انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

مجله مدیریت بیابـان

www.isadmc.ir

بررسی اثر نبکا بر نفوذپذیری اراضی در شرایط بیابانی و ارزیابی برخی معادلات نفوذ درگونه‌های ارمک (*Ephedra strobilacea*) و گز (*Tamarix ramosissima*)

حمیدرضا عظیم زاده[۱*] و اصغر مصلح آرانی[۲]

۲،۱. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی و پژوهشکده مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد

* نویسنده مسئول: Email: hazimzadeh@yazd.ac.ir

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۱۱/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۴/۲۵**

چکیده

طی سال‌های اخیر مطالعهٔ نبکا در بوم‌نظام (اکوسیستم) بیابانی از منظر علائمی از تخریب به روشی سازگار با شرایط بیابانی و ایجاد پایداری در این عرصه تغییر یافته است. رویش‌گیاه در شرایط بیوم بیابان بسیار محدود است، اما با ایجاد نبکا، شرایط بوم شناختی (اکولوژیک) تغییر می‌کند و شرایط رشد گیاه بیشتر فراهم می‌شود. نتیجه این تغییرات ایجاد اولین حلقه زنجیره غذایی ناشی از رشد گیاه و تغییر در ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، بیلان آب سطح اراضی است که در اثر نهشته‌های بادی ایجاد می‌شود. پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر نبکاهای دو گونه ارمک (*Ephedra strobilacea*) و گز (*Tamarix ramosissima*) بر نفوذ آب به خاک در مقایسه با منطقه شاهد (بستر اصلی بین نبکاها)، در محدوده ۱۰ کیلومتری اطراف شهرستان ابرکوه در استان یزد انجام شد. علاوه بر آن مدل‌های هیدرولوژی متعددی وجود دارد که براساس مدل‌های نفوذ نظیر گرین-امپت یا هورتون به برآورد مقدار نفوذ و رواناب سطحی می‌پردازد. بدین منظور، ابتدا موقعیت گونه‌های مورد مطالعه که تشکیل نبکا داده بودند، شناسایی شد. ویژگی‌های خاک‌شناسی رویشگاه گونه‌های تشکیل‌دهنده نبکا، پس از حفر سه پروفیل خاک، مطالعه و نمونه‌برداری شد. نفوذ عمودی آب در خاک به کمک استوانه‌های مضاعف فلزی در حدفاصل نبکاها یا بستر اصلی ایجاد نبکا (به عنوان شاهد) و بر روی توده نبکا در دو گونه منتخب انجام شد. نفوذ لحظه‌ای و تجمعی مقایسه شد و ضرایب مدل‌های نفوذ هورتون و گرین-امپت محاسبه شد. نفوذ نهایی در نبکای گز و ارمک ۲۴ cm/hr اندازه‌گیری شده‌است. نفوذ نهایی در شرایط بستر رویشگاه‌های گز و ارمک (حدفاصل نبکاها) به ترتیب ۳/۶ cm/hr و ۷ cm/hr به‌دست آمد. به این ترتیب مقدار نفوذ نهایی در نبکای گز نسبت به شاهد ۶/۷ برابر و این مقدار برای ارمک ۳/۴ برابر به‌دست آمد. پس توده نبکا نقش قابل ملاحظه‌ای در نفوذ و ذخیره اندک بارندگی موجود در مناطق خشک را دارد. کارایی دو مدل با استفاده از شاخص‌های کارایی ناش- ساتکلیف و نسبت میانگین مربع خطا به انحراف از معیار مشاهدات محاسبه شد. مدل‌های هورتون و گرین- امپت در شرایط نبکای گز و ارمک دارای کارایی و برآورد خیلی خوب و خوب است. اما مدل‌ها در بستر رویشگاه‌ها از دقت کمتری برخوردار است. دلیل این اختلاف را می‌توان در همگونی بیشتر لایه‌های خاک در نبکا دانست. ذرات تشکیل دهنده نبکا بادرفتی با جورشدگی و یکنواختی بیشتری می‌باشد و فاقد لایه‌بندی مشخص است. مدل‌های هورتون و گرین امپت نیز برای چنین شرایطی تعریف شده‌اند، بنابراین حضور نبکا موجب افزایش قابلیت نفوذ پذیری آب در خاک می‌شود و برآورد مدل‌ها در این مناطق دقیق‌تر است.

واژگان کلیدی: نفوذپذیری؛ گلدان بیابانی؛ هیدروپدولوژی؛ هورتون؛ گرین- امپت.

■ مقدمه

ایران سرزمینی خشک و نیمه‌خشک با نزولات جوی بسیار کم است؛ به‌طوری که میانگین بارش سالانه آن در حدود ۲۷۴ میلی‌متر می‌باشد. در مقایسه با میانگین بارش در سطح کره زمین (حدود ۸۶۰ میلی‌متر)، این مقدار بسیار کم است؛ که نشان‌دهنده آن است که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است (Alizadeh, 2009). از طرفی دیگر بهره‌برداری بی‌رویه از منابع زیرزمینی که مهم‌ترین منبع تأمین کننده آب در مناطق خشک است، موجب شده تا سفره‌های آب زیرزمینی مواجه با افت کمی و کیفی شدید آب شوند. افت سفره‌های آب آزاد و تحت فشار، در مکان‌هایی که بیشترین نیاز آبی آن‌ها از منابع زیرزمینی تأمین می‌گردد، از مصادیق مهم تخریب بوم‌نظام‌های مرتعی و از عوامل مهم بیابان‌زایی به شمار می‌رود (Kousar, 1993). یکی از فرآیندهای مهم بیابان‌زایی فرسایش بادی محسوب می‌شود. فرسایش دارای اثرات مخرب درون منطقه‌ای مانند تخریب و تلفات خاک همراه با خرد شدن خاک‌دانه‌ها، کاهش مواد آلی و عناصر مغذی گیاه، کاهش باروری و حاصل‌خیزی خاک و اثرات مخرب برون منطقه‌ای مانند کاهش ظرفیت آبراهه‌ها و مسدود شدن کانال‌های آبیاری، پر شدن مخازن سدها و کم شدن عمر مفید آن‌ها است (Azimzadeh, 2008). حفظ پوشش گیاهی، ساده‌ترین روش کنترل فرسایش آبی و بادی و جلوگیری از زیان‌های محیط‌زیست است. حفظ گونه‌های گیاهی در بوم‌نظام‌های بیابانی که در آن‌ها عمل فرسایش پدیده‌ای رایج محسوب می‌شود مسئله‌ای مهم تلقی می‌شود. گیاهان مؤثرترین عوامل محافظ خاک در مقابل فرسایش هستند. در بوم‌نظام‌های مناطق خشک و نیمه خشک گیاهان پایا موانعی طبیعی محسوب می‌شوند که باعث کاهش سرعت باد و انباشته شدن ذرات بادرفت و تشکیل نبکا می‌شود (Mosleh Arany *et al.*, 2011a). نبکا با کاهش فرسایش بادی به این طریق نقش مهمی را در جذب ذرات ریز غبار تا درشت ماسه ایفا می‌کند. مطالعه نبکا در بوم‌نظام بیابانی با پوششی تنک ازدیدگاه زیست محیطی بسیار مهم می‌باشد؛ چرا که با ایجاد گیاه در حقیقت اولین حلقه زنجیره غذایی در بیوم بیابان شکل می‌گیرد که امکان حیات بقیه حلقه‌ها نظیر حشرات، علف‌خواران، گوشت خواران را فراهم می‌کند (Mosleh Arany *et al.*, 2011b). نبکاها به دلیل وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک تشکیل دهنده‌شان می‌تواند قابلیت نفوذپذیری آب بالاتری نسبت به مناطق همجوار داشته باشد، موضوعی که تاکنون مورد مطالعه قرار نگرفته است. البته در خصوص عوامل مؤثر در افزایش نفوذپذیری آب نقش مستقیم پوشش گیاهی از طریق دریافت باران و انتقال آهسته آن به سطح زمین و در عین حال با ایجاد مانع در مقابل حرکت آب به وسیله تعدادی از محققان از جمله Wood & Blackburn (1981) و Busby & Gifford (1981) بررسی شده و نتایج به‌دست آمده مشخص نموده است که افزایش پوشش گیاهی موجب کاهش ضریب رواناب می‌گردد.

