌ها قرار دارند. مرحله زایشی این درخت بسته به رقم، معمولاً از سال چهارم و یا پنجم رشد شروع شده، ولی باردهی اقتصادی آن در سال‌های هشتم تا دهم رشد به بعد است.

Ehsani (1992) نیاز خالص آبیاری در درختان خرما رقم مضافتی را براساس روش بلائی-کریدل، معادل 12000 مترمکعب در هکتار برای استان کرمان برآورد نمود. در حالی که برای همین منطقه با بررسی اثرات مقایر مختلف آب آبیاری بر عملکرد میوه و بهره‌وری آب، آب خالص مورد نیاز درختان خرما مضافتی براساس 80 درصد تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A معادل 10985 مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Farzamniah and Raveri, 2005).

آب مورد نیاز درختان خرما رقم شاهانی در استان فارس، براساس 75 درصد تبخیر تجمعی از تشت کلاس A، معادل 10000 مترمکعب در هکتار گزارش شده است (Daneshnia, 1998). در مطالعه فوق‌الذکر، آبیاری درختان خرما به روش قطره‌ای انجام گرفت. در استان هرمزگان، میزان تبخیرتغرق نخل خرما با اندازه‌گیری تبخیرتغرق گیاه مرجع در یک لایسیمتر، 2496 میلی‌متر برآورد شده است (Moradi Daliniet al., 2012). در حالی که آب مورد نیاز درختان بارور خرما رقم هلیلی در همین استان، معادل 12798 مترمکعب در هکتار برای روش آبیاری سطحی تعیین شد. این میزان براساس روش تشت تبخیر فائو و 75 درصد تبخیر تجمعی از تشت به دست آمد (Karami et al., 2012).

براساس گزارش سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (FAO)، مقدار آب مصرفی نخل خرما در کشورهای الجزایر 15000 تا 35000، مراکش 13000 تا 20000، آفریقای جنوبی 25000، مصر 22300، هند 22000 تا 25000 و عراق 15000 تا 20000 مترمکعب در هکتار برآورد شده است (Zaid, 1999). در کشور کویت، میزان تبخیرتغرق و نیاز خالص آبیاری نخل خرما توسط نرم افزار کراپوات (Cropwat) که بر مبنای معادله پنمن-مانتیت فائو طراحی شده، به ترتیب معادل 2685 میلی‌متر و 25530 مترمکعب در هکتار محاسبه گردید (Abdul Salam and Al Mazrooei, 2006). همچنین میزان تبخیرتغرق نخل خرما بارور در مناطق مختلف کشور

مواد و روش‌ها

مرجع (چمن) ساخته شدند و در یک نخلستان به وسعت ده هکتار قرار گرفتند.

در هر یک از لایسیمترهای خرما، یک قطعه لوله پلی اتیلن به قطر 2/54 سانتی‌متر و طول 205 سانتی‌متر و در لایسیمتر چمن یک قطعه لوله پلی اتیلن به قطر 2/54 سانتی‌متر و طول 65 سانتی‌متر قرار گرفت که منافذی به قطر دو میلی‌متر بر جدار لوله ایجاد شد. هر یک از لوله‌های مذکور به عنوان لوله زهکش، در فاصله پنج سانتی‌متر از کف هر لایسیمتر نصب گردیدند. درون لایسیمترها، ابتدا لوله زهکش توسط یک لایه فیلتر شنی به ضخامت 15 سانتی‌متر پوشانده شد و در مرحله بعد، از خاک زراعی به همراه پنج کیلوگرم کود حیوانی پوسیده پر گردید. عملیات آبیاری نیز با یک لوله پلی اتیلن به قطر 16 میلی‌متر و مجهز به کنترلر جمعی انجام گرفت (شکل 1).

