ارائه مدل تجربی نیاز آبی مناسب جهت کاهش تنش آبی جو دیم با استفاده از استحصال آب باران (مطالعه موردی: منطقه گناباد)

فاطمه سروری[۱] عباس خاشعی سیوکی[۲] محسن احمدی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی گروه آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی

۱- پست الکترونیک: f.sarviran05@yahoo.com

۲- پست الکترونیک: abbaskhashei@birjand.ac.ir

۳- پست الکترونیک: m.ahmadee@ymail.com

چکیده

به جهت اهمیت منابع آب و روند رو به کاهش این منابع سعی می شود روش هایی برای تامین آب مورد استفاده برگزیده شود که به این منابع آسیبی نرسد. با توجه به اهمیت تامین آب کشاورزی، یکی از روش های پیشنهادی برای تحقق این امر استفاده از آب باران هست. در طراحی سیستم های آبیاری باید به این نکته توجه داشت که کل بارندگی رخ داده برای گیاه قابل استفاده نبوده و تنها بخشی از آن که بارش موثر است قادر به رفع تنش آبی گیاه بوده و در رشد آن تاثیرگذار است. و برای یک برنامه ریزی مناسب در جهت استفاده از این آب به عنوان کشت دیم نیاز به تعیین نیاز آبی گیاه مد نظر است. برای این کار باید تبخیر و تعرق پتانسیل سطح گیاه مرجع را در منطقه موردنظر برآورد کرد. از آنجایی که تعیین تبخیر-تعرق به روش لایسیمتری وقت و هزینه زیادی را صرف می کند و از طرفی ممکن است امکانات انجام این روش در دسترس نباشد، ترجیح داده می شود از روش های تجربی استفاده شود. هدف از این تحقیق انتخاب روش بهینه برآورد نیاز آبی جو برای کشت دیم در منطقه گناباد است که جهت انجام این کار از روشهای تجربی بلانی کریدل، تورنت وایت، هارگریوز، جنسن‌هیز و تورک استفاده شد. همچنین برآورد نیاز آبی گیاه مرجع با استفاده از نرم‌افزار Cropwat به عنوان یکی از معتبرترین مدل های محاسبه تبخیر و تعرق مرجع به روش فائو- پنمن ـ مانتیث انجام شد و به عنوان روش معیار جهت انجام مقایسات مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش جنسن‌هیز با ریشه میانگین مربع خطای برابر با ۱/۱۴۶ و ضریب تبیین برابر با ۰/۹۵۶ بهترین و نزدیک ترین نتایج را به نتایج حاصل از روش معیار به دست آورده است. نتایج حاصل از محاسبه بارش موثر و سپس تعیین تنش جو از روی آن نشان داد که در اوایل دوره رشد تنش منفی است در صورتی که در اواخر دوره رشد جو دچار تنش می شود که برای حل این مشکل پیشنهاد می شود آب باران در اوایل دوره رشد را ذخیره نمود و با سیستم آبیاری گان به زمین تزریق کرد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق، جنسن‌هیز، ضریب تبیین، فائو پنمن مانتیث، کشت دیم، بارش موثر

مقدمه

کشور ما به جز حاشیه دریای خزر و دامنهٔ کوه های البرز و زاگرس، اغلب دارای آب و هوای خشک می باشد. از این رو استفاده از آب باران به عنوان مهمترین منبع برای تامین آب آشامیدین انسانها و حیوانات و مصارف کشاورزی از قرن ها پیش در این مناطق رایج بوده است. به طور کلی مردم این مناطق به علت نیاز مبرم به آب همانطور که در سایر رشته های آبیاری از پیشروترین مردم جهان بوده اند، در استفاده از باران نیز از پیشگامان و مبتکرین محسوب می شده اند (طباطبایی یزدی و همکاران، ۱۳۸۳). با توجه به اهمیت آب باران استفاده مناسب از این آب مخصوصا در بحث آبیاری به روش دیم از اهمیت بالایی برخوردار است و همین امر ایجاب می کند تا از این آب به نحو احسن استفاده گردد. یکی ازموضوعاتی که به این امر کمک می کند تعیین نیاز آبی گیاه تحت کشت دیم است.

