نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۶ شمارهٔ۱، صفحهٔ ۹۹-۹۲ ، نیمهٔ اول ۱۳۹۴

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 92-99

مقایسهٔ روش فائو پنمن مانتیث و تشت تبخیر کلاس A با داده‌های لایسیمتری در برآورد تبخیر و تعرق گیاه نخود در منطقهٔ خرم‌آباد

کبری نامداریان[1*]، عبدعلی ناصری[2]، زهرا ایزدپناه[3]، عباس ملکی[4]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استادیار دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۱

چکیده

استان لرستان و منطقهٔ خرم‌آباد یکی از بزرگترین تولیدکننده‌های نخود در کشور می‌باشد. نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان استان لرستان است که نسبت به سایر گیاهان مشابه، سطح قابل توجهی را به‌خود اختصاص داده است. با این حال تاکنون پژوهشی برای برآورد نیاز آبی نخود به‌صورت دقیق در این منطقه انجام نشده است. پژوهش حاضر به‌منظور تعیین نیاز آبی و ضریب گیاهی نخود در مزرعه ی تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. بدین منظور از چهار لایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر استفاده شد. داخل هر چهار لایسیمتر، گیاه نخود با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع کشت شد و سپس با استفاده از معادله بیلان آب تبخیر و تعرق محاسبه گشت. براساس نتایج به‌دست آمده میزان آب مورد نیاز نخود ۴۳۸ میلی‌متر برآورد گردید. در همین مدت تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از ۴ لایسیمتر محاسبه و این پارامتر ۵۵۴/۲ میلی‌متر برآورد گردید. همچنین با استفاده از روابط ارائه شده برای ضریب تشت و محاسبه نیاز آبی با این روش و در نهایت مقایسه آن با داده‌های لایسیمتری، رابطه‌ای که بهترین برآورد از تبخیر و تعرق واقعی نخود را دارد تعیین شد. در این خصوص از شاخص‌های آماری RMSE، MBE، MAE و R^2 استفاده شد و به‌کمک آن‌ها، روش فائو با مقدار خطای RMSE، ۰/۱۷۴ و وضعیت مناسب سایر شاخص‌های آماری به‌عنوان روش بهینه و روش اشنایدر اصلاح شده در رتبه دوم دقت قرار گرفت. استفاده از روش فائو پنمن مانتیث در محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در این منطقه ۴/۸ درصد برآورد کمتری نسبت به مقادیر لایسیمتری دارد.

واژه‌های کلیدی: ضریب تشت، ضریب گیاهی، نخود، نیاز آبی

مقدمه

یکی از پیش‌نیازهای اساسی بهبود مدیریت مصرف آب در مزرعه، تخمین دقیق میزان آب مصرفی گیاه است. از آن‌جایی‌که محاسبه تبخیر تعرق برای انواع پوشش گیاهی امری بسیار مشکل است، در ابتدا تبخیر و تعرق مرجع محاسبه و سپس با استفاده از آن تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر برآورد می‌گردد. یکی از روش‌های موجود برای تعیین تبخیر و تعرق گیاهان استفاده از لایسیمتر است. تعیین ضریب گیاهی به‌صورت کاشت گیاه مرجع (چمن) و گیاه اصلی همواره، مورد تأکید پژوهشگران بوده است درحالی‌که، این مسئله از نظر اقتصادی پرهزینه و از نظر زمانی وقت‌گیر است؛ زیرا باید با کاشت همزمان گیاه مرجع و گیاه اصلی در لایسیمتر، ضریب گیاهی طی مراحل مختلف رشد تعیین شود. تبخیر از تشت تبخیر نیز می‌تواند به‌عنوان شاخصی مناسب، برای برآورد تبخیر و تعرق گیاه مرجع و درنهایت گیاه اصلی قلمداد شود. به‌منظور تعیین تبخیر و تعرق استاندارد گیاه چغندرقند آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان انجام شد. میزان تبخیر و تعرق در شرایط استاندارد با لایسیمتر و به روش بیلان آبی اندازه‌گیری شد. میانگین نسبت تبخیر و تعرق چغندرقند به تبخیر از تشت کلاس A در طول فصل رشد ۰/۷۹ محاسبه شد (Panahi *et al.*, 2006). همچنین با استفاده از داده‌های تشت تبخیر ایستگاه هواشناسی گرگان، مقادیر تبخیر و تعرق

* **نویسنده مسئول:** خرم آباد، انتهای بلوار ولیعصر، خیابان زاگرس، کوچه زاگرس۹
تلفن: ۰۶۶۱-۳۲۲۴۹۴۶؛ namdark63@yahoo.com