این تحقیق در پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری واقع در اهواز به طول جغرافیایی 48°40' شرقی و عرض جغرافیایی 20°31' شمالی و با ارتفاع 22/5 متر از سطح دریا به مدت دو سال اجرا شد. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دوما رتن و اقلیم نمای آمبرژه به ترتیب خشک و بیابانی گرم میانه است. میانگین آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی اهواز مستقر در محل اجرای تحقیق، در جداول (1) و (2) ارائه شده است. در این تحقیق، سه لایسیمتر بتنی زهکش‌دار به قطر دو متر و ارتفاع 1/2 متر برای تعیین نیاز آبی نخل خرما (رقم برحی) و یک لایسیمتر استوانه‌ای از جنس پلی اتیلن به قطر 60 سانتی‌متر و عمق 90 سانتی‌متر برای تعیین تبخیر تعرق

جدول 1- میانگین آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی اهواز در سال 1394

Table 1- Mean meteorological date of Ahvaz agricultural station in 2015

Month	Max. temperature (°C)	Min. temperature (°C)	Max. relative humidity (%)	Min. relative humidity (%)	Precipitation (mm)	E _{pan} (mm)
January	18.6	7.6	93	55	76.6	54.0
February	20.7	6.8	82	33	5.9	103.4
March	27.0	13.4	79	30	12.4	135.5
April	30.5	16.1	66	22	45.2	213.3
May	38.8	21.4	48	12	0.0	404.5
June	46.2	26.6	36	5	0.0	634.6
July	45.7	27.8	41	11	0.0	674.4
August	47.5	29.1	60	15	0.0	445.7
September	44.6	27.4	52	16	0.0	382.3
October	39.5	22.2	67	21	0.0	286.7
November	27.6	15.8	86	44	61.7	118.5
December	21.3	8.5	86	41	30.6	81.6
Sum	---	---	---	---	235.4	3534.5

جدول 2- میانگین آمار هواشناسی ایستگاه کشاورزی اهواز در سال 1395

Table 2- Mean meteorological date of Ahvaz agricultural station in 2016

Month	Max. temperature (°C)	Min. temperature (°C)	Max. relative humidity (%)	Min. relative humidity (%)	Precipitation (mm)	E _{pan} (mm)
January	20.5	7.7	85	41	27.5	78.5
February	19.3	6.3	82	33	7.5	99.4
March	25.3	10.2	80	28	23.1	129.0
April	29.1	14.4	73	23	22.3	204.8
May	40.2	22.4	58	13	2.1	377.7
June	43.0	23.9	43	8	0.0	556.9
July	47.6	28.1	46	9	0.0	584.3
August	47.9	28.1	55	11	0.0	504.4
September	45.2	25.3	58	14	0.0	390.5
October	38.6	18.3	59	13	0.0	287.0
November	32.0	14.6	74	24	0.0	136.8
December	20.8	7.3	76	33	21.4	92.1
Sum	---	---	---	---	103.9	3441.4



Fig. 1- A view of the date palm lysimeters
شکل 1- نمایی از لایسیمترهای نخل خرما

$$ET_c (ly) = I + P - RO - DP \pm \Delta S \quad (2)$$

در این رابطه، $ET_c(ly)$ تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر در لایسیمتر)، I آب آبیاری (میلی‌متر)، P بارندگی (میلی‌متر)، RO روان‌آب سطحی که برابر صفر بود (میلی‌متر)، DP نفوذ عمقی یا زه‌آب جمع‌آوری شده از هر لایسیمتر (میلی‌متر) و ΔS تغییرات رطوبت خاک که با توجه به برنامه آبیاری، مقدار ماهانه آن برابر صفر بود (میلی‌متر). هم‌چنین با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر تعرق گیاه، میزان دقیق ضریب گیاهی (K_c) خرما تعیین شد. بدین منظور با توجه به این که در گیاهان باغی معمولاً تمام سطح زمین در موقع آبیاری خیس نمی‌شود، ابتدا لازم است میزان تبخیر تعرق به‌دست آمده از لایسیمتر اصلاح شود (Allen و Merkle 2004) سپس براساس میزان تبخیر تعرق اصلاح شده (میلی‌متر) و میزان اندازه‌گیری شده تبخیر تعرق مرجع (ET_o)، میزان ضریب گیاهی در ماه‌های مختلف محاسبه گردید (روابط 3 و 4):

$$ET_c = 0.1 ET_c (ly) \sqrt{Pd} \quad (3)$$

$$K_c = ET_c / ET_o \quad (4)$$

در این معادله‌ها، ET_c تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر) و Pd سطح سایه‌انداز گیاه (درصد) است. به‌منظور تعیین درصد سطح سایه‌انداز گیاه، مساحت لایسیمتر بر مساحت زیر پوشش هر نخل در نخلستان (64 مترمربع برای فواصل کاشت هشت در هشت متر) تقسیم گردید. البته قابل ذکر است که اگر روش آبیاری به صورتی باشد که تمام سطح نخلستان خیس شود (مانند روش غرقابی و یا کرتی)، نیازی به اصلاح میزان تبخیر تعرق نخل خرما براساس رابطه (3) نیست.