بررسی نقش پوشش گیاهی در کاهش رواناب در حوزهٔ آبخیز پل‌رود نشان‌دهندهٔ کاهش قابل توجهی مقدار رواناب در اثر که وجود پوشش گیاهی درختی و درختچه‌ای و لاشبرگ است (Alidoost *et al.*, 2005). نتایج مشابه توسط Gholami (1994)، Sadeghi (1995) و Tavakoli & Ghodoosi (2001) ارائه شده‌است.

شدت نفوذ آب به خاک و نفوذ تجمعی آن را با استفاده از مدل‌های مختلف می‌توان برآورد نمود که از جمله مهم‌ترین مدل‌ها می‌توان به مدل گرین امپت و هورتون اشاره کرد؛ این مدل‌ها از جمله مهم‌ترین روش‌های برآوردنفوذ آب در خاک در نرم‌افزارهای WEPP[1]، SWAT[2] و HEC-HMS[3] است. مطالعات زیادی در این زمینه به‌ویژه درخارج از کشور وجود دارد. از جمله به مطالعات Stahr *et al.* (2004) می‌توان اشاره نمود که در آن به ارزیابی مدل گرین امپت در شش منطقه بر پوشش‌های حاشیه رودخانه پرداختند و نتیجه‌گیری نمودند مدل در پنج منطقه دارای قابلیت مناسب در برآورد مقادیر نفوذ تجمعی است. Sadeghzadeh *et al.* (2007) اذعان داشتند، مدل فیلیپ

[1] Water Erosion Prediction System
[2] Soil and Water Assessment Tools
[3] Hydrologic Engineering Center

شبیه سازی بهتری نسبت به معادله کاستیاکوف در فرایند نفوذ دارد. Everett and Cundy (1987) به ارزیابی مدل گرین-امپت در برآورد نفوذپذیری خاک با استفاده از اطلاعات ۲۲۰ پلات در ۱۱ منطقه پرداختند که هدف اصلی پژوهش یاد شده کاربرد آن در مدل WEPP بود. نتایج پژوهشات ایشان نشان داد با انجام اصلاحاتی در زمینه تاثیر سله و شخم، بزرگی و شدت رخداد و همچنین در نظر گرفتن رطوبت اولیه خاک، برآورد مدل بهبود یافته‌است. Parchami Araghi *et al.* (2010) برخی مدل‌های نفوذ آب به خاک در کلاس‌های بافتی مختلف و کاربری اراضی گوناگون را مورد ارزیابی قرار دادند. از جمله نتایج پژوهش آن می‌توان به این نکته اشاره کرد که مدل هورتون کم برآوردترین و مدل گرین–امپت جزء بیش‌برآوردترین مدل‌ها در بین مدل‌های مورد بررسی است.

پژوهش حاضر نیز با هدف تعیین تأثیر نبکاهای تشکیل شده توسط دو گونه ارمک (*Ephedra strobilacea*) و گز (*Tamarix ramosissima*) بر نفوذ آب به خاک در مقایسه با منطقه بدون پوشش نبکا در منطقه منتهی به شهرستان ابرکوه در استان یزد انجام شد. بر این اساس مدل‌های نفوذ نظیر گرین امپت یا هورتون که در برآوردهای مربوط به روانآب سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است.

■ مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۱۰ کیلومتری شهرستان ابرکوه قرار دارد. اطلاعات ایستگاه شاهد با طول جغرافیایی °۵۳/۲۸ شمالی و °۳۱/۱۳ شرقی دارای ارتفاع ۱۵۰۶ متر از سطح دریا و تحت عنوان ایستگاه هواشناسی ابرکوه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بررسی اطلاعات در دسترس در دوره آماری ۸۶-۱۳۷۷ ایستگاه یادشده نشان داد که میانگین درجه حرارت سالانه °C۱۹ درجه سانتیگراد، بیشینه مطلق دما °C۴۳، کمینه مطلق °C۱۲- با متوسط بیشینه و کمینه به ترتیب ۲۶/۷ و ۱۱ در مقیاس سلسیوس می‌باشد. میانگین بارش سالانه ۶۲ میلی‌متر است که بیشترین مقدار آن در آذرماه با متوسط ۱۶/۴ میلی‌متراست و ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهر تقریباً فاقد بارندگی است. مقدار کل تبخیر سالانه ۳۳۵۴/۹ میلی‌متر اندازه‌گیری شده‌است. بیشترین مقدار تبخیر مربوط به ماه خرداد ثبت شده‌است.

گونه‌های مورد مطالعه

گونه ارمک (*Ephedra strobilacea*): جنس *Ephedra sp.* گیاهی است از تیره ارمک (Ephedraceae) با ۴۴ گونه در سرتاسر دنیا پراکنش دارد. از این تعداد ایران دارای ۱۰ گونه می‌باشد. گونه‌های مختلف این جنس به‌دلیل داشتن افدرین به لحاظ دارویی حائز اهمیت می‌باشند. گونه *Ephedra strobilacea* گیاهی است گچ‌دوست با ساقه‌های سبز رنگ، بندبند و برگ‌های تقلیل یافته که در مناطق خشک و نیمه‌خشک در خاک‌های ماسه‌ای و گچی در بیابان‌های ایران مرکزی گسترش دارند. این گیاه با داشتن شاخه‌های تو در تو و کلاف مانند خود باعث رسوب ماسه بادی شده و پدیده‌ای به نام نبکا را تشکیل می‌دهند (Mosleh arany *et al.*[a], 2011).

