

بررسی نفوذ گرمای ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی و عملیات شعله افکنی در خاکهای

زراعی، با استفاده از روش جسم نیمه بینهایت

افشین ایوانی و محمد هادی خوش تقاضا^{1*}

چکیده

پژوهشگرانی که روی فیزیک حرارت در خاکهای زراعی تحقیق کرده اند، اثر رژیمهای حرارتی بلند مدت شبانه روزی و یا فصلی را مورد مطالعه قرار داده و مدل‌های مناسبی ارائه نموده‌اند. اما این مدلها برای ارزیابی انتقال حرارت زودگذر، مانند خسارات ناشی از شعله افکنی و سوزاندن بقایای گیاهی، قابل استفاده نیست. به همین دلیل در مقاله حاضر فرایند زود گذر انتشار گرمای ناشی از عملیات شعله افکنی و سوزاندن بقایای گیاهی در خاکهای زراعی مورد تحلیل قرار می‌گیرد. در این راستا، از معادله موسوم به جسم نیمه بینهایت² استفاده شده است. به این صورت که خاک زراعی به عنوان یک جسم نیمه بی نهایت در نظر گرفته شده که از طرف سطح زمین محدود، و از سایر جهتها، تا بینهایت گسترده شده است. سپس با اعمال فرضهای ساده کننده، که مبتنی بر فیزیک مسئله و تحقیقات سایر پژوهشگران است، نفوذ گرمای ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی و شعله افکنی را در لایه های سطحی خاک، مورد تحلیل ریاضی قرار گرفته. آنگاه معادلات نسبتاً پیچیده حاصل، به منظور استفاده در شرایط عملی، بر مبنای بافت و رطوبت خاک بصورت یک مدل آماری، شبیه سازی شده است. در نهایت، نتایج حاصل از معادلات و مدل‌های پیشنهادی، با نتایج آزمایشات تجربی سایر محققین مقایسه شده و بصورت نظری، اعتبارسنجی³ گشته‌اند. مدل ارایه شده که به اسم SDS نامگذاری شده، نشان می‌دهد که دو عامل زمان تداوم شعله و شرایط خاک (شامل رطوبت و بافت آن)، در آهنگ نفوذ گرما به خاک، دارای نقش اصلی بوده و شدت گرمای شعله سطحی، در اولویت بعدی قرار دارد. از نظر شرایط خاک نیز، حداقل آهنگ نفوذ، در خاک خشک و کم شن رخ داده و حداکثر آن نیز، مجدداً در خاک خشک، اما کاملاً شنی اتفاق می‌افتد. بنابراین با استفاده از مدل ارائه شده در این مقاله، در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی می‌توان رطوبت مناسب خاک را با توجه به بافت موجود به نحوی توصیه نمود که نفوذ عمقی گرما در خاک، به حداقل برسد. نتایج دیگر حاصل از عدد گذاری در مدل نشان می‌دهد که در شرایط مرسوم، اثر عملیات شعله افکنی از عمق 0/5 سانتیمتری خاک، پائین تر نمی‌رود، در حالی که در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی، با وجود کمتر بودن دمای شعله، دامنه تأثیر گرمای سطحی، تا عمق 2/5 سانتیمتری ادامه دارد. حتی در بدترین شرایط، حد اکثر عمق نفوذ گرما ناشی از سوزاندن بقایای زراعی، کمتر از 5 سانتی متر بوده و مواد آلی خاک نیز حداکثر تا عمق 4 سانتی متری تحت تأثیر دمای بحرانی (که در این مقاله 50 درجه سانتیگراد فرض شده) قرار می‌گیرند. در عملیات شعله افکنی، به علت زمان کوتاه ابقای گرمای سطحی، حداکثر عمق نفوذ گرما در خاک، به حدود 12 میلی متر محدود شده و میکروارگانیسم‌های پائین تر از عمق 7 میلی‌متری، از آسیب گرمای بحرانی در امان می‌مانند. نتایج این مطالعه، برای درک مکانیسم نفوذ گرما در خاک و اشراف بر شرایط تسریع کننده آهنگ نفوذ، مناسب بوده و از منحنی‌های حاصل از مدل، می‌توان برای پیش‌بینی عواقب احتمالی عملیات سوزاندن بقایا و شعله افکنی استفاده کرد. همچنین می‌توان شرایط را در مزرعه به نحوی مدیریت نمود که در هنگام عملیات فوق، حداقل آسیب به میکروارگانیسمهای خاک وارد گردد.

واژه های کلیدی: انتشار گرما در خاک، سوزاندن بقایای گیاهی، شعله افکنی، مواد آلی، جسم نیمه بینهایت.

1- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

* وصول: 83/7/25 و تصویب: 84/10/22

مقدمه

در یک جمع بندی کلی می توان گفت که خاکهای زراعی در اکثر مناطق ایران، دارای فقر مواد آلی هستند؛ از طرف دیگر بنظر می رسد سوزاندن بقایای گیاهی که در کشور ما مرسوم است و همبطور عملیات شعله افکنی، به عنوان دو عامل اثر گزار در کاهش بیشتر مواد آلی و میکروارگانیسم های مفید خاک، قابل توجه باشند. پژوهش پیرامون محاسن و معایب عملیات فوق، نیازمند نگرشی چند بعدی به مسئله، به ویژه از دیدگاه علوم بیولوژی، شیمی و فیزیک خاک است. خاک زراعی معمولاً به طرق مختلف تحت تأثیر گرمای مستقیم آتش و یا پرتوهای مادون قرمز قرار می گیرد. سوزاندن بقایای گیاهی حاصل از کشت قبل و عملیات شعله افکنی سطحی، بخصوص نوع پیش رویشی¹ آن، باعث گرم شدن خاک سطحی مزرعه می شوند. اینکه سوزاندن کلش و بقایای گیاهی چه اثرات و عواقبی را در بردارد، موضوع بیش 40 سال پژوهش در این زمینه بوده است (شیمی، 1374).

