بررسی اثر دبی بر الگوی خیس‌شده تحت آبیاری قطره‌ای سطحی و شبیه‌سازی با مدل HYDRUS-2D

زینب حیدری[۱]، معصومه فراستی[۲]، رسول قبادیان[۳]

مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد دانشجو می‌باشد

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی تأثیر دبی بر الگوی رطوبتی و شبیه سازی آن با مدل هایدروس دوبعدی می‌باشد. پس از آماده سازی یک مدل فیزیکی از جنس پلاکسی گلاس با ابعاد مشخص، و پر شده با خاک لوم رسی سیلتی، به وسیله‌ی قطره‌چکان تنظیم شونده‌ی دستی چهار دبی ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ساعت مورد آزمایش قرار گرفت. مدت زمان آبیاری برای هر دبی ثابت و برابر ۲ ساعت بود. ۲۴ ساعت پس از آبیاری توزیع مجدد رطوبت در خاک در نظرگرفته شد. شبیه سازی الگوی رطوبتی توسط مدل هایدروس دو بعدی صورت می‌گرفت. نتایج مقایسه‌ی مقادیر قطر و عمق خیس‌شده‌ی پیاز رطوبتی اندازه‌گیری شده و برآورد شده با مدل هایدروس دوبعدی نشان داد ضریب همبستگی در تمامی دبی‌ها بالای ۹۰ درصد و مقدار خطاها بسیار کم بود که نشان از دقت بالای شبیه‌سازی الگوی رطوبتی مدل هایدروس دوبعدی داشت که این دقت در دبی‌های پایین‌تر بیشتر بود. نتایج مقایسه‌ی بین شبیه‌سازی‌های مدل هایدروس دو بعدی با استفاده از داده‌های مختلف ورودی مدل رزتا و داده‌های الگوی رطوبتی مشاهداتی نشان داد هرچه میزان داده‌های ورودی به مدل رزتا بیشتر باشد دقت شبیه‌سازی الگوی رطوبتی با مدل هایدروس دو بعدی افزایش خواهد یافت. با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق، با افزایش دبی از گستردگی رطوبت در عمق کاسته و گستردگی در سطح افزایش می‌یابد. دقت مدل هایدروس دوبعدی در دبی‌های پایین‌تر بیشتر شد و هرچه میزان ورودی‌های داده شده به مدل رزتا بیشتر باشد دقت مدل هایدروس دوبعدی بیشتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی : آبیاری قطره‌ای سطحی، الگوی توزیع رطوبت، دبی، شبیه سازی، هایدروس دوبعدی.

[۱] . دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه رازی کرمانشاه، ایران. شماره تماس: ۰۹۱۳۴۸۰۴۰۰۸. ایمیل: heidari@gmail.com

[۲] . نویسنده مسئول، استادیار دانشگاه گنبد کاووس، گنبد، ایران، استادیار دانشگاه رازی کرمانشاه. شماره تماس: ۰۹۱۸۸۳۰۰۷۸۳، ایمیل: farasati2760@gmail.com

[۳] . دانشیار دانشگاه رازی کرمانشاه. شماره تماس: ۰۹۱۸۸۳۳۲۴۸۹، ایمیل: ghobadian@gmail.com

