

## برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی برای کشت برنج در جلگه مازندران

دکتر فیروز مجرد\* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه

دکتر هوشمند قمرنیا - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه رازی کرمانشاه

شیدا نصیری - کارشناس ارشد جغرافیا

دریافت مقاله: ۸۳/۷/۱۳

تأیید نهایی: ۸۳/۱۱/۲۶

### چکیده

مقادیر نیاز آب مصرفی (ETC) محصول برنج در جلگه مازندران به تفکیک واریته های زودرس و دیررس، بر مبنای مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل (ETO) و ضرایب رشد گیاهی (KC) در ده ایستگاه جلگه مازندران محاسبه شد. سپس مقادیر بارش مؤثر (ER) به مناسب ترین روش و مقادیر آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه (GWC) محاسبه گردید. با کم کردن مقادیر بارش مؤثر (ER) و آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه (GWC) از مقادیر نیاز آب مصرفی (ETC)، مقادیر نیاز خالص آبیاری (IR) مشخص گردید. نتایج مطالعه نشان داد که نیاز آب مصرفی و نیاز خالص آبیاری در شرق جلگه مازندران بیشتر از غرب آن است؛ در حالی که مقدار بارش مؤثر در غرب جلگه بیشتر است. بارش مؤثر سهم بیشتری از نیاز آب مصرفی را در غرب جلگه تامین می کند؛ حال آن که این سهم در شرق کمتر است. مقادیر بارش مؤثر در منطقه بسیار کمتر از نیاز خالص آبیاری است.

واژگان کلیدی: بارش مؤثر، نیاز خالص آبیاری، نیاز آب مصرفی، برنج، جلگه مازندران.

### مقدمه

محصولات مختلف کشاورزی در دوره رشد خود به میزان معینی به آب نیاز دارند که بخشی از این نیاز از طریق بارش و نهایتاً بارش مؤثر<sup>۱</sup> و بخشی دیگر از طریق آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه تامین می شود. چنانچه مقادیر بارش مؤثر و آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه برای رشد محصول ناکافی باشد که غالباً همین طور نیز هست، باقیمانده نیاز آب مصرفی که به آن نیاز خالص آبیاری اطلاق می شود، از طریق آبیاری تامین می گردد. نکاتی که در این زمینه بنظر می رسد این است که آیا بارش قابل دسترس برای رشد محصول کافی است و خوب توزیع می گردد؟ اگر مقدار آن کافی نیست آیا می توان آن را به موقع از طریق آبیاری تکمیل کرد؟ اگر نه چه نوع کشاورزی

\* E-mail: [f-mojarrad@yahoo.com](mailto:f-mojarrad@yahoo.com)

<sup>1</sup> - Effective Rainfall

باید انجام گیرد؟ نیازهای آبی گیاهان طی فصل رشد و نیز طی دوره های مختلف رشد و نمو چقدر است و همچنین این نیازها تا چه حد به وسیله بارش برآورده می شود؟ (داستین<sup>۱</sup>، ۱۳۶۲، ص ۴).

اکثر مطالعاتی که در زمینه محاسبه نیاز خالص آبیاری انجام گرفته از تبخیر و تعرق پتانسیل برای محاسبه این نیاز استفاده کرده است بداق جمالی و همکاران (۱۳۸۱) نیاز خالص آبیاری محصول پنبه را در استان خراسان به روش ها رگریوز با استفاده از تبخیر و تعرق پتانسیل بررسی و سطح استان را از نظر نیاز خالص آبیاری پهنه بندی کردند. آنان به این نتیجه رسیدند که بین تولید محصول و شاخص تنش آبی رابطه مستقیم وجود دارد.

در تحقیقی دیگر، چاهون و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۱) در اندازه گیری باران و برآورد بارش مؤثر برای محصولات دیم و آبی، بارندگی مؤثر را مقداری از بارندگی دانستند که در منطقه ریشه گیاه ذخیره می شود. آنان برای برآورد بارش مؤثر دو عامل را دخیل می دانند: عامل اول، مقدار کل بارندگی و عامل دوم، مقدار ذخیره شده رطوبت در منطقه ریشه آنان در تحقیق خود برای برآورد بارش مؤثر از روش USDA<sup>۳</sup> (سازمان کشاورزی ایالات متحده) و برای برآورد نیاز آبی و نیاز خالص آبیاری از مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل و ضرایب رشد گیاهی استفاده کردند.

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

علیزاده و همکاران (۱۳۷۶) مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل را در استان خراسان به وسیله لایسیمتر محاسبه کرده و با مشخص کردن ضریب گیاهی زعفران، نیاز آبی آن را در مناطق مختلف به دست آوردند. همین محققین 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 علیرغم 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<sup>۴</sup> 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 تورنتوویت، 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.

در زمینه بارش مؤثر، اوگروسکی و موکوس<sup>۵</sup> (۱۹۶۴) باران مؤثر را برابر کل باران طی فصل رشد منهای آنچه که پس از اشباع خاک یا آبیاری، باریده و به صورت مازاد آب در اثر نفوذ یا به صورت رواناب از دسترس خارج شده

<sup>۱</sup> - Dastane

<sup>۲</sup> - Chahoon

<sup>۳</sup> - United States Department of Agriculture

<sup>۴</sup> - Hargreaves & Samani

<sup>۵</sup> - Ogrosky & Mockas

است، می دانند. همچنین هرشفیلد<sup>۱</sup> (۱۹۶۴) باران مؤثر را طی فصل رشد آن قسمت از کل باران که جوابگوی نیاز آبی گیاهان باشد، تعریف می کند.

میلر و تامسون<sup>۲</sup> (۱۹۴۶) باران مؤثر را نسبت باران به تبخیر در نظر گرفته اند. این تعریف گمراه کننده است؛ چون در واقع به تأثیر باران اشاره کرده است نه به باران مؤثر. دو اصطلاح باران مؤثر و تأثیر باران هم معنی نبوده، بلکه دارای دو معنی متمایز هستند. اصطلاح تأثیر، درجه مفید بودن و کارایی باران را با توجه به خشکی محل خاطر نشان می سازد؛ در حالی که باران مؤثر قسمت مفید کل باران دریافتی است (داستین<sup>۷</sup> ۱۳۶۲، ص ۱۰).

لیتلوود<sup>۳</sup> (۲۰۰۳) برای برآورد بارش مؤثر در حوضه کنیا از روش SVAT<sup>۴</sup> استفاده کرده است. پارامترهایی که اودر این روش بکار برده است عبارتند از بافت خاک، پوشش گیاهی، عناصر اتمسفری، انتقال رطوبت از زیرزمین به سطح خاک و ریشه و همچنین رواناب حاصل از بارندگی. روش کار به این صورت بوده که با استفاده از باران سنج، رطوبت قبل و بعد از بارندگی و نیز رواناب حاصل از بارندگی اندازه گیری و با کسر نمودن رواناب از مقدار رطوبت خاک، مقادیر بارش مؤثر برآورد شده است.

همچنین اسنایدر<sup>۵</sup> (۲۰۰۱) معتقد است که بارش مؤثر طی دوره رشد گیاه رخ می دهد. وی در زمینه بارش مؤثر دو دیدگاه دارد: ۱- بارشی که توسط گیاهان در منطقه ریشه ذخیره می شود و ریشه آن را جذب کرده و به مصرف گیاه می رساند، بارش مؤثر محسوب می شود. ۲- بارشی که بعد از ریزش، به صورت رواناب سطحی در می آید؛ به زمین نفوذ می کند و در دسترس ریشه قرار نمی گیرد، به عنوان بارش مؤثر شناخته نمی شود. عمق نفوذ آب به بافت خاک و مقدار رطوبت خاک قبل و بعد از بارندگی بستگی دارد. برای محاسبه بارش مؤثر بایستی مقادیر رطوبت قبل و بعد از بارندگی در دسترس باشد.

عزیزی (۱۳۷۹) تحقیقی در زمینه برآورد بارش مؤثر در رابطه با کشت گندم دیم در دشت خرم آباد انجام داده است. وی در این تحقیق از روش SCS<sup>۶</sup> (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.

