دانشکده علوم کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

برآورد سهم آب سبز حاصل از شبنم در تأمین نیاز آبی گیاه برنج

از:
وحیده عبداللهی

استاد راهنما:
دکتر نادر پیرمرادیان

اسفند ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

(آبیاری و زهکشی)

عنوان:

برآورد سهم آب سبز حاصل از شبنم در تأمین نیاز آبی گیاه برنج

از:

وحیده عبداللهی

استاد راهنما:

دکتر نادر پیرمرادیان

استادان مشاور:

دکتر مجید وظیفه‌دوست

مهندس مجتبی رضایی

اسفند ۱۳۹۲

به نام **خدایی** که آفرید. .

و تقدیم به کسانی که عشقشان را در وجودم دمید:

مهربان **پدرم**، استوارترین تکیه گاهم، برای دلگرمی هایش، او که امروز من آرزوی دیروزش بود. .

یگانه **مادرم**، پناه دلتنگی هایم، به پاس محبت های بی دریغش، کسی که دعاهایش فردا را برایم آسان نمود. .

و

وحید، مهدیه و اسحاق عزیزم. . . که شادی زندگی ام در وجودشان خلاصه می شود.

سپاس از الطاف بیکران الهی که مسیر را بر من هموار ساخت. به قلم نیرو، به پاهایم قدرت و به فکرم صلابت داد تا بنویسم برای او.

اکنون که ایزد منان منت بر من نهاد و برگی دیگر از دفتر موفقیت را بر من گشود سجده شکر بر پیشگاهش می سایم و از او مدد می خواهم که یاریم نماید و زبانم را گویا کند برای شکر و سپاس از بندگانش.

با سپاس و درود فراوان خدمت پدر و مادر بسیار عزیزم که همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی ها و مشکلات بوده است، باشد که پروردگار از الطاف خود آنها را بی نیاز نماید.

تشکر بی دریغ نثار استاد فرهیخته جناب آقای دکتر نادر پیرمرادیان که با کرامتی چون خورشید، سرزمین دل را روشنی بخشیدند و گلشن سرای علم و دانش را با راهنمایی های کارساز و سازنده بارور ساختند.

تشکر ویژه از استادان مشاور ارجمندم جناب آقای دکتر مجید وظیفه دوست و مهندس مجتبی رضایی که با ارشادهای ارزنده شان سرانجامی نیکو را برای رساله ی من رقم زدند.

سپاس بی نهایت از جناب آقای دکتر محمد حسن بیگلویی و دکتر افشین اشرف زاده که زحمت داوری این پژوهش را متقبل شدند.

و در انتها سپاس از همه عزیزانی که بی منت یاریم دادند و دوستان مهربانم که حامی ام بودند.

وحیده عبداللهی

۱۳۹۲/۱۲/۱۸

عنوان..... صفحه
چکیده فارسی..... ح
چکیده انگلیسی..... خ
مقدمه..... ۱

فصل اول: کلیات و مروری بر منابع

۱-۱- کشاورزی و کشت برنج در استان گیلان..... ۵
۱-۲- منابع آبی استان گیلان..... ۶
۱-۳- رطوبت هوا..... ۷
۱-۳-۱- ویژگی‌های رطوبتی استان گیلان..... ۸
۱-۴- آب سبز..... ۸
۱-۵- شبنم..... ۹
۱-۶- شناخت کلی سنجش از دور..... ۱۲
۱-۶-۱- مشخصات ماهواره ترا بعنوان سکوی سنجنده مادیس و محصولات این سنجنده..... ۱۳
۱-۶-۲- سنجندۀ مادیس..... ۱۴
۱-۶-۳- کاربردهای داده‌های سنجنده‌ی مادیس..... ۱۵
۱-۶-۴- محصولات بخار آب سنجنده‌ی مادیس..... ۱۹
۱-۶-۵- مراحل استخراج آب قابل بارش با استفاده از الگوریتم باند فروسرخ نزدیک MODIS..... ۱۹
۱-۶-۶- مزایا و معایب سنجنده مادیس..... ۲۲
۱-۷- آب قابل بارش..... ۲۲

فصل دوم: مواد و روش‌ها

۲-۱- مشخصات جغرافیایی منطقه..... ۲۶
۲-۲- اطلاعات خاک محل آزمایش..... ۲۷
۲-۳- اطلاعات هواشناسی..... ۲۸
۲-۴- عملیات مزرعه‌ای..... ۳۰
۲-۵- شاخص سطح برگ..... ۳۲
۲-۶- داده‌های ماهواره‌ای..... ۳۴