Tamarix sp. گیاهی است از تیره گز (*Tamaricaceae*) که گیاهان این جنس جزء گیاهان شورپسند می‌باشند. گونه‌های این جنس دارای برگ‌های ریز و فلسی شکل و سیستم ریشه‌ای وسیع می‌باشند. این گونه سازگاری‌های وسیعی را نسبت به شرایط مختلف و بردباری بالا نسبت به تنش‌های محیطی نشان می‌دهد؛ از یک سو قادر است در خاک‌های ماسه‌ای و شور رشد کند و خشکی و درجه حرارت بالای محیط را تحمل کند، به‌طوری که به‌عنوان گونه غالب در مناطق خشک و نیمه‌خشک تلقی می‌شود. از طرف دیگر با بالا بردن شوری خاک، زیستگاه را ملزم به تشکیل جوامع تک‌گونه‌ای می‌کند و باعث کاهش تنوع گونه‌ای می‌شود (Daoyuan *et al.*, 2002). این گیاه نیز قادر است نبکاهایی با قطر ۱۰ متر در منطقه ایجاد کند.

روش تحقیق

در ابتدا موقعیت گونه‌های مورد مطالعه که نبکا تشکیل داده بودند شناسایی شد. ویژگی‌های خاک‌شناسی

رویشگاه گونه‌ها، پس از حفر سه نیم‌رخ خاک در هر رویشگاه مورد مطالعه و نمونه‌برداری قرار گرفت. نمونه‌ها از دو عمق ۲۰ سانتیمتر (لایه سطحی) و ۶۰-۲۰ سانتیمتر (لایه عمقی) برداشت شد. پس از بررسی‌های مورفولوژیک لایه‌های خاک یکی از آن‌ها به عنوان شاهد رویشگاه و دو پروفیل دیگر به عنوان مشاهداتی ثبت شد. سپس نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل و به روش‌های استاندارد ویژگی‌های مهم فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد (van Reeuwijk, 2002).

توزیع دانه‌بندی خاک به روش هیدرومتری و درصد ماده آلی به روش والکی بلاک تعیین گردید. بعد از تهیه عصاره اشباع خاک توسط پمپ خلاء، مقدار pH به روش پتانسیومتری با استفاده از pHمتر[1]، شوری به روش هدایت‌سنجی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج[2]، آهک به روش خنثی نمودن اسید باقیمانده با سود و سنگریزه حجمی با استفاده از الک تعیین شد (van Reeuwijk, 2002).

نفوذ عمودی آب در خاک به کمک استوانه‌های مضاعف فلزی در زمین بدون پوشش (بین نبکاها به عنوان شاهد) و بر روی توده رسوبات نبکا در دو گونه منتخب، انجام شد. ابتدا استوانه خارجی تا عمق حدود پنج سانتی‌متر در خاک نصب شد. استوانه داخلی نیز پس از آن در وسط استوانه اول مستقر و به درون زمین کوبیده شد تا لبه‌های دو استوانه در ارتفاع یکسانی از سطح زمین قرار گیرند. با توجه به افت سطح آب نفوذ یافته در خاک فاصله زمانی اندازه‌گیری عمق آب نفوذ یافته برای زمین حدفاصل نبکا و درون نبکا پنج دقیقه در نظر گرفته شد. پس از هر بار قرائت سطح آب درون استوانه‌ها با اضافه کردن آب به سطح اولیه که با علامت روی جداره بیرونی و درونی حلقه داخلی مشخص بود، رسانده شد. این عملیات تا زمانی که افت آب در حلقه داخلی به مقدار ثابت در فاصله زمانی قرائت رسید، ادامه یافت. نفوذپذیری در نبکای ارمک، نبکای گز و در منطقه بدون پوشش بین این گیاهان هر کدام در سه تکرار اندازه‌گیری شد (ASTM, 2003).

[1] pHmeter-Jenway model
[2] Jenway model Conductivity meter

مدل‌های نفوذ و بررسی کارایی

هورتون با توجه به تیپ کلی منحنی سرعت نفوذ معادله ۱ را پیشنهاد نمود (Alizadeh, 2009).

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-Kt} \qquad (۱)$$

که در آن:

f سرعت نفوذ لحظه‌ای، f_0 سرعت نفوذ در ابتدای شروع نفوذ، f_c سرعت نفوذ نهایی (وقتی نسبتاً ثابت شده باشد)، K عدد ثابت که بستگی به ویژگی‌های خاک دارد و t زمان از شروع نفوذ می‌باشد (Alizadeh, 2009).

معادله گرین-آمپت در شرایط یکنواخت برای نفوذ آب در خاک صادق و به صورت زیر است (Green & Ampt, 1911).

$$f = K(H_0 + S_w + L)/L \qquad (۲)$$

که در آن:

K ضریب هدایت هیدرولیکی، H_0 ارتفاع آب انباشت شده در سطح خاک، S_w پتانسیل مکش خاک در جبهه رطوبت و f شدت نفوذ می‌باشد. ازآنجا که استفاده کاربردی معادله ۲ مشکل است بنابراین در عمل از معادله ۳ استفاده و اجزاء آن تخمین زده شد.

$$f = K_e\left(1 + \frac{N_s}{F}\right) \qquad (۳)$$

در رابطه ۳:

f سرعت نفوذ (LT^{-1})، F نفوذ تجمعی (L) و K_e، هدایت هیدرولیکی موثر (LT^{-1}) و N_s پتانسیل مکش موثر است. این ضرایب پس از انجام آزمایش نفوذ قابل محاسبه شد (Yu, 1999; Alizadeh, 2009). متغیرهای رابطه ۲ را با تغییر ساده در مدل به صورت رابطه ۴ به‌دست آورد.

$$f = K_e + \frac{B}{F} \qquad (۴)$$

که در آن:

B حاصلضرب هدایت هیدرولیک موثر و پتانسیل مکش موثر (L^2T^{-1}) است.