مروری اجمالی بر این تحقیقات مشخص می کند که تعداد زیادی از آنها مستقیماً به اثرات منفی و مثبت سوزاندن بقایای گیاهی روی پارامترهای زراعی از جمله فعالیت بیولوژیک خاک و اثرات فیزیکی و شیمیایی و ... توجه داشته اند [3-4-5-6-10-11 و 27]. بعضی از این تحقیقات به علتهای نیز اشاره کرده اند [10 و 22] ولی مقالات کمتری روی مکانیزم انتقال گرما و تعیین ارتباط ریاضی عوامل وابسته و مستقل، بر میزان نفوذ گرما درون لایه های سطحی خاک به بحث پرداخته اند [12 و 13]. اکثر مقالاتی که به مکانیزم فیزیکی انتقال حرارت پرداخته اند تمرکز خود را روی تغییرات طولانی مدت حرارت خاک متمرکز کرده و چرخه های شبانه روز یا فصول مختلف سال را مد نظر قرار داده اند. معادلات حاکم بر این تغییرات بلند مدت، به علت وجود همزمان انتقال حرارت و انتقال جرم و وجود کلیه اقسام انتقال حرارت در خاک نظیر رسانایی، جابجایی و در بعضی موارد تابش، نسبتاً پیچیده بوده و در شرایط عملی نیاز به راه حلهای اختصاصی دارند. اما راه حلهای ساده تری برای فرایندهای زود گذر انتشار حرارت در کتب مهندسی، مندرج است که با توجه به ویژگی زود گذر بودن عملیات شعله افکنی و سوزاندن بقایای گیاهی، به شرط واقعی بودن فرضهای و شروط مسئله قابل استفاده هستند. در این مقدمه، ضمن مرور بر تحقیقات انجام شده، سعی می شود تا برای پایه ریزی

فرضیات لازم، نتایج این تحقیقات مورد جمع بندی قرار گیرند.

اگرن و پرسان (2002) در جدیدترین تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده اذعان دارند، که درک همکنش پیچیده بین گرما و مواد آلی خاک، تنها با ترکیب آزمایشات تجربی و تحقیقات تئوری میسر است؛ تفسیرهای بالقوه صحیح ناشی از آزمایشات تجربی باید با تئوریهای مناسب پوشش داده شود؛ در عین حال تئوریهای موجود نیز باید با نتایج تجربی معتبر گردند.

در مورد عملیات شعله افکنی، آسکارد (1990)

اعمال شعله مستقیم بر روی سطح خاک را برای از بین بردن بذور سطحی علفهای هرز، مفید می داند. او همچنین نشان می دهد که تعداد بذور علفهای هرز در خاک هر مزرعه بین 500 تا 500000 عدد بر متر مربع، در نوسان است که با شعله افکنی می توان جمعیت بذرها را سالیانه 50 درصد کاهش داد. شیمی (1380) برای آزمون این تئوری که آیا عملیات شعله افکنی می تواند بذور علفهای هرز را تا عمق یک سانتی متری خاک کاهش دهد، تحقیقاتی انجام می دهد که نتایج اولیه آن نشان دهنده کاهش معنی دار 45 درصدی بذرعلف هرز خردل وحشی، در مزرعه کلزا، با استفاده از سرعت یک کیلومتر در ساعت برای عملیات شعله افکنی است.

نوع دیگری از اعمال گرما به روی خاک، سوزاندن بقایای گیاهی است. سوزاندن کلش در مزارع، به غیر از جنبه های بیولوژی، شیمی و فیزیک خاک، از لحاظ کنترل آفات و بیماریها و هزینه های اقتصادی آماده سازی زمین قابل بحث است. اکثر گزارشات در این زمینه نشان می دهند که علی رغم فواید کوتاه مدت، سوزاندن بقایای گیاهی در دراز مدت، بطور کلی یکی از عوامل تخریب کننده خاک زراعی محسوب می شود.

در آزمایشات 20 ساله ای که بایدربیک و همکاران (1980)، در کانادا انجام داده اند، مشخص شده است که سوزاندن کلش طی سالهای متمادی تدریجاً فعالیت بیولوژیک خاک را کاهش می دهد. آنها همچنین نشان می دهند که تراکم باکتریهای خاک تا عمق 2/5 سانتی متری، حدود 50 درصد تقلیل پیدا می کند، در حالی که تراکم قارچها به میزان کمی کاهش می یابد. روی هم رفته از عمق 2/5 سانتی متری پائین تر، سوزاندن، اثری روی میکروارگانیسمهای خاک نداشته است. بررسی های کوتاه مدت این محققان نیز نشان داد که سوزاندن بقایا از عمق یک سانتی متر پائین تر روی میکروفلور خاک اثر ندارد. اما در این عمق بلافاصله پس از سوزاندن، تراکم باکتریها به

د) توصیه‌های فنی برای نیل به حداقل خسارات ناشی از عملیات سوزاندن بقایای گیاهی و شعله‌افکنی روی خاک زراعی و همینطور، واقع‌گرایی در مورد خطرات و یا محاسن این دو عملیات با توجه به معادلات حاصله.

مواد و روشها

مواد

"جسم نیمه بی‌نهایت"⁴ یکی از شکل‌های هندسی است که برای حل تحلیلی انتقال گرما مورد استفاده قرار می‌گیرد. از لحاظ تئوری چنین جسمی، از همه جهات به غیر از یک جهت، تا بی‌نهایت گسترش یافته است و به همین دلیل می‌توان آن را توسط یک سطح مشخص کرد. اگر شرایط در سطح جسم ناگهان تغییر کند، رسانایی گرمایی یک بعدی و گذرا⁵ در داخل جسم رخ می‌دهد. جسم نیمه بی‌نهایت تقریب مناسبی برای اغلب مسائل عملی است، از این جسم می‌توان برای تعیین انتقال گرمای گذرا نزدیک سطح زمین استفاده کرد (اینکروپرا و دویت، 1996). معادله جسم نیمه بی‌نهایت در حالتی که دمای ثابت سطح (Ts) را به عنوان شرط مرزی در نظر بگیریم بصورت زیر در می‌آید:

$$\frac{T(x,t) - T_s}{T_i - T_s} = \text{erf} \left[\frac{x}{2\sqrt{\alpha \cdot t}} \right] \quad (1)$$