۲-۷- استخراج مدل رگرسیونی ۳۷
۲-۸- شاخص‌های آماری مورد استفاده ۳۸

فصل سوم: نتایج و بحث

۳-۱- نیاز آبی ۴۱
۳-۲- شبنم ۴۲
۳-۳- استخراج مدل رگرسیونی برآورد شبنم ۴۳
۳-۴- سهم آب سبز حاصل از شبنم در نیاز آبی گیاه برنج ۴۵
۳-۵- آب قابل بارش ۴۸
۳-۶- مقایسه‌ی تولیدات آب قابل بارش ثبت شده توسط سنجنده‌ی مادیس با داده‌های زمینی ۵۳
۳-۷- بررسی ارتباط بین تولیدات آب قابل بارش سنجنده‌ی مادیس با مقدار شبنم اندازه‌گیری شده ۵۸
۳-۸- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی استان گیلان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۶۰
۳-۹- نتیجه‌گیری کلی ۶۵
۳-۱۰- پیشنهادات ۶۶
منابع ۶۷
پیوست ۷۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱- جریان آب سبز و آبی ۹
شکل ۱-۲– ماهواره‌های به ترتیب Aqua و Terra، محل نصب سنجنده‌ی مادیس ۱۴
شکل ۱-۳- نمایی از سنجنده‌ی مادیس ۱۵
شکل ۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه ۲۶
شکل ۲-۲- مقادیر مجموع بارش ماهانه برای ماه‌های فصل رشد برنج در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در رشت ۲۹
شکل ۲-۳- مقادیر میانگین ماهانه دما برای ماه‌های فصل رشد برنج در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در رشت ۲۹
شکل ۲-۴- مینی لایسیمترهای استوانه‌ای و محل نصب آنها در مزرعه ۳۰
شکل ۲-۵- نحوه اندازه‌گیری تبخیر-تعرق در مینی لایسیمتر در شرایط وقوع بارش ۳۱
شکل۲-۶- قطرات شبنم موجود بر روی برگ گیاه برنج در موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت ۳۲
شکل ۲-۷- دستگاه سطح برگ‌سنج ۳۳
شکل ۲-۸- تصویر اولیه‌ی به‌ترتیب MOD05 و MOD07 در رشت با قدرت تفکیک مکانی ۱ و ۵ کیلومتر در ۶ ژولای ۲۰۱۳ ..... ۳۷
شکل ۳-۱- مقادیر اندازه‌گیری شده تبخیر-تعرق در طول دوره رشد برنج در سال ۱۳۹۱ ..... ۴۱
شکل ۳-۲- مقادیر اندازه‌گیری شده آب حاصل از شبنم در اراضی شالیزاری در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ ..... ۴۲
شکل ۳-۳- رابطه‌ی مقادیر شبنم به‌دست آمده از مدل رگرسیونی رابطه‌ی (۳-۱) و شاخص سطح برگ ۴۴
شکل ۳-۴- مقادیر کل آب حاصل از شبنم و کل نیاز آبی (تبخیر-تعرق) و کل بارندگی فصل رشد برنج ۱۳۹۱ ..... ۴۵
شکل ۳-۵- مقایسه مقادیر روزانه شبنم به‌دست آمده از مدل رگرسیونی (رابطه‌ی ۳-۱) و نیاز آبی (تبخیر-تعرق) گیاه برنج از ۲۳ خرداد تا ۱۷ مرداد سال ۱۳۹۱ ..... ۴۷
شکل ۳-۶- تغییرات مکانی آب قابل بارش حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) در ۵ مرداد ۱۳۹۱ (۲۶ ژولای ۲۰۱۲) در زمان گذر از محدوده‌ی ایران در ساعت ۷:۳۰ به وقت گرینویچ ۴۸
شکل ۳-۷- نقشه‌ی کل آب قابل بارش MOD05 به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۱۴ ژولای ۲۰۱۲ ..... ۵۰
شکل ۳-۸- نقشه‌ی کل آب قابل بارش MOD07 به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۱۴ ژولای ۲۰۱۲ ..... ۵۰
شکل ۳-۹- نقشه‌ی کل آب قابل بارش MOD05 به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۹ ژوئن ۲۰۱۳ ..... ۵۱
شکل ۳-۱۰- نقشه‌ی کل آب قابل بارش MOD07 به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۹ ژوئن ۲۰۱۳ ..... ۵۱
شکل ۳-۱۱- مقادیر کل آب قابل بارش (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) در تاریخ‌های اندازه‌گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ ..... ۵۲
شکل ۳-۱۲- مقادیر کل آب قابل بارش (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD07) در تاریخ‌های اندازه‌گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ ..... ۵۲

شکل ۳-۱۳- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با دمای نسبی در رشت..... ۵۵

شکل ۳-۱۴- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با رطوبت نسبی در رشت..... ۵۵