چاو<sup>۷</sup> (۱۹۶۴) با استفاده از معادله رنفرو به محاسبه باران مؤثر پرداخته است. وی برای این کار از مقادیر باران فصل رشد، متوسط عمق آبیاری که تابعی از نسبت آب مصرفی گیاهان (CU) به باران در طی دوره رشد است، استفاده کرده و نشان داده است که هر چه مقدار تابع آب مصرفی گیاهان طی دوره رشد بیشتر باشد، باران مؤثر نیز بیشتر خواهد بود.

<sup>۱</sup> - Hershfield

<sup>۲</sup> - Miller & Thompson

<sup>۷</sup> - Dastane

<sup>۳</sup> - Littlewood

<sup>۴</sup> - Soil- Vegetation- Atmosphere- Transfer

<sup>۵</sup> - Snyder

<sup>۶</sup> - Soil Conservation Service

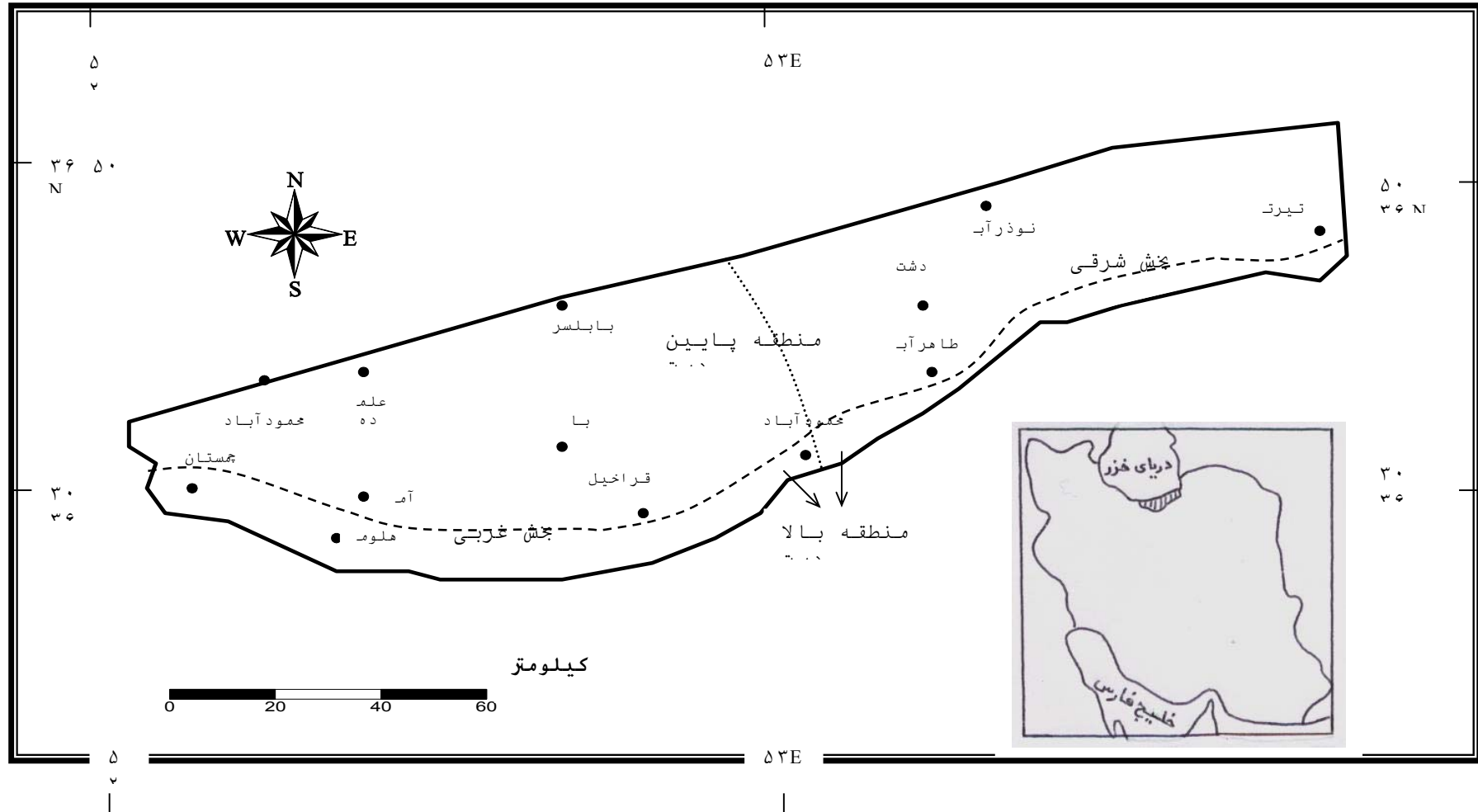
<sup>۷</sup> - Chow

داستین (۱۳۶۲، ص ۵۱) در مطالعه ای در هندوستان، درصدی از کل باران را که از ۵۰ تا ۸۰ درصد متغیر است، به عنوان باران مؤثر در نظر گرفته است. وی در روشی دیگر باران کمتر از ۶/۲۵ میلی متر را در هر روز غیر مؤثر در نظر گرفته است. همچنین از دیدگاهی دیگر، مقدار بارندگی بیش از ۷۶/۲ میلی متر در روز یا بیش از ۱۲۵ میلی متر در ده روز را غیر مؤثر بحساب آورده است. وی برای کشور ژاپن برای برنج مستغرق سالی را که در یک دوره آماری ده تا پانزده ساله کمترین مقدار بارندگی را داشته است، انتخاب کرده و با توجه به شرایط محیطی کشور ژاپن، مقدار ۵۰ تا ۸۰ میلی متر بارندگی را به عنوان بارندگی غیر مؤثر در نظر گرفته است. برای برنج غیر مستغرق (دیمی) نیز از روش قرائت روزانه استفاده کرده و بارندگی روزانه کمتر از پنجاه درصد ETO را غیر مؤثر قلمداد نموده است.

موقر مقدم و گل‌مکانی (۱۳۸۱) مقادیر بارش مؤثر را در استان خراسان در سال زراعی ۱۳۸۱-۱۳۸۰ با استفاده از چهار روش محاسبه و در نهایت با تجزیه و تحلیل های آماری، روش های مناسب تر را انتخاب نمودند. به نظر آنان اثرات مثبت بارش های جوی بر منابع آبی در زمستان بیشتر از سایر فصول است و این اثرات در نواحی شمالی استان خراسان نسبت به سایر نواحی مشهودتر است. اسماجسترلا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۱) بارش مؤثر را به روش SCS محاسبه نموده و نیاز خالص را مقدار آبی در نظر گرفتند که به طور مؤثر توسط باران تامین نمی شود.

<sup>۱</sup> -Smajstrla et al.