در این معادله، α ضریب پخشیدگی گرما، T_i دمای طبیعی خاک و $T(x,t)$ عبارت است از دمای خاک در عمق x و زمان t . در این میان، (erf)، تابع خطای گوسی⁶، یک تابع ریاضی استاندارد است. مقدار خطای گوسی هر عدد دلخواه مانند w ، از رابطه (2) محاسبه می‌شود.

$$\text{erf}(w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^w e^{-v^2} dv \quad (2)$$

پارامتر v ، در این تابع، متغیر انتگرال گیری است. با جایگذاری (2) در (1) و مرتب سازی خواهیم داشت:

$$T(x,t) = (T_i - T_s) \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\alpha_{soil} \cdot t}} e^{-v^2} dv \right) + T_s \quad (3)$$

معادله (3) رابطه تحلیلی مناسبی است که توسط آن می‌توان دمای لحظه‌ای اعماق سطحی خاک را بدست

میزان 70 درصد و تراکم قارچها به میزان 95 درصد کاهش می‌یابد.

شرایط مناسب برای انواع باکتریهای موجود در خاک بسته به نوع آنها متفاوت است ولی به طور نسبی دمای مناسب برای باکتریهای مزوفیل¹ خاک، از حداقل صفر درجه، تا حداکثر 40 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. اگرچه دماهای بالاتر، برای باکتریهای گرما دوست² مناسب است ولی شرایط دشواری را برای سایر مواد آلی خاک، از جمله کرمهای خاکی فراهم می‌کند (اکوروهمکاران، 1997). از آن جایی که طبیعت آنزیم‌ها از پروتئین تشکیل شده است، هر دمایی که باعث غیر طبیعی شدن³ پروتئین آنها گردد، فعالیت آنزیم‌ها را کاهش می‌دهد؛ لیکن به نظر می‌رسد که فعالیت‌های آنزیمی خاک به طور عمده در دمای بالای 50 درجه سانتیگراد متوقف می‌شود (آکبابا، 1994).

با جمع‌بندی مطالب فوق می‌توان فرض کرد، که اولاً اثر نفوذ دماهای کوتاه مدت اعمال شده به سطح خاک، به ندرت به عمق 5 سانتی‌متری سطح خاک رسیده و ثانیاً، از نظر حساسیت مواد آلی خاک به دما، می‌توان دماهای بالای 50 درجه سانتی‌گراد را، جزء دماهای بحرانی به حساب آورد.

همچنین مشاهدات تجربی از عملیات سوزاندن بقایای جو در بعضی مزارع ایران (اطراف تهران) نشان می‌دهد که از لحظه آتش زدن کلش بوسيله شعله افکن، حدود 3 دقیقه طول می‌کشد که شعله‌ها به مقدار بیشینه خود برسند و پس از آن به سرعت خاموش می‌شوند؛ حدود 10 دقیقه بعد، دمای خاک سطحی به مقدار معمولی خود می‌رسد (ایوانی، 1381).

مطالب فوق، به طور نسبی، حدود فرضیات لازم برای تحقق اهداف این مقاله را روشن می‌کند. این اهداف عبارتند از:

الف) تدوین یک مدل آماری، بر مبنای اطلاعات و اندازه گیری‌های موجود، جهت تخمین ضریب پخشیدگی گرمایی، در اعماق سطحی خاک زراعی.

ب) استفاده از معادله تحلیلی جسم نیمه بی‌نهایت برای تخمین آهنگ نفوذ گرما در خاکی که بافت و رطوبت آن مشخص باشد.

ج) جایگذاری مقادیر عددی، برای بافت و رطوبت خاک در معادلات پیشنهادی و تحلیل نتایج حاصل، به لحاظ انطباق با شرایط واقعی مزارع ایران.

4-Semi – Infinite Solid
5-Transient
6-Gussian error function

1-Mesophilic Bacteria
2-Hethrophilic Bacteria
3-Denature

ترتیب در ذرات شن، سیلت و رس، برحسب رطوبت آنها (m) برپایه خشک، تخمین بزنید. در مرحله بعدی، از تسهیم به نسبت معادلات ۶،۷ و ۸ درصد شن، سیلت و رس در خاک زراعی، معادله تحلیلی زیر برای تخمین ضریب پخشیدگی گرما در یک خاک مختلط بدست می‌آید.

(9)

$$\alpha_{soil} = 0.01 \cdot [(\alpha_{snd} \times p_{snd}) + (\alpha_{slt} \times p_{slt}) + (\alpha_{cly} \times p_{cly})]$$

در اینجا P_{snd} ، P_{slt} و P_{cly} به ترتیب، درصد شن، سیلت و رس در خاک زراعی هستند.

قابل پیش‌بینی است که در صورت ساخت مدل‌های سه گانه و جایگذاری آنها در معادله (9)، رابطه شلوغ و حجیمی حاصل می‌شود که استفاده از آن را در کاربردهای عملی مشکل می‌کند. به همین دلیل بوسیله رگرسیون چند متغیره، معادله (9) نیز به یک مدل آماری که نام آن را "مدل تخمین گر ضریب نفوذ"⁴ گذاشته و اختصاراً با علامت "SDS" مشخص می‌نماییم، ساده‌تر می‌شود. مدل آماری "SDS"، شکل عمومی زیر خواهد داشت.

$$\alpha_{soil} = f_4(p_{snd}, p_{slt}, p_{cly}, m) \quad (10)$$

رابطه نهایی که برای SDS بدست خواهد آمد، یکی از نتایج مطالعه حاضر بوده و مدلی را ارائه خواهد داد که در عین سادگی نسبی، می‌تواند ضریب پخشیدگی گرمایی هر نوع خاکی را، برحسب بافت و رطوبت آن تخمین بزند.

در مرحله آخر، از معادله جسم نیمه بی‌نهایت بر مبنای "SDS"، برای بررسی سرعت نفوذ گرمای سطحی در خاک زراعی و مقایسه عوامل تسریع کننده فرآیند نفوذ، استفاده خواهد شد.

