

بررسی رابطه دمای هوا و دمای اعماق مختلف خاک و برآورد عمق یخبندان (مطالعه موردی استان خراسان رضوی)

محمد حسین نجفی مود* - امین علیزاده - آزاده محمدیان - جواد موسوی^۱

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۲

چکیده

به منظور برآورد عمق یخبندان خاک و آرایه یک رابطه ساده و منطقی بین درجه حرارت هوا و اعماق مختلف خاک در سطح شهرستان‌های استان خراسان رضوی مطالعه‌ای بر روی داده‌های جمع آوری شده درجه حرارت هوا و اعماق ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی استان در سال ۱۳۸۶ انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این مطالعه منجر به آرایه یک معادله درجه دوم به ازای هر عمق خاک گردید. با توجه به ضرایب همبستگی به دست آمده می‌توان گفت این رابطه برای عمق ۱۰۰ سانتی متری خاک غیر قابل قبول، اما برای سایر اعماق مناسب و قابل قبول می‌باشد. همچنین در برآورد عمق یخبندان و مقایسه آن با مقدار واقعی مشخص شد که روش استاندارد عمق یخبندان را در همه بافت‌های خاک بسیار بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند و نمی‌توان آن را به عنوان یک روش برآورد مناسب پیشنهاد کرد. همچنین روش مک‌کویین، مبتنی بر روش آمریکایی تعیین شاخص یخبندان، در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه، عمق یخبندان را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌نماید، در حالی که روش‌های فنلاندی و نروژی به ترتیب بهترین برآورد عمق یخبندان را آرایه نموده اند.

واژه‌های کلیدی: دمای هوا - دمای اعماق مختلف خاک - عمق یخبندان

مقدمه:

حرارتی خاک (نظیر ظرفیت گرمایی، ضریب هدایت حرارتی و گرمای ویژه) بستگی دارد.

علاوه بر فرآیندهایی مانند تبخیر- تعرق، فرآیندهای دیگری نظیر، تهویه خاک، جوانه زنی، رشد گیاه، توسعه ریشه‌ها و فعالیت‌های میکروبی درون خاک نیز تابع دمای آن هستند. هم‌چنین درجه حرارت خاک به عنوان یک عامل، به صورت قوی و موثر در فرآیندهای بحرانی مورد استفاده قرار گرفته و در توازن انرژی سطحی به عنوان یک منبع ذخیره و موثر بر اتمسفر نقش به‌سزایی دارد. از طرفی پارامترهای دمایی خاک از جمله عمق نفوذ یخبندان نیز یکی از شاخص‌های آب و هوایی مهم در کشاورزی، سازه

دمای خاک و چگونگی تغییرات آن نسبت به زمان و مکان یکی از مهم‌ترین عواملی است که نه تنها تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد، بلکه می‌توان گفت میزان و جهت کلیه فرآیندهای فیزیکی خاک به صورت مستقیم یا غیر مستقیم وابسته به دماست. دمای خاک به عوامل متعددی از جمله توپوگرافی، تابش خورشید، دمای هوا، میزان رطوبت خاک، نوع و ویژگی‌های

۱- به ترتیب مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و دانشجوی دوره دکتری

آبیاری، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس ارشد مرکز ملی

اقلیم‌شناسی و مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

Email: mhnajafi2002@yahoo.co.uk

*- نویسنده مسئول:

مختلفی را از فرآیندهای مرتبط با درجه حرارت خاک در طول زمان و در محیطهای مختلف انجام داد. یکی از این موارد بررسی یخ زدگی خاک است، به طوری که در مطالعات هیدرولوژی کاربرد زیادی دارد.