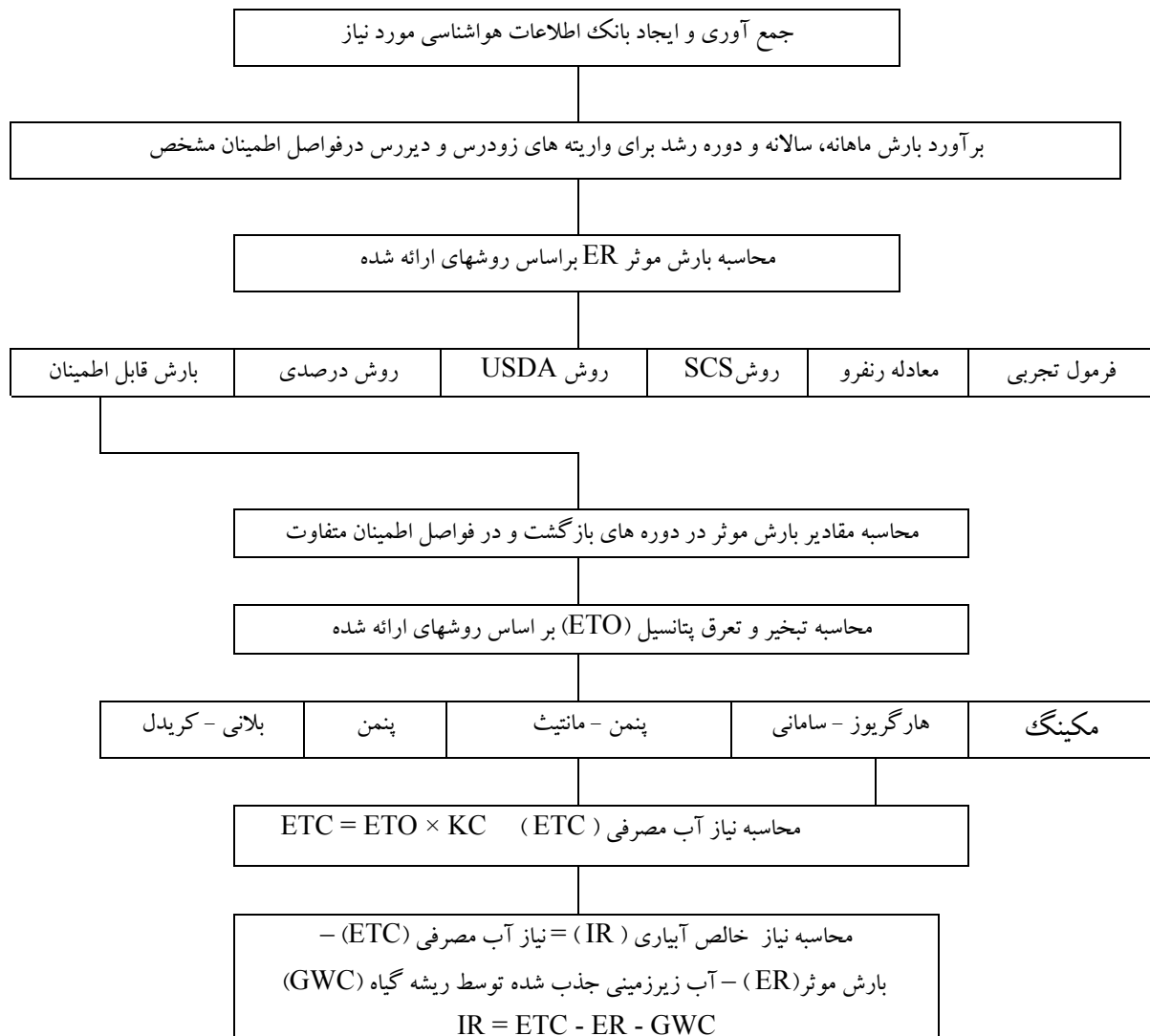
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، ایستگاه ها و مناطق مختلف جلگه مازندران



## مواد و روش ها

برای برآورد بارش مؤثر و نیاز آبی، منطقه مورد مطالعه از نظر ارتفاعی به دو بخش بالادست و پایین دست و از نظر تفاوت های بارشی (علیجانی ۱۳۷۴، ص ۱۳۹) به دو بخش شرق و غرب تقسیم شد (شکل ۱) سپس مقادیر بارش مؤثر، نیاز آب مصرفی و نیاز خالص آبیاری در هر بخش در دوره رشد برای دو وارسته زودرس (با دوره رشد پنج ماهه از فروردین تا مرداد در منطقه پایین دست و از فروردین تا شهریور در منطقه بالادست) و برای وارسته دیررس (با دوره رشد شش ماهه از اردیبهشت تا شهریور در منطقه پایین دست و از اردیبهشت تا مهر در منطقه بالادست) برآورد شد. برای برآورد بارش مؤثر و نیاز خالص آبیاری مراحل شکل شماره (۲) طی شده است.

شکل ۲- مدل تحلیلی برآورد بارش مؤثر و نیاز خالص آبیاری در جلگه مازندران



برای برآورد نیاز خالص آبیاری (IR)، از پارامترهایی نظیر نیاز آب مصرفی (ETC)، بارش مؤثر (ER) و آب جذب شده از آب های زیرزمینی توسط ریشه گیاه (GWC) استفاده شد. خود نیاز آب مصرفی (ETC)،

از حاصل ضرب مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل (ETO) در ضرایب رشد گیاهی (KC) که بر اساس تجربیات محققین فائو استخراج شده و دارای ارزش جهانی است، بدست آمد.

برای محاسبه مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل (ETO) از داده های هواشناسی شامل آمار متوسط دما، میانگین های حداقل و حداکثر دما، میانگین رطوبت نسبی، میانگین سرعت باد و همچنین ساعات روشنایی و برای محاسبه مقادیر بارش مؤثر (ER) از داده های بارش و بعضاً تبخیر و تعرق پتانسیل ایستگاه ها استفاده شد. همچنین برای محاسبه مقادیر آب جذب شده توسط ریشه گیاه از آب های زیرزمینی (GWC)، از آمار سطح پیزومتری، بافت، نوع و شوری خاک های منطقه و عمق نفوذ ریشه استفاده بعمل آمد. نهایتاً مقادیر نیاز خالص آبیاری (IR) از کسر کردن مقادیر بارش مؤثر (ER) و آب جذب شده از آب های زیرزمینی توسط ریشه گیاه (GWC) از نیاز آب مصرفی (ETC) بدست آمد. در تجزیه و تحلیل داده ها و رسم نقشه ها از برنامه های کامپیوتری SPSS, EXCEL, CROPWAT, UPFLOW, ETO SURFER, RAINBOW و استفاده شد.

#### محاسبه مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل

محاسبه مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل علاوه بر نشان دادن ویژگی های اقلیم یک منطقه، در محاسبه نیاز آب مصرفی (ETC) گیاهان مختلف و نیز طراحی سیستم های آبیاری، زهکشی و ذخیره آب کاربرد دارد. برای محاسبه مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ایستگاه ها با استفاده از نرم افزار ETO از پنج روش پنمن<sup>۱</sup>، پنمن-مانتیث<sup>۲</sup>، هارگریوز-سامانی، بلانی-کریدل<sup>۳</sup> و مکینگ<sup>۴</sup> استفاده شد. روابط مورد استفاده در این روش ها در جدول شماره (۱) ذکر شده است.

از آنجا که در پنج ایستگاه بابلسر، قراخیل قائمشهر، تیرتاش، چمستان نور و نوذرآباد پارامترهای لازم برای روش پنمن - مانتیث و در پنج ایستگاه دیگر محمودآبادساری، طاهرآباد، بابل، آمل و دشت ناز، آمار درجه حرارت که مورد نیاز روش هارگریوز - سامانی است، در دسترس بود؛ برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از این دو روش استفاده شد (جدول شماره ۲).

#### محاسبه مقادیر نیاز آب مصرفی

نیاز آب مصرفی عبارت است از میزان آبی که هر گیاه از زمان کاشت تا هنگام برداشت بدون وجود محدودیت و کاهش محصول نیاز دارد. این مقدار از حاصل ضرب مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل در ضرایب رشد گیاهی هر گیاه در همان ماه به دست می آید (علیزاده ۱۳۶۸، ص ۱۵۶).

$$ETC = KC \times ETO \quad (1)$$

<sup>1</sup> - Penman

<sup>2</sup> - Penman - Monteith

<sup>3</sup> - Blaney - Criddle

<sup>4</sup> - Making

جدول ۱- روابط مورد استفاده برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه های جلگه مازندران به روش های مختلف

| رابطه  | روش                  | ردیف |
|--|----------------------|------|
| $ETP = \left[ \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} RN + \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (0.27)(1 + 0.01 U2)(ES - ED) \right]$ | پنمن                 | ۱    |
| $ETO = \frac{0.408\Delta(RN - G) + \gamma[890/(T + 273)]U2(EA - ED)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U2)}$                     | پنمن -<br>مانتیت     | ۲    |
| $ETO = a + b [ p ( 0.46 T + 13/8 ) ]$  | بلانی -<br>کریدل     | ۳    |
| $ETO = 0.0023 (T_{mean} + 17/8) (T_n - T_x)^{0.5} RA$  | هارگریوز -<br>سامانی | ۴    |
| $PET = 0.61 \times 0.171 RI \times \left( \frac{\Delta/r}{\Delta/r + 1} \right)^{-0.12}$                               | مکینگ                | ۵    |