شکل ۳-۱۵- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با دمای نقطه‌ی شبنم در رشت..... ۵۶

شکل ۳-۱۶- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD07) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با دمای نسبی در رشت..... ۵۶

شکل ۳-۱۷- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD07) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با رطوبت نسبی در رشت..... ۵۷

شکل ۳-۱۸- مقایسه‌ی مقادیر آب قابل بارش کلی (TPW) حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD07) در تاریخ‌های اندازه-گیری شبنم در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ با دمای نقطه‌ی شبنم در رشت..... ۵۷

شکل ۳-۱۹- نمایش همبستگی بین مقادیر آب قابل بارش حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD05) و مقادیر اندازه‌گیری شده شبنم در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در شهر رشت ۵۹

شکل ۳-۲۰- نمایش همبستگی بین مقادیر آب قابل بارش حاصل از سنجنده‌ی مادیس (MOD07) و مقادیر اندازه‌گیری شده شبنم در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در شهر رشت ۵۹

شکل ۳-۲۱- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۱ ژوئن ۲۰۱۲..... ۶۰

شکل ۳-۲۲- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۳ ژوئن ۲۰۱۲..... ۶۱

شکل ۳-۲۳- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۵ ژوئن ۲۰۱۲..... ۶۱

شکل ۳-۲۴- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۹ ژولای ۲۰۱۲..... ۶۲

شکل ۳-۲۵- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۱۹ ژولای ۲۰۱۲..... ۶۲

شکل ۳-۲۶- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۴ ژولای ۲۰۱۲..... ۶۳

شکل ۳-۲۷- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲۹ ژولای ۲۰۱۲..... ۶۳

شکل ۳-۲۸- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۲ آگوست ۲۰۱۲..... ۶۴

شکل ۳-۲۹- پتانسیل آب حاصل از شبنم در سطح اراضی شالیزاری استان گیلان به‌دست آمده از سنجنده‌ی مادیس در ۶ آگوست ۲۰۱۲ ..... ۶۴

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۱- کاربرد باندهای مختلف سنجنده مادیس و مشخصات هر کدام از باندها ۱۷
جدول ۲-۱- نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش ۲۷
جدول ۲-۲- نتایج آزمایش تجزیه آب آبیاری ۲۷
جدول ۲-۳- عوامل هواشناسی در طول فصل رشد برنج در منطقه رشت در سال‌های ۹۱ و ۹۲ ..... ۲۸
جدول ۲-۴- خصوصیات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش ۳۴
جدول ۲-۵- مشخصات داده‌های ماهواره‌ای MOD05 مورد استفاده در این پژوهش ۳۴
جدول ۲-۶- مشخصات داده‌های ماهواره‌ای MOD07 مورد استفاده در این پژوهش ۳۵
جدول ۲-۷- تاریخ تصاویر مورد استفاده MOD05 و MOD07 در دوره مورد مطالعه ۱۳۹۱ (۲۰۱۲) ۳۵
جدول ۲-۸- تاریخ تصاویر مورد استفاده MOD05 و MOD07 در دوره مورد مطالعه ۱۳۹۲ (۲۰۱۳) ۳۶
جدول ۳-۱- معیارهای آماری خطا در استخراج مدل رگرسیونی برآورد شبنم ۴۳
جدول ۳-۲- بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر آب قابل بارش در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳، در تاریخ‌های اندازه‌گیری شبنم ۵۳