خلیلی و همکاران در تحقیقی جهت بررسی اعتبار سنجی شاخص یخبندان (AFI)^۱ در تعیین عمق نفوذ یخبندان در اقلیمهای خشک و نیمه خشک ایران (شهر کرد، ارومیه، یزد) نمایه یخبندان را با استفاده از سه روش نورژی، فنلاندی و آمریکایی تعیین نمودند و با توجه به اینکه مطالعات قبلی نشان داده بود که روش آمریکایی برای عرضهای جغرافیایی میانی از سایر روشها مناسب تر است، لذا در این تحقیق با استفاده از روش مذکور رابطه همبستگی بین نمایه یخبندان زایی هوا و عمق نفوذ یخبندان تعیین شد. بررسیها نشان داد که ضریب همبستگی بین این دو در ایستگاههای شهر کرد و ارومیه به ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۲ و در سطح یک درصد معنی دار است، در حالی که این ضریب برای ایستگاه یزد به مراتب ضعیف تر (۰/۶۵) و فقط در سطح ۵٪ معنی دار است. بر پایه این بررسی کاربرد نمایههای مورد مطالعه در اقلیمهای نیمه خشک نسبت به اقلیمهای خشک از اعتبار بالاتری برخوردار می باشد. در عین حال از این نمایه برای خاکهای مناطق فراخشک در شرایط نبود اطلاعات بیشتر می توان استفاده کرد (۲). فلرچینگر وهانسون دریافتند که مدل گرمای خاک و آب (SHAW)^۲ عمق یخ زدگی خاک را در ۳ تراز ارتفاعی دقیقاً شبیه سازی می کند و ملاحظه کردند که در مناطق مرتفع تر و سردتر کمترین یخ زدگی خاک وجود دارد (۳،۴،۵). در بررسی دیگر این محقق در سال ۱۹۹۱ نشان داد که در مدل فوق الذکر، عمق پوشش برف به عنوان عایق حرارتی، یک پارامتر فوق العاده

و تاسیسات زه کشی و شبکه لوله کشی آب شهری است. معدنی شدن مواد غذایی گیاه مانند نیتروژن و در نتیجه آزاد سازی دی اکسید کربن به طور قوی و موثر به درجه حرارت خاک وابسته اند (۹).

از طرفی گیاهان با توجه به اینکه برای جوانه زنی بهتر و سریع تر نیاز به یک دمای مطلوب دارند، لذا برای فراهم آوردن این دما می توان زمان مناسبی را برای بذر کاری تعیین نمود و یا عمق مناسبی را برای بذر انتخاب کرد. زیرا برای زارعین تعداد روزهای لازم برای جوانه زنی پس از کاشت اهمیت داشته و دمای خیلی زیاد و خیلی کم، جوانه زنی را با تاخیر روبرو می سازد. روشهای سری فوریه، رگرسیون چند متغیره خطی، شبکههای عصبی، معادلات موازنه انرژی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در زمره روشهای بررسی رژیم دمایی سطح و اعماق مختلف خاک می باشند (۱). در بیشتر این روشها، پارامترهای پایه، دمای هوا و رطوبت خاک هستند. ادیب عباسی طی مطالعات خود توانست روابط ساعتی، روزانه و ماهانه دمای اعماق خاک با دمای اسکرین و رطوبت خاک را تعیین کند (۱). این کار با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره و مدل نرم افزار آماری jump انجام پذیرفت. گومان و لال با استفاده از روش سری فوریه و مقایسه نتایج آن با نیمرخهای اندازه گیری شده دمای خاک به پیش بینی دمای روزانه خاک در یک منطقه استوایی پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که بین مقادیر دمای اندازه گیری شده با مقادیر پیش بینی شده از سری فوریه در عمق ۱۳ سانتی متری خاک همبستگی خوبی برقرار است (۵). آنها هم چنین در ۱۹۸۲ رژیم دمای خاک منطقه استوا را با کمک آنالیز فوریه مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که دمای خاک محاسبه شده از این معادلات در مقایسه با دمای مشاهده شده از دقت بالایی برخوردار است (۶). از سوی دیگر می توان تحلیل های

1 - Air Freezing Index
2 - Soil Heat And Water

شد. وی هم‌چنین به این نتیجه رسید که در شروع هر سال، نوسانات مورد انتظار فصلی در عمق ۱۰ سانتی‌متری و با یک مقدار حداقل، کاملاً مشهود بودند. ضمناً در هر سیکل یک ساله دامنه درجه حرارت با عمق خاک تقریباً به صورت نمایی کاهش یافت. به‌عنوان مثال با افزایش عمق خاک از ۱۰ سانتی‌متر به ۱۲۰ سانتی‌متر درجه حرارت از ۲۹ به ۱۵ درجه سانتی‌گراد رسید. نقاط پیک و یا حداکثر، نوسانات درجه حرارت با افزایش عمق خاک دارای تأخیر بودند. مثلاً نقاط پیک اعماق ۱۰ و ۱۲۰ سانتی‌متری نسبت به یک‌دیگر دارای یک ماه تأخیر می‌باشند. لازم به ذکر است که با توجه به خطای به‌وجود آمده در هنگام اندازه‌گیری دمای اعماق خاک توسط دماسنج‌های معمولی، به دلیل فاصله زمانی ایجاد شده از هنگام جابجایی دماسنج تا موقع خواندن و هم‌چنین تابش مستقیم نور خورشید بر آن، داده‌های درجه حرارت خاک با اتصال یک ولت‌متر به سنسورهای افقی نصب شده در اعماق مختلف، تعیین و جمع‌آوری می‌شدند. در هر صورت بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عملی‌ترین روش برای پیش‌بینی دمای خاک و عمق یخبندان، استفاده از داده‌هایی است که در بالای سطح خاک اندازه‌گیری می‌شود. در این پژوهش نیز هدف استفاده از دمای هوا به‌عنوان پارامتری برای برآورد مقدار دمای خاک در اعماق مختلف بوده است.