در لایسیمتر چهارم به‌منظور اندازه‌گیری مقدار تبخیر تعرق مرجع، چمن برموداگراس با تراکم 25 گرم بر مترمربع کشت گردید که ارتفاع آن در دوره انجام تحقیق، در حد 12 سانتی‌متر نگه داشته شد (Allen et al., 1998). آبیاری درختان خرما و چمن، با استفاده از آب رودخانه کارون انجام گرفت که در یک استخر ذخیره می‌شد. دور آبیاری براساس یافته‌های تحقیقاتی، پس از 75 میلی‌متر تبخیر جمعی از تشت تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد (Alihoury and Torahi, 2011).

میزان اولیه آب آبیاری براساس روش تشت تبخیر فائو برآورد شد. لازم به ذکر است که استفاده از روش تشت تبخیر در این تحقیق، فقط برای تخمین آب مورد نیاز در آبیاری لایسیمترهای خرما بود و تعیین دقیق میزان تبخیر تعرق خرما، با استفاده از رابطه بیلان آب در خاک انجام شد. سپس به‌منظور اطمینان از تامین آب مورد نیاز گیاه (وارد نشدن تنش آبی به گیاه) و داشتن زه‌آب خروجی، حجم آب آبیاری با استفاده از رابطه (1) به مقدار 20 درصد افزایش یافت (Bhantana and Lazarovitch, 2010; Shahabifar and Rahimian, 2007)

$$V = 1.2 (d.a) \quad (1)$$

در این رابطه، V حجم آب آبیاری (لیتر)، d عمق خالص آبیاری یا تفاوت بین میزان تبخیر تعرق گیاه و بارندگی (میلی‌متر) و a مساحت لایسیمتر (مترمربع) است. حجم زه‌آب خروجی از هر لایسیمتر بعد از جمع‌آوری در بشکه‌ای از جنس پلی‌اتیلن، توسط استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. میزان تبخیر تعرق واقعی خرما در هر آبیاری، نیز با استفاده از رابطه بیلان آب در خاک تعیین گردید (رابطه 2):

نتایج و بحث

بررسی میانگین حاصل از مقادیر ماهانه آب آبیاری یا آب داده شده به گیاه (I در رابطه 2) نشان داد که بیشترین مقدار آب آبیاری در سال چهارم رشد گیاه، در تیر ماه با 451/4 میلی‌متر در لایسیمتر (1417/5 لیتر در لایسیمتر) و کمترین آب مصرفی در دی ماه با 25/5 میلی‌متر در لایسیمتر (80/1 لیتر در لایسیمتر) بود. در سال پنجم رشد گیاه، بیشترین مقدار آب مصرفی با 626/4 میلی‌متر در لایسیمتر (1967 لیتر در لایسیمتر) مربوط به تیر ماه و کمترین آب مصرفی با 143/3 میلی‌متر در لایسیمتر (450 لیتر در لایسیمتر) مربوط به ماه‌های دی و بهمن بود. مقدار کل آب آبیاری نیز در سال‌های چهارم و پنجم رشد گیاه به ترتیب معادل 3029/9 و 4534/2 میلی‌متر در لایسیمتر بود.

