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[1]

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۱۲

چکیده

به منظور برآورد عمق یخبندان خاک و ارایه 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، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متری خاک از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی استان در سال ۱۳۸۶ انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این مطالعه منجر به ارایه یک معادله درجه دوم به ازای هر عمق خاک گردید. با توجه به ضرایب همبستگی به‌دست 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 نمی توان آن را به‌عنوان یک روش برآورد مناسب پیشنهادکرد. هم‌چنین روش مک‌کوین، 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 ارایه نموده اند.

واژه های کلیدی: دمای هوا – دمای اعماق مختلف خاک – عمق یخبندان

مقدمه:

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 به‌صورت 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 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، به‌صورت قوی و موثر در فرآیندهای بحرانی مورد استفاده قرار گرفته و در توازن انرژی سطحی به‌عنوان 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

۱- به ترتیب مربی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و دانشجوی دوره دکتری آبیاری، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس ارشد مرکز ملی اقلیم شناسی و مربی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*- نویسنده مسئول: Email: mhnajafi2002@yahoo.co .uk

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 به‌طور قوی و موثر به درجه حرارت خاک وابسته‌اند(۹).

از طرفی گیاهان با توجه به اینکه برای جوانه زنی بهتر و سریع‌تر نیاز به یک دمای مطلوب دارند، لذا برای فراهم آوردن این دما می‌توان زمان مناسبی را برای بذرکاری 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 می‌سازد. 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 می‌باشند(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 jamp انجام پذیرفت. گومان و لال با استفاده از روش سری فوریه و مقایسه نتایج آن با نیمرخ‌های‌اندازه گیری شده دمای خاک به پیش بینی دمای روزانه خاک دریک منطقه استوایی پرداختند. نتیجه این مطالعه نشان داد که بین مقادیر دمای‌اندازه گیری شده با مقادیر پیش بینی شده از سری فوریه در عمق ۱۳ سانتی متری خاک همبستگی خوبی برقرار است(۵). آن‌ها هم‌چنین 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 می‌توان تحلیل‌های 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، به‌طوری‌که در مطالعات هیدرولوژی کاربرد زیادی دارد.

خلیلی و همکاران درتحقیقی جهت بررسی اعتبار سنجی شاخص یخبندان (AFI)[1] در تعیین عمق نفوذ یخبندان در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک ایران (شهر کرد، ارومیه، یزد) نمایه یخبندان را با استفاده از سه روش نروژی، 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 ا عتبار بالاتری برخوردار می‌باشد. در عین حال از این نمایه برای خاک‌های مناطق فراخشک در شرایط نبود اطلاعات بیشتر می‌توان استفاده کرد(۲). فلرچینگر وهانسون دریافتند که مدل گرمای خاک و آب (SHAW) [2] عمق یخ زدگی خاک را در ۳ تراز ارتفاعی دقیقاً شبیه سازی می‌کند و ملاحظه کردند که در مناطق مرتفع تر و سردتر کمترین یخ زدگی خاک وجود دارد(۳،۴،۸). 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

1 -Air Freezing Index
2- Soil Heat And Water

موثر وحساس محسوب می‌شود. وی در این تحقیق دو منطقه نانسی گلاچ با تراز ارتفاعی ۱۴۱۷متر 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 فوق الذکر شبیه یکدیگر بودند، اما میانگین درجه حرارت هوا در نانسی گلاچ بیشتر از کوهستان رینولدز بود. دراول نوامبر بارندگی در نانسی گلاچ به‌صورت باران و در کوهستان رینولدز به شکل برف صورت پذیرفت. پس از بارندگی درجه حرارت خاک در عمق ۵ سانتی متری در نانسی گلاچ بسرعت 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 مؤثرکاهش 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 سانتی متری عمق خاک به‌سرعت 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، به‌صورت مؤثرتری خاک را عایق بندی کرده و نوسانات درجه حرارت را کاهش داده بود. در این منطقه درجه حرارت اعماق مختلف خاک تقریبا 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 معنی دار 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، کاملا مشهود بودند. ضمنا در هر سیکل یک ساله دامنه درجه حرارت با عمق خاک تقریبا به‌صورت 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 تاخیر بودند. مثلا 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 اندازه گیری 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 ولت متر به سنسورهای افقی نصب شده در اعماق مختلف، تعیین و جمع آوری می‌شدند. در هر صورت بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که عملی ترین روش برای پیش بینی دمای خاک و عمق یخبندان، استفاده از داده‌هایی است که در بالای سطح خاک اندازه گیری 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 پیش بینی دمای خاک و عمق نفوذ یخبندان در اعماق مختلف خاک از روی دمای اندازه گیری 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