مرجع محاسبه و نتایج آن با مقادیر تبخیر و تعرق مرجع روش استاندارد مقایسه شد. در این تحقیق با استفاده از معادله‌های گوناگون نظیر کونیکا، آلن پروت، اشنایدر، اشنایدر اصلاح شده و اورنگ مقادیر ضریب تشت محاسبه و پس از ضرب در داده‌های روزانه تبخیر از تشت، مقادیر تبخیر و تعرق مرجع روزانه برآورد گردید. بررسی‌های رگرسیونی و آماری نشان داد که از روش‌های اورنگ و اشنایدر اصلاح شده برای برآورد مقادیر تبخیر و تعرق مرجع روزانه و از روش‌های کونیکا و اشنایدر اصلاح شده و آلن پروت برای تخمین مقادیر تبخیر و تعرق مرجع، ۱۰ روزه و از روش‌های اشنایدر اصلاح شده و کونیکا برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع ماهانه در منطقه مطالعاتی و سایر مناطقی که دارای این اقلیم هستند، می‌توان استفاده نمود (Sharifan & Ghahraman, 2006). برای تعیین تبخیر تعرق سطح مرجع در مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی در منطقه ولنجک تهران از یک دستگاه میکرولایسیمتر و نوعی تشت تبخیر به نام Reduced Pan در داخل گلخانه و یک تشت تبخیر کلاس A در خارج گلخانه استفاده شد. نتایج نشان داد که میزان تبخیر و تعرق سطح مرجع اندازه‌گیری شده توسط میکرولایسیمتر به‌ترتیب برابر ۶۲/۲ و ۴۵/۶ درصد تبخیر از تشت کلاس A و تشت تبخیر داخل گلخانه بوده است. ضریب همبستگی بین داده‌های میکرولایسیمتر با تشت تبخیر کلاس A و تشت تبخیر داخل گلخانه به‌ترتیب برابر ۰/۷۲ و ۰/۸۳ بود (Shahabifar *et al.*, 2007). با توجه به سابقه دیرینه کشت نخود در استان لرستان و خرم‌آباد و مصرف بالای آن هنوز مطالعه خاصی در مورد نیاز آبی آن در این منطقه انجام نشده است. در این مطالعه تبخیر و تعرق گیاه نخود براساس اطلاعات اقلیمی به روش تشت تبخیر و روش فائو پنمن مانتیث در مقایسه با مقادیر تبخیر و تعرق لایسیمتر برآورد شد. برای این منظور ضریب تشت از مدل‌های مختلف محاسبه و در مقادیر تبخیر از تشت اعمال شد. مقادیر تبخیر و تعرق مرجع به‌دست آمده از تشت تبخیر با ضرب شدن در ضریب گیاهی با مقادیر تبخیر و تعرق محاسبه شده از روش لایسیمتری با هم مقایسه شدند. براساس محاسبات آماری و کمترین خطای به‌دست آمده ضریب تشت مناسب برای منطقه پیشنهاد شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان واقع در شهرستان خرم‌آباد با ارتفاع ۱۱۴۸ متر از سطح دریا در مختصات جغرافیایی طول ۴۸ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و عرض ۳۳ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی انجام شد. این منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبروژه دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد است. در این تحقیق پارامترهای هواشناسی مورد نیاز شامل دمای بیشینه و کمینه، رطوبت نسبی بیشینه و کمینه، میزان بارندگی، سرعت باد، ساعات آفتابی و سایر پارامترهای مورد نیاز اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری‌ها در سازمان هواشناسی خرم‌آباد در مجاورت دانشکده کشاورزی که ایستگاه سینوپتیک اصلی در منطقه است و در بازه زمانی آغاز اسفند ماه ۱۳۹۱ تا پایان خرداد ماه ۱۳۹۲ انجام شد. میانگین پارامترهای مذکور از ۲۶ اسفند ماه تا پایان خرداد ماه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- میانگین پارامترهای هواشناسی در طول انجام پژوهش

Table 1. Average climatic parameters during the study

سال Year	ماه Month		بارندگی P (mm)	تابش R (hr)	سرعت باد U_2 (m.s^{-1})	رطوبت نسبی RH (%)	متوسط درجه حرارت T (°C)
1391	Mar	اسفند	0.94	6.38	6.57	54.38	10.75
1392	Apr	فروردین	0.98	8.66	6.37	48.53	14.52
1392	May	اردیبهشت	3.38	7.39	7.10	53.35	16.87
1392	Jun	خرداد	0.01	11.29	6.50	27.75	23.98

در این پژوهش از چهار دستگاه میکرولایسیمتر زهکش‌دار به قطر ۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر و از جنس پلی‌اتیلن استفاده شد. در ۲۶ اسفند ماه سال ۱۳۹۱ بذر نخود با تراکم ۵۰ بوته در متر مکعب در داخل لایسیمترها کشت شد. به‌منظور سهولت در زهکشی، از کف لایسیمترها تا ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر شن درشت ریخته شد و بقیه حجم آن ها توسط خاک مزرعه همراه با کود حیوانی پوسیده پر گردید. برای یکسان‌سازی شرایط رشد گیاه در داخل لایسیمتر با محیط، لایسیمترها در داخل مزرعه با کشت یکسان قرار داده شدند. در طول فصل رشد، برای تأمین کامل نیازهای غذایی گیاه و افزایش حاصلخیزی خاک، از کودهای ازت، پتاس و فسفات به‌ترتیب به‌میزان ۱۷۷، ۸۸ و ۸۸ کیلوگرم در هکتار استفاده