میزان تبخیر تعرق مرجع در سال‌های 1394 و 1395 که با استفاده از رابطه بیلان آب در خاک به دست آمد، در شکل 2 ارایه شده است. بیشترین و کمترین میزان تبخیر تعرق مرجع در سال 1394، به ترتیب در خرداد ماه با 342/0 میلی‌متر و در بهمن ماه با 32/3 میلی‌متر وجود داشت. در سال 1395، بیشترین میزان تبخیر تعرق مرجع با 344/1 میلی‌متر مربوط به تیر ماه و کمترین میزان تبخیر تعرق با 39/7 میلی‌متر مربوط به دی ماه بود. مقدار کل تبخیر تعرق مرجع نیز در سال‌های مذکور به ترتیب معادل 2006/2 و 1791/1 میلی‌متر به دست آمد که علت اصلی این نوسان را می‌توان تغییرات اقلیمی نظیر درجه حرارت در سال‌های 1394 و 1395 دانست.

میانگین میزان تبخیر تعرق گیاه طی سال‌های چهارم و پنجم رشد گیاه که با استفاده از رابطه بیلان آب در خاک به دست آمد، در شکل 3 ارایه شده است. بیشترین میزان تبخیر تعرق گیاه در سال‌های چهارم و پنجم رشد، به ترتیب با 465/3 و 593/4 میلی‌متر در لایسیمتر مربوط به تیرماه بود. اما کمترین میزان تبخیر تعرق در سال چهارم رشد با 65/6 میلی‌متر در لایسیمتر در دی ماه و در سال پنجم رشد با 144/2 میلی‌متر در لایسیمتر در بهمن ماه بود. مقدار کل تبخیر تعرق گیاه نیز در سال‌های چهارم و پنجم رشد گیاه به ترتیب معادل 3008/6 و 4341/6 میلی‌متر در لایسیمتر به دست آمد. سپس براساس معادله (3)، ابتدا مقادیر تبخیر تعرق گیاه (میلی‌متر) محاسبه شد و با استفاده از معادله (4)، میزان ضریب گیاهی (Kc) برای ماه‌های مختلف سال‌های چهارم و پنجم رشد تعیین شد که در جداول 3 و 4 ارایه گردیده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان سالانه تبخیر تعرق نخل خرما از 666/4 میلی‌متر در سال 1394 به 961/7 میلی‌متر در سال 1395 افزایش یافته است. به عبارت دیگر، مقدار افزایش سالانه تبخیر تعرق نخل خرما در سال پنجم نسبت به سال چهارم رشد، برابر 44/3 درصد بود. افزایش فعالیت‌های متابولیکی گیاه در اثر بالا رفتن سن گیاه Allen et al. (1998) را می‌توان علت اصلی این روند صعودی تبخیر تعرق نخل خرما در سال پنجم رشد دانست (جدول 5 و 6). این میزان افزایش سالانه تبخیر تعرق گیاه با روند افزایش آن

در سال‌های اول تا سوم رشد آن مطابقت دارد، زیرا که میزان افزایش سالانه تبخیر تعرق خرما از سال اول تا سال سوم رشد به ترتیب برابر 46/8 و 48/3 درصد بوده است (Alihoury, 2017). در مطالعه Tripler et al. (2011) نیز میزان تبخیر تعرق درختان خرماي رقم مجول بین سال‌های چهارم و پنجم رشد، 48/2 درصد افزایش داشت.

بررسی مقادیر تبخیر تعرق نخل خرما و تبخیر از تشت کلاس A جداول (1 و 2) نشان می‌دهد که نسبت تبخیر تعرق نخل خرما (میلی‌متر) به تبخیر از تشت کلاس A در دوره‌های ماهانه سال‌های چهارم و پنجم رشد به ترتیب از 0/15 تا 0/32 و از 0/20 تا 0/52 متغیر است. این نسبت‌ها می‌تواند راهنمای مناسبی برای تعیین میزان نیاز آبی درختان خرما و برنامه‌ریزی آبیاری گیاه براساس میزان تبخیر از تشت باشد.