تغییرات شدت نفوذ آب به خاک در زمان‌های مشخص از طریق مقایسه جفت شده t بین ارمک- شاهد ارمک، گز- شاهد ارمک و شاهد ارمک- شاهد گز مورد

آزمون قرار گرفت. از ضرایب تعیین[1]، ضریب کارایی مدل ناش ساتکلیف[2]، نسبت میانگین مربع خطا به انحراف از معیار مشاهدات[3] توانایی مدل‌های نفوذ در برآورد، مورد بررسی قرار گرفت.

$$R_{NS}^{2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(qm_i - qp_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(qm_i - qm)^2} \qquad (۵)$$

که در آن:

R^2_{NS} ضریب کارایی مدل، qm_i مقدار اندازه‌گیری شده iام، qp_i مقدار برآورد شده iام توسط مدل و qm میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده‌است. ضریب کارایی مدل در دامنه مساوی یک تا بیش از ۰/۷۵ نشان از برآورد خیلی خوب مدل، $0/75 \leq R^2_{NS}$ برآورد خوب، $0/65 < R^2_{NS} \leq 0/75$ برآورد رضایت‌بخش و کمتر از ۰/۵ برآورد مدل رضایت بخش نمی‌باشد. مقادیر کمتر از صفر ضریب کارایی مدل نشان‌دهنده ارجحیت استفاده از میانگین داده‌های اندازه‌گیری نسبت به برآورد مدل است. همان‌گونه که در شاخص نسبت میانگین مربع خطا به انحراف از معیار مشاهدات (RSR) نیز مشخص است پارامترهای به کار گرفته شده در آن مشابه رابطه ۵ است. $STDVE_m$ انحراف از معیار مشاهدات و RMSE میانگین مربع خطا می‌باشد.

$$RSR = \frac{RMSE}{STDVE_m} = \frac{[\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(qm_i - qp_i)^2}]}{[\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(qm_i - qm)^2}]} \qquad (۶)$$

تغییرات RSR در محدوده صفر تا ۰/۵ به مفهوم برآورد خیلی خوب مدل، ۰/۶-۰/۵، برآورد خوب مدل، ۰/۷-۰/۶ برآورد رضایت‌بخش مدل و مقدار بیشتر از ۰/۷ بیانگر برآورد عدم رضایت است.

به‌منظور بررسی میزان صحت و دقت معادلات نفوذ، مقادیر برآورد و اندازه‌گیری شده شدت نفوذ در نبکای گونه‌های مورد مطالعه و شاهد به صورت منحنی پراکنش ابر نقاط[4] رسم شد. در بهترین حالت برازش خطی بر ابرنقاط برآورد-واقعی در نمودارهای یاد شده خطی با عرض از مبداء صفر و شیب یک خواهد بود. به همین ترتیب برآورد کمتر از مقدار و بیش از مقدار نیز توسط این منحنی‌ها نشان داده شد.

■ نتایج

نتایج بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نیمرخ خاک در جدول ۱ نشان می‌دهد خاک بستر رویشگاه گز و ارمک از نظر طبقه‌بندی شوری در طبقه خاک‌های شور و سدیمی واقع می‌شود (Richards, 1954). در نیمرخ هر دو رویشگاه علاوه بر املاح محلول، درصد قابل توجهی گچ و آهک وجود دارد. مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۱، تجمع املاح محلول‌تر از گچ در لایه‌های عمقی نیمرخ خاک مبین شرایط خشک حاکم بر ژنز آن می‌باشد. بافت بستر رویشگاه‌ها عمدتاً دارای درصد ناچیزی مواد آلی (کمتر از یک درصد) است که با توجه به سریع بودن روند تجزیه مواد آلی در مناطق فراخشک و پوشش فقیر گیاهی در محدوده مورد مطالعه قابل توجیه است.

بررسی نشان داد قابلیت نفوذ آب در خاک در زمان‌های اولیه آزمایش در تمامی آزمون‌ها بسیار بیش از نفوذ نهایی و در شرایط اشباع است که نشان دهنده رطوبت اولیه کم و خشک بودن خاک می‌باشد. به عبارت دیگر نفوذ آب به خاک سطحی در شرایط اولیه هر آزمایش تحت تاثیر پتانسیل ماتریک بسیار منفی و پتانسیل ثقلی صورت گرفته است. این وضعیت در شرایط بیابانی به موجب کمبود منابع آب و پایین بودن رطوبت خاک دور از انتظار نیست.

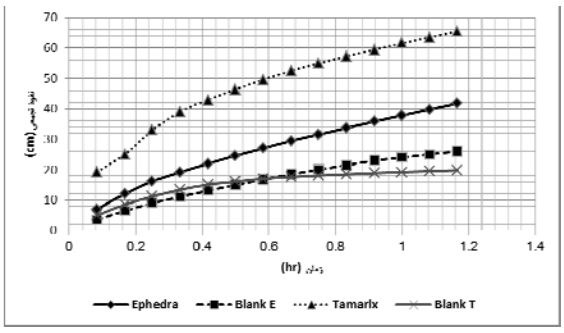
نفوذ نهایی در نبکای گز و ارمک cm/hr ۲۴ اندازه‌گیری شده‌است. این در حالی است که نفوذ نهایی در شرایط بستر رویشگاه‌های گز و ارمک به ترتیب cm/hr ۳/۶ و cm/hr ۷ به‌دست آمد. به این ترتیب مقدارنفوذ نهایی در نبکای گز نسبت به بستر رویشگاه به عنوان شاهد ۶/۷ برابر و این مقدار برای ارمک ۳/۴ برابر به‌دست آمد. بررسی نفوذ نهایی در زمان‌های مشخص پس از شروع آزمایش در شرایط نبکای گز و ارمک نشان از اختلاف معنی‌دار با شرایط بستر اصلی رویشگاه (شاهد) در قالب آزمون مقایسه جفت شده t دارد. مقادیر P مقایسه جفت شده نفوذ لحظه‌ای در زمان‌های مساوی برای نبکای گز و شاهد (بستر رویشگاه) گز کمتر از ۰/۰۰۰۱، نبکای

[1] Determination Coefficient
[2] Nash-Sutcliffe Coefficient
[3] RMSE-Standard Deviation of Observation (RSR)
[4] Scatter plot

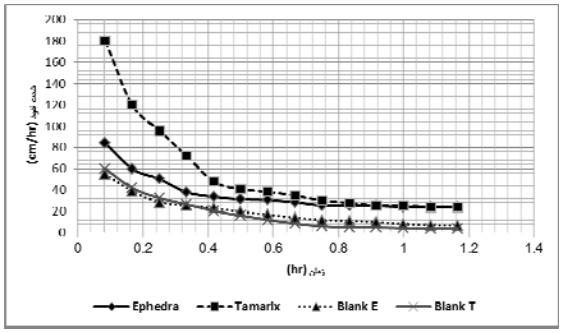
ارمک و شاهد آن کمتر از ۰/۰۰۰۱ محاسبه شد. شکل‌های ۱ و ۲ تغییرات نفوذ تجمعی و نفوذ لحظه‌ای را در شرایط نبکای گز، نبکای ارمک، شاهد گز و شاهد ارمک نشان می‌دهد.