طـول سـال ۱۳۸۶ شمـسی در ۱۲ نقطـه هواشناسـی در شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی (مشهد – سبزوار – نیشابور – تربت حیدریه – قوچان – فریمان – تربت جام – کاشمر – گناباد – خواف – سرخس – گلمکان) اندازه گیری و ثبت گردید. هم‌چنین نوع بافت خاک این نقاط نیز مشخص شد. برای تعیین معادله پیش بینی دمای خاک دراعماق مختلف خاک ذکر شده در فوق، ابتدا از داده‌های درجه حرارت حداقل و حداکثر روزانه هوا و هم‌چنین داده‌های به‌دست آمده از سه نوبت اندازه گیری درجه حرارت خاک، میانگین گیری به‌عمل آ مد. سپس کلیه میانگین‌های درجه حرارت روزانه هوا مربوط به ۱۲ نقطه فوق الذکر در مقابل داده‌های 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 بر آورد عمق نفوذ یخبندان در خاک از روی داده‌های دمای متوسط روزانه هوا در اسکرین، ابتدا باید نمایه شاخص یخبندان را تعیین کرد. مهم‌ترین روش‌های تعیین نمایه شاخص یخبندان عبارتند از:

۱- روش نـــروژی ۲- روش فنلانـــدی ۳- روش آمریکایی.

در روش نروژی از معادله زیر استفاده می کنیم(۷و۱۰):

$$AFI = \Sigma (Ti) \ , \ Ti < 0 \qquad (۱)$$

که در آن AFI شاخص یخبندان و Ti دمای متوسط منفی روزانه در زمستان بر حسب درجه سانتی گراد می‌باشند.

معادله مورد استفاده در روش فنلاندی نیز به شکل زیر می‌باشد (۷و۱۰):

$$AFI = [(\Sigma \ Tmonth) * Ni] \ , Tmonth < 0 \qquad (۲)$$

که در آن Tmonth متوسط دمای ماهانه کمتر از صفر درجه سانتی گراد و Ni تعداد روزهای ماه است.

اما در روش آمریکایی ابتدا تغییرات دمای متوسط روزانه را برحسب درجه سانتی گراد در طول سال رسم می کنیم. سپس دماهای متوسط روزانه‌ای را که در قسمت نزولی این منحنی واقع شده‌اند تعیین و وارد معادله می‌شود(۷و۱۰).

$$AFI = \Sigma (Ti) \qquad (۳)$$

پس از تعیین شاخص یخبندان از روش مک کوین عمق نفوذ یخبندان در شهرستان‌های مختلف استان خراسان رضوی برآورد شد. در روش مک کوین از معادله زیر استفاده گردید(۷و۱۰).

$$D = \lambda * (AFI)^{1/2} \qquad (۴)$$

که در آن D عمق نفوذ یخبندان بر حسب متر، AFI شاخص یخبندان و λ ضریب بدون بعد معادله می‌باشند. مقدار λ تابع بافت خاک بوده و برابر مقادیر جدول ۱ می‌باشند(۷و۱۰).

(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 SNipll – 15 – 74 است که به صورت زیر تعریف شده است (۷و۱۰):

$$H_H = (H_a)(\Sigma| T_M|)^{1/2} \qquad (۵)$$

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 (جدول۲) و بر اساس بافت خاک به‌دست می‌آید(۷و۱۰).

(جدول ۲) - رابطه بافت خاک و ضریب Ha

بافت خاک	Ha
رس	۲۳
ماسه سیلتی – ماسه رسی – ماسه نرم	۲۸
ماسه زبر و متوسط	۳۰
سنگریزه	۳۴

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 SNipll – 15 – 74 و تنها با کمک داده‌های متوسط دمای منفی ماهانه، عمق نفوذ یخبندان را به‌دست آوردیم. از سوی دیگر عمق واقعی یخبندان از روی داده‌های جمع آوری شده در طول سال ۱۳۸۶ از ایستگاه‌های مختلف به‌دست آمد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از انجام مراحل ذکر شده در مبحث مواد و روش‌ها در (شکل۱) و (جداول ۳ و ۴ و ۵) آورده شده اند. هدف از تهیه (شکل۱)، 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، به‌طوری که با اندازه گیری دمای هوا ، بتوان دمای اعماق مختلف خاک را پیش بینی 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 ۳) – معادلات تعیین کننده 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 (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 این‌که 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، پیش بینی عمق یخبندان خاک و میزان خسارت وارده به سازه و تاسیسات زه کشی و شبکه لوله کشی آب شهری، جنبه کاربردی بالایی داشته باشند. ضمنا (جداول ۴ و ۵) 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 نمی تواند به عنوان یک روش مناسب برای این مناطق پیشنهاد شود. ادیب عباسی (۱) نیز روش استاندارد را به عنوان روشی که عمق یخ بندان را بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند، معرفی نموده است.