جدول ۲- مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ایستگاه های جلگه مازندران به دو روش پنمن-مانتیت و هارگریوز-سامانی بر حسب میلی متر

(۱۹۷۰-۱۹۹۹)

| ایستگاه        | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور | مهر  | آبان | آذر  | دی   | بهمن | اسفند | سالانه |
|----------------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| آمل            | ۱۰۸     | ۱۳۳/۳    | ۱۳۸   | ۱۴۵/۷ | ۱۳۹/۵ | ۱۱۱    | ۸۳/۷ | ۵۱   | ۳۷/۲ | ۳۷/۲ | ۴۴/۸ | ۷۱/۳  | ۱۱۰۰/۷ |
| بابل           | ۱۰۸     | ۱۴۵/۴۷   | ۱۶۲   | ۱۶۴/۳ | ۱۵۱/۹ | ۱۲۳    | ۸۶/۸ | ۶۰   | ۴۳/۴ | ۴۳/۴ | ۴۷/۶ | ۶۵/۱  | ۱۲۰۱/۲ |
| بابلسر         | ۱۰۵     | ۱۴۸/۸    | ۱۷۷   | ۱۹۲/۲ | ۱۷۰/۵ | ۱۲۶    | ۸۳/۷ | ۴۸   | ۳۱   | ۳۴/۱ | ۴۲   | ۶۸/۲  | ۱۲۵۱/۱ |
| تیرتاش         | ۱۰۵     | ۱۵۱/۹    | ۱۸۳   | ۱۹۸/۴ | ۱۸۲/۹ | ۱۲۹    | ۸۳/۷ | ۴۵   | ۲۷/۲ | ۳۱   | ۴۲   | ۷۱/۳  | ۱۱۶۲/۵ |
| چمستان نور     | ۱۱۱     | ۱۴۸/۸    | ۱۶۸   | ۱۸۲/۹ | ۱۶۱/۲ | ۱۱۷    | ۷۴/۴ | ۳۶   | ۲۴/۷ | ۲۷/۹ | ۳۹/۲ | ۷۱/۳  | ۱۱۸۰/۸ |
| دشت ناز        | ۱۱۴     | ۱۴۵/۷    | ۱۶۸   | ۱۶۷/۴ | ۱۴۸/۸ | ۱۱۷    | ۸۹/۹ | ۵۴   | ۴۰/۳ | ۴۰/۳ | ۴۷/۶ | ۷۴/۴  | ۱۲۰۷/۴ |
| قراخیل قائمشهر | ۱۱۴     | ۱۵۵      | ۱۷۷   | ۱۸۶   | ۱۷۰/۵ | ۱۲۳    | ۸۳/۷ | ۴۵   | ۳۱   | ۳۴/۱ | ۴۴/۸ | ۷۱/۳  | ۱۲۳۵/۴ |
| طاهرآباد       | ۱۰۲     | ۱۴۲/۶    | ۱۴۷   | ۱۳۶/۴ | ۱۳۹/۵ | ۱۰۸    | ۷۷/۵ | ۵۱   | ۳۷/۲ | ۳۷/۲ | ۴۷/۶ | ۶۸/۲  | ۱۰۹۴/۲ |
| محمودآبادساری  | ۱۰۸     | ۱۴۸/۸    | ۱۶۲   | ۱۶۷/۴ | ۱۴۸/۸ | ۱۱۱    | ۸۳/۷ | ۵۱   | ۴۰/۳ | ۳۷/۲ | ۴۴/۸ | ۶۸/۲  | ۱۱۷۱/۲ |
| نوذرآباد       | ۱۰۵     | ۱۴۲/۶    | ۱۶۵   | ۱۷۹/۸ | ۱۶۴/۳ | ۱۲۰    | ۷۴/۴ | ۳۹   | ۲۱/۷ | ۲۴/۸ | ۳۹/۲ | ۶۸/۲  | ۱۱۴۴   |

ضریب رشد گیاهی تابعی از خصوصیات گیاه، زمان کاشت، مراحل رشد گیاهی و شرایط آب و هوایی است. مقادیر ضریب رشد گیاهی برای گیاهان مختلف، متفاوت است که بر اساس روش های جدید ارائه شده در نشریه فائو(فرشی و همکاران ۱۳۷۴) برای هر محصول در دوره های مختلف رشد با توجه به متوسط وزنی رطوبت نسبی، سرعت باد و ارتفاع ماکزیمم گیاه محاسبه می شود. مقادیر KC سه ایستگاه قراخیل قائمشهر، دشت ناز و



بابلسر در جدول شماره (۳) آمده است. به دلیل تشابه اقلیمی جلگه مازندران، برای تمام ایستگاه ها از ارقام همین سه ایستگاه استفاده شده است. توضیح اینکه ارقام KC در این سه ایستگاه صرفنظر از یک مورد، مانند هم می باشد.

جدول ۳- ضرایب رشد گیاهی در ایستگاه های قراخیل قائمشهر، دشت ناز و بابلسر  
(فرشی و همکاران، ۱۳۷۴)

| بابلسر | دشت ناز | قراخیل<br>قائمشهر | مراحل رشد | زمان (دهه)     |
|--------|---------|-------------------|-----------|----------------|
| ۱/۱۸   | ۱/۱۸    | ۱/۱۸              | LAND      | دهه ۲ فروردین  |
| ۱/۱۵   | ۱/۱۵    | ۱/۱۵              | LAND      | دهه ۳ فروردین  |
| ۱/۱۲   | ۱/۱۲    | ۱/۱۲              | LAND      | دهه ۱ اردیبهشت |
| ۱/۱۰   | ۱/۱۰    | ۱/۱۰              | INIT      | دهه ۲ اردیبهشت |
| ۱/۱۰   | ۱/۱۰    | ۱/۱۰              | INIT      | دهه ۳ اردیبهشت |
| ۱/۱۲   | ۱/۱۲    | ۱/۱۲              | DEVE      | دهه ۱ خرداد    |
| ۱/۱۵   | ۱/۱۵    | ۱/۱۵              | DEVE      | دهه ۲ خرداد    |
| ۱/۱۹   | ۱/۱۹    | ۱/۱۹              | DE/MID    | دهه ۳ خرداد    |
| ۱/۲۰   | ۱/۲۰    | ۱/۲۰              | MID       | دهه ۱ تیر      |
| ۱/۲۰   | ۱/۲۰    | ۱/۲۰              | MID       | دهه ۲ تیر      |
| ۱/۲۰   | ۱/۲۰    | ۱/۲۰              | MID       | دهه ۳ تیر      |
| ۱/۱۹   | ۱/۱۸    | ۱/۱۹              | M/LATE    | دهه ۱ مرداد    |
| ۱/۱۱   | ۱/۰۹    | ۱/۱۱              | LATE      | دهه ۲ مرداد    |
| ۰/۹۹   | ۰/۹۴    | ۰/۹۹              | LATE      | دهه ۳ مرداد    |

بر مبنای این ضرایب و نیز مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل، ارقام نیاز آب مصرفی برای ایستگاه های منطقه محاسبه و در جدول شماره (۴) ذکر شده است. نمودار و نقشه های نیاز آب مصرفی (اشکال شماره ۴ و ۳) با استفاده از نرم افزارهای SURFER و EXCEL رسم شد.