جدول ۱. میانگین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سه پروفیل بستر رویشگاه‌های گز و ارمک

رویشگاه	عمق خاک (cm)	ECe (dS/m)	SAR $(meq/lit)^{0.5}$	pH	ماده آلی (٪)	گچ (٪)	آهک (٪)	بافت
گز	(۰-۲۰cm)	۲۸	۸۰	۸/۳	۰/۵	۱۰	۵۵/۱	SC
	(۲۰-۶۰cm)	۴۱/۶	۱۲۰	۸/۱	۰/۵	۱۶	۳۱/۲	SC
ارمک	(۰-۲۰cm)	۹/۷	۴۷	۷/۹	۰/۸	۲۰	۲۴/۳	SL
	(۲۰-۶۰cm)	۱۳	۴۶	۸	۰/۸	۲۹	۱۷/۱	SL



شکل ۱. نفوذ تجمعی در نبکای گز، ارمک، بین نبکای گز و بین نبکای ارمک



شکل ۲. سرعت نفوذ در نبکای گز، ارمک، بین نبکای گز و بین نبکای ارمک

مقایسه فرم منحنی نفوذ لحظه‌ای نبکای گز و نبکای ارمک نشان می‌دهد در زمان‌های اولیه آزمایش نبکای گز دارای شدت نفوذ بیشتری است. دلیل این امر را می‌توان در بزرگی نبکای گز نسبت به ارمک جستجو نمود. بدین لحاظ به موجب فاصله راس نبکا تا بستر رویشگاه رطوبت نسبی در سطوح بالایی کمتر لذا پتانسیل ماتریک منفی‌تر و مکش خاک بیشتر است. این در حالی است که با رسیدن به شرایط اشباع با توجه به یکسانی بافت خاک نبکا نفوذ دارای شدت مشابهی در دو نبکا می‌شود (شکل ۱).

معادلات نفوذ نظیر گرین-آمپت و هورتون دارای کاربری زیادی در مدل‌های برآورد رواناب سطحی دارد. از این رو بررسی کارایی این مدل‌ها از اهمیت شایانی برخوردار است. ضرایب معادلات گرین-امپت و هورتون در جدول ۲ ارائه شده‌است. مقایسه تغییرات نفوذ لحظه‌ای در زمان‌های مختلف و مقادیر برآورد مدل‌های هورتون و گرین-آمپت برای نبکای گز در شکل ۳، نبکای افدرا در شکل ۴ نشان داده شده‌است. علاوه بر آن مقایسه برآورد شدت نفوذ مدل‌های هورتون و گرین-آمپت و بستر بین نبکاها در شکل‌های ۵ و ۶ منعکس است.

مقدار ضریب کارایی مدل (RSR، R^2_{NS}) و ضریب تبیین مدل‌های گرین-امپت و هورتون در برآورد نفوذ نبکاهای گز، ارمک، بستر رویشگاه‌های نبکا به‌عنوان شاهد در جدول ۲ ارائه شده‌است. از جدول ۳ چنین استباط می‌گردد که مدل‌ها در شرایط نبکای گز و ارمک دارای کارایی و برآورد خیلی خوب و خوب است. این در حالی است که برآورد مدل‌ها در بستر رویشگاه‌ها از دقت کمتری برخوردار است. دلیل این اختلاف را می‌توان در همگونی بیشتر لایه‌های خاک در نبکا دانست. ذرات

تشکیل دهنده نبکا بادرفت است و دارای جورشدگی و یک‌نواختی بیشتری می‌باشد و فاقد لایه‌بندی مشخص است. از آنجا که مدل‌های هورتون و گرین امپت نیز برای چنین شرایطی تعریف شده‌اند، لذا قابلیت برآورد بهتری نیز دارند. شکل‌های ۷ تا ۱۰ به ترتیب نشان‌دهنده ابر نقاط مقادیر برآوردی مدل‌های هورتون و گرین- آمپت برای نبکای گز، نبکای افدرا، شاهد گز و شاهد افدرا می باشد. در هریک از این شکل‌ها ضریب تعیین مشخص شده است و اریب خطوط برازش داده شده از خط ۴۵ درجه مبین کم‌برآوردی یا بیش‌برآوردی مدل می‌باشد. همان‌گونه‌که مشخص است هرچند درنبکای افدرادو مدل تقریبا دارای برآوردهایی مطابق با مقادیر اندازه‌گیری شده است و منحنی برازش داده شده بر خط ۴۵ درجه نزدیک است با این وجود در مورد نبکای گز مدل هورتون کم برآورد و گین-امپت به مقادیرواقعی نزدیکتراست. نتایج جالب توجه در زابطه با منطقه شاهد (شکل‌های ۹ و ۱۰) در آغاز نشان می‌دهد ضریب تبیین کمتری نسبت به نبکای گز و افدرا (شکل‌های ۷و ۸) دارد. همچنین برآوردها کمتر از مقدار است.

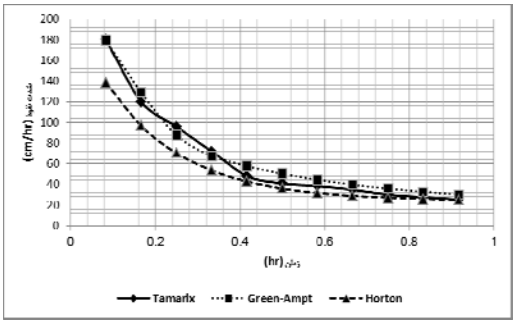
در مجموع با توجه به شاخص کارایی مدل در مجموع هر دو مدل دارای کارایی خیلی خوب (جز در مورد شاهد ارمک) می‌باشد. از لحاظ شاخص RSR مدل‌ها در تمام شرایط برآورد خیلی خوب داشته‌است.