مواد و روش‌ها

جهت تعیین معادله پیش‌بینی دمای خاک و عمق نفوذ یخبندان در اعماق مختلف خاک از روی دمای اندازه‌گیری شده هوا در اسکرین، آمار درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه هوا و هم‌چنین درجه حرارت روزانه اعماق مختلف خاک (۵-۱۰-۲۰-۳۰-۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری) در طی ساعات ۳ صبح، ۹ صبح و ۳ عصر در

موثر و حساس محسوب می‌شود. وی در این تحقیق دو منطقه نانسی گلاچ با تراز ارتفاعی ۱۴۱۷ متر و کوهستان رینولدز با ارتفاع ۲۱۰۰ متر را مورد بررسی قرار داده و به نتایج زیر دست یافت. در اول اکتبر درجه حرارت خاک در اعماق بین ۰/۹ الی ۱/۸ متر در نانسی گلاچ ۱۷ و در کوهستان رینولدز ۱۲ درجه سانتی‌گراد بود. هم‌چنین اگر چه، الگوهای جبهه عمومی هوا در دو سایت فوق‌الذکر شبیه یکدیگر بودند، اما میانگین درجه حرارت هوا در نانسی گلاچ بیشتر از کوهستان رینولدز بود. در اول نوامبر بارندگی در نانسی گلاچ به صورت باران و در کوهستان رینولدز به شکل برف صورت پذیرفت. پس از بارندگی درجه حرارت خاک در عمق ۵ سانتی‌متری در نانسی گلاچ سرعت پایین افتاده و به زیر صفر رسید و این فرآیند تا عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک و تا اوایل دسامبر ادامه داشت. از طرفی هنگامی که خاک یخ زده و سطح آن تا ۱۵ روز بدون برف بود، نوسانات روزانه دما بطور مؤثر کاهش یافت. اما هنگامی که اولین برف روی سطح زمین را پوشاند، درجه حرارت هوا و خاک با یک شیب مثبت ملایم به ثبات و پایداری رسیدند. در حالی که در همان زمان و در کوهستان رینولدز دمای ۵ سانتی‌متری عمق خاک به سرعت تا نزدیک به صفر کاهش یافت، ولی به دلیل این‌که پوشش برف در سطح خاک یک لایه مرزی صفر درجه ایجاد کرده بود، هرگز یخ نزد. سپس در طول زمستان برف بیشتری باریده و روی خاک جمع شده، به صورت مؤثرتری خاک را عایق بندی کرده و نوسانات درجه حرارت را کاهش داده بود. در این منطقه درجه حرارت اعماق مختلف خاک تقریباً نزدیک صفر درجه سانتی‌گراد قرار داشتند. سپس هنگامی که در سوم ماه مه پوشش برف سطح زمین از بین رفت و درجه حرارت عمق ۱۸۰ سانتی‌متری خاک به ۲ درجه سانتی‌گراد رسید تغییرات روزانه درجه حرارت معنی‌دار

اما در روش آمریکایی ابتدا تغییرات دمای متوسط روزانه را برحسب درجه سانتی گراد در طول سال رسم می کنیم. سپس دماهای متوسط روزانه ای را که در قسمت نزولی این منحنی واقع شده اند تعیین و وارد معادله می شود (۱۰ و ۷).

$$AFI = \sum (Ti) \quad (3)$$

پس از تعیین شاخص یخبندان از روش مک کویین عمق نفوذ یخبندان در شهرستان های مختلف استان خراسان رضوی برآورد شد. در روش مک کویین از معادله زیر استفاده گردید (۱۰ و ۷).

$$D = \lambda * (AFI)^{1/2} \quad (4)$$

که در آن D عمق نفوذ یخبندان بر حسب متر، AFI شاخص یخبندان و λ ضریب بدون بعد معادله می باشند. مقدار λ تابع بافت خاک بوده و برابر مقادیر جدول ۱ می باشند (۱۰ و ۷).