Ghafarinezhad (2001) میزان نیاز خالص آبیاری درختان خرماي رقم مضافتی در سال‌های چهارم و پنجم رشد را به ترتیب معادل 4233 و 4498 مترمکعب در هکتار برای منطقه بم (استان کرمان) برآورد نمود. در این تحقیق، تبخیر تعرق گیاه براساس روش تشت تبخیر محاسبه شد، آبیاری گیاه با روش قطره‌ای انجام گرفت و میزان بارندگی موثر در نظر گرفته نشد. هم‌چنین اثر رشد گیاه بر میزان نیاز آبی سال‌های چهارم و پنجم رشد در نظر گرفته نشده است. در مطالعه دیگری، میزان تبخیر تعرق یا نیاز آبی درختان بارور خرما در شهرستان اهواز با روش پنمن-مانیتث فائو برای روش‌های آبیاری سطحی و موضعی (میکرو) به ترتیب معادل 19331 و 15217 مترمکعب در هکتار برآورد شد. البته برای دوره زمانی از چهار تا شش سالگی گیاه، ضریب کاهشی 0/7 برای تعیین میزان تبخیر تعرق گیاه پیشنهاد گردید (Farshi et al., 1997). بدین ترتیب میزان نیاز آبی درختان خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد برای انواع روش آبیاری موضعی (که تمام سطح زمین هنگام آبیاری خیس نمی‌شود) برابر 10652 مترمکعب در هکتار خواهد بود. در صورتی که در این تحقیق، میزان نیاز آبی درختان خرما برای روش‌های آبیاری موضعی، در سال‌های چهارم و پنجم رشد به ترتیب معادل 6664 و 9617 مترمکعب در هکتار به دست آمد. به عبارت دیگر، براساس برآورد پژوهشگران مذکور، میزان نیاز آبی درختان خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد به ترتیب 3988 و 1035 مترمکعب در هکتار (59/8 و 10/8 درصد) بیشتر از میزان نیاز آبی درختان مذکور براساس اندازه‌گیری لایسیمتری می‌باشد. این تفاوت‌های زیاد به‌ویژه برای تبخیر تعرق سال چهارم رشد (60 درصد)، گویای اهمیت مطالعات لایسیمتری در اندازه‌گیری و تعیین نیاز آبی واقعی نخل خرما است.

همان‌طور که در جدول (3) مشاهده می‌شود مقدار ضریب گیاهی (Kc) نخل خرماي رقم برخی در سال چهارم رشد، بین 0/27 تا 0/56 در نوسان است. بیشترین مقدار ضریب گیاهی در آبان ماه و کمترین مقدار آن در اردیبهشت ماه وجود داشت. اما مقدار ضریب گیاهی در سال پنجم رشد نخل خرماي رقم برخی، از 0/38 تا 0/91

جهانی خواربار و کشاورزی (فائو)، مقدار ضریب گیاهی درخت خرما (بارور) را در مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر 0/9، 0/95 و 0/95 اعلام نموده است (Allen et al., 1998).

متغیر است (جدول 4). بیشترین مقدار ضریب گیاهی در آبان ماه و کمترین مقدار آن در تیر ماه بود.

بررسی منابع علمی نشان داد که تاکنون ضریب گیاهی نخل خرما (غیر بارور) در دوره رشد رویشی گزارش نشده است. سازمان