شد. طی انجام آزمایش، آب اضافی موجود در لایسیمترها از طریق لوله زهکش تخلیه و با استفاده از ظروف مدرج اندازه‌گیری شد. بافت خاک موجود با آزمایش هیدرومتری سیلت‌لومی تشخیص داده شد. میزان رطوبت خاک با استفاده از صفحه‌های فشاری در سه عمق ۲۰، ۴۵ و ۶۵ سانتی‌متری در نقطه زراعی به‌ترتیب ۲۹، ۲۸/۱۸ و ۲۲/۷۹ و در نقطه پژمردگی به‌ترتیب ۱۷/۷، ۲۰/۲۲ و ۱۹/۸ درصد جرمی اندازه‌گیری شد. جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۲۸۹ گرم بر سانتی‌مترمکعب تعیین شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 2. Physical and chemical characteristics of the soil

عمق (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	درصد آهک T.N.V	درصد کربن آلی O.C	فسفر قابل جذب P (ppm)	پتاسیم قابل جذب K (ppm)	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)
0-60	0.95	7.5	37.1	0.53	3.3	330	15.20	54.56	30.20

زمان و حجم آبیاری در این تحقیق به‌گونه‌ای تنظیم شد که رطوبت خاک از ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (FC) کمتر نگردد تا گیاه با تنش رطوبتی مواجه نشود بدین منظور بایستی رطوبت خاک قبل از آبیاری تعیین شده و با محاسبه اختلاف این میزان و حد ظرفیت زراعی، حجم آب آبیاری تعیین شود. از آنجا که لایسیمتر یک محیط کنترل شده و قابل زهکشی است، همواره حجمی بیش از این میزان در نظر گرفته شد تا حداکثر ۱۰ درصد زه‌آب ایجاد شود. میزان رطوبت خاک قبل از آبیاری با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج (IDRG) توسط نصب حسگر در دو عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری اندازه‌گیری شد.

تبخیر و تعرق گیاه مرجع از مدل فائو پنمن مانتیث به‌عنوان مدل استاندارد و روش تشت تبخیر کلاس A به‌دلیل دسترسی آسان به داده‌های مورد نیاز طبق روابط (۱) و (۲) برآورد شد.

$$ET_0 = \frac{0.408\,(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+237} U_2\,(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U_2)} \qquad (۱)$$

$$ET_0 = K_p \times E_{pan} \qquad (۲)$$

که در آن‌ها ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع چمن ($mm.d^{-1}$)، R_n تابش خالص در سطح تبخیر و تعرق ($MJ.d^{-1}m^{-2}$)، G شار حرارتی خاک ($MJ.d^{-1}m^{-2}$)، $\bar{T}$ متوسط درجه حرارت هوا (°C)، e_s فشار بخار اشباع (kPa)، e_a فشار بخار واقعی (kPa)، $(e_s - e_a)$ کمبود فشار بخار اشباع (kPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار در مقابل درجه حرارت ($kPa°C^{-1}$)، γ ثابت سایکرومتریک ($kPa°C^{-1}$)، U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ($m.s^{-1}$) و K_p ضریب تشت (بدون بعد) است. در این مطالعه، برای تعیین ضریب تشت از روابط کونیکا (رابطه ۳)، آلن و پروت (رابطه ۴)، اشنایدر (رابطه ۵)، اشنایدر اصلاح شده (رابطه ۶)، اورنگ (رابطه ۷) و فائو (رابطه ۸) استفاده شد.

$$K_p = 0.475 - (2.4 \times 10^{-4} \times U) + (5.16 \times 10^{-3} \times RH) + (1.18 \times 10^{-3} \times F) - (1.6 \times 10^{-5} \times RH) - (1.01 \times 10^{-6} \times F^2) - (8 \times 10^{-9} \times RH^2 \times U) - (1 \times 10^{-8} \times RH^2 \times F) \qquad (۳)$$

$$K_p = 0.108 - (3.31 \times 10^{-4} \times U) + (0.0422 \times Ln\,(F)) + (0.1434 \times Ln(RH)) - (6.31 \times 10^{-4} \times [Ln(F)]^2 \times Ln(RH)) \qquad (۴)$$

$$K_p = 0.482 - (3.76 \times 10^{-4} \times U) + (0.024 \times Ln\,(F)) + (0.0045 \times RH) \qquad (۵)$$

$$K_p = 0.5321 - (3 \times 10^{-4} \times U) + (0.0249 \times Ln\,(F)) + (0.0025 \times RH) \qquad (۶)$$

$$K_p = 0.51206 - (3.21 \times 10^{-4} \times U) + (0.031886 \times Ln\,(F)) + (0.00288945 \times RH) - (1.07 \times 10^{-4} \times RH \times Ln\,(F)) \qquad (۷)$$

$$K_p = 0.61 + 0.00341\,RH_{mean} - (0.000162 \times U \times RH_{mean}) - (0.00000959 \times U \times F) + (0.00327 \times U \times Ln\,(F)) - (0.00289 \times U \times Ln\,(86.4U)) - (0.0106 \times Ln\,(86.4U) \times Ln\,(F)) + (0.00063 \times [Ln(F)]^2 \times Ln(86.4U)) \qquad (۸)$$