جدول ۱ - رابطه بافت خاک و ضریب λ	
بافت خاک	λ
رسی	۰/۰۱۲
لوم رسی	۰/۰۲
لوم شنی	۰/۰۳
ماسه	۰/۰۶۹
سنگریزه	۰/۱۲۵

روش دیگر جهت برآورد عمق نفوذ یخبندان، معادله استاندارد $SN_{ip11} - 15 - 74$ است که به صورت زیر تعریف شده است (۱۰ و ۷):

$$H_H = (H_a)(\sum T_M)^{1/2} \quad (5)$$

که در آن H_H عمق نفوذ یخبندان برآورد شده بر حسب متر، T_M متوسط دمای منفی ماهانه بر حسب درجه سانتی گراد و H_a ضریب بدون بعد است که از (جدول ۲) و بر اساس بافت خاک به دست می آید (۱۰ و ۷).

طول سال ۱۳۸۶ شمسی در ۱۲ نقطه هواشناسی در شهرستان های مختلف استان خراسان رضوی (مشهد - سبزوار - نیشابور - تربت حیدریه - قوچان - فریمان - تربت جام - کاشمر - گناباد - خواف - سرخس - گلکمان) اندازه گیری و ثبت گردید. هم چنین نوع بافت خاک این نقاط نیز مشخص شد. برای تعیین معادله پیش بینی دمای خاک در اعماق مختلف خاک ذکر شده در فوق، ابتدا از داده های درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه هوا و هم چنین داده های به دست آمده از سه نوبت اندازه گیری درجه حرارت خاک، میانگین گیری به عمل آمد. سپس کلیه میانگین های درجه حرارت روزانه هوا مربوط به ۱۲ نقطه فوق الذکر در مقابل داده های مربوط به میانگین درجه حرارت اعماق مختلف خاک در نرم افزار Excel وارد و معادله بهترین خط برازش داده شده از میان تعداد ۴۳۸۰ نقطه برای هر عمق مشخص از خاک تعیین گردید (شکل ۱). اما در برآورد عمق نفوذ یخبندان در خاک از روی داده های دمای متوسط روزانه هوا در اسکرین، ابتدا باید نمایه شاخص یخبندان را تعیین کرد. مهم ترین روش های تعیین نمایه شاخص یخبندان عبارتند از:

۱- روش نروژی ۲- روش فنلاندی ۳- روش آمریکایی.

در روش نروژی از معادله زیر استفاده می کنیم (۱۰ و ۷):

$$AFI = \sum (Ti) , Ti < 0 \quad (1)$$

که در آن AFI شاخص یخبندان و Ti دمای متوسط منفی روزانه در زمستان بر حسب درجه سانتی گراد می باشند. معادله مورد استفاده در روش فنلاندی نیز به شکل زیر می باشد (۱۰ و ۷):

$$AFI = [(\sum T_{month}) * Ni] , T_{month} < 0 \quad (2)$$

که در آن T_{month} متوسط دمای ماهانه کمتر از صفر درجه سانتی گراد و Ni تعداد روزهای ماه است.

۱۳۸۶ از ایستگاه‌های مختلف به دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از انجام مراحل ذکر شده در مبحث مواد و روش‌ها در (شکل ۱) و (جدول ۳ و ۴ و ۵) آورده شده‌اند. هدف از تهیه (شکل ۱)، ارایه روابط ریاضی ساده و قابل قبول و با کمترین پارامترهای مورد نیاز و به دور از پیچیدگی‌های خاص مدل‌های رایج بوده، که برای طیف وسیعی از کاربران بتواند مورد استفاده قرار گرفته و مفید واقع شود، به طوری که با اندازه‌گیری دمای هوا، بتوان دمای اعماق مختلف خاک را پیش‌بینی کرد. این معادلات به شکل زیر می‌باشند و در آنها X درجه حرارت هوا و Y درجه حرارت عمق خاک بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشند.

جدول ۲) - رابطه بافت خاک و ضریب Ha	
Ha	بافت خاک
۲۳	رس
۲۸	ماسه سیلتی - ماسه رسی - ماسه نرم
۳۰	ماسه زبر و متوسط
۳۴	سنگریزه

با توجه به توضیحات فوق برای برآورد عمق نفوذ یخبندان در سطح شهرستان‌های استان خراسان رضوی ابتدا شاخص یخبندان را با سه روش نروژی، فنلاندی و آمریکایی تعیین و سپس برای تعیین عمق نفوذ از روش مک کوین استفاده شد. همچنین با روش استاندارد 74 - 15 - SNipll و تنها با کمک داده‌های متوسط دمای منفی ماهانه، عمق نفوذ یخبندان را به دست آوردیم. از سوی دیگر عمق واقعی یخبندان از روی داده‌های جمع‌آوری شده در طول سال