چکیده

برآورد سهم آب سبز حاصل از شبنم در تأمین نیاز آبی گیاه برنج

وحیده عبداللهی

محدودیت منابع آبی در اکثر نقاط جهان، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، سبب شده بسیاری از کشورها به دنبال منابع آب جایگزین برای تأمین آب مورد نیاز خود باشند. رطوبت جو یکی از منابعی است که می‌تواند تامین کننده بخشی از نیاز آبی گیاه به‌شمار رود. در این راستا شبنم یکی از منابع مهم رطوبت در مناطق مرطوب است. این منبع به‌ویژه در طول ماه‌های خشک، در مواقعی که گیاهان بیش‌ترین تنش را تجربه می‌کنند، در دسترس است. استان گیلان دارای اقلیمی مرطوب و ساحلی است، از این رو پتانسیل تشکیل شبنم در این استان وجود دارد که تاکنون کوششی در جهت بررسی و تعیین مقدار آن صورت نگرفته است. کشت گیاه برنج مهم‌ترین زراعت در این استان است. این مطالعه به‌منظور تعیین سهم شبنم در تأمین نیاز آبی و هم‌چنین بررسی ارتباط آب حاصل از شبنم در کشت برنج با میزان آب قابل بارش جو انجام شد. اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای در منطقه رشت و در اراضی موسسه تحقیقات برنج کشور و دانشگاه گیلان در سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ انجام شد. جهت اندازه‌گیری تبخیر-تعرق واقعی گیاه برنج از مینی‌لایسیمترهای استوانه‌ای استفاده شد. تغییرات سطح برگ برنج نیز در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد. هم‌چنین برآورد آب قابل بارش در لایه نزدیک سطح زمین با استفاده از تولیدات ماهواره‌ای سنجنده MODIS صورت گرفت. داده‌های روزانه MOD05 و MOD07 از وب سایت Reverb در روزهای برداشت شبنم برای منطقه‌ی رشت، در سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ دانلود شد. پس از پردازش‌های اولیه ، آب قابل بارش استخراج گردید و سپس با مقادیر شبنم اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. بر اساس نتایج، سهم شبنم در تأمین نیاز آبی گیاه برنج حدود ۳/۱۳ درصد برآورد گردید. هم‌چنین همبستگی تولیدات MOD07 و MOD05 با مقدار شبنم اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر ۰/۸۳ و ۰/۶۴ به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: شبنم، نیاز آبی، برنج، سنجش از دور، MODIS

Abstract

Estimation of green water contribution from dew in supplying rice water requirement.

Vahide Abdollahi

Many countries particularly in arid and semi-arid areas are looking for alternative resources of water due to limited water resources in many parts of the world. Atmospheric moisture is one of the sources that can supply a part of crop water requirement. In this regard, the dew is an important resource of moisture in wet areas. This resource is available especially during the dry months when plants are experiencing the greatest stress. Guilan province has a humid coastal climate. Therefore, there is a potential for dew formation and there is not conducted any research to evaluate and determine its value. Rice is the main agricultural crop cultivation in this province. This study was conducted to determine the contribution of dew in rice water requirement and also to find the relationship between dew and total precipitable water (TPW). Field measurements were conducted in the paddy fields of Rice Research Institute and University of Guilan in 2011 and 2012. There were used the cylindrical mini-lysimeter to measure of rice real evapotraspiration. Changes in rice leaf area during the growing season were measured. Also, estimation of precipitable water was made using satellite products of MODIS sensor. Corresponding to measured field data, the daily data set for MOD05 and MOD07 were downloaded from Reverb website in 2012 and 2013. After primary processing, the precipitable water was extracted and compared with measured dew. Based on the results, the contribution of dew in supplying water requirement of rice was estimated at about 3.13%. Also, the correlations between MOD07 and MOD05 products with measured dew were obtained 0.83 and 0.64, respectively.

Key words: Dew, Water requirement, Rice, Remote sensing, MODIS

مقدمه

مقدمه

ضرورت و اهمیت پژوهش

آب یکی از حیاتی‌ترین نیازهای بشر و از فراوان‌ترین منابع طبیعی در سطح جهان به‌شمار می‌رود. ولی با وجود حجم زیاد آب‌های کره زمین، تنها ۳ درصد از آنها شیرین بوده و فقط ۱ درصد این آب‌ها در دسترس است و بقیه تقریبا بدون برداشت می‌باشند [Burkard et al., 2003]. آب‌های شیرین بدون استفاده، یا در یخچال‌ها و کلاهک‌های قطبی ذخیره شده‌اند و یا به صورت بخار در اتمسفر زمین موجودند که در اکثر موارد استفاده از آنها به دلیل عدم توجیه اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

رطوبت جو یکی از منابعی است که می‌تواند تامین کننده بخشی از نیاز آبی گیاه به‌شمار رود. تمامی بخار آب موجود را در ستونی از جو که قابلیت بارش دارد، آب قابل بارش کلی گویند. این ستون عمودی جو از سطح زمین آغاز و تا نقطه‌ی پایانی بخار آب در جو ادامه پیدا می‌کند [Corlson, 1991]. به مقدار آبی که در هوا وجود دارد، رطوبت گفته می‌شود که به سه حالت فیزیکی جامد، مایع و گاز وجود دارند. بارش و آب قابل بارش دو مفهوم مجزا از هم هستند. از لحاظ تعریف، بارش هرگونه رطوبت متراکم شده‌ای است که به سطح زمین فرو می‌ریزد. بنابراین بارش در واقع تراکم و میعان ذرات ریز بخار آب در هوا می‌باشد و به اشکال مختلف فیزیکی برف، باران، تگرگ و ... به سطح زمین می‌رسد. اما آب قابل بارش به این مفهوم است که اگر با توجه به نسبت آمیزه تحت شرایطی دمای هوا کم‌تر از دمای نقطه شبنم شود، پیش‌بینی شود که چه مقدار از کل رطوبت ستون اتمسفر به قطرات ریز مایع تبدیل می‌شود که بر حسب ارتفاع ایستابی آب بیان می‌شود [مباشری، ۱۳۷۹]. در دهه‌ی ۱۹۹۰ روش‌های جدیدی برای تخمین آب قابل بارش کلی (TPW) با در نظر گرفتن تغییرات دمایی روی اراضی خشک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است که نمونه‌ای از این کار به وسیله‌ی کلسپیس و مک میلین [Kleespies and McMillin, 1990] انجام شد. با روی کار آمدن فناوری جدید سنجش از دور امکان برآورد حجم بخار آب قابل بارش با کمک باندهای جذبی بخار آب و باندهای حرارتی در هر زمان و مکان و در هر مقیاسی ممکن است [Plantinch et al., 2003].