مقدمه

مهمترین تفاوت آبیاری قطره‌ای با سایر روش‌های آبیاری در این است که بین تبخیر-تعرق و مقدار آبی که باید به زمین داده شود، در یک دوره زمانی محدود (۲۴ تا ۷۲ ساعت) توازن برقرار می‌شود. این امر باعث می‌شود با توجه به محدود بودن میزان آب در دسترس، بیشترین بهره‌وری از آب انجام پذیرد. آبیاری قطره‌ای، به کلیه‌ی روش‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها آب به مقدار کم و حدود ۱ تا ۱۰ لیتر در ساعت به آرامی در نزدیکی گیاه ریخته می‌شود، به همین دلیل این روش‌ها را آبیاری با حجم کم نامیده‌اند(۱۲). این سیستم در شرایط جغرافیایی سخت و نامناسب برای آبیاری محصولات مختلف مناسب می‌باشد همچنین افزایش عملکرد محصول و بهبود کیفیت آن با استفاده از آب کمتر از جمله مزایای این روش است. در سیستم‌های قطره‌ای الگوی خیس شده از مهمترین پارامترهایی است که سرعت نفوذ عمقی و میزان بهره‌وری از این سیستم‌ها را تعیین می‌کند. هندسه‌ی الگوی خیس شده تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله نوع خاک، رطوبت اولیه‌ی خاک، میزان آب کاربردی و مدت زمان آبیاری می‌باشد(۱۱). به منظور صرفه‌جویی در زمان و هزینه به جای آزمایش‌های مزرعه‌ای می توان از مدل‌های تحلیلی، تجربی و عددی برای پیش‌بینی نحوه‌ی توزیع آب در خاک در شرایط مختلف محیطی و پارامترهای متنوع طراحی استفاده کرد. مدل هایدروس دوبعدی یکی از مدل‌های توانمند در شبیه‌سازی حرکت آب، املاح و گرما می‌باشد که بر پایه‌ی حل عددی معادله‌ی ریچاردز عمل می‌کند. این مدل در سال ۱۹۹۹ توسط سیمیونک و همکاران در آزمایشگاه شوری خاک آمریکا ارائه گردید. اژدری (۱۳۸۷) در تحقیقی به بررسی نحوه‌ی توزیع رطوبت به صورت عمودی و افقی در ناحیه‌ی ریشه‌ی گیاه ترب و مشخص کردن میزان آبشویی عمقی از طریق مدل کردن محیط ناحیه‌ی ریشه پرداخت و نشان داد مدل هایدروس دوبعدی توانایی بالایی در شبیه‌سازی دارد. خلیلی و همکاران (۱۳۹۳) ابعاد پیاز رطوبتی را با استفاده از مدل تجربی و مدل عددی هایدروس دوبعدی در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی بدست آوردند با مقایسه‌ی نتایج ضریب تبیین بالای بین ۰/۸۸ تا ۰/۹۷ برای مدل هایدروس دوبعدی و برای مدل تجربی بین ۰/۹۴ تا ۰/۹۸ بدست آمد. اسکگز و همکاران (۲۰۰۴) برای مقایسه‌ی شبیه‌سازی هایدروس دوبعدی از آبیاری قطره‌ای با مشاهدات تجربی تحقیقی بر روی خاک لومی شنی انجام دادند. در آزمایش ها از حجم‌های متفاوت از آب کاربردی ۲۰ ، ۴۰ و ۶۰ لیتر استفاده شد و نشان دادند مدل هایدروس دو بعدی توانایی خوبی در شبیه‌سازی دارد و برای مدیریت و طراحی آبیاری قطره‌ای می‌توان از آن استفاده کرد. مازیار و کندلوس (۲۰۱۰) به مقایسه‌ی مدل‌های عددی، تحلیلی و تجربی برای تخمین الگوی توزیع رطوبتی در سیستم‌های قطره‌ای سطحی و زیرسطحی پرداختند. در این آزمایش مدل عددی هایدروس دوبعدی و مدل تحلیلی WetUp و چند مدل تجربی انتخاب شد. پارامترهای هیدرولیکی خاک برای شبیه‌سازی هایدروس دوبعدی با استفاده از مدل رزتا بدست آمد. نتایج مقایسه نشان داد میانگین خطای مطلق استفاده شده برای مقایسه‌ی مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده از ابعاد خیس‌شده برای نرم افزار هایدروس ۱۰/۴۳-۰/۸۷ برای نرم افزار WetUp، ۱/۵۸- ۱ و برای مدل‌های تجربی ۱۲/۲۴-۱/۳۴ بدست آمد که نشان‌دهنده‌ی این است که مدل هایدروس از دقت بالاتری برای شبیه‌سازی برخوردار است. ناگلیک و همکاران (۲۰۱۲) یک بررسی کوتاه از مدل‌هایی که به منظور تعیین الگوی خیس‌شده بکار می‌روند انجام دادند. نتایج نشان داد برای صرفه جویی در زمان و هزینه بهتر است برای تعیین الگوی رطوبتی از مدل‌ها استفاده شود. سامادیان فرد و همکاران (۲۰۱۲) به تخمین جبهه رطوبتی با استفاده از برنامه ریزی بیان ژن پرداختند. نتایج نشان داد که در خاک لوم شنی با دبی ۴لیتربرساعت برنامه ریزی بیان ژن به خوبی جبهه رطوبتی را شبیه سازی نمود. مدل‌های عددی مانند هایدروس دو و سه بعدی به کاربران اجازه می‌دهد که