#### محاسبه مقادیر بارش موثر

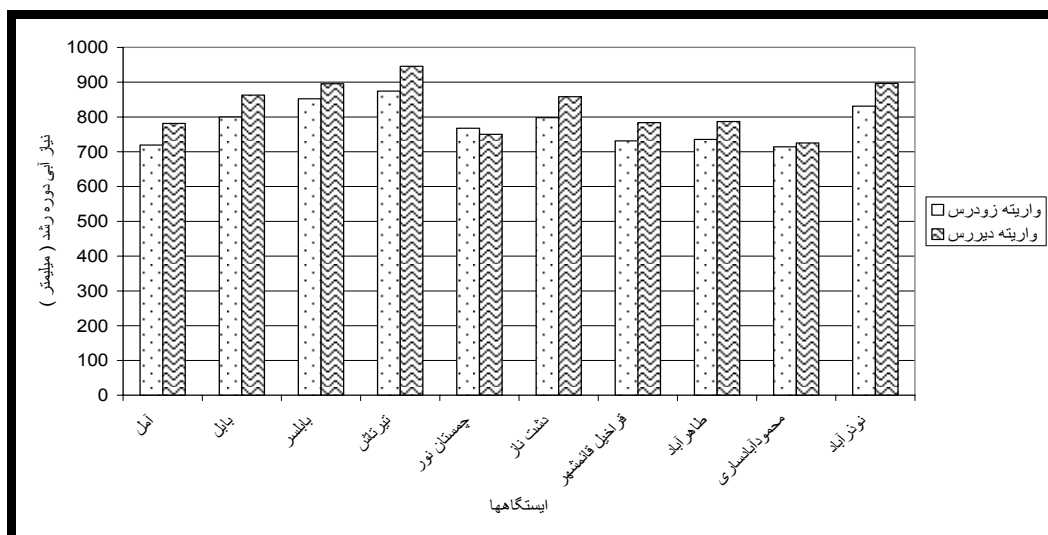
اصطلاح بارش مؤثر نه تنها به وسیله متخصصین رشته های مختلف بلکه به وسیله افراد متخصص در یک رشته واحد نیز به طور متفاوتی تفسیر شده است. مهندس شهرساز به تأمین آب آشامیدنی از مخزن ذخیره یا دریاچه علاقمند است. به عقیده او، آن قسمت از کل باران که وارد مخزن می شود قسمت مؤثر باران است. به نظر مهندس آبیاری، بارانی که به طور مستقیم یا به شکل رواناب سطحی از اطراف به صورت غیر مستقیم به مخزن ذخیره میرسد، قسمت مؤثر آن می باشد. یک مهندس هیدروالکتریک بارانی که برای به گردش در آوردن توربین ها جهت تولید برق مورد استفاده قرار می گیرد، قسمت مؤثر از کل باران دریافتی قلمداد می کند. یک آبشناس زیرزمینی قسمتی از باران را که در ذخیره آب تحت الارضی سهم است، مؤثر می داند. برای مهندسان

زهکشی، باران از دست رفته چه به وسیله رواناب سطحی یا به وسیله فرو نشست، دارای اهمیت فراوانی است و متخصصین کشاورزی قسمتی از کل باران را که مستقیماً جوابگوی نیازهای آبی گیاه است و نیز رواناب سطحی را که بتوان برای تولید محصول از برکه یا چاه به مزرعه پمپاژ کرد، به عنوان باران مؤثر در نظر می گیرند (داستین ۱۳۶۲، صص ۹-۸).

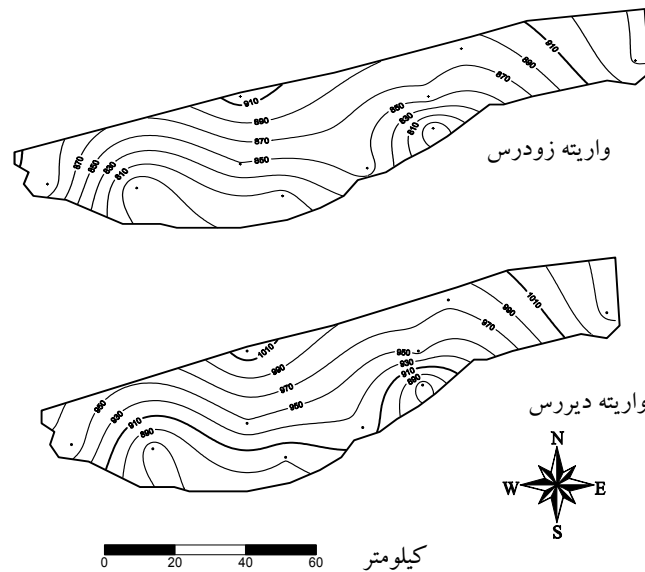
جدول ۴- مقادیر محاسبه شده نیاز آب مصرفی (ETC) برای دوره رشد وارپته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران بر حسب میلی متر (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

| ایستگاه        | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور | مهر  | وارپته زودرس | وارپته دیررس |
|----------------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|------|--------------|--------------|
| آمل            | ۱۲۹/۶   | ۱۴۶/۶    | ۱۶۵/۶ | ۱۷۴/۸ | ۱۵۳/۵ | ۸۸/۸   | -    | ۷۷۰/۱        | ۸۵۸/۹        |
| بابل           | ۱۲۹/۶   | ۱۶۰/۳    | ۱۹۴/۴ | ۱۹۷/۲ | ۱۶۷/۱ | ۹۸/۴   | -    | ۸۴۸/۶        | ۹۴۷          |
| بابلسر         | ۱۲۶     | ۱۶۳/۷    | ۲۱۲/۴ | ۲۳۰/۶ | ۱۸۷/۶ | ۱۰۰/۸  | -    | ۷۲۰/۳        | ۱۰۲۱/۱       |
| تیرتاش         | ۱۲۶     | ۱۶۷/۱    | ۲۱۹/۶ | ۲۳۸/۱ | ۲۱۰/۲ | ۱۰۳/۲  | -    | ۹۵۲          | ۱۰۵۵/۲       |
| چمستان نور     | -       | ۱۷۸/۶    | ۱۸۴/۸ | ۲۱۹/۵ | ۱۹۳/۴ | ۱۲۸/۷  | ۵۹/۵ | ۹۰۵          | ۹۶۴/۵        |
| دشت ناز        | ۱۳۶/۸   | ۱۶۰/۳    | ۲۰۱/۶ | ۲۰۰/۹ | ۱۶۳/۷ | ۹۳/۶   | -    | ۸۶۳/۳        | ۹۵۶/۹        |
| قراخیل قائمشهر | ۱۲۹/۶   | ۱۵۰      | ۱۸۰   | ۱۸۶   | ۱۵۶/۹ | ۸۸/۸   | -    | ۸۰۲/۵        | ۸۹۱/۳        |
| طاهرآباد       | ۱۲۲/۴   | ۱۵۶/۹    | ۱۷۶/۴ | ۱۶۳/۷ | ۱۵۳/۵ | ۸۶/۴   | -    | ۷۷۲/۹        | ۸۵۹/۳        |
| محمودآبادساری  | ۱۷۸/۶   | ۱۷۸/۶    | ۱۷۸/۲ | ۲۰۰/۹ | ۱۷۸/۶ | ۱۲۲/۱  | ۶۷   | ۸۵۸/۴        | ۹۲۵/۴        |
| محمودآبادهراز  | ۱۲۶     | ۱۵۶/۹    | ۱۹۸   | ۲۱۵/۸ | ۱۸۰/۷ | ۹۶     | -    | ۸۷۷/۴        | ۹۷۳/۴        |

شکل ۳- نمودار نیاز آب مصرفی دوره رشد وارپته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)



شکل ۴ - نقشه های هم نیاز آب مصرفی دوره رشد واریته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

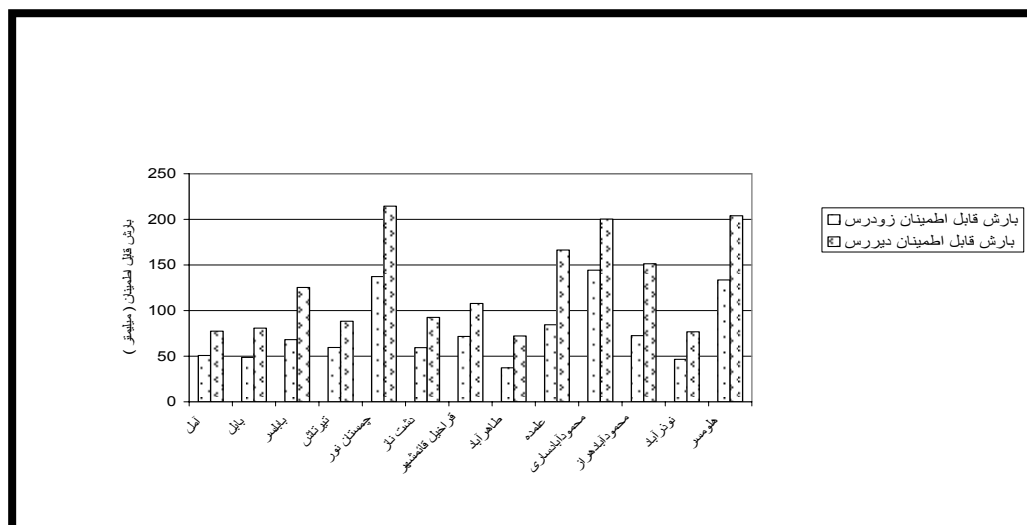


برای محاسبه مقادیر بارش مؤثر ایستگاه ها با استفاده از نرم افزار CROPWAT، از شش روش رنفرو، بارش قابل اطمینان، روش درصدی، فرمول تجربی، روش USDA و روش SCS استفاده شد که روابط مورد استفاده در جدول شماره (۵) آمده است. نهایتاً برای برآورد بارش مؤثر از روش بارش قابل اطمینان که مقادیر بارش مؤثر کمتری را برآورد کرده است و بر مبنای آن با اطمینان بیشتری می توان روی نیازهای آبی و منابع تامین آب برنامه ریزی کرد، استفاده شد ( اشکال شماره ۵ و ۶ و جدول شماره ۶).