روش آماری و معیار اعتبار سنجی

در مطالعه حاضر، ملاک تصمیم‌گیری برای تشخیص مناسبترین مدل، از بین انواع مدل‌های استاندارد، در حله اول، بزرگی ضریب تعیین (R^2) بوده و در مرحله دوم سادگی مدل می‌باشد. اگرچه مقدار ضریب تعیین برای هر چهار مدل، محاسبه خواهد شد، ولیکن به لحاظ اهمیت "SDS"، برای اطمینان از صحت مقادیر پیش‌بینی شده توسط آن، نسبت به مقادیر تجربی هندریکس و همکاران

(2003)، از آزمونهای آماری استاندارد نیز استفاده می‌شود. برای این منظور، تعداد 2376 نمونه خاک، شامل 66 نوع

آورد. شرط استفاده مؤثر از این رابطه، در نظر گرفتن فرضهای منطقی، مبتنی بر فیزیک مسئله و تخمین نزدیک به واقعیت حدود پارامترهای دخیل در آن، مخصوصاً ضریب پخشیدگی گرمایی در خاک زراعی می‌باشد.

گستره مجاز برای استفاده از معادله تحلیلی (3)، تقریباً نامحدود است. ولیکن در تحقیق حاضر سعی شده است تا حدود هر یک از متغیرهای مستقل موجود در معادله را بر مبنای منابع پژوهشی مندرج در سابقه تحقیق و در محدوده کاربردهای زراعی بدست آورده و مدل کاربردی نهایی بر پایه این فرضها استوار گردد. جدول (1) بطور خلاصه، تخمینها و فرضیاتی که بعنوان ماده اولیه برای مطالعه حاضر در نظر گرفته شده‌اند را به همراه منابع علمی مربوطه نشان می‌دهد.

اهمیت بافت و رطوبت خاک در کاربردهای کشاورزی ایجاب می‌کند تا از میان مقادیر پیشنهاد شده توسط محققین برای پیش‌بینی ضریب بخش گرما، مقادیر داده شده توسط هندریکس و همکاران (2003) به عنوان مبنای مدل سازی در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار بگیرد. دلیل این انتخاب، جدید و دقیق بودن داده‌های و تقسیم بندی شفاف اطلاعات بر مبنای ذرات تشکیل دهنده خاک و رطوبت آن است. لازم به ذکر است که این مرجع به منظور ایجاد یک پایگاه اطلاعاتی جهانشمول¹ جهت اکتشاف مواد معدنی زیر سطحی، در هر کجای کره زمین، اندازه‌گیری‌های خود را با احساسگرهای گرمایی دقیق، منظم به رادارهای نفوذی میکروویو² انجام داده است (شکل 1).

روش تحقیق

روش اعمال فرضیات و تخمینها، برای رسیدن به مدل‌های نهایی به این صورت است که وقتی مقادیر ضریب پخشیدگی گرمایی برحسب رطوبت خاک محاسبه شد، توسط روش رگرسیون یک متغیره غیر خطی، سه مدل اولیه را پایه‌ریزی خواهند کرد. بنابراین مدل‌های آماری 1، 2 و 3 در واقع توابعی هستند که شکل عمومی آنها به صورت زیر است.

$$\alpha_{snd} = f_1(m) \quad (6)$$

$$\alpha_{slt} = f_2(m) \quad (7)$$

$$\alpha_{cly} = f_3(m) \quad (8)$$

این مدل‌های سه گانه قادر خواهند بود تا با میانبایی³ داده‌های شکل (1)، ضریب پخشیدگی گرمایی را به

1-World wide data base

2-G.P.R. (Ground Penetration Radar)

3 - Interpolation

خاک زراعی، بدون نیاز به جداول و منحنی‌های مندرج در کتب مختلف، تخمین زد.

از آنجا که برای طراحی این مدل، کلیه بافتها و رطوبتهای معمول در خاکهای زراعی به صورت نظری در نظر گرفته شده است (مجموعاً 2376 نمونه خاک شامل 66 نوع بافت، از 100% شنی تا 100% رسی و 36 میزان از رطوبت خاک از 5 تا 40 درصد بر پایه خشک)، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که احتمالاً بیش از 96 درصد کل بافتها و رطوبتهای ممکن برای یک خاک زراعی توسط "SDS" به درستی تخمین زده می‌شوند.

بحث و نتیجه گیری

در این بخش با جایگذاری مدل SDS در معادله جسم نیمه بی نهایت (معادله 1) و بدست آوردن یک سیستم معادلات ریاضی یک پارچه، و سپس با عدد گذاری در این معادلات، سعی شده است تا اثر کمی و کیفی هر یک از متغیرهای تأثیرگذار بر نفوذ گرما به لایه‌های سطحی خاک زراعی، مورد بحث و تحلیل قرار گرفته و اثرات مخرب یا سود آور سوزاندن بقایای گیاهی و شعله افکنی مورد کنکاش قرار گیرد. چنانچه قبلاً نیز ذکر شد متغیرهای مورد بررسی شامل بافت و رطوبت خاک، زمان تداوم و شدت شعله و.... می باشند.

شرایط مرسوم

منظور از شرایط مرسوم، هنگامی است که تمام متغیرهای تأثیرگذار بر نفوذ گرما به عمق خاک، در حد متوسط باشند (جدول 1 ملاحظه گردد). شرایط مرسوم از این لحاظ حائز اهمیت است که در اکثر موارد واقعی، هنگام انجام عملیات شعله افکنی و سوزاندن بقایای گیاهی، وضعیت مزرعه و پارامترهای کاری، به این شرایط نزدیک هستند.