دیم کاری به معنی کشت بدون آبیاری است و به زراعتی گفته می شود که محصولات در آن با آب باران رشدو نمو می نمایند. درواقع کشت دیم اشاره به آن مناطقی ازکشاورزی دارد که متوسط نیاز آبی گیاهان زراعی ازطریق باران تامین می شود. به طوری که پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی تاکمتر از۴۰درصد پتانسیل کامل آنها درشرایط عدم کمبود آب محدود گردد. براین اساس ۲۵ درصد تولید غله در دنیا در شرایط دیم صورت می گیرد. برخی روش ها به افزایش عرضه آب به گیاه زراعی ازطریق بهبود بازده ذخیره آب در دوره های آیش و کاهش رواناب درطول رشد گیاه زراعی با افزایش حجم گسترش ریشه جهت دریافت آب بیشتر کمک می کنند. به هرحال اغلب تولید محصول دراین مناطق درواقع به علل تراکم نامطلوب بوته ها، حاصلخیزی پایین خاک، بیماریهای گیاهی، زمان کاشت نامناسب، آب ماندگی و رقابت علفهای هرز و غیره محدود می باشد (خیرالدین و همکاران،۱۳۹۱).

محاسبه نیاز آبی کشت گیاهان از اهمیت ویژه ای در طرح های توسعه منابع آب و کشاورزی برخوردار است. جهت تعیین آب مصرفی اراضی کشاورزی، ظرفیت کانال‌های آبیاری، طراحی سیستم های آبیاری تحت فشار، حجم مخازن سدها، آب مورد نیاز فضای سبز شهری و موارد دیگر لازم است تا مقدار تبخیر- تعرق با دقت بیشتری تخمین زده شود (زند پارسا و اشک تراب ، ۱۳۷۴). تبخیر- تعرق گیاه مرجع عبارتست از میزان آبی که یک مزرعه پوشیده از گیاه مرجع (چمن یا یونجه) در یک دوره زمانی مشخص مصرف نماید، به طوری که گیاهان این مزرعه در طول دوره رشد با کمبود آب مواجه نشوند (آلن و پروئیت، ۱۹۹۱). تخمین بیش از حد آب مورد نیاز گیاه ضمن هدر دادن آب آبیاری باعث ماندابی شدن اراضی، شستشوی مواد غذایی خاک و آلوده نمودن منابع آب زیرزمینی می شود.از سوی دیگر، تخمین کمتر نیز باعث اعمال تنش رطوبتی به گیاه شده و در نتیجه،کاهش محصول را به دنبال خواهد داشت. بنابراین تعیین نسبتا دقیق نیاز آبی گیاهان قدم اساسی در آبیاری و افزایش بهره وری آب به شمار می رود و لازمه آن محاسبه دقیق تبخیر تعرق گیاه مرجع برای منطقه طرح می باشد. اما تعداد پارامتر های مورد نیاز در محاسبه تبخیر تعرق از یک سو و عدم اندازه گیری برخی از پارامتر ها از سوی دیگر تخمین درست آن را در برخی از مناطق با مشکل مواجه کرده است (انصاری،۱۳۳۱).

در اندازه گیری باران و برآورد بارش موثر برای محصولات دیم و آبی، بارندگی موثر را مقداری از بارندگی دانستند که در منطقه ریشه گیاه ذخیره می شود. این محققان میزان بارش موثر را به مقدار بارندگی و رطوبت ذخیره شده در ناحیه توسعه ریشه مرتبط دانستند. آنان در تحقیق خود برای برآورد بارش موثر از روش USDA(سازمان کشاوزی ایالت متحده) و برای

برآورد نیازآبی و نیاز خالص آبیاری از مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل و ضرایب رشد گیاهی استفاده کردند (چاهون و همکاران، ۲۰۰۱).

در زمینه بارش مؤثر، اوگروسکی و موکوس (۱۹۶۴) باران مؤثر را برابر تفاضل کل باران در طی فصل رشد و رواناب حاصل از بارش بیان کردند.