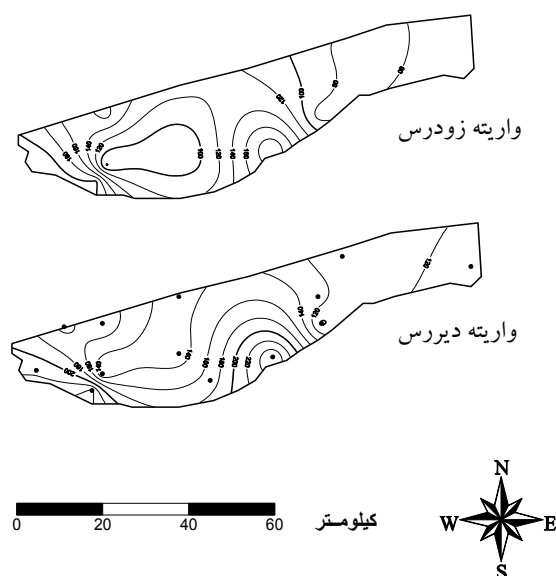
جدول ۵- روابط مورد استفاده برای محاسبه بارش مؤثر به روش های مختلف در جلگه مازندران

| رابطه   | روش                   | ردیف |
|---|-----------------------|------|
| $ER = ERG + A$  | معادله رنفرو          | ۱    |
| $PE = F \left( \frac{1}{253} (P)^{0.824} - \frac{2}{935} \right) \times 1000 \cdot ETP$   | روش SCS               | ۲    |
| $PEFF = PTOT ( 125 - 0.2 \times PTOT )$<br>( mm )<br>$PEFF = 125 + 0.1 PTOT$<br>( mm )  | روش USDA              | ۳    |
| ۸۰٪ از بارش را به عنوان مؤثر در نظر می گیرند.   | روش درصدی             | ۴    |
| $(-5) - \text{مجموع بارندگی} \times 0.5 = \text{جمع بارندگی}$<br>( mm )<br>$(-15) - \text{مجموع بارندگی} \times 0.7 = \text{جمع بارندگی}$<br>( mm ) | فرمول تجربی           | ۵    |
| $PE = 0.6 (PT) - 10$<br>( mm )<br>$PE = 0.8 (PT) - 2/4$<br>( mm )   | روش بارش قابل اطمینان | ۶    |

شکل ۵- نمودار مقادیر بارش مؤثر به روش بارش قابل اطمینان برای واریته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)



شکل ۶- نقشه های همبارش مؤثر دوره رشد به روش بارش قابل اطمینان برای واریته زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)



محاسبه آب جذب شده توسط ریشه گیاه از آب های زیرزمینی (GWC)

با در دست داشتن آمار سطح پیژومتری و مقادیر شوری آب ایستگاه ها که در این تحقیق برای قسمت شرقی جلگه ۱۲۰۰ میلی موز بر سانتی متر (MH/CM) و برای قسمت غربی ۹۰۰ میلی موز بر سانتی متر در نظر گرفته شده<sup>۱</sup> و همچنین مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل ایستگاه ها، نوع و بافت خاک و عمق نفوذ ریشه برنج با استفاده

۱- این داده ها از کارشناس آب های زیرزمینی اداره آب منطقه ای استان مازندران اخذ شده است.

از نرم افزار UPFLOW مقادیر آب جذب شده از آب های زیرزمینی توسط ریشه گیاه محاسبه و در جدول شماره (۷) ذکر شده است.

جدول ۶- مقادیر بارش موثر دوره رشد به روش بارش قابل اطمینان بر حسب میلی متر در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

| ایستگاه            | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر  | مرداد | شهریور | مهر  | واریته<br>زودرس | واریته<br>دیررس |
|--------------------|---------|----------|-------|------|-------|--------|------|-----------------|-----------------|
| آمل                | ۱۱/۶    | ۹/۸      | ۸/۹   | ۱۰/۴ | ۱۰    | ۲۶/۷   | -    | ۵۰/۷            | ۷۷/۴            |
| بابل               | ۱۳/۷    | ۱۰/۴     | ۶/۵   | ۷/۹  | ۱۰/۱  | ۳۲/۲   | -    | ۴۸/۶            | ۸۰/۸            |
| بابلسر             | ۹/۸     | ۶/۱      | ۶/۸   | ۱۳   | ۳۲/۴  | ۵۷/۲   | -    | ۶۸/۱            | ۱۲۵/۳           |
| تیرتاش             | ۱۲/۴    | ۱۵/۲     | ۱۲/۲  | ۶/۸  | ۱۳    | ۲۸/۶   | -    | ۵۹/۶            | ۸۸/۲            |
| چمستان نور         | -       | ۱۲/۵     | ۳۰/۶  | ۲۰/۶ | ۲۹/۵  | ۵۳/۶   | ۷۷/۳ | ۱۴۶/۸           | ۲۲۴/۱           |
| دشت ناز            | ۱۳/۵    | ۱۲/۱     | ۴/۲   | ۱۰/۳ | ۱۹/۲  | ۳۳/۲   | -    | ۵۹/۳            | ۹۲/۵            |
| قراخیل<br>قائم شهر | ۱۳/۲    | ۱۲/۴     | ۱۱/۸  | ۱۳   | ۲۱/۱  | ۳۶/۱   | -    | ۷۱/۵            | ۱۰۷/۸           |
| طاهرآباد           | ۸/۵     | ۵/۳      | ۷/۲   | ۲/۳  | ۱۴    | ۳۴/۸   | -    | ۳۷/۳            | ۷۲/۱            |
| محمودآباد<br>ساری  | -       | ۳۵/۵     | ۱۱    | ۱۵/۷ | ۳۰/۵  | ۵۱/۴   | ۵۶/۱ | ۱۴۴/۱           | ۲۰۰/۲           |
| نوذرآباد           | ۹/۹     | ۷/۱      | ۳/۳   | ۷/۸  | ۱۸/۴  | ۳۰/۱   | -    | ۴۶/۵            | ۷۶/۶            |

با توجه به ارقام جدول شماره (۷)، در ایستگاه های آمل، قراخیل قائمشهر، تیرتاش، محمودآباد ساری و نوذرآباد، آب زیرزمینی به سطح خاک منتقل نمی شود؛ ولی در ایستگاه های بابلسر، بابل، چمستان نور و دشت ناز در برخی از ماه های سال آب زیرزمینی به سطح خاک و ریشه گیاه نزدیک تر شده و بخشی از نیاز گیاه را مرتفع می کند.

#### محاسبه نیاز خالص آبیاری

بر حسب تعریف، نیاز خالص آبیاری (IR) عبارت است از مقدار آبی که در صورت وجود بارش موثر (ER) مقدار آن کسر شده است (فرشی و شریعتی ۱۳۷۸). علیزاده (۱۳۶۸، ص ۱۵۶) نیاز خالص آبیاری را معادل نیاز آب مصرفی (ETC) در نظر گرفته است.