عمده مطالعات تعیین سهم آب حاصل از شبنم در تامین نیاز آبی گیاه در مناطق خشک دنیا و به‌ویژه در مورد کشت دیم بوده است [Jana, 2002]. استان گیلان با حدود ۲۳۰ هزار هکتار سطح زیر کشت برنج دارای اقلیمی مرطوب و ساحلی است و از این رو پتانسیل تشکیل شبنم در طول دوره رشد برنج وجود دارد. بنابراین آب حاصل از شبنم در تأمین

نیاز تبخیر-تعرق و در کل نیاز آبیاری برنج نقش بازی می‌کند که تاکنون کوششی در خصوص بررسی و تعیین سهم آن صورت نگرفته است و در این پژوهش به این مهم پرداخته خواهد شد.

اهداف پژوهش

۱- تعیین سهم آب حاصل از شبنم در مقدار نیاز آبی گیاه برنج

۲- بررسی ارتباط مقدار آب حاصل از شبنم با عوامل آب و هوایی منطقه از جمله دما، رطوبت و سرعت باد

۳- بررسی میزان همبستگی آب قابل بارش جو با مقدار آب حاصل از شبنم

خلاصه‌ای از روش پژوهش

آزمایشات مزرعه‌ای در منطقه رشت و در اراضی موسسه تحقیقات برنج کشور انجام شد. رقم برنج مورد مطالعه رقم هاشمی بوده و جهت اندازه‌گیری تبخیر-تعرق گیاه برنج از مینی‌لایسیمترهای استوانه‌ای [Pirmoradian et al., 2004] استفاده شد. قبل از شروع فصل رشد، نمونه‌برداری خاک جهت بررسی و اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی صورت گرفت. مینی‌لایسیمترها در مزرعه برنج کارگذاری شده و پس از عملیات نشاء و در طول دوره رشد مقادیر تبخیر-تعرق واقعی گیاه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین تغییرات سطح برگ برنج در طول دوره رشد اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری مقدار آب حاصل از شبنم تعداد ۱۰ برگ از ارتفاع‌های مختلف گیاه نسبت به سطح زمین، در لحظات اولیه طلوع آفتاب و دو بار در هفته، از گیاه جدا شد و با توزین آنها قبل و پس از خشک کردن سطح، جرم آب حاصل از شبنم به‌دست آمده و با اندازه‌گیری سطح برگ، مقدار آب حاصل از شبنم بر حسب گرم بر متر مربع برگ حاصل شد.

جهت بررسی ارتباط مقدار آب حاصل از شبنم با پارامترهای آب و هوایی از جمله دما، رطوبت و سرعت باد، این پارامترها برای دوره رشد گیاه از ایستگاه هواشناسی مجاور محل انجام آزمایش برداشت شده و مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین جهت برآورد ارتباط آب قابل بارش در لایه نزدیک سطح زمین، کل آب قابل بارش از تولیدات ماهواره‌ای سنجنده MODIS استخراج شده و همبستگی آن با مقدار شبنم اندازه‌گیری شده مورد بررسی قرار گرفت.

فصل اول

کلیات و مرور منابع

۱-۱- کشاورزی و کشت برنج در استان گیلان

کشور ایران با متوسط بارندگی در حدود ۲۵۲ میلی‌متر جزء کشورهای خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود [حیدری و همکاران، ۱۳۸۸]. کشاورزی بزرگ‌ترین متقاضی آب در ایران و جهان است، به‌طوریکه حدود ۹۳ درصد از آب قابل استحصال کشور سالیانه در این بخش استفاده می‌شود [سادات میری و همکاران، ۱۳۸۲]. در چنین شرایطی، نیاز به افزایش بهره‌وری آب محصول است که به صورت کسر عملکرد بر آب مصرفی تعریف می‌شود [Kjine et al., 2003]. بهره-وری آب تابعی از عملکرد گیاه و عملیات مدیریتی است. روش‌های متعددی برای افزایش بهره‌وری آب وجود دارد که می-تواند از عملیات در سطح مزرعه تا سطح حوزه متغیر باشد. برای اینکه بتوان در آینده با مشکل کم آبی مبارزه نمود باید آب مورد نیاز بخش کشاورزی را با راندمان بالا مصرف نمود [Revenga, 2000]. تمام برنامه‌ریزی‌های مدیریتی که در رابطه با محصولات مختلف صورت می‌گیرد، به درک درستی از اقلیم منطقه به‌خصوص بارندگی، مقدار تبخیر و دمای هوا بستگی دارد [Kar et al., 2005].