جدول ۳) - معادلات تعیین‌کننده رابطه دمای هوا با دمای اعماق مختلف خاک

عمق (CM)	معادله	ضریب همبستگی (R^2)
۵	$Y = 0.0124 X^2 + 0.6529 X + 5.1465$	0.6961
۱۰	$Y = 0.012 X^2 + 0.6587 X + 4.7566$	0.7124
۲۰	$Y = 0.0112 X^2 + 0.6003 X + 5.3916$	0.6843
۳۰	$Y = 0.0111 X^2 + 0.5513 X + 6.1026$	0.6567
۵۰	$Y = 0.0104 X^2 + 0.4735 X + 7.8909$	0.6034
۱۰۰	$Y = 0.0084 X^2 + 0.3182 X + 11.403$	0.4666

نتایج حاصل از محاسبات برآورد عمق یخبندان را نشان می‌دهند. نتایج برآورد عمق یخبندان با استفاده از روش استاندارد، نشان دادند که این روش عمق یخبندان را بسیار بیشتر از مقدار واقعی برآورد نموده است و نمی‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای این مناطق پیشنهاد شود. ادیب عباسی (۱) نیز روش استاندارد را به عنوان روشی که عمق یخ‌بندان را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند، معرفی نموده است.

هم‌چنین دقت برآورد عمق نفوذ یخبندان به روش مک کوین و با استفاده از شاخص‌های یخبندان فنلاندی، نروژی

نتایج (شکل ۱) و (جدول ۳) نشان می‌دهند که که رابطه دمای هوا در اسکرین با دمای عمق ۱۰۰ سانتی متری خاک از همبستگی خوبی برخوردار نیستند، اما این روابط در مورد سایر اعماق قابل قبول می‌باشند. از طرفی با توجه به این که تراکم ریشه اغلب گیاهان زراعی تا عمق ۳۰ سانتی متری خاک است، به همین دلیل، این معادلات می‌توانند در رابطه با تعیین تاریخ کشت محصولات مختلف کشاورزی، پیش‌بینی عمق یخبندان خاک و میزان خسارت وارده به سازه و تاسیسات زه‌کشی و شبکه لوله‌کشی آب شهری، جنبه کاربردی بالایی داشته باشند. ضمناً (جدول ۴ و ۵)

و آمریکایی به تفکیک برای هر شهرستان مورد بحث قرار گرفته است.

قوجان

در این نقطه به مدت ۱۰ روز میانگین درجه حرارت عمق ۷۰ سانتی متری خاک کمتر از صفر درجه سانتی گراد بود، در حالی که با توجه به بافت خاک لوم رسی عمق برآورد شده یخبندان در روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۲، ۴۳ و ۵۲ سانتی متر تعیین شده اند که تفاوت قابل ملاحظه ای با مقدار واقعی عمق یخبندان دارند.

مشهد

بررسی داده های مربوط به مشهد حاکی از آن است که در طی یک دوره ۳۴ روزه میانگین روزانه درجه حرارت خاک در عمق ۵۰ سانتی متری از صفر درجه سانتی گراد کمتر بوده و به عبارت دیگر عمق یخبندان واقعی ۵۰ سانتی متر است. از طرفی با توجه به بافت خاک لومی و استفاده از روش مک کوین مبتنی بر شاخص های یخبندان به دست آمده از روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی عمق برآورد شده یخبندان به ترتیب ۳۹، ۴۳ و ۷۳ سانتی متر به دست آمده اند. این نتایج نشان می دهند که بهترین برآورد عمق یخبندان مربوط به روش نروژی می باشد.

تربت حیدریه

مقدار عمق مشاهده شده یخبندان خاک لومی این منطقه، در طی ۲۱ روز ۵۰ سانتی متر بود، در حالی که عمق برآورد شده بر اساس روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۳، ۴۵ و ۶۶ سانتی متر به دست آمده و نشان دهنده این است که، روش نروژی برآورد بهتری نسبت به سایر روش ها داشته است.

فریمان

آمار نشان می دهند که میانگین درجه حرارت در عمق ۵۰ سانتی متری خاک لومی ایستگاه به مدت ۲۰ روز کمتر از صفر درجه سانتی گراد بوده است. از طرف دیگر عمق یخبندان به ترتیب بر اساس روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی ۵۰، ۵۱ و ۶۴ سانتی متر برآورد شده اند. در نتیجه می توان گفت دو روش اول برآورد بسیار دقیقی از عمق یخ زدگی خاک داشته اند.