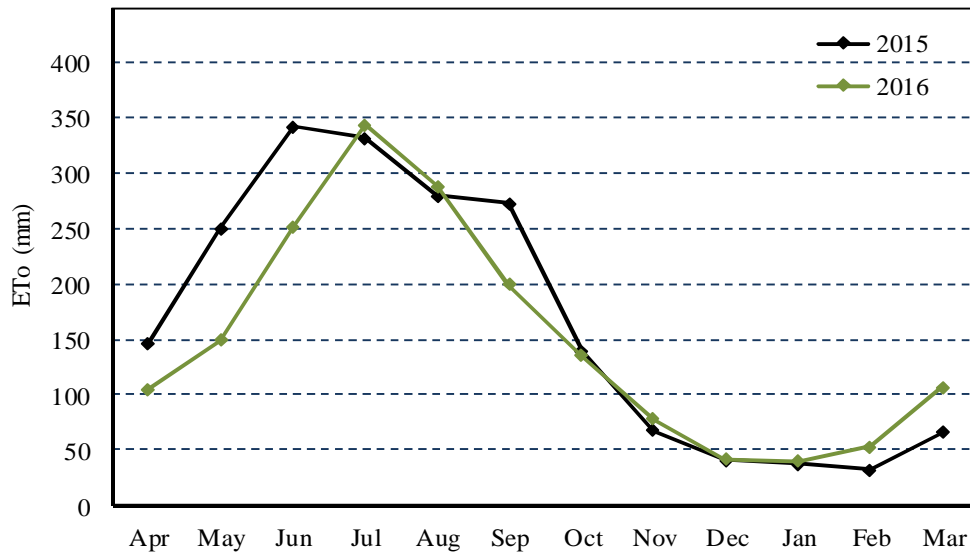


Fig. 2- Mean reference evapotranspiration in 2015 and 2016

شکل 2- میانگین میزان تبخیر تعرق مرجع در سال های 1395 و 1394

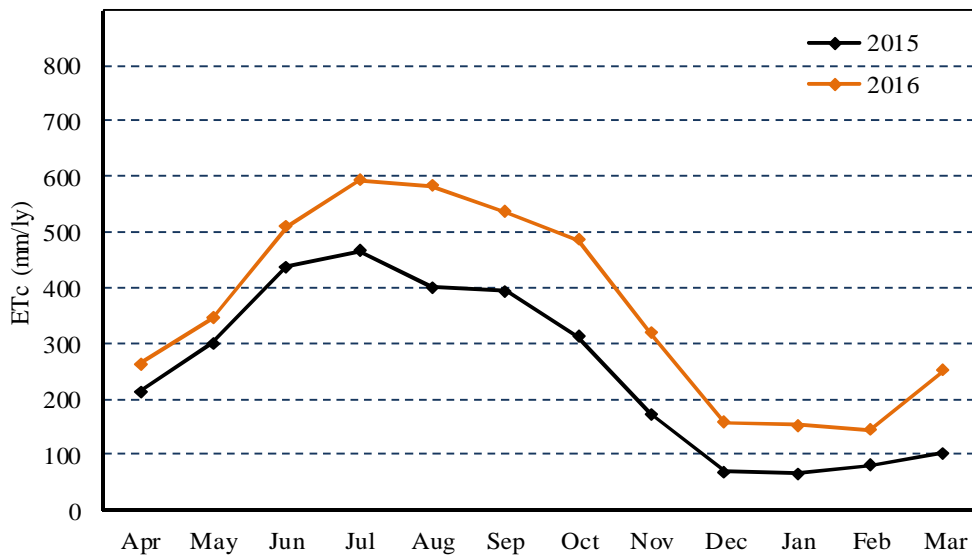


Fig. 3- Mean date palm evapotranspiration in fourth and fifth years of growth

شکل 3- میانگین میزان تبخیر تعرق نخل خرما در سال های چهارم و پنجم رشد

جدول 3- میزان ضریب گیاهی نخل خرماي رقم برحي در سال چهارم رشد
Table 3- Crop coefficient of *Barhee* date palm in fourth year of growth

Month	ET _o (mm)	ET _c (mm/ly)	ET _c (mm)	K _c
April	146.6	212.6	47.1	0.32
May	250.0	300.3	66.5	0.27
June	342.0	436.8	96.8	0.28
July	332.0	465.3	103.1	0.31
August	280.0	400.4	88.7	0.32
September	273.0	394.6	87.4	0.32
October	139.6	312.0	69.1	0.49
November	67.5	171.8	38.1	0.56
December	40.9	67.8	15.0	0.37
January	36.9	65.6	14.5	0.39
February	32.3	79.4	17.6	0.54
March	65.4	102.1	22.6	0.35
Sum	2006.2	3008.6	666.4	---

جدول 4- میزان ضریب گیاهی نخل خرماي رقم برحي در سال پنجم رشد
Table 4- Crop coefficient of *Barhee* date palm in fifth year of growth

Month	ET _o (mm)	ET _c (mm/ly)	ET _c (mm)	K _c
April	104.7	262.7	58.2	0.56
May	149.1	345.6	76.6	0.51
June	251.7	509.6	112.9	0.45
July	344.1	593.4	131.4	0.38
August	288.3	583.8	129.3	0.45
September	199.5	535.7	118.7	0.59
October	135.1	486.5	107.8	0.80
November	77.9	319.0	70.7	0.91
December	41.7	157.0	34.8	0.83
January	39.7	152.1	33.7	0.85
February	52.6	144.2	31.9	0.61
March	106.8	251.9	55.8	0.52
Sum	1791.1	4341.6	961.7	---