برنج به عنوان غذای اساسی مردم در آسیا و قسمت‌های دیگر جهان، مانند کشورهای اروپایی اطراف دریای مدیترانه محسوب می‌شود [FAO, 1995]. مهم‌ترین چالش در رابطه با تولید برنج، ذخیره آب، افزایش بهره‌وری آب و تولید برنج بیش‌تر با آب کم‌تر است [Bouman et al., 2005]. این گیاه نقش مهمی در تغذیه نیمی از مردم جهان دارد که بیش‌تر آنها در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند. در حدود ۷۵ درصد از کل برنج تولید شده در قاره آسیا از اراضی پست شالیزاری به دست می‌آید. این مقدار تولید نزدیک به ۵۰ درصد آب آبیاری اختصاص داده شده برای کشاورزی را مصرف می‌کند [Guerra et al.,1998]. برنج کم طاقت‌ترین غله نسبت به خشکی بوده، نیاز آبی آن به اقلیم، خاک و رقم مورد کاشت بستگی دارد [اصفهانی، ۱۳۷۷]. آبیاری یکی از چندین عامل کلیدی در تعیین میزان سودآوری تولید برنج به‌شمار می‌آید [ضیاتبار احمدی، ۱۳۶۸]. مهم‌ترین چالش در رابطه با تولید برنج، ذخیره آب، افزایش بهره‌وری آب و تولید برنج بیش‌تر با آب کم‌تر است [Bouman et al., 2005]. یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر کیفیت و کمیت محصولات زراعی طی مراحل رویشی و زایشی آنها آب و هوا یا اقلیم منطقه است.

آب منبعی محدود و در عین حال ضروری برای جوامع بشری و سیستم‌های اکولوژیکی وابسته به آن بوده و با رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در بسیاری از کشورها و مناطق جهان، این منبع با ارزش به شکلی فزاینده رو به کاهش است. استان گیلان با توجه به سه عامل فراوانی آب، خاک مستعد و مرغوب و تنوع آب و هوایی حدودا ۴۰۰ هزار هکتار زمین کشاورزی دارد که ۶۰ درصد از آن به کشت برنج اختصاص دارد. برنج عمده‌ترین محصول زراعی استان گیلان با سطح زیر کشت معادل ۲۳۰ هزار هکتار می‌باشد که نیمی از آن در شرق استان گیلان در شهرستان‌های آستانه، لاهیجان، لنگرود،

رودسر و املش واقع شده است [ترابی گل سفیدی و همکاران، ۱۳۸۴]. در این استان به طور متوسط سالانه بیش از ۷۰۰ هزار تن برنج سفید تولید می‌شود که این رقم معادل ۳۰ درصد تولید برنج کشور است. با توجه به اینکه سطح مزارع برنج گیلان و مازندران تقریبا با هم مساوی است ولی مازندران به جهت کشت ارقام پرمحصول رتبه اول و گیلان به جهت اختصاص بیش از دو سوم مزارع به کشت ارقام بومی مقام دوم کشوری را داراست [بی‌نام، ۱۳۸۷].

۱-۲- منابع آبی استان گیلان

محدودیت منابع آب و رقابت بخش‌های مختلف در استفاده از این منابع از یک‌سو و افزایش سطح اراضی فاریاب از سوی دیگر، اهمیت بهره‌برداری بهینه از این منابع را صد چندان می‌سازد [شهابی‌فر و همکاران، ۲۰۰۴]. منابع آب در هر مکان از جمله گیلان تابعی است از نزولات جوی که به طور عمده به صورت برف و باران فرو می‌ریزد. منابع آب استان به دو بخش منابع آب سطحی و منابع آب زیر زمینی تقسیم می‌شوند. آب‌های سطحی و زیرزمینی تحت تأثیر مجموعه‌های از عوامل زمین شناسی، اقلیمی و پوشش زمین شکل می‌گیرد. استان گیلان دارای غنی‌ترین منابع آب سطحی و زیرزمینی در کشور و خاورمیانه است. باران سالانه با ارتفاع بیش از یک متر و احتمال وقوع بارش در تمامی فصل‌های سال، شرایط مطلوب و مساعدی در زندگی اجتماعی و اقتصادی گیلان پدید آورده است.