گلمکان

در طی یک دوره ۱۶ روزه متوسط درجه حرارت عمق ۵۰ سانتی متری خاک کمتر از صفر درجه سانتی گراد بود. در حالی که عمق برآورد شده یخبندان به روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۵۱، ۵۳ و ۹۰ سانتی متر بود، که نشان دهنده دقت بالای روش های فنلاندی و نروژی می باشد. بافت خاک ایستگاه لوم شنی است.

نیشابور

در این نقطه نیز به مدت ۱۴ روز متوسط درجه حرارت واقعی در عمق ۵۰ سانتی متری خاک به زیر صفر رسیده بود. از طرفی عمق برآورد شده یخبندان در این منطقه با توجه به بافت لومی آن بر اساس روش های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۷، ۶۰ و ۷۸ سانتی متر بودند. در نتیجه می توان گفت تنها روش فنلاندی برآورد مناسبی از عمق نفوذ یخبندان داشته است.

خواف

در طول مدت یک دوره ۱۰ روزه متوسط درجه حرارت واقعی خاک لومی شنی منطقه در عمق ۵۰ سانتی متری کمتر از صفر درجه سانتی گراد بود، در حالی که عمق

می‌توان گفت روش نروژی در شرایط این ایستگاه بهترین برآورد را نسبت به دو روش دیگر دارد.

سرخس

آمار نشان می‌دهند که در مدت یک دوره ۸ روزه درجه حرارت واقعی عمق ۳۰ سانتی متری خاک به کمتر از صفر درجه سانتی گراد رسیده در حالی که با توجه به بافت خاک لومی رسی محل مورد مطالعه، عمق یخبندان برآورد شده در روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۲۵، ۳۱ و ۶۷ سانتی متر شده است. در این ایستگاه نیز روش نروژی بهترین برآورد را از عمق یخبندان داشته است.

گناباد

مقدار عمق واقعی یخبندان در خاک لومی شنی این منطقه در مدت یک دوره ۹ روزه و با میانگین درجه حرارت کمتر از صفر درجه سانتی گراد معادل ۳۰ سانتی متر می‌باشد در حالی که عمق یخبندان برآورد شده در روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۳، ۵۰ و ۹۴ سانتی متر به دست آمدند. در نتیجه می‌توان گفت هیچکدام از این سه روش برآورد مناسبی از عمق واقعی یخبندان در این منطقه نداشته‌اند.

با جمع بندی موارد فوق الذکر می‌توان گفت، در ایستگاه‌های قوچان، تربت جام و گناباد، هیچ کدام از روش‌ها نتوانسته‌اند برآورد مناسبی از عمق واقعی یخبندان ارائه دهند، اما در سایر ایستگاه‌ها دو روش نروژی و فنلاندی، برآورد بسیار بهتری از عمق یخبندان خاک نسبت به روش آمریکایی داشته‌اند، در حالی که خلیلی و همکاران (۲) روش آمریکایی را برای مناطق نیمه خشک پیشنهاد کرده‌اند.

برآورد شده یخبندان به روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۴۶، ۵۳ و ۹۳ سانتی متر گردید. با مقایسه این داده‌ها می‌توان گفت روش‌های فنلاندی و نروژی برآورد مناسب و قابل قبولی ارائه کرده‌اند، در حالی که روش آمریکایی همانند مناطق دیگر در اینجا نیز برآورد قابل قبولی در خصوص عمق یخبندان خاک ندارند.