HYDRUS-2D:

کنترل بهتر داشته باشند و طیف گسترده‌تری از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای را می‌تواند شبیه‌سازی کند. از طرفی نیاز به مقدار بیشتری داده‌ی ورودی قابل اعتماد دارند. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر دبی در نحوه‌ی توزیع آب در خاک از یک منبع نقطه‌ای در زمینی بایر و مسطح و همچنین بررسی توانایی مدل هایدروس دوبعدی در شبیه‌سازی حرکت آب در خاک به منظور صرفه‌جویی در زمان و هزینه برای آزمایش‌های تجربی می‌باشد.

مواد و روش ها

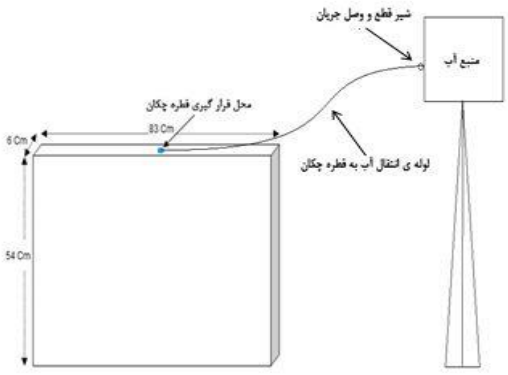
این پژوهش در پاییز ۱۳۹۳ در آزمایشگاه هیدرولیک دانشکده‌ی کشاورزی کرمانشاه اجرا شد. مطالعات تجربی بر روی یک مدل فیزیکی از جنس پلاکسی گلاس به ابعاد ۸۳ × ۶ × ۵۴ سانتی‌متر (به ترتیب طول، عرض، ارتفاع) انجام شد (شکل ۱). کف مدل یک لایه شن به ضخامت ۱۰ سانتی متر بعنوان زهکش ریخته شد، سپس خاکی با بافت مشخص درون مدل ریخته شد. دانه‌بندی این خاک به روش هیدرومتری، چگالی ظاهری به روش استوانه و رطوبت در نقطه‌ی ظرفیت زراعی و پژمردگی دایم بوسیله‌ی دستگاه صفحات فشاری بدست آمد. مشخصات فیزیکی خاک درون مدل در جدول ۱ آمده است.

جدول (۱): مشخصات فیزیکی خاک مورد مطالعه

عمق خاک (cm)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	بافت خاک	درصد رطوبت حجمی خاک در FC	درصد رطوبت حجمی خاک درPWP	چگالی ظاهری ($gr\ cm^{-3}$)
۴۵	۱۴/۲۸	۵۲	۳۳/۷۲	لوم رسی سیلتی	۰/۳۶	۰/۲۱	۱/۳۴