که در آن‌ها K_p ضریب تشت، U سرعت باد برحسب ($km.d^{-1}$) (در رابطه فائو $m.s^{-1}$)، RH رطوبت نسبی برحسب درصد، F فاصله سبزینگی از جهتی که باد به سمت تشت می‌وزد (m).

تمامی اطلاعات مربوط به روابط فوق از ایستگاه هواشناسی مذکور به‌دست آمد و در معادلات فوق جاگذاری شد. در کل هفت سری داده شامل یک سری داده تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش فائو پنمن مانتیث و شش سری داده تبخیر و تعرق از روش تشت تبخیر کلاس A حاصل شد. از بین روابط ضریب تشت، رابطه‌ای مناسب است که پس از اعمال در مقادیر تبخیر از تشت کمترین اختلاف را با ET_0 به‌دست آمده از لایسیمتر داشته باشد. میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه نخود یا ET_C از داده‌های لایسیمتری به‌دست آمد. مقدار ضریب

گیاهی در هر مرحله از رشد با تقسیم میزان تبخیر و تعرق واقعی گیاه بر تبخیر و تعرق مرجع که با استفاده از لایسیمتر محاسبه شده بود، به‌دست آمد. با ضرب کردن ضریب گیاهی در ET_0 به‌دست آمده در روابط بالا برای تشت کلاس A و روش فائو پنمن مانتیث مقدار تبخیر و تعرق گیاه نخود محاسبه شد. از داده‌های لایسیمتری به‌عنوان داده‌های مرجع جهت مقایسه استفاده شد. به‌عبارت دیگر، کلیه‌ی مقایسه‌ها براساس مقادیر لایسیمتری و معیارهای خطا بود. برای این منظور از برخی معیارهای آماری مانند ضریب همبستگی[1] (R^2)، جذر میانگین مربعات خطا[2] (RMSE)، میانگین خطای متوسط[3] (MBE) و میانگین خطای مطلق[4] (MAE) به شکل زیر استفاده شد.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})(P_i-\bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2(P_i-\bar{P})^2}} \quad (۹)$$

$$\mathrm{RMSE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)^2}{n} \quad (۱۰)$$

$$\mathrm{MBE} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i-O_i)}{n} \quad (۱۱)$$

$$\mathrm{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|P_i - O_i| \quad (۱۲)$$

که در آن P_i مقدار برآورد شده، O_i مقدار مشاهده شده، $\bar{O}$ میانگین مقادیر مشاهده شده، $\bar{P}$ میانگین مقادیر برآورد شده و n تعداد داده‌هاست.

نتایج و بحث

در ایستگاه هواشناسی خرم‌آباد میزان تبخیر از تشت تا ۱۳ فروردین ثبت نمی‌شود، لذا از ۱۳ فروردین ضریب تشت با استفاده از معادلات برای هر روز در دوره رشد نخود محاسبه شد (شکل۱) و متوسط ماهانه آن نیز برای دوره رشد نخود در روزهایی که قرائت از تشت تبخیر صورت گرفته در جدول ۳ ارائه شده است. دوره رشد نخود در خرم‌آباد، بسته به شرایط آب و هوایی از اواخر اسفند تا اوایل تیر ماه می‌باشد. در این پژوهش دوره رشد با توجه به شرایط مساعد آب و هوایی و پوشش گیاهی، از ۲۶ اسفند ماه ۹۱ تا پایان خرداد ماه ۹۲ تعیین شد.

در جدول ۴ نیاز آبی و ضریب گیاهی ۱۰ روزه نخود برای هرکدام از لایسیمترها و متوسط ۴ لایسیمتر ارائه شده است. دور آبیاری با توجه به اندازه‌گیری روزانه‌ی رطوبت خاک، دو الی سه روزه در نظر گرفته شد تا هیچ تنش رطوبتی به گیاه وارد نشود. در محاسبه ضریب گیاهی ۱۰ روزه از روش میانگین‌گیری استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که حداکثر و حداقل متوسط نیاز آبی ۱۰ روزه گیاه به‌ترتیب ۸۰/۴ و ۱۹/۴ میلی‌متر در ۱۰ روز می‌باشد. براساس نتایج بیلان آب خاک به‌دست آمده در این دوره، مقدار تبخیر و تعرق واقعی سالانه گیاه نخود در سال ۹۲-۱۳۹۱، ۴۳۸ میلی‌متر و میزان تبخیر و تعرق مرجع محاسبه شده در این مدت ۵۵۴/۲ میلی‌متر به‌دست آمد.