سبزوار

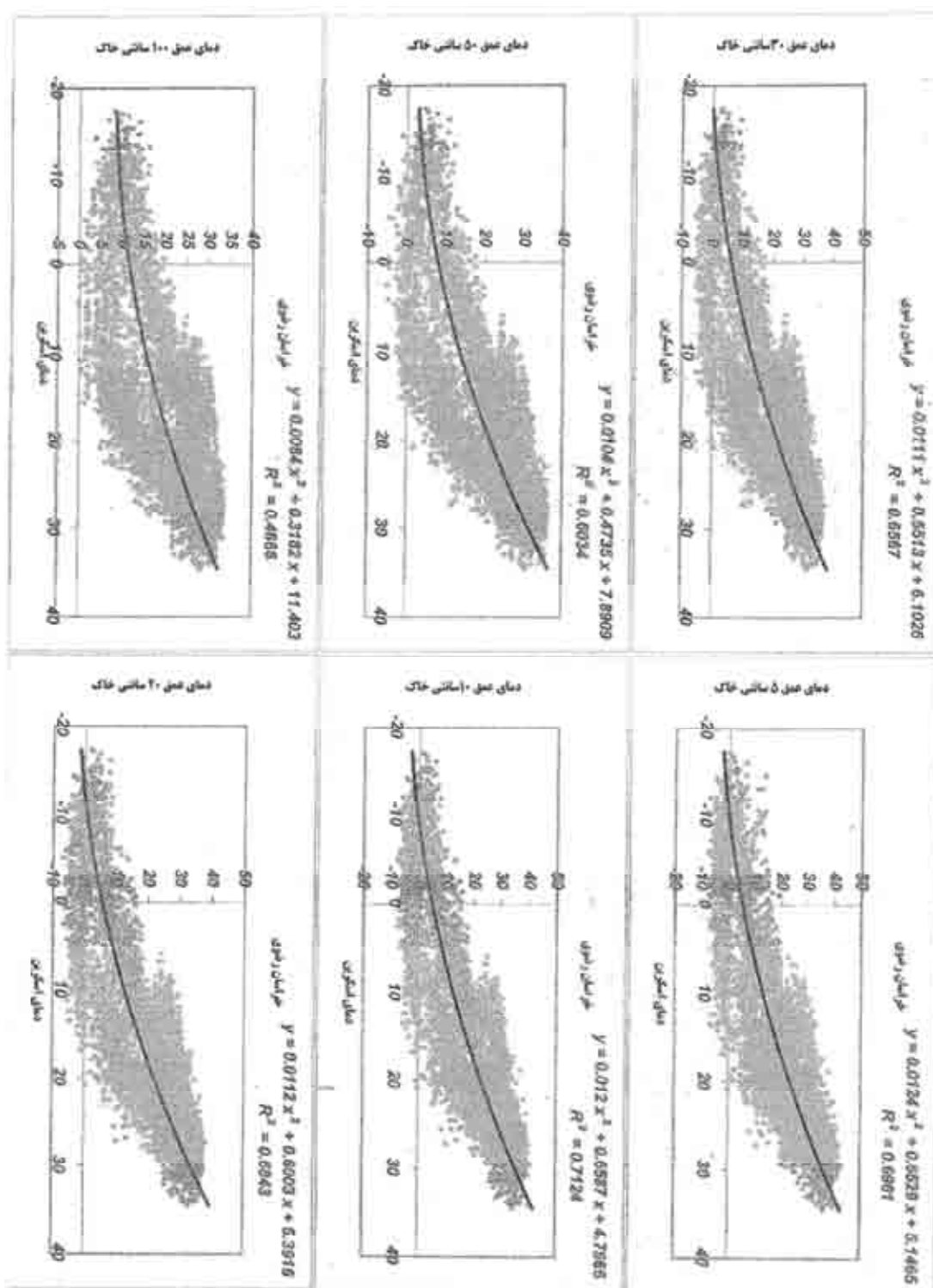
در این نقطه نیز خاک با بافت لوم شنی ب مدت ۱۵ روز و در عمق ۴۵ سانتی متری دارای درجه حرارت واقعی کمتر از صفر درجه سانتی گراد بوده، در حالی که عمق یخبندان برآورد شده با روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۴۵، ۵۰ و ۹۴ شدند. بنا براین می‌توان گفت روش فنلاندی برآورد کاملاً دقیقی از عمق یخزدگی خاک داشته است.

تربت جام

میانگین درجه حرارت واقعی خاک طی یک دوره ۶ روزه در عمق ۳۰ سانتی متری خاک لومی نقطه اندازه‌گیری شده کمتر از صفر درجه سانتی گراد و عمق یخبندان برآورد شده به روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۵، ۴۷ و ۶۸ سانتی متر بودند، که نشان دهنده برآورد بیش از حد در هر سه روش می‌باشد.

کاشمر

در این منطقه در طی یک دوره ۶ روزه درجه حرارت واقعی عمق ۳۰ سانتی متری خاک لومی رسی به کمتر از صفر درجه سانتی گراد رسید، در حالی که عمق یخبندان به دست آمده از روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۲۲، ۲۸ و ۶۷ سانتی متر برآورد شد. در نتیجه



شکل ۱) - روابط بین دمای اسکرین و دمای خاک در اعماق مختلف در استان خراسان رضوی

(جدول ۴) - مقایسه عمق یخبندان واقعی و برآورد شده خاک برحسب سانتی‌متر در استان خراسان رضوی به روش مک کوبین