یک منبع آب در ارتفاعی ثابت قرار داده شد یک طرف آن به شیر آب و طرف دیگر بوسیله‌ی لوله ی انتقال آب به قطره چکان متصل شد. درون منبع، لوله‌ای قرار داده شد و کف مخزن سوراخ شد تا آب اضافی از منبع خارج شود. قطره‌چکان انتخابی از نوع تنظیم شونده‌ی دستی بود که قبل از انجام هر آزمایش بوسیله‌ی کرنومتر و استوانه‌ی مدرج کالیبره می‌شد (شکل ۱). دبی‌های مورد آزمایش ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ساعت بودند. بدلیل محدودیت مدل، زمان آزمایش ۲ ساعت انتخاب شد. از زمان شروع آزمایش در زمان‌های مشخص ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ (زمان قطع جریان)، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۶۰، ۴۲۰، ۱۵۶۰ جبهه‌ی رطوبتی بر روی شیشه‌ی مدل کشیده شد و به کاغذ کالک منتقل شد.

ابعاد (X و Z) در زمان‌های مشخص شده اندازه‌گیری شد و نتایج قطر و عمق خیس شده‌ی بدست آمده از آزمایش‌ها و مقادیر شبیه‌سازی‌شده توسط مدل با هم مقایسه شد.



شکل (۱): نمایی از مدل فیزیکی

مدل عددی انتخاب شده در این پژوهش مدل هایدروس دو بعدی است. مستطیلی به طول ۸۳ سانتیمتر و ارتفاع ۵۴ سانتیمتر بعنوان محدوده‌ی شبیه‌سازی ترسیم شد و در سطح آن خطی به طول ۱۰ سانتیمتر به عنوان محدوده‌ی تغذیه شونده توسط قطره‌چکان رسم شد. رطوبت اولیه‌ی خاک در چند نقطه به روش وزنی اندازه‌گیری شد و میانگین آن در مدل قرار داده شد. در مدت آبیاری برای محدوده‌ی قطره‌چکان شرایط مرزی متغیر در نظر گرفته شد و پس از قطع جریان مقدار صفر برای این محدوده قرار داده شد سطح فوقانی و کناره‌های محدوده‌ی قطره‌چکان بدلیل ناچیز بودن تبخیر و تعرق از سطح، مرز بدون جریان در نظر گرفته شد. برای مرزهای کناری مستطیل هم در طول آبیاری و هم پس از قطع آبیاری شرایط بدون جریان و انتهای مدل نیز شرایط بصورت زهکشی آزاد در نظر گرفته شد. مدل هایدروس قادر به شبیه‌سازی حرکت آب، املاح و گرما بصورت یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی است که از حل عددی معادله‌ی ریچاردز برای شبیه‌سازی حرکت آب در خاک استفاده می کند. این معادله با فرض همگن و یکنواخت بودن خاک (رابطه ۱). مشخصات هیدرولیکی خاک با استفاده از مدل ون گنوختن – معلم (۱۹۸۰) بدست می‌آید(رابطه ۲، ۳، ۴) :

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial t}\left[K(h)\frac{\partial h}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial z}\left[K(h)\frac{\partial h}{\partial z}+K(h)\right] \quad (۱)$$

$$\theta(h)=\begin{cases}\theta_r+\frac{\theta_s-\theta_r}{(1+|\alpha h|^n)^m} & h<0\\ \theta_s & h\geq 0\end{cases} \quad (۲)$$

$$K(h)=K_s Se^{1}\left[1-\left(1-Se^{\frac{1}{m}}\right)^{m}\right]^2 \quad (۳)$$

$$Se=\frac{\theta-\theta_r}{\theta_s-\theta_r}\quad m=1-\frac{1}{n}\quad for\ n>1 \quad (۴)$$

که در آن θ رطوبت حجمی (L^3L^{-3})، h پتانسیل فشاری آب موجود در خاک(L)، t زمان (T)، x مختصات افقی (L)، z مختصات عمودی (L) و k هدایت آبی (LT^{-1}) ، Se اشباع نسبی، θs رطوبت حجمی اشباع، θr رطوبت باقیمانده در پروفیل خاک، Ks هدایت آبی اشباع و n و m پارامترهای تجربی می باشند.