رابطه مورد استفاده برای نیاز خالص آبیاری به شرح زیر است:

$$IR = ETC - ER - GWC \quad (۲)$$

ETC = نیاز آب مصرفی بر حسب میلی متر

ER = بارش موثر بر حسب میلی متر

GWC = مقادیر آب جذب شده توسط ریشه گیاه از آب های زیرزمینی بر حسب میلی متر

مقادیر نیاز خالص آبیاری برای دوره رشد واریته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران در جدول شماره (۸) و اشکال شماره (۷ و ۸) آورده شده است.

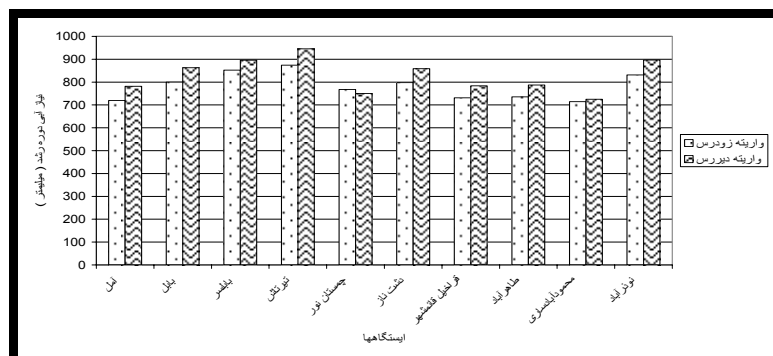
جدول ۷ - مقادیر آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه بر حسب میلی متر در روز در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

| ایستگاه        | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر | آبان | آذر | دی  | بهمن | اسفند |
|----------------|---------|----------|-------|-----|-------|--------|-----|------|-----|-----|------|-------|
| آمل            | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰     | ۰      | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |
| بابل           | ۰       | ۰        | ۰/۱   | ۰/۱ | ۰/۱   | ۰/۲    | ۰/۱ | ۰/۱  | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |
| بابلسر         | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰/۱   | ۰/۱    | ۰/۱ | ۰/۱  | ۰/۱ | ۰   | ۰    | ۰     |
| تیرتاش         | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰     | ۰      | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |
| چمستان نور     | ۰/۱     | ۰/۱      | ۰/۱   | ۰/۱ | ۰/۱   | ۰/۱    | ۰/۱ | ۰/۱  | ۰/۱ | ۰/۱ | ۰/۲  | ۰/۱   |
| دشت ناز        | ۰/۱     | ۰/۱      | ۰     | ۰   | ۰     | ۰/۱    | ۰/۴ | ۰/۴  | ۰/۲ | ۰   | ۰    | ۰     |
| قراخیل قائمشهر | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰     | ۰      | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |
| محمودآبادساری  | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰     | ۰      | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |
| نوذرآباد       | ۰       | ۰        | ۰     | ۰   | ۰     | ۰      | ۰   | ۰    | ۰   | ۰   | ۰    | ۰     |

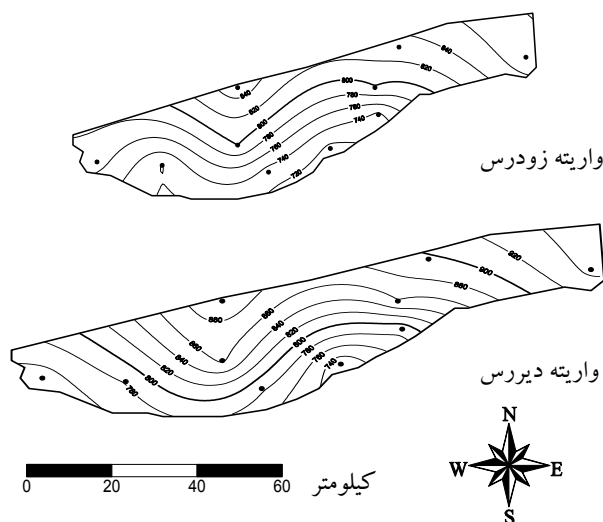
جدول ۸ - مقادیر نیاز خالص آبیاری برای دوره رشد واریته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران بر حسب میلی متر (۱۹۷۰-۱۹۹۹)

| ایستگاه        | واریته زودرس |      |       |       | واریته دیررس |      |       |        |
|----------------|--------------|------|-------|-------|--------------|------|-------|--------|
|                | IR           | GWC  | ER    | ETC   | IR           | GWC  | ER    | ETC    |
| آمل            | ۷۱۹/۴        | ۰    | ۵۰/۷  | ۷۷۰/۱ | ۷۸۱/۵        | ۰    | ۷۷/۴  | ۸۵۸/۹  |
| بابل           | ۸۰۰          | ۰    | ۴۸/۶  | ۸۴۸/۶ | ۸۶۳/۲        | ۳    | ۸۰/۸  | ۹۴۷    |
| بابلسر         | ۸۵۲/۲        | ۰    | ۶۸/۱  | ۹۲۰/۳ | ۸۹۵/۸        | ۰    | ۱۲۵/۳ | ۱۰۲۱/۱ |
| تیرتاش         | ۸۷۴          | ۱۸/۴ | ۵۹/۶  | ۹۵۲   | ۹۴۵/۵        | ۲۱/۵ | ۸۸/۲  | ۱۰۵۵/۲ |
| چمستان نور     | ۷۶۷/۹        | ۰    | ۱۳۷/۱ | ۹۰۵   | ۷۵۰/۱        | ۰    | ۲۱۴/۴ | ۹۶۴/۵  |
| دشت ناز        | ۷۹۸          | ۶    | ۵۹/۳  | ۸۶۳/۳ | ۸۵۸/۴        | ۶    | ۹۲/۵  | ۹۵۶/۹  |
| قراخیل قائمشهر | ۷۳۱          | ۰    | ۷۱/۵  | ۸۰۲/۵ | ۷۸۳/۵        | ۰    | ۱۰۷/۸ | ۸۹۱/۳  |
| طاهرآباد       | ۷۳۵/۶        | ۰    | ۳۷/۳  | ۷۷۲/۹ | ۷۸۷/۲        | ۰    | ۷۲/۱  | ۸۹۵/۳  |
| محمودآبادساری  | ۷۱۴/۳        | ۰    | ۱۴۴/۱ | ۸۵۸/۴ | ۷۲۵/۴        | ۰    | ۲۰۰/۲ | ۹۲۵/۴  |
| محمودآبادهراز  | ۸۳۰/۹        | ۰    | ۴۶/۵  | ۸۷۷/۴ | ۸۹۶/۸        | ۰    | ۷۶/۶  | ۹۷۳/۴  |

شکل ۷- نمودار نیاز خالص آبیاری دوره رشد وارپته های زودرس و دیررس برنج در ایستگاه های جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)



شکل ۸- نقشه های هم نیاز خالص آبیاری دوره رشد برای وارپته های زودرس و دیررس برنج در جلگه مازندران (۱۹۷۰-۱۹۹۹)



### نتیجه گیری

کاشت واقع بینانه محصول به درک صحیح از شرایط آب و هوایی بستگی دارد. آگاهی از میزان بارش سالانه، دوره رشد، بارش مؤثر و مقادیر نیاز آبی برای برنامه ریزی عملیات کشاورزی به منظور کاهش خطرات فرآوری محصولات زراعی و استفاده بهینه از منابع آبی محدود، کمک شایان توجهی می کند. معمولاً از تبخیر و تعرق پتانسیل به عنوان یکی از پارامترهای مهم مورد نیاز برای برنامه ریزی های کشاورزی به خصوص محاسبه مقادیر نیاز آبی محصولات کشاورزی استفاده می کنند. برآورد صحیح مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل برنامه ریزان را قادر می سازد تا با مشخص کردن سقف نیاز آبی، علاوه بر تأمین بخشی از نیاز از طریق بارش و نهایتاً بارش مؤثر، به فکر فراهم آوردن بقیه نیاز آبی از سایر منابع آب نظیر رودخانه ها، سدها و چاه ها باشند.