عمق واقعی یخبندان	عمق برآورد یخبندان با استفاده از روش مک کوبین			شهرستان
	آمریکایی	نروژی	فنلاندی	
۷۰	۵۲	۴۳	۴۲	قوچان
۵۰	۷۳	۴۳	۳۹	مشهد
۵۰	۶۶	۴۵	۴۳	تربت حیدریه
۵۰	۶۴	۵۱	۵۰	فریمان
۵۰	۹۰	۵۳	۵۱	گلمکان
۵۰	۷۸	۶۰	۴۷	نیشابور
۵۰	۹۳	۵۲	۴۶	خواف
۴۵	۹۴	۵۰	۴۵	سبزوار
۳۰	۶۸	۴۷	۴۵	تربت جام
۳۰	۶۷	۲۸	۲۲	کاشمر
۳۰	۶۷	۳۱	۲۵	سرخس
۳۰	۹۴	۵۰	۴۳	گناباد

(جدول ۵) - مقایسه عمق یخبندان برآورد شده با واقعی بر حسب سانتی‌متر در روش استاندارد

شهرستان	عمق یخبندان برآورد شده	عمق یخبندان واقعی
مشهد	۸۱	۵۰
قوچان	۱۰۷	۷۰
تربت حیدریه	۸۸	۵۰
فریمان	۱۰۲	۵۰
گلمکان	۸۶	۵۰
نیشابور	۹۶	۵۰
خواف	۷۹	۵۰
سبزوار	۷۶	۴۵
تربت جام	۹۲	۳۰
کاشمر	۵۶	۳۰
سرخس	۵۱	۳۰
گناباد	۷۵	۳۰

منابع

- ۱- ادیب عباسی، ۱۳۸۵. بررسی روابط بین رژیم دمایی اعماق خاک با دمای هوا (اسکرین) و تعیین عمق یخبندان در استان کردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۲- خلیلی، ع.ح، رحیمی، و ز. آقاشریعی. ۱۳۸۴. اعتبار نمایه سنجی AFI در تعیین عمق نفوذ یخبندان در تیپ‌های اقلیمی خشک و نیمه خشک ایران (شهرکرد- یزد). دوازدهمین کنفرانس ژئوفیزیک.
- 3- Flerchinger, G.N., and C.L.Hanson. 1989. Modeling soil freezing and thawing on a rangeland watershed, Trans. ASAE, 32: 1551-1554.
- 4- Flerchinger, G.N. 1991. Sensitivity of soil freezing simulated by the SHAW model, Trans. ASAE, 34: 2381-2389.
- 5- Ghuman, B.S., and Lal, R. 1981. Predicting diurnal temperature regimes of the central Appalachians, Soil

- Science.132:247-252.
- 6- Ghuman,B.S., and Lal,R. 1982.temperature regime of a tropical soil in relation to surface condition and air temperature and its fourier analysis, Soil Science.134:133-140.
 - 7- Mc Koewn,S., J.I.Klark, and D.Matheson.1988.Frost penetration and theral regim in dry gravel, Jour.Cold Reg. Eng.2:111-123.
 - 8- Seyfried,M.S.,G.N.Flerchinger,M.D.Murdock,C.L.Hanson,and S.Van Vactor.2001.Long-term soil temperature database,Reynolds creek Experimental Watershed,Idaho,united states.Water Resources Research.37:2843-2846.
 - 9- Sommers,L.E.,C.M.Gilmour,R.E.Wildung, and S.M.Beck.1981.The effect of water potential on decomposition processes in soils, in Water Potential Relations in Soil Microbiology.edited by J.E.Parr,W.R.Gardner, and W.R.Elliot,SSSA Spec.publ.9.97-117.
 - 10- Steuer,P.M., and J.H.Crandell.1995.Comparison of methods used to create estimate of air freezing index, Jour.Cold Reg. Eng.9:64-75.

Investigation of relationship between air and soil temperature at different depths and estimation of the freezing depth (Case study: Khorasan Razavi)

M.H.Najafi-mood* - A.Alizadeh - A.Mohamadian - J. mousavi¹

Abstract

In order to estimate the freezing depth and developing a simple and rational relationship between air temperatures at the screen and soil temperature at different depths a study was conducted during 1386. The maximum and minimum daily air temperatures (2 meter above ground) and the soil temperature at 5, 10, 20, 30, 50 and 100 centimeter depths were measured at 12 stations of Khorasan Razavi province. Functional relationships were developed between air and soil temperatures for each station. Also, soil freezing depths were estimated by four standard methods. The estimated depths were compared with actual freezing depths which were measured during the year of observation. The results showed that the Finnish and Norway methods were more reliable than U.S. and SNip11 – 15 – 74 methods.

Key words: Air temperature, Soil temperature, Freezing depth

* - Corresponding author Email: mhnajafi2002@yahoo.co.uk

1 - Contribution from College of Birjand Univerdity & Ferdowsi University & Agricultural Chimatologist Center for Climatological Research