نرم افزار رزتا توسط شاپ و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایشگاه شوری خاک آمریکا بسط داده شده است. این نرم افزار می‌تواند ویژگی‌های هیدرولیکی خاک مانند منحنی مشخصه آب خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع و پارامترهای هیدرولیکی ون‌گنوختن- معلم را براساس شبکه‌های عصبی مصنوعی با دقت قابل قبولی برآورد کند. با استفاده از مدل رزتا پارامترهای هیدرولیکی خاک بدست آمد. ورودی‌های مورد نیاز مدل رزتا عبارت است از بافت خاک، درصد دانه‌بندی ذرات، درصد رطوبت در حد ظرفیت زراعی و نقطه‌ی پژمردگی دائم است. در جدول ۲ پارامترهای تخمین‌زده شده توسط رزتا آورده شده است.

جدول (۲): پارامترهای معادله ی ون گنوختن معلم از خاک تجربی

(m^{-1})Alpha (α)	n	Θ r ($m^3 m^{-3}$)	Θ s ($m^3 m^{-3}$)	$(cm\ min^{-1})$Ks
۰/۰۰۸۷	۱/۵	۰/۰۸۷	۰/۴۷	۰/۰۱۰۳

θs رطوبت حجمی اشباع ، θr رطوبت باقیمانده در پروفیل خاک، Ks هدایت آبی اشباع و n و پارامترهای تجربی هستند.

مقایسه‌ی پارامترهای هیدرولیکی خاک بدست آمده از ورودی‌های مختلف مدل رزتا

مدل‌های به کار رفته در نرم افزار رزتا همراه با ورودی‌های مورد نیاز و نوع توابع انتقالی استفاده شده در آن‌ها به طور کامل در جدول ۳ آورده شده است. در این پژوهش با استفاده از نرم افزار رزتا که درون مدل هایدروس دو بعدی قرار دارد با ورودی‌های مختلف آن، شبیه‌سازی‌ها را انجام و مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول(۳): معرفی مدل‌های بکار رفته در نرم افزار رزتا همراه با ورودی‌های مورد نیاز و نوع توابع انتقالی استفاده شده در آن

مدل	نوع توابع انتقالی به کار رفته	ورودی های مورد نیازمدل رزتا
TXT	کلاسی	بافت خاک
SSC	شبکه‌عصبی مصنوعی	درصدهای شن، رس و سیلت
SSCBD	شبکه‌عصبی مصنوعی	SSC + جرم مخصوص ظاهری
SSCBDTH33	شبکه‌عصبی مصنوعی	SSCBD + رطوبت نقطه ظرفیت مزرعه
SSCBDTH331500	شبکه‌عصبی مصنوعی	SSCBDTH33 + رطوبت نقطه پژمردگی

به منظور انطباق داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های اندازه‌گیری شده از پارامترهای آماری ریشه مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R2) وخطای میانگین (ME) استفاده شد این پارامترها بوسیله‌ی ویل موت (۱۹۸۲) به صورت زیر تعریف شدند:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(O_i - \bar{O})^2} \quad (۵)$$

(۶)