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

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

قوچان

در این نقطه به مدت ۱۰ روز میانگین درجه حرارت عمق ۷۰ سانتی‌متری خاک کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که با توجه به بافت خاک لوم رسی عمق برآورد شده یخبندان در روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۲ ، ۴۳ و ۵۲ سانتی متر تعیین شده‌اند که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با مقدار واقعی عمق یخبندان دارند.

مشهد

بررسی داده‌های 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 سانتی‌گراد کمتر بوده و به‌عبارت دیگر عمق یخبندان واقعی ۵۰ سانتی متراست. از طرفی با توجه به بافت خاک لومی و استفاده از روش مک کوین مبتنی بر شاخص‌های یخبندان به‌دست آمده از روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی عمق بر آورد شده یخبندان به ترتیب ۳۹، ۴۳ و ۷۳ سانتی متر به‌دست آمده‌اند. این نتایج نشان می‌دهند که بهترین برآورد عمق یخبندان مربوط به روش نروژی می‌باشد.

تربت حیدریه

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

فریمان

آمار نشان می‌دهند که میانگین درجه حرارت در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک لومی ایستگاه به مدت ۲۰ روز کمتر از صفر درجه سانتی گراد بوده است. از طرف دیگر عمق یخبندان به ترتیب بر اساس روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی ۵۰، ۵۱ و ۶۴ سانتی‌متر بر آورد شده‌اند. در نتیجه می‌توان گفت دو روش اول بر آورد بسیار دقیقی از عمق یخ زدگی خاک داشته اند.

گلمکان

در طی یک دوره ۱۶ روزه متوسط درجه حرارت عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بود. در حالی‌که عمق برآورد شده یخبندان به روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۵۱، ۵۳ و ۹۰ سانتی‌متر بود، که نشان دهنده دقت بالای روش‌های فنلاندی و نروژی می‌باشد. بافت خاک ایستگاه لوم شنی است.

نیشابور

در این نقطه نیز به‌مدت ۱۴ روز متوسط درجه حرارت واقعی در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک به زیر صفر رسیده بود. از طرفی عمق برآورد شده یخبندان در این منطقه با توجه به بافت لومی آن بر اساس روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۷، ۶۰ و ۷۸ سانتی‌متر بودند. در نتیجه می‌توان 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 سانتی‌متری کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که عمق

برآورد شده یخبندان به روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۴۶، ۵۳ و ۹۳ سانتی‌متر گردید. با مقایسه این داده‌ها می‌توان گفت روش‌های فنلاندی و نروژی برآورد مناسب و قابل قبولی ارایه کرده اند، 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 بمدت ۱۵ روز و در عمق ۴۵ سانتی‌متری دارای درجه حرارت واقعی کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد بوده، در حالی‌که عمق یخبندان برآورد شده با روش‌های فنلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب معادل ۴۵، ۵۰ و ۹۴ شدند. بنا براین می‌توان گفت روش فنلاندی بر آورد کاملا دقیقی از عمق یخزدگی خاک داشته است.

تربت جام

میانگین درجه حرارت واقعی خاک طی یک دوره ۶ روزه در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک لومی نقطه اندازه گیری شده کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد و عمق یخبندان برآورد شده به روش‌های فلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۵، ۴۷ و ۶۸ سانتی‌متر 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 سانتی‌متری خاک لومی رسی به کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد رسید، در حالی که عمق یخبندان به‌دست آمده از روش‌های فلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۲۲، ۲۸ و ۶۷ سانتی‌متر بر آورد شد. در نتیجه می‌توان گفت روش نروژی در شرایط این ایستگاه بهترین برآورد را نسبت به دو روش دیگر دارد.