در بررسی منابع آب گیلان با توجه به موقعیت‌های متفاوت، حوزه‌ی آبی آن در شش حوزه شامل منابع آب غرب گیلان (آستارا تا چاف‌رود)، شرق گیلان (لنگرود تا صفارود)، سفیدرود، حوزه‌ی فومنات یا تالاب انزلی، منابع آب شرق گیلان، آب-های زیرزمینی و سطحی و آب‌های ساکن قرار دارند.

حوزه‌ی آبخیز رودهای غرب گیلان بالغ بر ۳۲۳۲ کیلومتر مربع وسعت دارد. ۸۴ درصد این منطقه کوهستانی است. این حوزه دارای رودهای متعددی است که بزرگ‌ترین رودخانه‌ی این حوزه، گرگان‌رود است. شاخه‌ی اصلی این رودخانه از ارتفاع ۳۰۰۰ متری سرچشمه می‌گیرد و از کنار تالش عبور می‌کند. دومین رود پرآب این حوزه شفارود است که از نزدیک رضوانشهر عبور می‌کند. حوزه‌ی آبخیز فومنات ۳۷۴۰ کیلومتر مربع وسعت دارد.

حوزه‌ی آبخیز سفیدرود در حدود ۵۹۴۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. رودخانه‌ی سفیدرود از بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های کشور و از منابع مهم تأمین آب شرب در شهرهای مختلف استان گیلان می‌باشد [تقوی و همکاران، ۱۳۸۸]. طول آن ۶۵۰ کیلومتر و دارای آبدهی متوسط ۱۷۳ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. این رودخانه از سلسله جبال البرز سرچشمه گرفته و پس از عبور از سه استان کردستان، آذربایجان شرقی و زنجان از راه دره‌ی منجیل و امامزاده هاشم وارد رشت شده و در بندر کیاشهر به دریای خزر می‌ریزد [بی‌نام، ۱۳۸۳].

حوزه‌ی آبخیز شرق گیلان در دامنه‌ی شمالی البرز بین رود چابکسر و لنگرود و در سمت مشرق دره‌ی سفیدرود قرار دارد. تعدادی از رودهای این حوزه در برخی از فصول سال فاقد آب هستند و پس از نزول در آن سیلاب جاری می‌شود.

اگرچه در استان‌های شمالی ایران قسمت عمده‌ای از برنج کشور تولید می‌شود، اما به منظور جبران کمبود تولید در داخل کشور، سالیانه مقداری برنج از کشورهای دیگر خریداری می‌شود. این در حالی است که اولا به دلیل احداث سدهای بالادست سد سفیدرود و کم‌تر شدن سهم کشاورزان گیلانی، تولید این گیاه با بحران کمبود آب مواجه خواهد شد و ثانیا افزایش جمعیت باعث افزایش نیاز غذایی داخل خواهد شد، بنابراین یافتن روشی از مدیریت آب که بدون تأثیرگذاری در میزان عملکرد باعث مصرف کم‌تر آب و در نتیجه افزایش راندمان مصرف آن و تولید پایدار برنج گردد، لازم به نظر می‌رسد [Rezaei, 2007; Yazdani, 2004].

در سال‌های اخیر تشدید پدیده کم‌آبی در استان‌های شمالی و اولویت گذاری وزارت نیرو به تأمین آب بخش کشاورزی پس از بخش‌های شرب و صنعت، مطالعه، اجرا و بهره‌برداری از طرح‌های متعدد توسعه منابع آب در حوضه آبریز رودخانه سفیدرود علاوه بر مشکلاتی از قبیل توزیع نامناسب جریان آب رودخانه‌های داخلی استان‌های شمالی و هم‌چنین مصرف بالای آب در اراضی شالیزاری لزوم بازنگری در چگونگی ارائه و مدیریت آب در این اراضی را امری اجتناب ناپذیر نموده است [سلحشور و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۳- رطوبت هوا