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N}(Pi - Oi)}{N}$$

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n}(Ai - Bi)2}$$

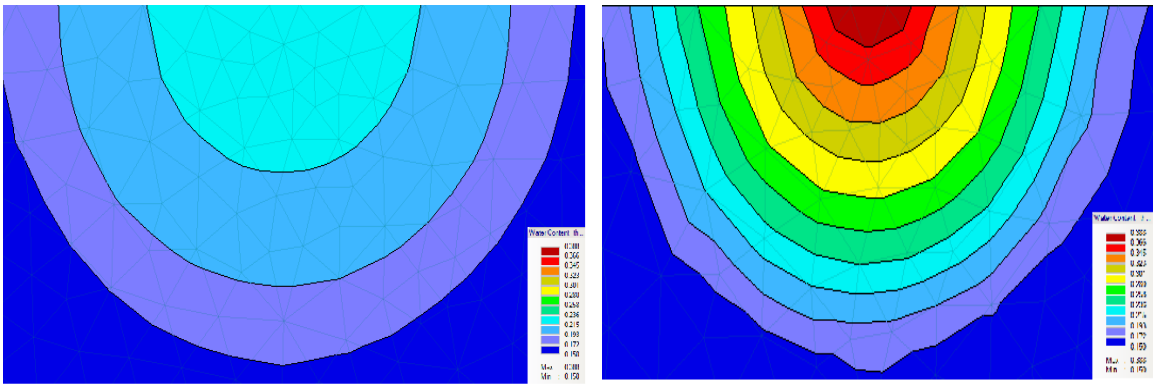
(۷) /n

که در این روابط N کل داده‌های مورد استفاده، Oiداده های دبی اندازه‌گیری شده، Pi داده های دبی شبیه سازی شده، $\bar{O}$ میانگین داده‌های مشاهده شده است. مقدار ME نشان از کم برآورد و یا بیش‌برآورد

داده‌های شبیه‌سازی شده نسبت به داده‌های مشاهده شده دارد. مقدار RMSE عملکرد مدل را مشخص می‌کند و هر چه کمتر و به صفر نزدیکتر باشد خطای مدل کمتر است. مقدار ضریب همبستگی (R^2) بین صفر و یک است که هرچه به یک نزدیکتر باشد میزان همبستگی نتایج شبیه‌سازی و مقادیر اندازه‌گیری بیشتر است.

نتایج و بحث

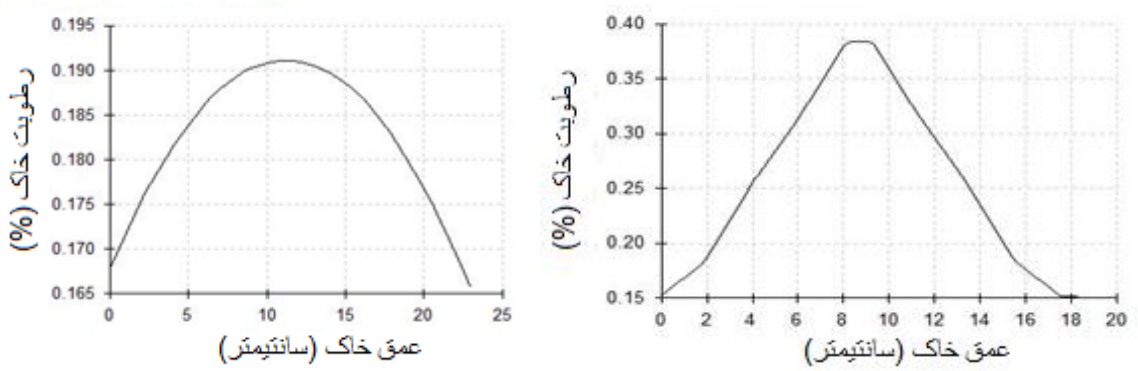
برای واسنجی مدل هایدروس دوبعدی، از داده‌های دبی ۴ لیتر بر ساعت استفاده شد. به منظور واسنجی با تغییر در پارامترهای بدست آمده از مدل رزتا، شبیه‌سازی انجام شد و نتیجه‌ی شبیه‌سازی الگوی رطوبتی بدست آمده توسط هایدروس دوبعدی در شکل ۲ نشان داده شده است. الگوی رطوبتی با داده‌های دبی ۴ لیتر بر ساعت شبیه‌سازی شد نتایج شبیه‌سازی بلافاصله پس از قطع جریان و ۲۴ بعد از قطع در شکل ۳ آورده شده است. مطابق شکل، نتایج شبیه‌سازی نشان داد رطوبت در محل قطره‌چکان بیشترین مقدار بود و با افزایش عمق، از میزان این رطوبت کاسته شد. تا زمان برقراری جریان، رطوبت در اعماق تغییرات زیادی داشت اما ۲۴ ساعت پس از قطع جریان رطوبت تقریباً ثابت شد و شدت تغییرات آن کاهش یافت. در شکل ۳ نمودارهای درصد رطوبت در اعماق مختلف روی محور قطره‌چکان با دبی ۴ لیتر بر ساعت بلافاصله پس از قطع آبیاری و ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری نشان داده شده است.