هرشفیلد (۱۹۶۴) باران مؤثر را طی فصل رشد آن قسمت از کل باران که جوابگوی نیاز آبی گیاهان باشد، تعریف می کند.

عزیزی (۱۳۷۹) تحقیقی در زمینهٔ برآورد بارش موثر در رابطه با کشت گندم دیم در دشت خرم آباد انجام داده است. وی در این تحقیق از روش SCS (سازمان حفاظت خاک آمریکا) استفاده کرده است. بر مبنای این روش، مقادیر بارش مؤثر بر مبنای بارش، تبخیر و تعرق ماهانه و همچنین عمق ذخیره آب یا عمق آبیاری محاسبه و برآورد شده است.

در بررسی دیگر توسط فرشی و همکاران (۱۳۷۴) نیازآبی گیاهان در ایران بر مبنای عوامل هواشناسی موثر در تبخیر تعرق پتانسیل و فرمول های تجربی، تعیین و نتایج مطالعه به صورت جداولی برای ایستگاه های مختلف و گیاهان متنوع ارایه شد.

علیزاده و همکاران (۱۳۷۶) مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل را در استان خراسان به وسیله لایسیمتر محاسبه کرده وبا مشخص کردن ضریب گیاهی زعفران، نیاز آبی آن را در مناطق مختلف به دست آوردند. علیزاده و همکاران در سال(۱۳۸۰)دقت و عملکرد تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش های هارگریوز- سامانی و تشتک تبخیر را در ایستگاه های سینوپتیک استان خراسان بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که روش تشتک تبخیر علی رغم این که تابع داده های متعدد هواشناسی است، در برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل، به نتایج قابل قبولی ختم نمی شود . همچنین در شرایط کمبود داده ها، برای برآورد بهتر تبخیر و تعرق پتانسیل، یک ضریب واسنجی برای روش هارگریوز - سامانی ارائه دادند.

فرهودی و شمسی پور (۱۳۷۹)مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل را در ایستگاه های منتخب منطقه بلوچستان جنوبی با استفاده از روش های تورنت - وایت، بلانی- کریدل و تشتک تبخیر محاسبه کرده و بر مبنای آن، نیاز آبی گیاهان زراعی و باغی غالب را در دوره رشدشان به دست آوردند.

هدف از این مطالعه انتخاب بهترین و مناسب ترین مدل برآورد نیازآبی برای کشت گیاه جو به روش دیم جهت تعیین میزان تنش آبی وارده به محصول در منطقه گناباد در مقایسه با روش معیار فائو پنمن مانتیث است.

با محاسبه میزان تنش در دوره رشد جو می توان در مواقعی که گیاه بطور جدی با تنش مواجه می شود از آبیاری تکمیلی استفاده کرد.

مواد و روش ها

داده های این تحقیق از اطلاعات هواشناسی ۱۹ ساله (۲۰۰۵-۱۹۸۷) ایستگاه سینوپتیک گناباد گرفته شده است . شهرستان گناباد واقع در مرکز خراسان رضوی در ۲۶۵ کیلومتری مشهد، از نظر جغرافیایی دارای طول۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه وعرض ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه است. آب و هوای گناباد به دلیل قرار گرفتن در کنار کویر و دوری از دریا، بیابانی و گرم وخشک است. بیش ترین درجه حرارت در این شهرستان در تابستان ۴۷ درجه بالای صفر و کم ترین آن در زمستان ۱۷ درجه زیر صفر است. هم چنین میانگین بارندگی سالانه در این منطقه ۱۴۰ میلی متر است که در سالهای اخیر بین ۴۸ تا ۲۴۰ میلی متر در نوسان بوده است.

با استفاده از روش‌های تجربی در نرم افزار Excel تبخیر تعرق مرجع محاسبه و با روش فائو پنمن مانتیث مقایسه گردید. داده های مورد نیاز روش‌های استفاده شده جهت محاسبه نیاز آبی گیاه مرجع، از سایت رسمی سازمان هواشناسی کشور تهیه شدند.