جدول 5- صفات رویشی درختان خرما در پایان سال چهارم رشد

Table 5- Vegetative characteristics of date palm in end fourth year of growth

Lysimeter	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaflets	Leaflet length (cm)	Leaflet width (cm)
1	21	191.0	62.0	1796	37.4	2.7
2	20	193.0	72.8	1640	39.1	2.7
3	18	172.7	69.3	1553	34.0	3.1
Mean	19.7	185.6	68.0	1663	36.8	2.8

جدول 6- صفات رویشی درختان خرما در پایان سال پنجم رشد

Table 6- Vegetative characteristics of date palm in end fifth year of growth

Lysimeter	Number of leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Number of leaflets	Leaflet length (cm)	Leaflet width (cm)
1	29	196.0	69.3	2967	37.5	2.7
2	27	193.5	77.0	2511	39.2	2.7
3	30	207.0	70.0	3210	34.2	3.1
Mean	28.7	198.8	72.1	2896	37.0	2.8

همچنین اندازه‌گیری لایسیمتری میزان تبخیرتغرق نخل خرما نشان داد که میزان نیاز آبی نخل خرما در سال چهارم رشد، 37/4 درصد و در سال پنجم رشد، 9/7 درصد کمتر از میزان برآوردشده توسط برخی محققان است. این تفاوت قابل توجه بین مقادیر اندازه‌گیری شده و برآوردشده نیاز آبی نخل خرما به‌ویژه در سال چهارم رشد گیاه، بر اهمیت انجام مطالعات لایسیمتری در تعیین تبخیرتغرق یا نیاز آبی واقعی گیاهان باغی دلالت دارد. ادامه انجام این تحقیق به منظور تکمیل نتایج این تحقیق و تعیین مقادیر واقعی تبخیرتغرق و ضریب گیاهی درختان خرما در مرحله رشد زایشی پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری برای تامین بودجه اجرای این تحقیق تشکر می‌شود.

بررسی منابع علمی نشان داد که تاکنون ضریب گیاهی نخل خرما (غیر بارور) در دوره رشد رویشی گزارش نشده است. سازمان جهانی خواربار و کشاورزی (فائو)، مقدار ضریب گیاهی درخت خرما (بارور) را در مراحل اولیه، میانی و پایانی رشد به ترتیب برابر 0/9، 0/95 و 0/95 اعلام نموده است (Allen et al., 1998).

نتیجه‌گیری

بر اساس اندازه‌گیری لایسیمتری، میزان تبخیرتغرق نخل خرما در سال‌های چهارم و پنجم رشد به ترتیب معادل 666/4 و 961/7 میلی‌متر بود. مقدار افزایش سالانه تبخیرتغرق نخل خرما در سال پنجم نسبت به سال چهارم رشد، برابر 44/3 درصد بود. مقدار ضریب گیاهی نخل خرما در سال چهارم رشد، بین 0/27 تا 0/56 و در سال پنجم رشد از 0/38 تا 0/91 متغیر بود. افزایش فعالیت‌های متابولیکی گیاه در اثر بالا رفتن سن گیاه می‌تواند علت اصلی افزایش میزان تبخیرتغرق و ضریب گیاهی نخل خرما در سال پنجم رشد باشد.

References

- 1- Abdul Salam, M. and Al Mazrooei, S., 2006. Crop water and irrigation water requirements of date palm (*Phoenix dactyifera*) in the loamy sands of Kuwait. In *III International Date Palm Conference, Abu Dhabi, UAE*.
- 2- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Hoseainpour, R. and Abdeshah, H., 2018. *Agricultural statistics* (3). Ministry of Agriculture Jihad. (In Persian).
- 3- Alamoud, A.I., Mohammad, F.S., Al-Hamed, S.A. and Alabdulkader, A.M., 2012. Reference evapotranspiration and date palm water use in the kingdom of Saudi Arabia. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, 2(4), pp.155-169.
- 4- Alihourri, M., 2017. Lysimetric determination of water requirement and crop coefficient of date palm in vegetative growth phase. *Journal of Water Research in Agriculture*, 31(3), pp.329-340. (In Persian).