(الف) (ب)

شکل (۲): شبیه‌سازی الگوی رطوبتی با دبی (L/hr)۴، بلافاصله پس از قطع آبیاری (الف) و ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری (ب)

در شکل۳ نمودارهای درصد رطوبت در عرض‌های مختلف روی سطح خاک با دبی ۴ لیتر در ساعت بلافاصله پس از قطع آبیاری و ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری را نشان می‌دهد.

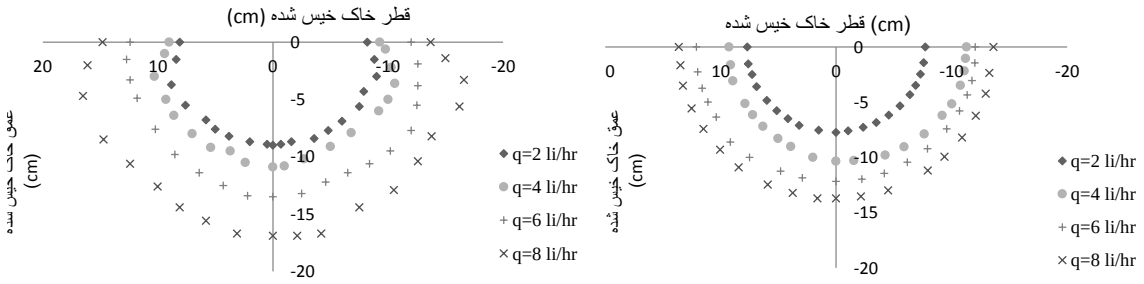


(الف)

(ب)

شکل (۳): نمودار درصد رطوبت در عرض‌های مختلف روی سطح خاک(محل قطره چکان) با دبی ۴ لیتر بر ساعت، بلافاصله پس از قطع آبیاری (الف) و ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری (ب)

در شکل ۳، محور عمودی درصد رطوبت و محور افقی عرض‌های مختلف سطح خاک را برحسب سانتی‌متر نشان می‌دهد. شکل ۳ (الف)، میزان رطوبت را در عرض‌های مختلف سطح خاک تا زمان قطع آبیاری نشان می‌دهد، بیشترین مقدار رطوبت در محل قطره‌چکان و برابر ۳۸ درصد است که برابر رطوبت اشباع است هرچه از قطره‌چکان فاصله می‌گیریم از میزان رطوبت کاسته و نمودار سیر نزولی دارد تا به رطوبت اولیه یعنی ۱۵ درصد رسید. که مقدار عرض خیس شده مطابق شکل حدودا ۱۷ سانتی متر بدست آمده است. شکل ۳ (ب) میزان رطوبت روی سطح خاک را تا ۲۴ ساعت بعد از قطع آبیاری نشان می‌دهد. میزان رطوبت در محل قطره‌چکان از ۳۸ درصد به حدود ۱۹ درصد رسیده است و با فاصله گرفتن از محل قطره‌چکان، رطوبت کاهش یافته است. پس از محاسبه ی مقادیر حداکثر عمق و قطر خیس شده شبیه‌سازی شده توسط مدل هایدروس و اندازه‌گیری شده برای دبی ۴ لیتر بر ساعت، با بدست آوردن پارامترهای آماری مشخص‌شده برای این داده‌ها، مقدارخطاهای ME و RMSE بسیار پایین و به ترتیب برای حداکثر عمق خیس شده ۰/۴ و ۰/۸۹ سانتیمتر و برای حداکثر قطر خیس شده ۰/۰۷۷- و ۰/۴۲سانتیمتر بدست آمد. ضریب تشخیص بین داده‌ها برای بیشترین عمق خیس شده ۰/۹۷ و برای بیشترین قطر خیس شده ۰/۹۸ بدست آمد که این مقادیر نشان دهنده‌ی همبستگی خوب بین مقادیر مشاهده شده و شبیه‌سازی شده بوده و نشان‌دهنده‌ی واسنجی خوب مدل برای شبیه‌سازی الگوی رطوبتی است. پارامترهای هیدرولیکی سنجش شده درون مدل قرار داده شد و شبیه‌سازی‌ها برای سایر دبی‌ها انجام شد که نتایج آن در شکل ۴ نشان داده شده است.