برای محاسبه‌ی تبخیر- تعرق از معادلات بلانی کریدل، تورنت وایت، تورک، جنسن هیز، هارگریوز و پنمن مانتیث استفاده شد. این معادلات به ترتیب در رابطه‌های ۱ تا ۶ نشان داده شده است.

برای ارزیابی این معادلات از آماره های ریشه مربعات خطا (RMSE) و ضریب تبیین (R2) استفاده شد. این آماره ها در رابطه‌های ۷ و ۸ نشان داده شده اند.

[۱]روش بلانی کریدل	$ET_0=a+b[p(0.46T+8.13)]$
[۲]روش تورنت وایت	$ET_0 = 16Nm(\frac{10Tm}{I})^a$
[۳]روش تورک	1)RH>50 $ETo = 0.013\frac{T}{T+15}(R_s+50)\left(\frac{23.8856}{2.26}\right)$ 2)RH<50 $ET_0 = \frac{0.013T}{T+15}(R_s+50)\left(1+\frac{50-R_h}{70}\right)\left(\frac{23.8856}{2.26}\right)$
[۴]روش جنسن هیز	$ET_0=CT(T-T_x)\,KT.\,R_a.\,TD^{0.5}$
[۵]روش هارگریوز	$ET_0=0.0162(KT).R_a.TD^{0.5}.(T+17.8)$
[۶]روش پنمن مانتیث	Cropwat
[۸] ضریب تبیین (R^2)	$R^2=\frac{(\sum_{i-1}^{n}(o-\bar{o})(p-\bar{p}))^2}{\sum_{i-1}^{n}(o-\bar{o})^2(p-\bar{p})^2}$
[۹]تبخیر تعرق گیاه	Etc = Kc * Eto
[۱۰]فرمول باران موثر	$Def = f(D)(1.255(P)^{0.824}-2.93).10^{(0.000955ETc)}$
[۱۱] نیاز آبیاری	$R = CWR - P_{eff}$

در معادلات ذکر شده در بالا پارامتر های مورد استفاده به شرح زیر می باشد:

در رابطه ۱، P نسبت ساعات روشنایی هرروز درماه به کل ساعات روشنایی سال، Tمتوسط ماهانه درجه حرارت(c^o)، a وb ضرایب اقلیمی، ETo تبخیر و تعرق گیاه مرجع(چمن) بر حسب میلی متر در روز

در رابطه ۲، Iنمایه حرارتی سالانه، T_m متوسط دما در ماه مورد نظر و N_m ضریب اصلاحی.

در رابطه ۳، RH حداقل رطوبت نسبی، Ra تابش ورودی به اتمسفر.

در رابطه ۵ و۴، TD تفاوت متوسط دمای ماکزیمم و مینیمم.

در رابطه ۱۰، D_{ef} بارندگی موثر(میلیمتر در دوره)، P_t بارندگی در دوره (میلیمتر)، ETc تبخیر- تعرق گیاه در دوره موردنظر (میلیمتر)، D عمق تخلیه رطوبت از خاک قبل از آبیاری(میلیمتر) و f(D) ضریب اصلاحی است که در اینجا برای D=۷۵ برابر با یک درنظر گرفته شده است.

در رابطه ۱۱، R نیاز آبیاری، CWR نیاز آبی گیاه مشتمل بر نیاز آبشویی و راندمان آبیاری و Peff باران موثر بوده و همگی بر حسب میلی متر می باشند.