میانگین ضریب گیاهی در این مدت برای مراحل ابتدایی، توسعه، میانی و انتهایی به‌ترتیب ۰/۴۸۸، ۰/۹۵۵، ۱/۰۸۳ و ۰/۳۷ به‌دست آمد. حداکثر مقدار ضریب گیاهی در دوره میانی که فعالیت بیولوژیک گیاه در حد اعلای خود است اتفاق افتاد و این پارامتر در دوره پایانی به کمترین مقدار خود افول می‌کند. برای گیاه نخود، سازمان FAO با تقسیم طول رشد این گیاه به سه مرحله ابتدایی، میانی و انتهایی این مقادیر را برای اقلیم نیمه‌خشک به‌ترتیب ۰/۴، ۱ و ۰/۳۵ ارائه کرده است (Vaziri *et al.*, 2008). همانطور که مشاهده می‌شود مقادیر به‌دست آمده نزدیک به مقادیر پیشنهاد شده از سوی سازمان FAO می‌باشد. در شکل ۲ روند کلی تغییرات ضریب گیاهی نخود در سال ۹۲-۱۳۹۱ نشان داده شده است.

نیاز آبی گیاه نخود در این پژوهش ۴۳۸ میلی‌متر برآورد شد که با نتایج کومار و همکاران (۲۰۱۰) و سینگ و همکاران (۲۰۱۱) برای گیاه نخود در منطقه تارای از اوتارخاند هند که منطقه‌ای با اقلیم مشابه است هم‌خوانی دارد. این محققان نیاز آبی را در این منطقه ۴۱۶/۵ و ۴۷۵/۶ میلی‌متر برآورد کردند.

نتایج حاصل از محاسبات آماری مقایسه تبخیر و تعرق محاسبه شده با استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث و تشت تبخیر با استفاده از ضرایب مختلف و مقایسه آن‌ها با داده‌های لایسیمتری در جدول ۵ آورده شده است.

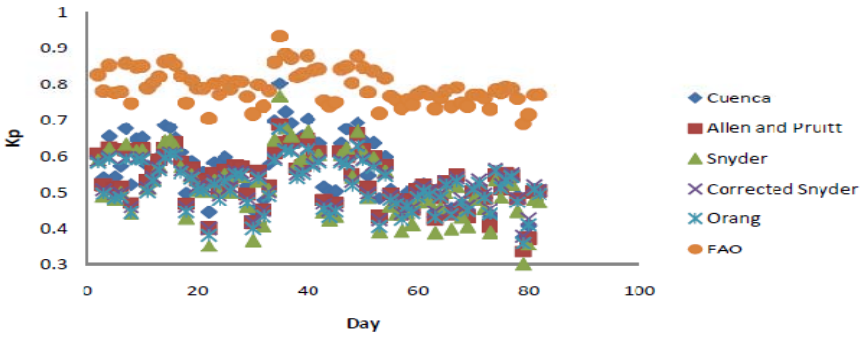
جدول ۵ نشان می‌دهد که استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث در برآورد میزان تبخیر و تعرق خطای RMSE کمتری نسبت به استفاده از تشت تبخیر دارد. استفاده از روش فائو پنمن مانتیث در محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در این منطقه ۴/۸ درصد برآورد کمتری نسبت به مقادیر لایسیمتری دارد. نتایج روش فائو در مقایسه با روش‌های دیگر کمترین RMSE را دارد و مقادیر ضریب همبستگی (r) و میانگین خطای متوسط (MBE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE) آن نیز از وضعیت مناسبی برخوردار است. ضریب اشنایدر اصلاح شده از این لحاظ در رتبه دوم دقت قرار گرفته است که با نتایج یزدانی و همکاران (۲۰۱۱) برای منطقه آمل و نتایج شریفان و قهرمان (۲۰۰۶) برای منطقه گرگان هم‌خوانی دارد.

[1] Correlation coefficient
[2] Root mean square error
[3] Mean bias error
[4] Mean absolute error

جدول ۳- ضریب تشت در دوره رشد گیاه نخود

Table 3. Pan coefficient in pea growth during the study

کونیکا Cuenca	آلن و پروت Allen & Pruitt	اشنایدر Snyder	اشنایدر اصلاح شده Corrected Snyder	اورنگ Orang	فائو FAO	ماه Month	
0.60	0.57	0.55	0.55	0.54	0.81	فروردین	Apr
0.60	0.56	0.55	0.54	0.53	0.81	اردیبهشت	May
0.49	0.48	0.45	0.49	0.48	0.76	خرداد	Jun