رطوبت از مفاهیم اصلی هواشناسی است. در واقع رطوبت یک اصطلاح کلی است که به منظور نشان دادن مقدار بخار آب در هواست [Lutgens and Tarbuck, 1995]. به مقدار آبی که در هوا وجود دارد رطوبت گفته می‌شود که به سه حالت جامد، مایع و گاز وجود دارند [مباشری و همکاران، ۱۳۸۷]. رطوبت همیشه در جو وجود دارد و مقدار رطوبتی که هوا می‌تواند داشته باشد به درجه‌ی گرمای هوا بستگی دارد. در هوای صاف و معمولی رطوبت به صورت بخار است که به چشم دیده نمی‌شود. رطوبت موجود در ابرها به صورت قطرات آب یا بلورهای یخ است که در شرایط خاصی از جو تخلیه می‌شوند. رطوبت را به صورت رطوبت نسبی و رطوبت مطلق شرح می‌دهند. رطوبت مطلق عبارت است از وزن بخار آب موجود در هر واحد حجم هوا، و آن را برحسب گرم در مترمکعب هوا بیان می‌کنند. رطوبت نسبی عبارت است از نسبت بخار آب موجود در هوا به حداکثر بخار آب هوا در همان دما و به صورت درصد اندازه‌گیری می‌شود . هر چه رطوبت نسبی بیشتر باشد هوا به درجه‌ی اشباع نزدیک‌تر است. برای بیان رطوبت هوا، رطوبت نسبی بسیار بیش‌تر از رطوبت مطلق به‌کار گرفته می‌شود. حداکثر مقدار رطوبت نسبی در صبح زود و حداقل آن در بعد از ظهر رخ می‌دهد [موسوی بایگی و اشرف، ۱۳۸۸].

۱-۳-۱- ویژگی‌های رطوبتی استان گیلان

استان گیلان مرطوب‌ترین استان کشور و هم‌چنین مرطوب‌ترین منطقه از سواحل جنوبی دریای خزر می‌باشد. ارتفاعات البرز مانند یک سد کوهستانی از انتقال رطوبت دریای خزر به سمت فلات داخلی ایران جلوگیری می‌کنند و موجب افزایش رطوبت و بارندگی در این ناحیه می‌شوند. توزیع رطوبت هوا در بخش ساحلی استان که به شدت تحت تأثیر رژیم اقلیمی دریای خزر قرار دارند، با مناطق دور از ساحل و کوهستانی استان متفاوت است. با گذار از نوار ساحلی استان به سمت ارتفاعات، به‌تدریج از رطوبت هوا کاسته شده و ویژگی اقلیم‌های ییلاقی پدیدار می‌شود که در تلفیق با دمای مساعد این مناطق، شرایط بسیار مطلوبی از نقطه‌نظر احساس آسایش فراهم می‌آورد. در مناطقی از استان که تحت تاثیر مستقیم رژیم رطوبتی دریای خزر قرار دارند، روند رطوبت نسبی طی ماه‌های سال از آهنگ منظمی پیروی می‌نماید. به‌طورکلی میانگین رطوبت نسبی در استان گیلان حدود ۸۰ درصد می‌باشد که این مقدار می‌تواند به حداکثر ۹۶ درصد در مهر ماه (اکتبر) و حداقل ۵۵ درصد در تیرماه (ژوئن) برسد. رطوبت نسبی در استان گیلان در پاییز و زمستان به حداکثر می‌رسد و در تابستان و بهار کم‌تر می‌شود ، هرچند در تابستان به دلیل گرمای زیاد ، شرجی بودن هوا بیش‌تر احساس می‌شود [بی‌نام، ۱۳۹۱].

۱-۴- آب سبز

محققان سه نوع آب سبز، آبی و خاکستری را از هم تفکیک می کنند. آب خاکستری آب ناپاکی است که به‌خاطر صنایع و موارد دیگر آلوده شده است. تاکنون در مطالعات مربوط به منابع آب، بیش‌تر به مولفه آب آبی (blue water) توجه شده و مولفه آب سبز (green water) به عنوان بخشی از منابع آب در کشاورزی نادیده گرفته شده است [اخوان و همکاران، ۱۳۸۹]. بحث آب سبز و لزوم توجه به آن برای اولین بار توسط فالکن مارک [Falkenmark, 1997] مطرح شد. آب آبی مجموع رواناب سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی عمیق است که متفاوت از تعریف آب سبز است. فالکن مارک و راکستروم [Falkenmark and Rockstrom, 2006]، آب سبز را شامل ۲ مولفه جریان آب سبز (green water flow) و منبع آب سبز (green water resource) دانسته‌اند. شول و همکاران [Schuol et al., 2008]، عنوان ذخیره آب سبز را به جای منبع آب سبز بکار گرفته اند. برطبق تعریف این پژوهشگران، ذخیره آب سبز مقدار آب موجود در پروفیل خاک و جریان آب سبز معادل تبخیر-تعرق واقعی است که در قالب تبخیر از سطح خاک و آب و تعرق از پوشش گیاهی وارد اتمسفر می‌شود. در واقع ذخیره آب سبز، قسمتی از منابع آب تجدیدپذیر با برگشت اقتصادی بوده که منبع اصلی کشاورزی دیم است (شکل ۱-۱).