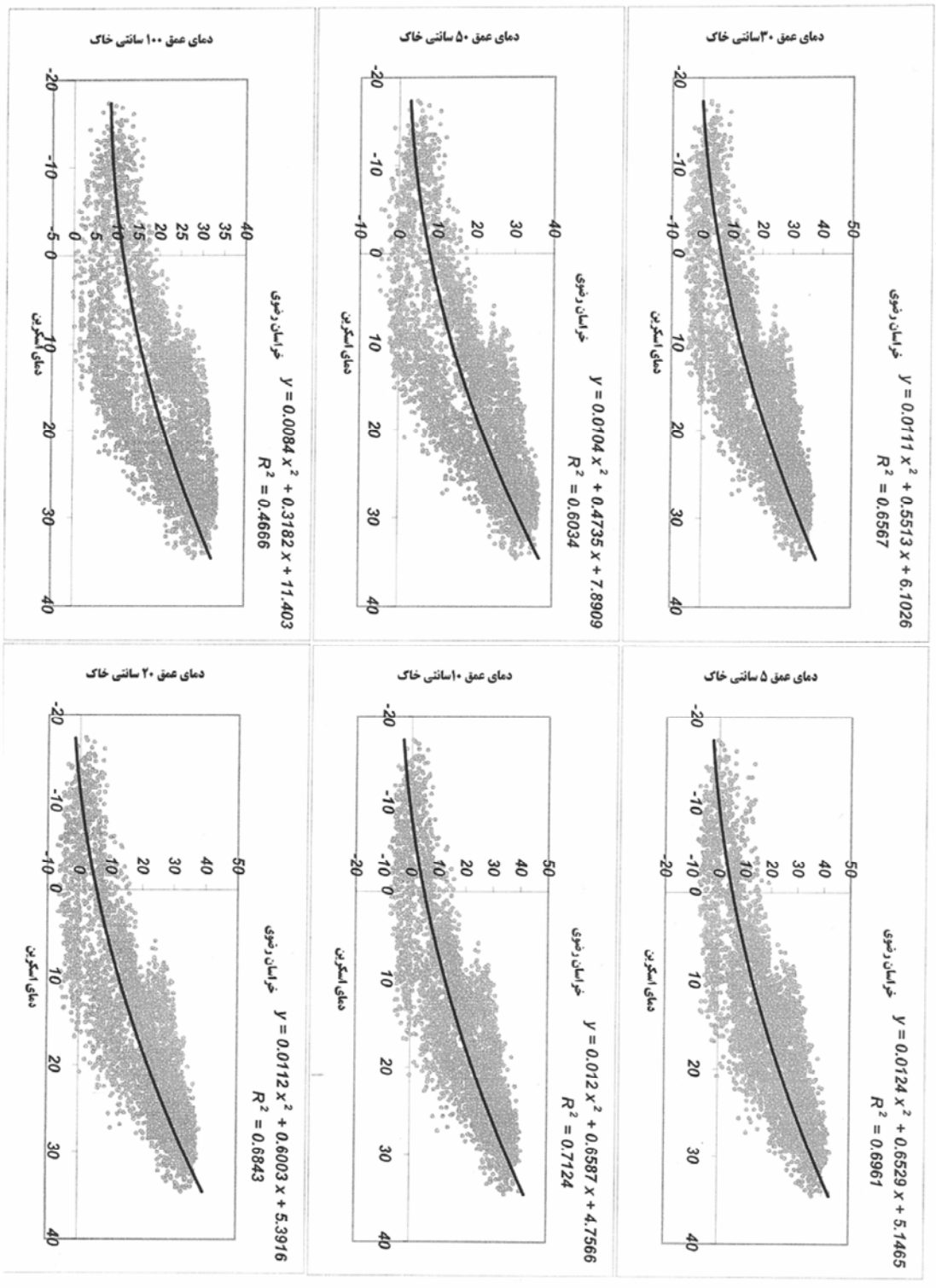
سرخس

آمار نشان می‌دهند که در مدت یک دوره ۸ روزه درجه حرارت واقعی عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک به کمتراز صفر درجه سانتی گراد رسیده در حالی که با توجه به بافت خاک لومی رسی محل مورد مطالعه، عمق یخبندان برآورد شده در روش‌های فلاندی ،نروژی و آمریکایی به ترتیب ۲۵، ۳۱ و ۶۷ سانتی‌متر شده است. در این ایستگاه نیز روش نروژی بهترین بر آورد 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 فلاندی، نروژی و آمریکایی به ترتیب ۴۳، ۵۰ و ۹۴ سانتی‌متر به‌دست آمدند. در نتیجه می‌توان گفت هیچکدام از این سه روش بر آورد مناسبی از عمق واقعی یخبندان در این منطقه نداشته اند.

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



(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 کوین

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

(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.آقاشریعتی.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 durnal temperature regims of the central Appalachins, 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. mousavi[1]

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 SNipll – 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