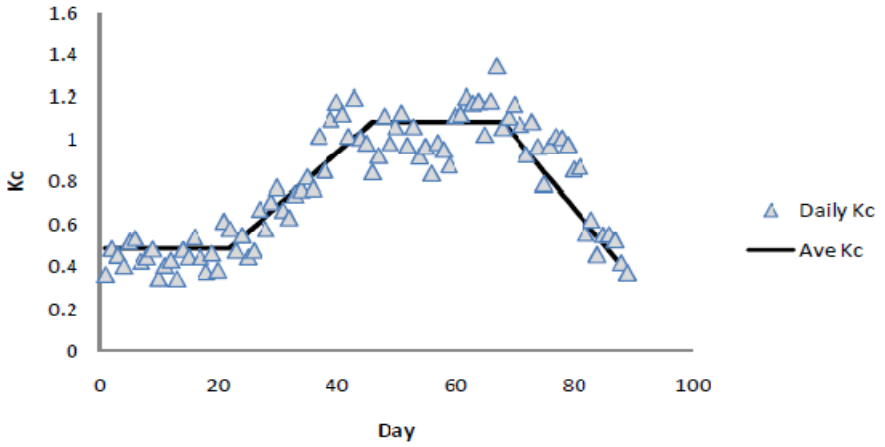
شکل ۱- ضرایب تشت مختلف شامل کونیکا، آلن و پروت، اشنایدر، اشنایدر اصلاح شده، اورنگ و فائو

Fig. 1. Pan coefficient calculated Cuenca, Allen & Pruitt, Snyder, Corrected Snyder, Orang, FAO

جدول ۴- نیاز آبی و ضریب گیاهی نخود در دوره های ده روزه

Table 4. 10 day water requirement and crop coefficient Peas (mm)

Ave		Lysimeter4		Lysimeter3		Lysimeter2		Lysimeter1		ET0 (mm)	10 Day
Kc	Etc (mm)	Kc	Etc (mm)	Kc	Etc (mm)	Kc	Etc (mm)	Kc	Etc (mm)		
0.45	19.4	0.45	19.6	0.45	19.6	0.55	23.9	0.34	14.7	43.6	1
0.43	24.2	0.45	25.0	0.43	24.2	0.49	27.7	0.35	19.8	56.0	2
0.59	29.7	0.70	34.9	0.70	34.9	1.02	51.4	0.37	19.0	50.5	3
0.86	46.3	0.97	52.4	0.97	52.4	1.17	63.1	0.47	25.4	54.1	4
1.03	55.3	1.13	60.8	1.07	57.5	0.99	53.3	0.74	40.1	53.9	5
0.98	58.1	1.03	60.6	0.6	35.5	1.13	66.8	0.93	55.1	59.1	6
1.16	76.4	1.19	78.8	1.11	73.5	1.04	68.8	1.19	78.7	66.0	7
0.97	80.4	0.89	73.5	0.88	72.8	0.94	78.0	1.07	88.7	82.9	8
0.55	48.2	0.46	40.5	0.51	44.6	0.57	50.3	0.74	65.3	87.9	9
	438.0		446.1		415.0		483.2		406.8	554.2	SUM



شکل ۲- نمودار ضریب گیاهی روزانه نخود

Fig. 2. Diagram of daily crop coefficient for Peas

جدول ۵- مقایسه آماری شاخص‌های آماری مقادیر ضرایب تشتک

Table 5. Comparison of statistical indicators calculated values of the coefficients pan

اشنایدر Snyder	کونیکا Cuenca	آلن‌پروت Allen & Pruitt	اورنگ Orang	اشنایدر اصلاح شده Corrected Snyder	فائو FAO	معادله فائوپنمن مانتیث FAO-Penman-Monteith	
0.620	0.629	0.642	0.652	0.654	0.654	0.672	**R**
0.192	0.186	0.186	0.185	0.183	0.174	0.142	**RMSE**
0.043	-0.006	0.028	0.148	0.045	0.012	-0.098	**MBE**
0.152	0.143	0.137	0.145	0.143	0.134	0.098	**MAE**