جدول ۲. ضرایب متغیرهای معادهای نفوذ گرین امپت و هورتون

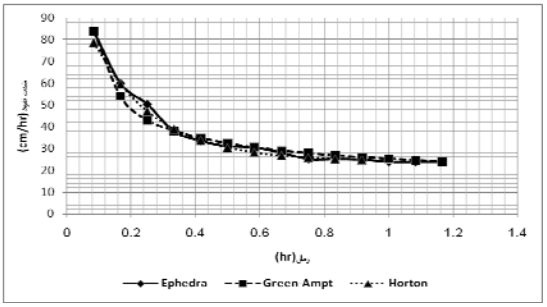
گونه	گرین- آمپت			هورتون	
	B (cm^2/hr)	K_e (cm/hr)	f_0 (cm/hr)	f_c (cm/hr)	k
گز	۴۲۶۸/۶	۴۱/۷	۱۸۰	۲۴	۵/۴۳
ارمک	۵۰۴/۵	۱۱/۹	۸۴	۲۴	۵/۱۸
شاهد گز	۳۵۱۳/۸	۱۴/۷۴	۶۰	۳/۶	۴/۹۹
شاهد ارمک	۱۹۴/۱	۰/۴۷	۵۵	۷	۳/۷۳

جدول ۳. مقایسه مقدار شاخص‌های آماری ارزیابی مدل‌های گرین-امپت و هورتون

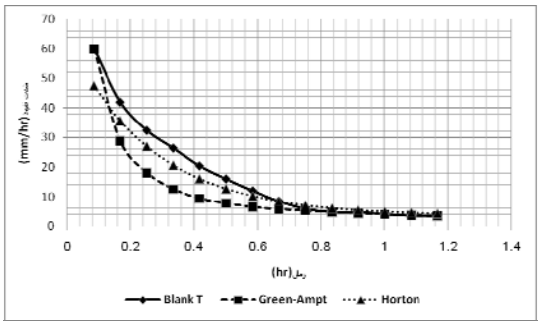
گونه	گز		ارمک		شاهد گز		شاهد ارمک	
شاخص /مدل	گرین امپت	هورتون	گرین امپت	هورتون	گرین امپت	هورتون	گرین امپت	هورتون
R^2_{NS}	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۸۰	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۷۱
RSR	۰/۱۴	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۴۵	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۵۳
R^2	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۸**	۰/۹۹**	۰/۸۸**	۰/۹۹**	۰/۹۴**	۰/۹۷**



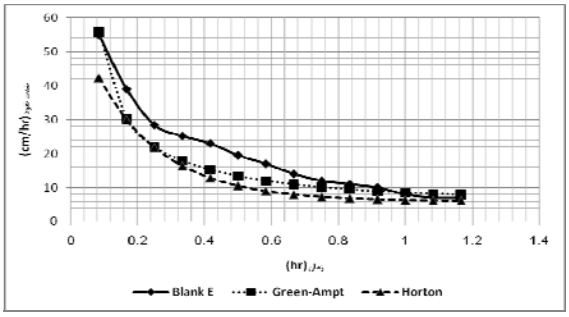
شکل ۳. مقایسه شدت نفوذ در نبکای گز و برآورد مدل‌های گرین امپت و هورتون



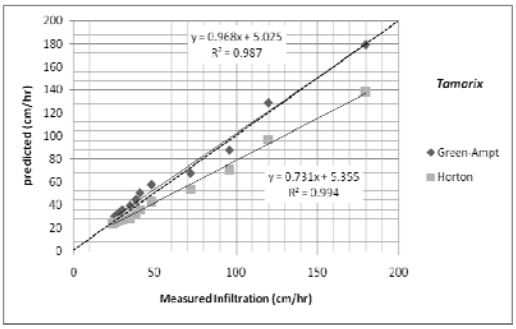
شکل ۴. مقایسه شدت نفوذ در نبکای افدرا و برآورد مدل‌های گرین امپت و هورتون



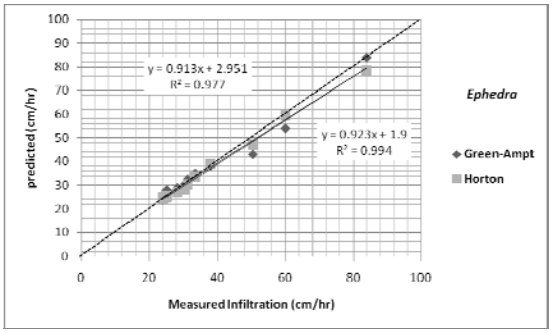
شکل ۵. مقایسه شدت نفوذ در شاهد گز (بین نبکاها) و برآورد مدل‌های گرین امپت و هورتون



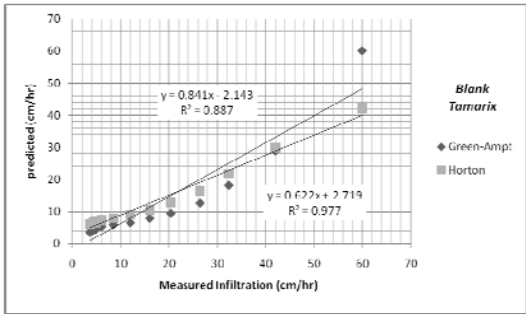
شکل ۶. مقایسه شدت نفوذ در شاهد افدرا (بین نبکاها) و برآورد مدل‌های گرین امپت و هورتون



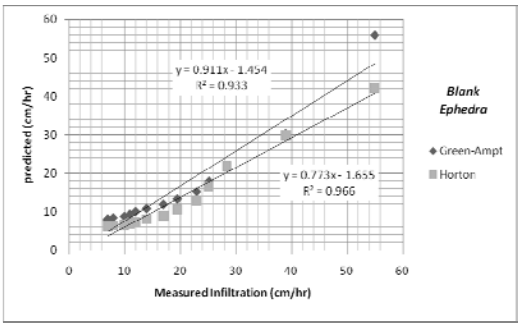
شکل ۷. ابرنقاط مقادیر برآورد و انداه‌گیری نبکای گز