شکل (2) دمای اعماق سطحی یک مزرعه، با خاک زراعی متوسط (لومی رسی) در هنگامی که دمای شعله و مدت زمان باقی ماندن آن بر روی خاک در حد مرسوم (جدول 1) باشند را نشان می‌دهد. چنانچه ملاحظه می‌شود، در شرایط مرسوم، اثر عملیات شعله افکنی از عمق 0/5 سانتیمتری خاک، پائین تر نمی‌رود، در حالی که در عملیات سوزاندن بقایای گیاهی، با وجود کمتر بودن دمای شعله، دامنه تأثیر گرمای سطحی، تا عمق 2/5 سانتیمتری ادامه دارد. در صورتی که بر مبنای پیشینه تحقیق، دمای بحرانی را برای مواد آلی خاک، حدود 50 درجه سانتی گراد فرض کنیم؛ آنگاه می‌توان گفت که سوزاندن بقایای گیاهی در شرایط مرسوم، مواد آلی خاک را تا عمق 2 سانتیمتری، متأثر می‌سازد، در حالی که عملیات شعله افکنی تنها روی خاک سطحی اثر می‌گذارد

بافت (از 100% شنی تا 100% رسی) و 36 میزان از رطوبت خاک (5، 6، 7، ...، 40 درصد بر پایه خشک)، به طور نظری انتخاب شده و با توجه به بافت و رطوبت آنها، مقدار ضریب پخشیدگی گرمایی، از دو طریق تحلیلی و روش تخمینی "SDS" بدست آمده. سپس این مشاهدات توسط آزمون t جفت شده¹ مورد مقایسه آماری قرار می‌گیرد. در نهایت به منظور سنجش اعتبار² استفاده از معادله جسم نیمه بی‌نهایت در تخمین آهنگ نفوذ گرما در خاکهای زراعی، نتایج بدست آمده، با تحقیقات سایر محققین، مخصوصاً تحقیقات 20 ساله بایدرییک و همکاران (1980) مقایسه می‌گردد.

نتایج

معرفی "مدل تخمین گر ضریب نفوذ" یا "SDS"

نتیجه آزمون مدل‌های مختلف، بدست آوردن سه مدل مناسب برای توابع ریاضی (6)، (7) و (8) بود. محدوده مجاز تغییرات رطوبت برای مدل‌های فوق، همانگونه که در جدول (1) اشاره شده، بین 5 تا 40 درصد بر پایه خشک می‌باشد.

رابطه ضریب پخشیدگی گرمایی خاک (α) بر حسب بافت و رطوبت آن را می‌توان با جایگذاری مدل‌های سه گانه، در معادله تحلیلی (9) بدست آورد:

(11)

$$\alpha_{soil} \cong 0.01 \times \left\{ (a_1 + b_1 m + \frac{c_1}{m} + \frac{d_1}{m^2}) \cdot P_{snd} + \dots \left[\exp\left(\frac{a_2 + c_2 m + e_2 m^2}{1 + b_2 m + d_2 m^2}\right) \right] \cdot P_{slt} + \left[\exp\left(\frac{a_3 + c_3 m + e_3 m^2}{1 + b_3 m + d_3 m^2}\right) \right] \cdot P_{cly} \right\}$$

همانطور که پیش بینی شده بود، معادله نسبتاً پیچیده و شلوغی حاصل می‌شود. از آنجا که استفاده از رابطه (11) در مسایل کاربردی، مشکل است، می‌توان با تحمل مقداری خطا، این رابطه ریاضی را توسط رگرسیون چند متغیره به یک مدل آماری ساده‌تر تبدیل کرد. مدل تخمین‌گر ضریب نفوذ "SDS" که معادل آماری ساده شده‌ای برای رابطه (11) می‌باشد به شکل مندرج در جدول (3) پیشنهاد می‌گردد.

در "SDS"، متغیرهای P_{snd} ، P_{slt} و P_{cly} به ترتیب نشان دهنده درصد شن، سیلت و رس در خاک زراعی بوده و به نوعی، نماینده بافت خاک می‌باشند؛ (m) نیز معرف رطوبت خاک بر پایه خشک است. به کمک "SDS" می‌توان یکی از شاخصهای گرمایی خاک، یعنی ضریب پخشیدگی گرمایی را، بر حسب بافت و رطوبت

در مورد سوزاندن بقایای گیاهی در بهترین شرایط مدیریتی، نیز می‌توان مثال زیر را ارائه کرد:

در یک روز بدون باد، اندک بقایای موجود روی مزرعه‌ای با مناسبترین خاک (خشک و بدون شن) را آتش زده‌اند. در چنین شرایطی زمان تداوم شعله، کمتر از یک دقیقه فرض می‌شود (منحنی خط چین در شکل 3-الف). چنانچه مشاهده می‌شود در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی، حتی در بهترین شرایط مدیریتی، گرمای حاصله تا عمق 7 میلی‌متری، برای مواد آلی خاک ایجاد خطر می‌کند.

با توجه به نمودارهای شکل (3) می‌توان استدلال‌های زیر را نیز مورد توجه قرار داد:

- فرض از بین بردن بذور علفهای هرز با استفاده از شعله‌افکن، از عمق یک سانتیمتر پایین‌تر، به لحاظ عملی قابل حصول نیست؛ در حالی که احتمالاً، با سوزاندن بقایای گیاهی، دسترسی به این امر محتمل‌تر است. این موضوع، با سابقه تحقیق نیز تطابق خوبی دارد. چنانچه اشاره شد، مالبرگ (1973) گزارشی دارد که نشان دهنده کاهش 79 درصدی بذر یولاف وحشی در مزارع گندم، پس از سوزاندن بقایا است. بعضی تحقیقات دیگر نیز کاهش 95 درصدی بذر این علف هرز را پس از سوزاندن بقایا گزارش کرده‌اند (بایدربیک و همکاران، 1980). اما در مورد شعله افکنی، شیمی (1380)، می‌نویسد: 45 درصد بذور علف هرز خردل وحشی در عمق سطحی 0.5 تا یک سانتی‌متری از بین می‌روند.

اگرچه با توجه به نمودار (3-الف)، حداکثر عمق نفوذ گرمای ناشی از سوزاندن بقایای گیاهی، ندرتاً به 5 سانتی متر می‌رسد ولی در صورتی که، آتش زدن‌های سالیانه، با شخم سالیانه، ترکیب شود (آنچنان که در برخی مزارع کشور ما مرسوم است)، همه ساله، خاک عمقی بالا آمده و در معرض اثرات تخریبی ناشی از سوزاندن بقایا قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت که سوزاندن بقایای گیاهی، همراه با شخم سالیانه، پس از چند سال، مواد آلی خاک را تا عمق 25 سانتی متری (عمق معمول در شخم) کاهش می‌دهد.