جدول ۶- مقایسه ضرایب معادله رگرسیونی ضرایب تشت

Table 6. Comparison of different pan coefficients using regression plot

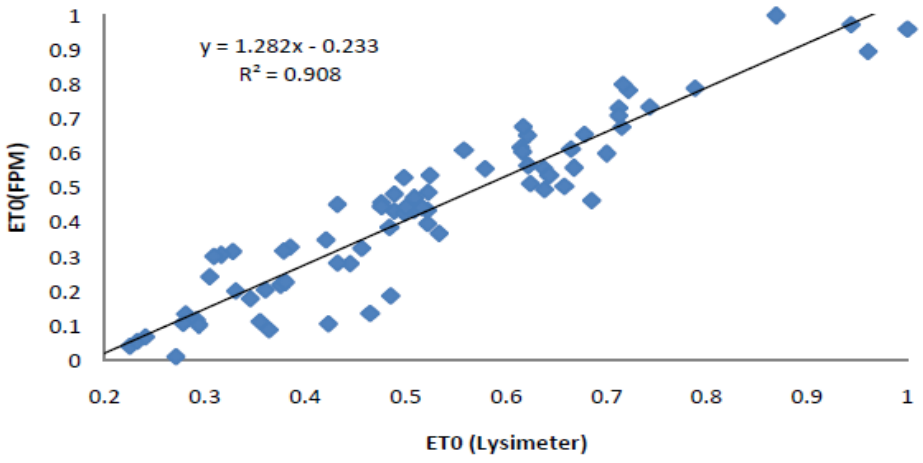
اشنایدر Snyder	آلن‌پروت Allen & Pruitt	کونیکا Cuenca	اورنگ Orang	اشنایدر اصلاح شده Corrected Snyder	فائو FAO	معادله فائوپنمن مانتیث FAO-Penman-Monteith	
0.647	0.703	0.708	0.723	0.738	0.825	1.274	a
0.213	0.171	0.135	0.184	0.171	0.096	-0.230	b
0.376	0.415	0.412	0.442	0.452	0.504	0.904	R^2

بدیهی است که هرچه RMSE کوچک‌تر باشد، برآورد به‌دست آمده دقیق‌تر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع با روش تشت تبخیر در منطقه مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود از ضریب فائو استفاده شود.

علاوه بر معیارهای آماری ذکر شده، با ترسیم نتایج در نمودار رگرسیونی مطابق مدل خطی ($ET_{(model)}$ = a + b ET_{lys}) نیز مناسب بودن عملکرد معادلات ارزیابی گردید. نزدیک بودن ضریب a (عرض از مبدأ) به صفر و ضریب b (شیب خط) به یک، نشان‌دهنده مطلوبیت معادله است (Zare Abyaneh *et al.*, 2010). نتایج استفاده از این روش در جدول ۶ ارائه شده است.

شکل ۳ تغییرات تبخیر و تعرق گیاه نخود با استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث نسبت به داده‌های لایسیمتری را نشان می‌دهد.

چنانچه دیده می‌شود در این روش مقایسه هم، همچنان ضریب فائو و اشنایدر اصلاح شده با بیشترین شیب خط و کوچک‌ترین عرض از مبدأ دارای بالاترین دقت می‌باشند. البته از این حیث استفاده از معادله فائو پنمن مانتیث خطای کمتری نسبت به تشت تبخیر دارد.



شکل ۳- رابطه بین تبخیر و تعرق مشاهده‌ای و محاسبه شده با استفاده از معادله پنمن مانتیث فائو

Fig. 3. Relationship between observed and calculated evapotranspiration by the equation FPM

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که از روش تشت تبخیر به‌عنوان یک روش ساده و ارزان می‌توان برای برآورد تبخیر و تعرق مرجع در منطقه مورد مطالعه با دقت قابل قبولی استفاده کرد. نتایج به‌دست آمده با نتایج سبزی‌پرور و همکاران (۲۰۱۰)، یزدانی و همکاران (۲۰۱۱)، طبری و همکاران (۲۰۱۳) و بیات‌ورکشی و زارع‌ابیانه (۲۰۱۴) که استفاده از تشت تبخیر را برای تخمین تبخیر و تعرق در مناطق نیمه‌خشک ایران مناسب دانستند مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

با توجه به ارزش غذایی نخود و اهمیت اقتصادی آن در منطقه مورد مطالعه، پژوهشی برای تعیین نیاز آبی و انتخاب روش مناسب تخمین تبخیر و تعرق گیاه نخود انجام شد. تبخیر و تعرق با اندازه‌گیری مستقیم (لایسیمتر) و یا به‌طور غیر مستقیم (معادلات تجربی) برآورد می‌شود. در شرایط عدم دسترسی به داده‌های دقیق لایسیمتری می‌توان از روش فائو پنمن مانتیث به‌عنوان روش استاندارد و روش تشت تبخیر برای برآورد میزان تبخیر و تعرق گیاه استفاده کرد. با بررسی نتایج لایسیمتری، تبخیر و تعرق گیاه نخود در دوره رشد خود ۴۸۳ میلی‌متر و میزان تبخیر تعرق مرجع محاسبه شده در این مدت ۵۵۴/۲ میلی‌متر به‌دست آمد. مقایسه‌ی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق گیاه نخود نشان داد با تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش تشت تبخیر و اعمال ضریب گیاهی، نتایج به مقادیر واقعی نزدیک است. در بین روش‌های مختلف برآورد ضریب تشت نیز، رابطه فائو مناسب‌تر از دیگر روش‌ها ارزیابی شد. استفاده از روش فائو پنمن مانتیث در محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در این منطقه ۴/۸ درصد برآورد کمتری نسبت به مقادیر لایسیمتری دارد. در مجموع یافته‌های پژوهش نشان داد، با تخمین تبخیر و تعرق گیاه مرجع از روش‌های فائو پنمن مانتیث و تشت تبخیر و اعمال ضریب گیاهی، می‌توان تبخیر و تعرق گیاه نخود را برای منطقه خرم‌آباد با دقت مطلوب و نزدیک به مقادیر واقعی محاسبه کرد. که برای مناطق با اقلیم مشابه کاربردی و مناسب است.