نتایج و بحث

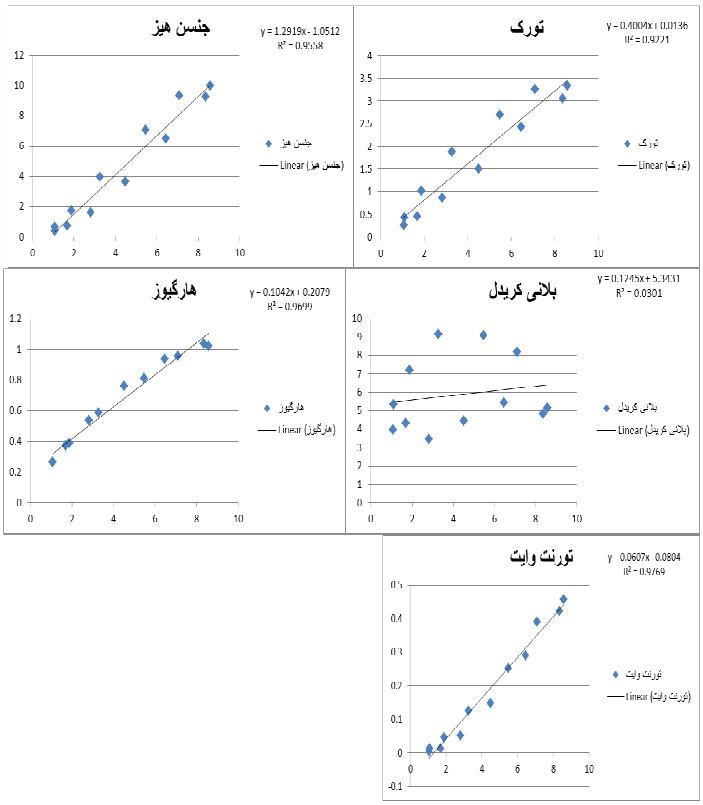
با استفاده از روش‌های نامبرده در بالا، تبخیرتعرق مرجع گیاه مورد نظر محاسبه شدند که نتایج حاصل در جدول نشان داده شده‌اند.

جدول (۱): نتایج تبخیرتعرق محاسبه شده با استفاده از روش‌های تجربی مختلف و نرم افزار Cropwat

	پنمن مانتیث	تورک	جنسن هیز	بلانی کریدل	تورنت وایت	هارگریوز
JAN	1.07	0.25	0.39	3.97	0.005	0.26
FEB	1.69	0.45	0.73	4.33	0.012	0.37
MAR	2.82	0.85	1.61	3.44	0.051	0.53
APR	4.5	1.50	3.67	4.45	0.147	0.75
MAY	6.46	2.42	6.51	5.44	0.289	0.93
JUNE	8.36	3.05	9.24	4.83	0.42	1.03
JULY	8.58	3.32	9.98	5.16	0.45	1.02
AUG	7.1	3.24	9.31	8.17	0.39	0.95
SEP	5.48	2.68	7.07	9.09	0.25	0.81
OCT	3.27	1.87	3.97	9.14	0.12	0.58
NOV	1.88	1.01	1.75	7.19	0.04	0.38
DEC	1.09	0.42	0.65	5.35	0.01	0.26

برای مقایسه هر روش با روش استاندارد و تعیین بهترین روش محاسبه نیازآبی، نمودارهای رگرسیونی را رسم کرده و ضریب خطا را بدست می آوریم. ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) مبین اختلاف بین سطوح تبخیر- تعرق اندازه‌گیری شده و تخمینی است که هر چه کمتر باشد ایده آل تر، و ضریب تبیین R^2 هرچه بیشتر باشد به روش استاندارد نزدیک تر است.

با توجه به نمودارهای شکل ۱ و جدول۲ که در ادامه آمده است میتوان به این نتیجه رسید که بهترین روش جنسن هیز است. با وجود اینکه بیشترین R^2 متعلق به تورنت وایت است به خاطر RMSE بالایی که دارد نمی‌تواند روش مناسبی باشد اما روش جنسن هیز دقت بالاتری دارد به این دلیل که ایده آل ترین R^2 را ندارد اما کمترین RMSE را دارد و تفاوت R^2 آن با روش تورنت وایت کم است (شکل۱ و جدول۲).