پیشنهادات

پیشنهادات موردی، در بخش 4 آورده شده است، اما پیشنهادات زیر نیز برای ادامه تحقیق مفید خواهند بود:

- با توجه به اینکه مقاله حاضر، یک تحقیق نظری است، مدلها و نمودارهای ارائه شده توسط آن، جمع‌بندی و سپس پرورش نتایج تحقیقات برخی از منابع موثق تحقیقاتی است. اگر چه در تمام موارد، تحقیقات سایر پژوهشگران، اعتبار نتایج ارائه شده در این مقاله را به صورت نظری تأیید می‌کنند، ولی توسط نویسندگان این

این نتایج با تحقیقات 20 ساله باید ربیک و همکاران (1980) مطابقت خوبی دارد. این محققان در مقاله نهائی خود اذعان دارند که، سوزاندن بقایای گندم از عمق 2/5 سانتی‌متر پایین‌تر، اثری روی میکروارگانیزم‌های خاک نداشته است.

پژوهشهای اسکارد (1990) که از محققین مطرح در زمینه شعله‌افکنی است نیز، منحصر بودن تأثیر شعله به سطح خاک را تأیید می‌کند. او در مورد اثر شعله افکنی روی مرگ و میر بذور علفهای هرز می‌نویسد: این عمل تنها برای از بین بردن بذور سطحی خاک مفید است.

شرایط حد اقل/حداکثر

منظور از این شرایط، هنگامی است که کلیه فاکتورهای موثر بر نفوذ گرما در خاک، در حد ماکزیمم یا مینیمم خود فرض شوند (جدول 1 را ببینید). هدف از فرض چنین شرایطی این است که حداکثر و حداقل خساراتی که در اثر سوزاندن بقایای گیاهی و شعله افکنی، ممکن است به خاک زراعی وارد آید، بررسی گردند. مثالی از این شرایط در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی، بدین صورت است که مزرعه‌ای با کلش فراوان، دارای خاکی خشک ($mcdB=5\%$) و بسیار سبک (شنی)، در یک روز باد خیز آتش زده شود. بررسی ریاضی فاکتورهای موثر در "SDS" نشان می‌دهد که در این شرایط، نفوذ گرما در خاک، بیشینه است (بدترین شرایط). منحنی خط پر در شکل (3-الف) نشان می‌دهد که در این حالت، حداکثر عمق نفوذ گرما در خاک، 5 سانتی‌متر بوده و مواد آلی خاک نیز تا عمق 4 سانتی‌متری تحت تأثیر دمای بحرانی (50 درجه سانتیگراد) قرار می‌گیرند.

منحنی خط پر در شکل (3-ب) نشان دهنده بدترین شرایط معمول در عملیات شعله افکنی است. مثالی از این شرایط، در هنگامی است، که یک شعله افکن بزرگ دوزانوئی¹، با امتداد شعله 3 متر (1/5 متر برای هر زانو)، در حالی که بسیار کند حرکت می‌کند (حدود 2 کیلومتر در ساعت)، شعله خود را که از یک منبع گاز پروپان تغذیه شده و در نتیجه، دارای دمای زیادی در حدود 1500 درجه سانتی گراد است، متوجه خاک خشک و سبک یک مزرعه می‌نماید (بدترین شرایط ممکن در شعله افکنی). در چنین شرایطی، همانطور که از شکل، مشخص است، حداکثر عمق نفوذ گرما در خاک، به حدود 12 میلی‌متر رسیده و میکرو ارگانیزم‌های پائین‌تر از عمق 7 میلی‌متری، از آسیب گرمای بحرانی (بیش از 50 درجه) در امان می‌مانند.

اگر چه اندازه‌گیری ساختمان خاک سطحی بر اساس فاکتورهایی مثل تخلخل یا حتی دانه‌بندی خاک ممکن است، ولی از دیدگاه عملی، قاعده مند کردن ضریب پخشیدگی گرمایی خاک بر اساس این فاکتورها بسیار دشوار خواهد بود. لذا پیشنهاد می‌شود، پس از اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی اولیه، در صورت اطمینان از اهمیت ساختمان خاک، نسبت به رطوبت و بافت آن، این فاکتور نیز به عنوان یک متغیر مستقل در "SDS" دخیل گردد.

سیاسگزاری

از آقای مهندس پرویز شیمی، عضو محترم هیئت علمی موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، به خاطر در اختیار گذاشتن منابع مهم و راهنمایی‌های ارزنده‌شان سپاسگزاری می‌گردد.

مقاله به صورت عملی اثبات نشده است. لذا صحت و اعتبار آنها، منوط به دقت و صحت اندازه‌گیری منابع مورد استفاده است. از همین رو پیشنهاد می‌شود در صورت فراهم بودن ابزارهای اندازه‌گیری دقیق، مدلهای ارائه شده، به خصوص مدل کاربردی "SDS"، در شرایط آزمایشگاهی به صورت عملی اعتبار سنجی گردد.

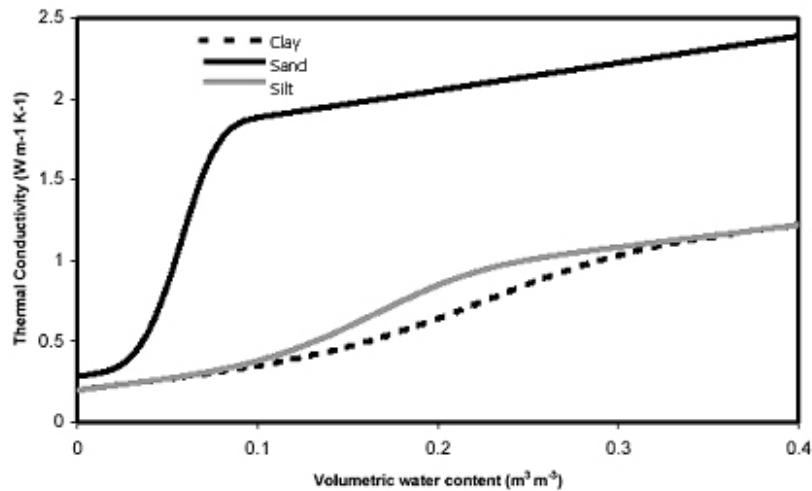
- در رطوبتهای بالای خاک، دمای آب در خاک افزایش یافته و می‌تواند به صورت بخار آب جابجا شود. بهتر است این پدیده در ارزیابی مدل SDS در خاکهای بسیار مرطوب مورد ارزیابی قرار گیرد.