شکل ۸. ابرنقاط مقادیر برآورد و انداه‌گیری نبکای افدرا



شکل ۹. ابرنقاط مقادیر برآورد و انداه‌گیری شاهد گز



شکل ۱۰. ابرنقاط مقادیر برآورد و انداه‌گیری شاهد افدرا

■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مشخص این بررسی نشان داد که نبکا نقش بسیار مهمی را در پایداری بوم‌نظام‌های مناطق خشک و فراخشک ایفا می‌کند و مهم‌ترین نقش آن در نگهداری و حفظ پوشش گیاهی است. یکی از عوامل مهم حفاظت از گیاه، اثر نبکا در تعادل آب در محدوده نبکا است؛ بدین ترتیب با افزایش زبری سطح، کاهش سرعت باد، ترسیب ذرات بادرفت و سایه‌اندازی گیاه همراه با افزایش نفوذپذیری نبکاها نقش خاصی در بهبود شرایط بوم‌نظام بیابان برای رشد گیاه دارد. با تشکیل نبکا، گیاه از بارش اندک و روانآب سطحی محدود، بهره‌برداری کافی می‌نماید. به‌عبارت دیگر، نبکا نوعی سازگاری با طبیعت در شرایط خشک مناطق بیابانی است. گز و ارمک دو گیاهی است که با تشکیل نبکا شرایط لازم برای استفاده از منابع محدود آبی را فراهم می‌کند. به این ترتیب که وجود پوشش ماسه‌ای و توسعه ریشه با قابلیت نفوذ زیاد، موجب جذب بارش‌های ناگهانی و اندک می‌شود و از سوی دیگر با ایجاد مانع از تبخیر سریع رطوبت بستر رویشگاه جلوگیری می‌کند. هدایت هیدرولیکی اشباع توده نبکای گز و ارمک دارای اختلاف معنی‌داری با بستر عمومی و حدفاصل بین نبکاها (شاهد) است. نفوذپذیری توده نبکای گز ۶/۷ و ارمک ۳/۴ برابر بستر یا زمینه عرصه بیابانی به‌دست آمده است. این نتایج نشان می‌دهد نقش نبکا در بیلان آبی اراضی بیابانی از دیدگاه اکولوژیک قابل توجه است که با بررسی‌های Liang *et al*. (2008)، El-Bana *et al*.(2002) و Jianhui *et al*. (2010) از نظر بوم‌نظام بیابان و Wood & Blackburn (1981)، Stahr *et al*. (2004) و Busby & Gifford (1981) از منظر وجود پوشش گیاهی و تاثیر بر نفوذپذیری انطباق دارد. در این میان El-Bana *et al*.(2003) و Jianhui *et al*. (2010) به نقش نبکا در بیلان و ذخیره منابع آب برای حمایت از گیاه در نبکا اشاره دارد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد است.

بررسی‌های مدل گرین امپت و هورتون در شرایط نبکای گز و ارمک دارای برآورد خیلی خوب و خوب از شدت نفوذ است. در این شرایط به موجب یکنواختی ذرات بادرفت پیش فرض‌های حاکم بر این دو مدل صادق است. نتایج حاصل از مدل گرین امپت با نتایج حاصل از پژوهش‌های Everett and Cundy (1987)، Gowdish (2007) و Naseri *et al*. (2008) هم‌خوانی دارد. با لایه لایه شدن خاک در بستر رویشگاه از قابلیت مدل هورتون در برآورد شدت نفوذ کاسته شده است. این موضوع برای مدل گرین- امپت نیز صادق است؛ زیرا جزء مدل‌های نظری است و برخی محدودیت‌ها شامل همگن فرض کردن خاک در آن اعمال شده که با شرایط طبیعی سازگاری کافی ندارد. این نتایج با بررسی‌های Stahr *et al*. (2004) که به بررسی کارایی مدل گرین–امپت بر روی بافرهای گیاهی پرداخت، تطابق دارد. برآورد نفوذ آب به خاک توسط مدل هورتون نشان داد این مدل کم برآورد است که این نتیجه با نتایج Parchami Araghi *et al*. (2010) انطباق دارد. هرچند مدل گرین– امپت درپژوهش عنوان شده جزء بیش‌برآوردترین مدل‌ها در پژوهش Parchami Araghi *et al*. (2010) عنوان شده است، در بررسی انجام شده حاضر عمدتاً برآورد مناسبی را ارائه نموده که با نتایج این مقاله هم‌خوانی ندارد. در مجموع آنچه می‌توان از جمع‌بندی مقاله حاضر استنباط نمود در دو بخش قابل ارائه است؛ بخش اول آن که ایجاد نبکا نقش بسیار زیادی در بیلان آبی مناطق بیابانی دارد، زیرا نقوذپذیری آن نسبت به بستر یا زمینه عرصه‌های بیابانی بیشتر و دارای اختلاف معنی‌داری است. این ویژگی در پایداری بوم‌نظام‌های بیابانی و ایجاد پوشش گیاهی در این مناطق بسیار مهم است. بخش دوم به اعتبارسنجی معادلات نفوذ هورتون و گرین- امپت مربوط می‌شود. در مجموع مدل گرین- امپت نتایج رضایت‌بخش‌تری نسبت به هورتون در برآورد نفوذ آب به خاک ارائه نمود.

■ References

1. Alidoost, M., Sobhzahedi, Sh., & Poornasrollah, M., R. (2005). The effect of vegetation on decreasing runoff and soil erosion, in Polrood watershed. 56-61, Proceeding of second national conference on watershed and water and soil resources management, (in Farsi).
2. Alizadeh, A. (2009). Applied Hydrology. Mashhad: Astan-e-ghods press, (in Farsi).
3. Azimzadeh, H. R. (2007). Study on Application the Wind Erosion Prediction System WEPS and IRIFR2 on Fallow lands of Yazd-Ardakan Plain. PhD, University College of Agricalture & Natural Resources, University of Tehran, (in Farsi).
4. Busby, R. E., & Gifford, G. E. (1981). Effects of livestock grazing on infiltration and erosion rates measured on chained and unchained pinygon-junipersites in Southeastern Utah. *Journal of Range Mangement, 34,* 400-405.
5. Daoyuan, Z., Linke, Y., & Borong, P. (2002). Biological and ecological characteristics of Tamarix L. and its effect on the ecological environment. *Journal of Science in China Earth Sciences, 45,* 17-23.
6. El-Bana, M. I., Nijs, I., & Kockelbergh, F. (2002). Microenvironmental and vegetational heterogeneity induced by phytogenic mounds (nebkhas) in an arid coastal ecosystem. *Journal of Plant and Soil, 247,* 283–293.
7. El-Bana M. I., Nijs I., & Khedr A. A. (2003). The importance of phytogenic mounds (nebkhas) for restoration of arid degraded rangelands in Northern Sinai. *Journal of Restoration Ecology, 11(3),* 317–324.
8. Everett, P. & Cundy, T. W. (1987). Field - Scale evaluation of infiltration parameters from soil texture for hydrologic analysis. *Journal of Water Resources Research, 23(2),* 325–334.
9. Gholami, S.A. (1994). The Effect of Vegetation Management (forest and rangeland) on Hydrograph Shape, (decreasing flood hazards). *Journal of Forest and Rangeland, 14,* 71-85, (in Farsi).
10. Green, W.H., Ampt, G.A., 1911. Studies of soil physics. 1. Flow of air and water through soils.
11. Gowdish, L. C. (2007). An improved Green-Ampt soil infiltration and redistribution method and its application to 1-dimensional and quasi 3-dimensional (point source) flow domanins. Doctor of Philosophy thesis.
12. Habibzadeh, A. (2003). Study on effects of furrow, pitting, ripping and seeding on rainfall storage. Technical report, Natural Resources and Agricultural Research Institute of Eastern Azarbaijan, 80, (in Farsi).
13. Hosseini, S. A. H. (2001). Study on grazing tension effects of on infiltration of saline-sodic rangelands of Incheh Boron, Golestan Province. Technical report, Natural Resources and Agricultural Research Institute of Gorgan, 39, (in Farsi).
14. Jianhui, D., Ping, Y., & Yuxiang, D. (2010). The progress and prospects of nebkhas in arid Areas. *Journal of Geogr Sciences, 20(5),* 712-728.
15. Kousar, A. (1993). Combat to Desertification by water spreading; a coordinated effort. Technical report, Natural Resources and livestock Research Institute of Fars Province, 58, (in Farsi).
16. Liang, J., Wang, Y., & Yang, X. (2008). Distribution pattern of Bassia dasyphylla on Tangutorum nitraria sand dunes in desert-riverside ecotone. *Journal of Pratacultural Science, 25(5),* 42–47.