- 5- Alihoury, M. and Tishehzan, P., 2011. *Irrigation subprogram: Date palm strategic program*. Kerdegar. (In Persian).
- 6- Alihoury, M. and Torahi, A., 2011. Effect of irrigation interval and depth on stablishment and vegetative growth of date palm offshoots. In *3rd Conference on Irrigation and Drainage Networks Management, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran*. (In Persian).
- 7- Alizadeh, A., 2014. *Water, soil and plant relationship*. Sajad university. (In Persian).
- 8- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 9- Bhantana, P. and Lazarovitch, N., 2010. Evapotranspiration, crop coefficient and growth of two young pomegranate (*Punica granatum* L.) varieties under salt stress. *Agricultural Water Management*, 97, pp.715-722.
- 10- Daneshnia, A., 1998. Effect of irrigation interval and depth on yield and growth of Shahani date palm in drip method. *Journal of Water and Soil Science*, 13(2), pp.130-139. (In Persian).
- 11- Ehsani, A., 1992. Determination of the best irrigation interval and depth of Mozafati offshoot in drip method. In *1st Seminar on Date Palm, Kerman, Iran*. (In Persian).
- 12- Farzamia, M. and Raveri, Z., 2005. The deficit irrigation on yield and water use efficiency on Mozafati date palm in Bam. *The Scientific Journal of Agriculture*, 28(1), pp.79-86. (In Persian).
- 13- Farshi, A., Shariati, M., Jarollahi, R., Ghaemi, M., Shahabifar, M. and Tavallahi, M., 1997. *Estimated water requirements for crop and garden plants (2)*. Agricultural education. (In Persian).
- 14- Ghafarinezhad, A., 2001. *Determination of irrigation interval and depth of Mozafati date in drip method*. Kerman Agricultural and Natural Resources Research Center. (In Persian).
- 15- Karami, Y. Hosseini, Y. and Rezazadeh, R., 2012. Effect of irrigation depth and method on yield and some characteristics of Halili date fruit in Minab. In *The National Conference of Iranian Date, Kerman, Iran*. (In Persian).
- 16- Kassem, M.A., 2007. Water requirements and crop coefficient of date palm trees "sukariah cv.". *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 24(2), pp.339-359.
- 17- Mazahrih, N.T., AL-Zu'bi, Y., Ghnaim, H., Lababdeh, L., Ghananeem, M. and Abu Ahmadeh, H., 2012. Determination actual evapotranspiration and crop coefficients of date palm trees (*Phoenix dactylifera*) in the Jordan Valley. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12 (4), pp.434-443.
- 18- Merkle, G.P. and Allen, R.G., 2004. *Sprinkle and trickle irrigation lectures*. Biological and Irrigation Engineering Department, Utah State University.
- 19- Moradi Dalini, A., Saleh, J., karami, Y., Moghimi, A., 2012. Determination of water requirement of date palm in Hajiabad region of Hormozgan. In *The First International Festival and Conference of Date, Bandar Abbas, Iran*. (In Persian).
- 20- Mohamed, A.S., Ali, A.A., El-Ghany, A. and Yosri, A., 2018. Irrigation water management of date palm under El-Baharia Oasis conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 58(1), pp.27-44.
- 21- Saeed, A.B., Etewy, H.A. and Hassan, O.S.A., 1990. Watering requirement and scheduling of date palm. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America (Japan)*, 21(4), pp.49-52.
- 22- Shahabifar, M. and Rahimian, M.H., 2007. Measurement of sugar beet water requirements by lysimeter method in Mashhad. *Sugar Beet*, 23(2), pp.177-187. (In Persian).

-
- 23-Tripler, E., Ben-Gal, A. and Shani, U., 2007. Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera* L., cv. *Medjool*). *Plant Soil*, 297, pp.147–155.
- 24-Tripler, E., Shani, U., Mualem, Y. and Ben-Gal, A., 2011. Long-term growth, water consumption and yield of date palm as a function of salinity. *Agricultural Water Management*, 99, pp.128-134.
- 25-Zaid, A., 1999. *Date palm cultivation*. FAO Plant Production and Protection paper 156. Food and Agriculture Organization of the United Nations.