- در تحقیق حاضر، ساختمان خاک سطحی مدنظر قرار نگرفته است. در واقع با فرض اینکه هم پوشانی خطاها، متوسط قابل قبولی را ارائه می‌نمایند، خاک سطحی را به صورت یک جسم صلب، دارای بافت و رطوبت مشخص فرض کرده و به نتایج نزدیک به واقعیت دست یافته‌ایم.

جدول 1- خلاصه فرضیات در نظر گرفته شده برای استفاده در تحقیق حاضر

علامت اختصاری = نام متغیر (واحد)	نوع عملیات		محدوده فرض شده	میانگین تخمینی (شرایط مرسوم)	منبع
	شعله افکنی	تجزیه ریزش			
Ts=دمای شعله در سطح خاک (°C)	×	×	100-400	250	10 و 2
t = مدت ابقای شعله روی سطح خاک (s)	×	×	400-1500	950	10 و 2
Ti=دمای متوسط لایه های سطحی خاک (°C)	×	×	50-200	125	10 و 2
x = عمق مورد مطالعه خاک (cm)	×	×	0/5-5	2/5	9 و *
Psnd, Pslt, Pcly = بافت خاک	×	×	25	25	12
mcdB = رطوبت خاک برپایه خشک (%)	×	×	0-5	2/5	10 و *
	×	×	0-1/5	0/75	3 و 4 و *
	×	×	از 100% شنی تا 100% رسی	لومی رسی	---
	×	×	5-40	13	---

* بر گرفته از اطلاعات اولیه تحقیق حاضر



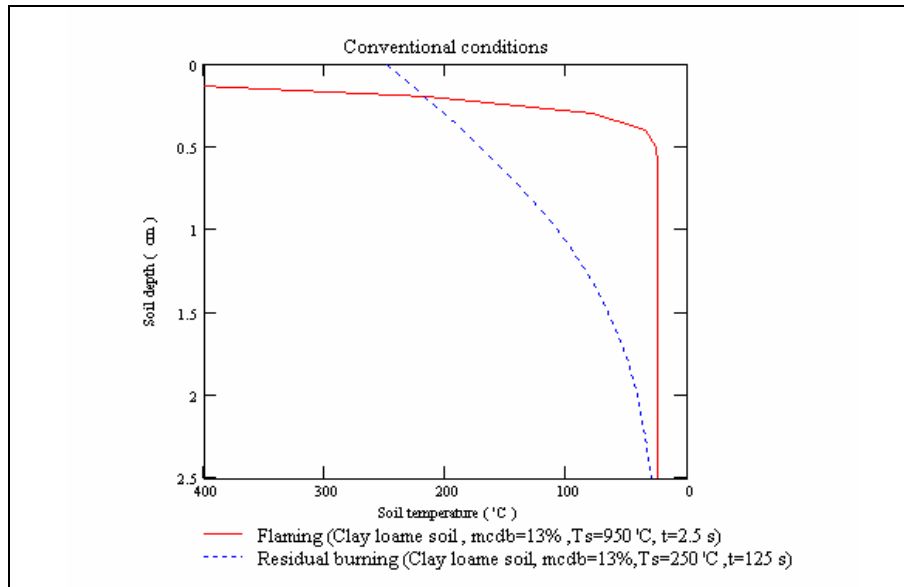
شکل 1- منبع مورد استفاده برای ضریب رسانایی¹ گرمایی ذرات شن، سیلت و رس بر مبنای در صد رطوبت حجمی (هندریکس وهمکاران، 2003)

جدول 2- میزان انطباق مدل‌های سه گانه، با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی مندرج در مرجع [15] برای تخمین ضریب پخشیدگی گرمایی ذرات شن، سیلت و رس برحسب رطوبت هریک

R^2	ضرایب					شکل مدل	نام مدل
	e	d	c	b	a		
.992	∴	$-2.5749e-5$	$7.9347e-6$	$7.5704e-10$	$3.9642e-7$	$\alpha_{snd}(m) \cong a_1 + b_1 m + \frac{c_1}{m} + \frac{d_1}{m^2}$	Sand
.993	-0.08957	0.005999	1.89428	-0.12490	-15.2597	$\alpha_{slt}(m) \cong \exp\left(\frac{a_2 + c_2 m + e_2 m^2}{1 + b_2 m + d_2 m^2}\right)$	Silt
.996	-0.03679	0.002447	1.10837	-0.07239	-15.3178	$\alpha_{cly}(m) \cong \exp\left(\frac{a_3 + c_3 m + e_3 m^2}{1 + b_3 m + d_3 m^2}\right)$	Clay

جدول 3- مدل تخمین گر ضریب نفوذ گرما (SDS)، در خاک زراعی، برحسب بافت و رطوبت آن

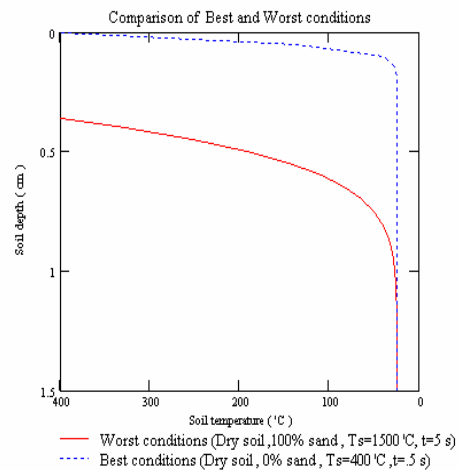
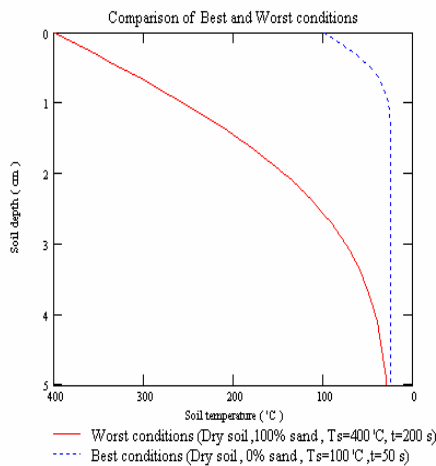
نام مدل	شکل مدل	ضرایب				
		e	d	c	b	a
.962	$\alpha_{soil} \cong 10^{-7} \cdot [(1 + am^b) \cdot (c + d \cdot p_{snd}) + p_{slt} + p_{cly} + e]$	-67.93571	0.3881927	-11.36947	-0.477610	1.933240