شکل(۱): نمودارهای رگرسیونی بین روش پنمن مانتیث با هریک از روش های تجربی

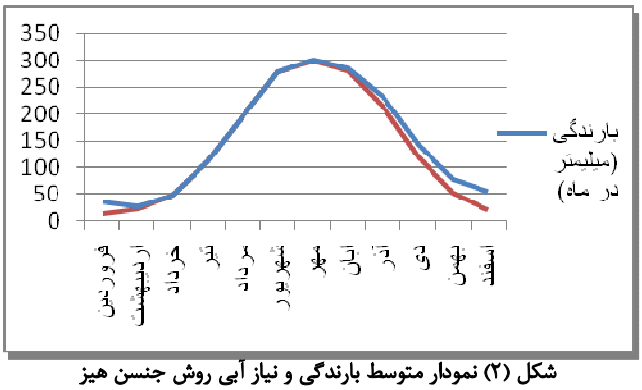
جدول(۲): ضرایب رگرسیونی و میزان خطا

	تورک	جنسن هیز	بلانی کریدل	تورنت وایت	هارگریوز
R^2	0.92	0.95	0.03	0.97	0.96
RMSE	3.20	1.145	1.28	5.08	4.59

جدول (۳) : نیاز آبی روش جنسن هیز و متوسط بارندگی ماهانه در کل سال

ماه	جنسن هیز	بارندگی
فروردین	11.94	24.7
اردیبهشت	22.15	5.58
خرداد	48.31	0.38
تیر	110.22	0.47
مرداد	195.38	0.02
شهریور	277.48	0.16
مهر	299.55	2.64

آبان	279.52	6.60
آذر	212.31	19.97
دی	119.34	23.24
بهمن	52.65	25.45
اسفند	19.71	34.32



شکل (۲) نمودار متوسط بارندگی و نیاز آبی روش جنسن هیز

باتوجه به جدول ۳ و شکل ۲ مشاهده می شود که در زمستان بین نیاز آبی گیاه و میزان بارندگی اختلاف وجود دارد بطوری که میزان بارندگی بیش از نیاز آبی گیاه مرجع است. در حالی که در دیگر ماه های سال میزان بارندگی تقریبا برابر با نیاز آبی گیاه است. بنابراین در این منطقه گیاهان زمستانه بهتر می توانند تحت کشت دیم قرار گیرند.

جدول (۴) ضرایب گیاهی دوره رشد و نیاز آبی جو

ماه	KC	Eto (mm) جنسن هیز	Etc جنسن هیز (mm)
اذر	0.3	19.71	5.91
دی	0.375	11.94	4.47
بهمن	0.7	22.15	15.51
اسفند	1.04	48.31	50.24
فرودین	1.13	110.22	124.55
اردیبهشت	0.68	195.38	132.86

جدول (۵) میزان بارندگی موثر و تنش در دوره رشد گیاه جو

ماه	Etc جنسن هیز(mm)	بارندگی (mm در ماه)	بارندگی موثر(mm)	تنش	درصدی از نیاز آبی گیاه که در این ماه توسط باران تامین میشود
آذر	5.91	19.97	11.96	-6.05	202.28
دی	4.48	23.24	13.91	-9.43	310.49
بهمن	15.51	25.46	15.59	-0.08	100.54
اسفند	50.25	34.33	22.45	27.80	44.67
فرودین	124.55	24.70	19.24	105.31	15.45
اردیبهشت	132.86	5.59	2.99	129.87	2.25

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می گردد، در ماه های آذر، دی، بهمن تنش گیاه منفی است و طبق ستون آخر این جدول درصدی از نیاز آبی گیاه که در این ماهها توسط باران تامین می شود بیش از صد درصد است. این ارقام همه نشان دهنده این است که آب باران بیشتر از نیاز آبی گیاه در این ماه هاست. اما در ماه های آخر دوره رشد گیاه دچار تنش می شود. بنابراین بهتر است در ماه های اول آب باران را ذخیره کرد و در ماه هایی که نیازآبی گیاه با باران تامین نمی شود برای آبیاری بکاربرد و یا از آبیاری تکمیلی استفاده نمود.

نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق انتخاب روش بهینه تعیین نیاز آبی جو برای کشت به روش دیم در منطقه گناباد واقع در استان خراسان رضوی است که این پارامتر با استفاده از روش‌های بلانی کریدل، تورنت وایت، جنسن هیز و هارگریوز- سامانی برآورد شده و با نتایج حاصل از نرم افزار Cropwat مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصله روش جنسن‌هیز را به عنوان روش بهینه با کمترین RMSE و همچنین با R^2 رضایت‌بخش معرفی کردند. و بهترین زمان برای کشت دیم زمستان است که میزان بارندگی در آن نسبت به نیاز آبی گیاه مرجع بیشتر می باشد و در مورد گیاه جو در این موقع از سال که بخشی از دوره رشدش در آن قرار دارد

تنش به آن وارد نمی شود . برای اواخر دوره رشد که گیاه جو دچار تنش می شود ذخیره آب در ماه های پر باران و استفاده از این آب در مواقع کمبود آب با استفاده از آبیاری گان و هم چنین آبیاری تکمیلی توصیه می شود.

منابع

۱. طباطبایی یزدی ج، وهمکاران، ۱۳۸۳. تحلیل اقتصادی روشهای استحصال آب باران برای استفاده در کشاورزی (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقات منابع طبیعی خراسان شمالی)
۲. خیرالدین ح، کیانیان م.ک، قزوینیان خ، (۱۳۹۱) .اهمیت دیم کاری در ایران
۳. زند پارسا شاهرخ، اشک تراب ح، ۱۳۷۴. تعیین متوسط ماهانه تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع. هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

۴.انصاری، ح . ۱۳۳۱ . ارائه مدل فازی به منظور برآورد تبخیروتعرق مرجع ساعتی با استفاده از حداقل داده های هواشناسی، نشریه آب وخاک ، جلد ۲۳.

۵.فرشی، علی اصغر، محمدرضا شریعتی و رقیه جارالهی(۱۳۷۴)، برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول، تهران، انتشارات سازمان کشاورزی

۶.علیزاده، امین، مهدی مهدوی، محمداینانلو و محمد ابراهیم بازاری (۱۳۷۶)، تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی زعفران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶: ۴۲-۲۹.

۷.علیزاده، امین، بابک میرشاهی، مجید هاشمی نیا و حسین ثنایی نژاد (۱۳۸۰)، بررسی دقت و عملکرد تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش هارگریوز – سامانی و تشتک تبخیر در ایستگاههای سینوپتیک استان خراسان، نیوار، ۴۲ و۴۳: ۷۰-۵۱.

۸.فرهودی، رحمت الله و علی اکبر شمسی پور (۱۳۷۶)، برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه بلوچستان جنوبی، پژوهشهای جغرافیایی،۳۹ : ۱۱۴-۱۰۵.

۹.مجرد، ف، قمرنیا، ه، نصیری، ش(۱۳۸۴)برآورد بارش موثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه مازندران ۵۴: ۷۶-۵۹.

۱۰. عزیزی، ق (۱۳۷۹)، برآورد بارش موثر در رابطه با کشت گندم دیم (مورد: دشت خرم آباد)، پژوهش های جغرافیایی، ۳۹: ۱۲۳- ۱۱۵.

11. Allen, R.G., and William O.pruitt. 1991. FAO – 24 refrence evapotranspiration factors. J.Irrig. Drain 117(5) : 758 – 774.

12. Chahoon, J. & Yontsand D. & Melvin, S.; (2001); Estimating Effective Rainfall; www.ianr.unl.edu/pubs/irrigation/g1099.htm-16k.

13. Ogrosky , H. O. & Mackus, V. ; (1964) ; Hydrology of Agricultural Lands ;Sec . 21 In Handbook Hydrology by V. T . Chow ; NewYork . McGraw Hill ; pp. 1-27.

14. Hershfield, D. M.; (1964); Effective Rainfall and Irrigation Water

15. Requirments; J. Irrig. &. Dr. Div., ASCE 90: IR2: 3920: 33-47. 17- Littlewood, L. G. ; (2003) ; Sequential Conceptual Simplification of the Effective Rainfall Component of a Rainfall Streamflow Model For a Small Kenyan Catchment ,United Kingdom ;www.iemss.org/iems2003/iemssprogram- phtml-509k 18- Miller. A. & Thompson J. C. ; 1970 ; Elements of Meteorology .