17. Mosleh arany, A., Azimzadeh, H. R., & Ekhtesasi, M.R. (2011). Study on the Morphological Adaptation and Role of the Plant of Nebkhas on soil conservation, case study: Ephedra strobilacea. The 2nd National conference on wind erosion and dust storms conference, 16-17 Feb. 2011, Yazd, Iran, (in Farsi).

18. Mosleh arany, A., Sodaeizadeh, H., Azimzadeh, H. R., & Ekhtesasi, M. R. (2011). Introduce the nebkha forming species and investigation of their difference responses to sand sedimentation. The 2nd National conference on wind erosion and dust storms conference, 16-17 Feb. 2011, Yazd, Iran, (in Farsi).

19. Nasseri, M., Daneshbod, Y., & Seyyedin, H. (2008). Green and Ampt infiltration equation: comparison of two analytic direct methods. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering, 32,* 557-561, (in Farsi).

20. Parchami Araghi, F., Mirlatifi, S. M., Ghorbani Dashtaki, S., & Mahdian M.H. (2010). Evaluating Some Infiltration Models under Different Soil Texture Classes and Land Uses. *Iranian Journal of lrrigation and drainage, 2(4)*, 193-205, (in Farsi).

21. Richards, L. A. (Editor). 1954. Diagnosis and Improvement of saline and alkalie soils. Agricultyral Handbook 60, USDA, 103p.

22. Risse, L.M., Nearing, M. A., & Zhang, X. C. (1995). Variability in Green-Ampt effective hydraulic conductivity under fallow conditions. *Journal of Hydrology, 169,* 1-24.

23. Sadeghi, S. H. R. (1995). An investigation on runoff coefficient changes and forest canopy coverage of Kaspalian Watershed. *Journal of Forest and Rangeland, 43,* 108-114, (in Farsi).

24. Sadegh Zadeh, K., Shirmohammadi, A., Montas, H. J., & Felton, G. (2007). Evaluation of infiltration models in contaminated landscape. *Journal of Environmental Science and Health, 42(7),* 983-988.

25. Stahr, L. M., Eisenhauer, D. E., Helmers, M. J., Dosskey, M. G., & Franti, T. G. (2004). Green-Ampt Infiltration Parameters in Riparian Buffers. Proceeding of ASAE/CSAE Annual International Meeting, Ottawa,

26. Tavakoli, M., Ghodoosi, J. (2001). The effect of protection management and revival in part of "Sade Raeesali Delavari" watershed, Booshehr province. Proceeding of Rangelands and Deserts Congress of Iran, (in Farsi).

27. Vahabi, M. (1990). Study on vegetation cover changes, forage production and infiltration rate in preserve and grazing areas of Fereidan- Isfahan. MSc. University College of Agricalture & Natural Resources, University of Tehran, (in Farsi).

28. van Reeuwijk L. P.(Edi) (2002). Procedures for soil Analysis, FAO, ISRIC, Technical Paper No:9.

29. Wood, M., & Blackburn, E. H. (1981). Grazing systems: Their influence on infiltration in the Rolling Plains of Texas. *Journal of Range Management, 34*, 331-335.

30. Yu, B. (1999). A Comparison of the Green-Ampt and A Spatially Variable Infiltration Model For Natural Storm Events. *Journal of ASAE, 42(1),* 89-97.

No. 1, Spring & Summer 2013, pp. 51-62

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

The Effects of Nebkhas on Soil Infiltration and Evaluation of Some Infiltration Equations in Desert Conditions (Case Study: Ephedra strobilacea and Tamarix ramosissima Species)

H.R. Azimzadeh[1]* and A. Mosleh Arani[2]

1, 2 Associate Professor of Natural Resources and Desert Studies Faculty, Yazd University.
* Corresponding Author: hazimzadeh@yazd.ac.ir

Received: 2013.01.22 **Accepted: 2013.07.16**

Abstract

In recent years, the idea of nebkhas as a degradation index changed to signs of adaption and stability in desert conditions. Plants growth condition is very restricted in desert biomes, but nebkhas ecologically provide a better condition for some plants to grow. Nebkhas also change physical and chemical properties of the soil and also water balance conditions. In this study infiltration rate was compared between nebkhas formed by Ephedra strobilacea and Tamarix ramosissima and soil between nebkhas in Abarkouh area located in Yazd province. In addition, there are many hydrological models that use Green-Ampt or Horton equations for forecasting surface runoff. So this study also evaluated the efficiency of Green-Ampt or Horton equations. At the first, the locations of each nebkhas were recognized and soil of nebkhas and the soil between nebkhas were sampled. Soil samples were then delivered to the laboratory and main physico-chemical characteristics of all samples were measured. Infiltration rate was measured by double ring between nebkhas (bare) and in the nebkhas of the two species. Horton and Green-Ampt constants were also calculated. Infiltration models efficiency were analyzed by calculation of Nash-Sutcliffe coefficient and RMSE-Standard Deviation of Observation (RSR). Final permeability was measured at about 24 cm/hr for Ephedra strobilacea and Tamarix ramosissima nebkhas. Final permeability for between nebkhas (bare) of Tamarix ramosissima and Ephedra strobilacea were measured 3.6 and 7 cm/hr, respectively. Final permeability for Ephedra strobilacea and Tamarix ramosissima nebkhas was 6.7 and 3.4 times more than between nebkhas. It is concluded that nebkha play an important role in water infiltration and water resources in desert areas. Nash Sutcliffe ranges showed Green-Ampt and Horton models are in acceptable levels of performance for predicting infiltration rate of Tamarix ramosissima and Ephedra strobilacea nebkhas. However, the models show less accuracy for soil between nebkhas (bare), because of soil stratifying. The cause of these differences is that Aeolian materials of nebkhas sorted by wind show homogenous texture compared with the layered soil of between nebkhas. Horton and Green -Ampt models assumptions have conformity with homogenous soils.

Keywords: Infiltration rate; Desert pots; Hydropedology; Horton; Green –Ampt.