شکل 2 - دمای اعماق سطحی خاک یک مزرعه لومی رسی، در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی (نقطه چین) و شعله افکنی (خط پر)، در شرایط مرسوم (جدول 1 نیز ملاحظه گردد)

الف) سوزاندن بقایای گیاهی

ب) شعله افکنی روی سطح خاک



شکل 3- دمای اعماق سطحی خاک یک مزرعه، در هنگام سوزاندن بقایای گیاهی و شعله افکنی، در شرایطی که فاکتورهای مؤثر بر هر دو عملیات، در حداقل یا حداکثر مقدار خود باشند (جدول 1 را ببینید)

فهرست منابع:

1. ابراهیمی، م- 1364 - کتاب جامع جداول و منحنی های ترمودینامیک، چاپ اول، انتشارات میقات.
2. ایوانی، 1- 1381- مشاهده و اندازه گیریهای تجربی سوزاندن بقایای جو برای کشت ذرت علوفه‌ای در مزارع شهرستان اسلامشهر، از توابع تهران.
3. شیمی، پ- 1374- اثرات سوزاندن کلش در مزارع گندم. مجله زیتون، شماره 125
4. شیمی، پ- 1380 مبارزه تلفیقی فیزیکوشیمیایی با علفهای هرز کلزا با تأکید روی کنترل خردل وحشی، گزارش سالیانه طرح تحقیقاتی - موسسه تحقیقات آفات و بیماریهای گیاهی.
5. Agren, G. and T. Persson, 2002. Temperature effect on decomposition of Litter and soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 34:129-132
6. Akbaba, G., 1994. Canly organizma yapam hyzyna nayl ayak uyduruyor, *Bilim ve Teknik*. No: 314, 42-47.
7. Anderson, R.L., Hausen, C.M., Thomas, E., and J. Hull. 1967. Flame for weed control- A progress report- proc. 4th Ann. Symp. on thermal agriculture, Kansas city, Missouri. Natural gas processor association on national Lp- Gas Association, pp. 22-25
8. Ascard, J. 1990. Weed control in ecological vegetable farming . *Proc. Ecological Agriculture*, Sweden.
9. Ascard, 1997. Flame weeding: effects of fuel pressure and tandem burners, *Weed Research*, 37,77-86
10. Biederbeck. V.O. ,C. A. Campbell, K. E. Bowren, M. Schnitzer and R. N. Mclver, 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in saskachwan. *Soil Sci. Soc. Am .J. , 44:103-111*
11. Bisal, F. and K. F. Nielsen, 1964. Soil agrigates do not necessarily break down over winter. *Soil sci*. 98: 345-346
12. Chacko, T. and G. Renuka, 2002. Temperature mapping , thermal diffusivity and subsoil heat flux at kariavattom of korala, *Proc. Indian Acad. Sci. (Earth planet. Sci.)* V:111 No:1. pp. 79-85.
13. Chang, J. 1968. climate and agriculture,, Aldreic Publishers, Chicago.
14. Cook, R. D., 2002 Thermal conductivity of clay, An E-mail question from Argonne national laboratory, Atmospheric section, USA.
15. Hendrickx, J.M.H., R.L.Van dam, B. Borchers, J. Curtis, H.N. Lensen, and R. Harmon, 2003. Worldwide distribution of soil dielectric and thermal properties., *Detection and Remediation technologies for mines and mielike targets VIII*, Proceedings of the SPIE, Vol: 5089.
16. Hoffman, 1989. Abflammtechnik. KTBL. Schrift 331. Landwirt-schaftsvelag, Munster-Hiltrup.
17. Holmoy, R. k., j. Storeheier, P. Solberg and A. Berge, 1998. Studies into fundamental of flaming, 3rd EWRS workshop on physical weed control, Wye College, UK, pp. 25.
18. Incropera, F.P. and D.P. Dewitt, 1996. *Introduction to heat transfer*, 3rd ed., John Wiley and sons, USA.
19. Klooster, J.J., 1983. Thermisch onkruidbestrijding, een interessant alternatief *Landbouwmehanisatie* 34 (8), 787-789.
20. Luo Y., R.S. Loomisa and T.C. Hsiaob, 1992. Simulation of soil temperature in crops, *Agricultural and Forest Meteorology*, No:61, pp. 23-38
21. Molberg, E.S., 1973. Effect of burning wheat stubble on the viability of wild oat seeds. *Canada weeds committee, western section, Res. Rep* pp.352.
22. Oke, T. R., 1978. *Boundary layer climate*, John Wiley and sons, New York.

23. Okur, N., Y. Tuzel and M. Çengel, 1997. Effects of Solarization on the Microbial population and activity in the greenhouse, Cahiers options Méditerranées vol. 31, pp.407-411
24. Parish, S., 1990. The flame treatment of weed seedlings under controlled conditions. Monograph British crop protection council, No: 45, pp. 193-196.
25. Rai, G.D., 1994. *Non-conventional sources of energy*, 3rd ed., Khanna, publisher, India.
26. Srivastava. A.K., C.E. Goering, and R.P. Robrbach, 1995. *Engineering principles of Agriculture Machines*, 3rd ed., text book No: 6, USDA.
27. Ridley, A.O., 1977. Benefits of incorporating Crop residue. A paper presented at Agriculture days conf. univ. of Manitoba. Winnipeg.
28. Vriesema, B., 1985. Evaluatie van en onderzoek naar mogelijke verbeteringen... (Evaluation of an investigation in to possible improvement of investigation in to possible improvement of thermal weed control technique), Afstudeerscriptie, IMAG, Wageningen. Arnhem, Netherlands.