در این تحقیق مقادیر نیاز خالص آبیاری در جلگه مازندران بر مبنای مقادیر بارش مؤثر، نیاز آب مصرفی گیاه و همچنین آب زیرزمینی جذب شده توسط ریشه گیاه محاسبه و نمودارها و نقشه های مربوطه ارائه شده است. با استفاده از اشکال شماره (۶، ۸ و ۹) مقادیر میانگین توازی بارش مؤثر، نیاز آب مصرفی و نیاز خالص آبیاری برای دو بخش شرقی و غربی منطقه محاسبه و نتایج آن در جدول شماره (۹) ارائه شده است. با توجه به ارقام این جدول و نیز مقایسه نقشه های هم نیاز خالص آبیاری و مصرفی، معلوم می شود که میانگین نیاز خالص آبیاری در بخش شرقی جلگه مازندران برای وارسته زودرس، بیشتر و به میزان ۸۱۲/۷ میلی متر و در بخش غربی کمتر و ۷۶۸/۴ میلی متر می باشد و برای وارسته دیررس در بخش شرقی جلگه ۸۶۹/۱ میلی متر و در بخش غربی ۸۰۷/۷ میلی متر است. همچنین میانگین مقادیر بارش مؤثر برای وارسته های زودرس و دیررس برنج در بخش غربی جلگه بیشتر از بخش شرقی آن است (به ترتیب ۱۴۱/۴ در مقابل ۸۹/۱ میلی متر و ۱۶۸/۳ در مقابل ۱۳۱/۷ میلی متر)؛ در حالی که نیاز خالص آبیاری در بخش شرقی جلگه بیشتر است.

جدول ۹- میانگین توازی بارش مؤثر، نیاز آب مصرفی و نیاز خالص آبیاری در جلگه مازندران بر حسب میلی متر (۱۹۹۹-۱۹۷۰)

| متغیر                              | وارسته | بخش شرقی | بخش غربی | کل منطقه |
|------------------------------------|--------|----------|----------|----------|
| بارش مؤثر                          | زودرس  | ۸۹/۱     | ۱۴۱/۴    | ۱۱۶/۲    |
|                                    | دیررس  | ۱۳۱/۷    | ۱۶۸/۳    | ۱۵۱/۶    |
| نیاز آب مصرفی                      | زودرس  | ۸۸۰/۴    | ۸۴۴/۶    | ۸۶۰/۱    |
|                                    | دیررس  | ۹۷۳/۱    | ۹۳۳/۶    | ۹۵۰/۷    |
| نیاز خالص آبیاری                   | زودرس  | ۸۱۲/۷    | ۷۶۸/۴    | ۷۸۷/۶    |
|                                    | دیررس  | ۸۶۹/۱    | ۸۰۷/۷    | ۸۳۳/۷    |
| نسبت بارش مؤثر به نیاز آب مصرفی    | زودرس  | ۱۰/۱     | ۱۶/۷     | ۱۳/۵     |
|                                    | دیررس  | ۱۳/۵     | ۱۸       | ۱۵/۹     |
| نسبت بارش مؤثر به نیاز خالص آبیاری | زودرس  | ۱۱       | ۱۸/۴     | ۱۴/۸     |
|                                    | دیررس  | ۱۵/۲     | ۲۰/۸     | ۱۸/۲     |

مقایسه ارقام بارش مؤثر نسبت به نیاز آب مصرفی گویای این نکته است که در کل منطقه، بارش مؤثر به ترتیب ۱۳/۵ و ۱۵/۹ درصد از نیاز آب مصرفی وارسته های زودرس و دیررس برنج را مرتفع می کند. این سهم در بخش غربی برای وارسته های زودرس و دیررس به ترتیب ۱۶/۷ و ۱۸ درصد و در بخش شرقی منطقه به ترتیب ۱۰/۱ و ۱۳/۵ درصد است که درصدهای قابل توجهی بشمار نمی آید. به هر صورت بارش مؤثر در بخش غربی منطقه، بخش بیشتری از نیاز آب مصرفی را برآورده می سازد.



در کل منطقه برای واریته های زودرس و دیررس، مقادیر بارش مؤثر در مقایسه با نیاز خالص آبیاری به ترتیب برابر ۱۴/۸ و ۱۸/۲ درصد است که این مقادیر نیز زیاد قابل توجه نیست. بدین ترتیب نیاز خالص آبیاری در منطقه به مراتب بیشتر از بارش مؤثر است.

#### منابع و مأخذ:

- ۱- بذاق جمالی، جواد، رضا شیرمحمدی و منصور کوهی (۱۳۸۱)، نیاز خالص آبیاری پنبه تحت تنش خشکی در استان خراسان، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی، ۴: ۳۱-۴۵.
- ۲- تبار احمدی، خالق ضیاء (۱۳۷۴)، بررسی و مقایسه روشهای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در استان مازندران، نیوار، ۲۸: ۴۱-۵۳.
- ۳- داستین، ان. جی (۱۳۶۲)، باران موثر در زراعت آبی؛ ترجمه اسماعیل مالک؛ چاپ اول؛ مشهد؛ مرکز نشر دانشگاهی.
- ۴- عزیززی، قاسم (۱۳۷۹)، برآورد بارش موثر در رابطه با کشت گندم دیم (مورد دشت خرم آباد)، مجله پژوهشهای جغرافیایی؛ ۳۹: ۱۲۳-۱۱۵.
- ۵- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴)، آب و هوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۶- علیزاده، امین (۱۳۶۸)، اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ یازدهم، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۵- علیزاده، امین، مهدی مهدوی، محمداینانلو و محمد ابراهیم بازاری (۱۳۷۶)، تبخیر و تعرق پتانسیل و ضریب گیاهی زعفران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶: ۲۹-۴۲.
- ۶- علیزاده، امین، بابک میرشاهی، مجید هاشمی نیا و حسین ثنائی 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 و ۴۳: ۷۰-۵۱.
- ۷- فرشی، علی اصغر، محمدرضا شریعتی و رقیه جاراللهی (۱۳۷۴)، برآورد آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، جلد اول، تهران، انتشارات سازمان کشاورزی.
- ۸- فرشی، علی اصغر (۱۳۷۶) روش تعیین نیاز آبی گیاهان عمده زراعی و باغی کشور، زیتون، ۱۳۸: ۳۳-۲۸.
- ۹- فرشی، علی اصغر و محمدرضا شریعتی (۱۳۷۸)، الگوی مصرف آب در کشاورزی، نیاز آبی گیاهان، الگوی کشت و راندمان آبیاری، جلد شانزدهم؛ تهران؛ انتشارات سازمان کشاورزی.
- ۱۰- فرهودی، رحمت الله و علی اکبر شمسی پور (۱۳۷۹)، برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل منطقه بلوچستان جنوبی، پژوهشهای جغرافیایی، ۳۹: ۱۱۴-۱۰۵.
- ۱۱- موقر مقدم، حسین و تکتک گلمکانی (۱۳۸۱)، محاسبه و پایش باران موثر در سیستم های آبیاری، بولتن علمی پژوهشکده اقلیم شناسی، ۴: ۲۱-۱۳.

- 14- Chahoon, J. & Yontsand D. & Melvin, S.; (2001); Estimating Effective Rainfall; [www.ianr.unl.edu/pubs/irrigation/g1099.htm](http://www.ianr.unl.edu/pubs/irrigation/g1099.htm)-16k.
- 15- Dastane, N. G. ; (1978) ; Effective Rainfall; Fao Consultant; Project Coordinator; Indian Agricultural Research Institute, New Delhi .
- 16- Hershfield, D. M.; (1964); Effective Rainfall and Irrigation Water 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/iemss-program-phtml-509k](http://www.iemss.org/iems2003/iemss-program-phtml-509k)
- 18- Miller. A. & Thompson J. C. ; 1970 ; Elements of Meteorology .
- 19- 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.
- 20-Smajstrla , A . G . & F. S.Zazueta ; (2001); Estimating Crop Irrigation Requirements for Irrigation System Design and Consumptive Use Permitting ; [www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/ogl/public](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/ogl/public)
- 21-Snyder , R. L. and Davis U. C. ;(2001) ; Drought Tips ; [www . edis . ifas .ufl.edu/ aeo78- 19 k .](http://www.edis.ifas.ufl.edu/aeo78-19k)