منابع

1. Bayatvarkeshi, M., and Zare Abyaneh, H. 2014. Validating pan coefficient equations to estimate reference evapotranspiration in comparing with Lysimeter data of grass crop. Global Journal on Advances Pure and Applied Sciences, Vol 2. 1st Global Conference on Energy, Soil, Water, Air and Environment (ESWAE-2013).
2. Panahi, M., Aghdaei, M., and Rezaei, M.A. 2006. Determination of sugar beet standard evapotranspiration by lysimeter method in Kabotar-Abad. Esfahan. Journal of Sugar Beet. (In Persian with English Summary).
3. Sabziparvar, A.A, Tabari, H., Aeini, A., and Ghafouri, M. 2010. Evaluation of class A pan coefficient models for estimation of reference crop evapotranspiration in cold semi-arid and warm arid climates. Water Resources Management 24(5): 909-920.
4. Shahabifar, M., Asari, M., Kuchakzadeh, M., and Azizi Zohan, A.A. 2007. Determined using pan evaporation-transpiration reference level under greenhouse conditions. The first technical workshop on improving water use efficiency in greenhouse crops. (In Persian).
5. Sharifan, H., and Ghahraman, B. 2006. Evaluation and comparison of estimated reference evapotranspiration from evaporation pan with ET0 standard method in Gorgan, J.Agric. Sci. Natur. Resour. 13(5). (In Persian).
6. Tabari, H., Grismer, M.E., and Trajkovic, S. 2013. Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. Irrigation Science 31(2): 107-117.
7. Vaziri, J., Salamat, A., Entesari, M., Meschi, M., Haidari, N., and Dehghani Sanich, H. 2008. Plant evapotranspiration (guidelines for computing water requirements of plants), the working group on sustainable use of water resources for agricultural production. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Bulletin 122. 362 p.
8. Yazdani, V., Liaghat, A.M., Nuri, H., Nuri, H., and Zare Abyaneh, H. 2011. Determine the best model in Amol pan coefficient based on sensitivity analysis. Journal of Water and Irrigation Management 42(2): 9-17. (In Persian).
9. Zare Abyaneh, H., Bayat Varkeshi, M., Marofi, S., and Amiri Chayjan, R. 2010. Evaluation of artificial neural network and adaptive neuro fuzzy inference system in decreasing of reference evapotranspiration parameters. Water and Soil (Agr. Sci. and Thechnology) 24(2): 297-305. (In Persian).
10. Zare Abyaneh, H., Nuri, H., Liaghat, A.M., Nuri, H., and Karimi, V.A. 2010. Comparison of penman-monteith FAO and pan lysimeters with data in estimating evapotranspiration in rice in Amol. Geography Research 76: 71-83. (In Persian).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 6, No. 1, 2015, p. 92-99

Comparsion of the FAO Penman-Monteith method and class A evaporation pan with lysimeter data in estimating evapotranspiration (*Cicer arietinum* L.) in Khorramabad

Namdarian[1]*, K., Naseri[2], A., Izadpanah[3], Z., & Maleki[4], A.

1. A graduate student, Chamran University, College of Water Sciences and Engineering
2. Professor of Irrigation Drainage Chamran University, College of Water Sciences and Engineering
3. Assistant Professor of Irrigation Drainage Chamran University, College of Water Sciences and Engineering
4. Assistant Professor of Irrigation Drainage Lorestan University, Faculty of Agriculture

Received: 23 January 2014
Accepted: 02 December 2014

Abstract

Lorestan and Khorramabad province has major share in chickpea production region are the one of the largest producer of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Iran, Chickpea with more cultivation area compare to the other plants, to estimate the chickpea water requirement. The aim of this research was to determine the crop coefficients of chickpea in a research field in Lorestan agriculture faculty in 2013 to find (*Cicer arietinum* L.) water requirement and different crop coefficients. For that, 4 drainable lysimeter was selected in which diameter and height were 0.45 and 0.8 m, respectively. The crop density was 50 plant per m^2. The water requirement of chickpea was estimated equal to 438mm. The potential evapotranspiration also was estimated equal to 554.2mm. More ever, the best pan coefficient also was determined by comparing with lysimetric results. Different parameters such as RESE, MBE, MAE and R^2 were used to determine chickpea evapotraspiration. Finally, the results showed that the FAO model with error RMSE, 0.174 is an optimum model for this region and Snyder method was modified in the second accurately. The FAO Penman Monteith method for calculating reference evapotranspiration in the region of 4.8 percent less than the amount of the lysimeters.

Key words: Chickpea, Crop coefficient, Pan coefficient, Water requirement

* **Corresponding Author:** namdark63@yahoo.com, Tel.: 0661-3224946