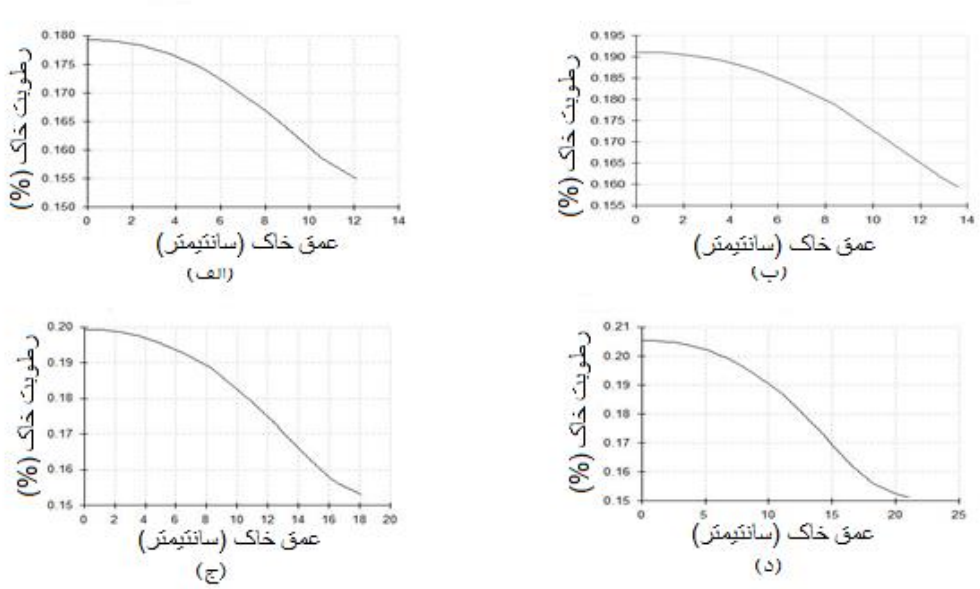


(الف) (ب)

شکل (۴): مقایسه ی تاثیر دبی‌های مختلف بر الگوی رطوبتی واقعی(الف) و شبیه‌سازی شده(ب)، ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری

با افزایش دبی قطره‌چکان، الگوی خیس شده وسیعتر گردید. همچنین با افزایش دبی از گستردگی رطوبت در عمق کاسته شده و گستردگی در سطح افزایش یافت که این مشاهدات با نتایج شریف نیا و همکاران(۱۳۸۸) مطابقت داشت (شکل ۴). با توجه به نتایج شکل ۴ (ب) مدل هایدروس مقادیر قطر خیس شده را کمتر از میزان واقعی برآوردکرد.برای مقایسه‌ی الگوی رطوبتی مشاهده شده و شبیه‌سازی شده، بیشترین عمق و قطر خیس شده را در بازه های زمانی مختلف اندازه‌گیری شد. در شکل ۵ و ۶ نمودارهای رطوبت در عمق‌ها و قطرهای مختلف شبیه‌سازی شده

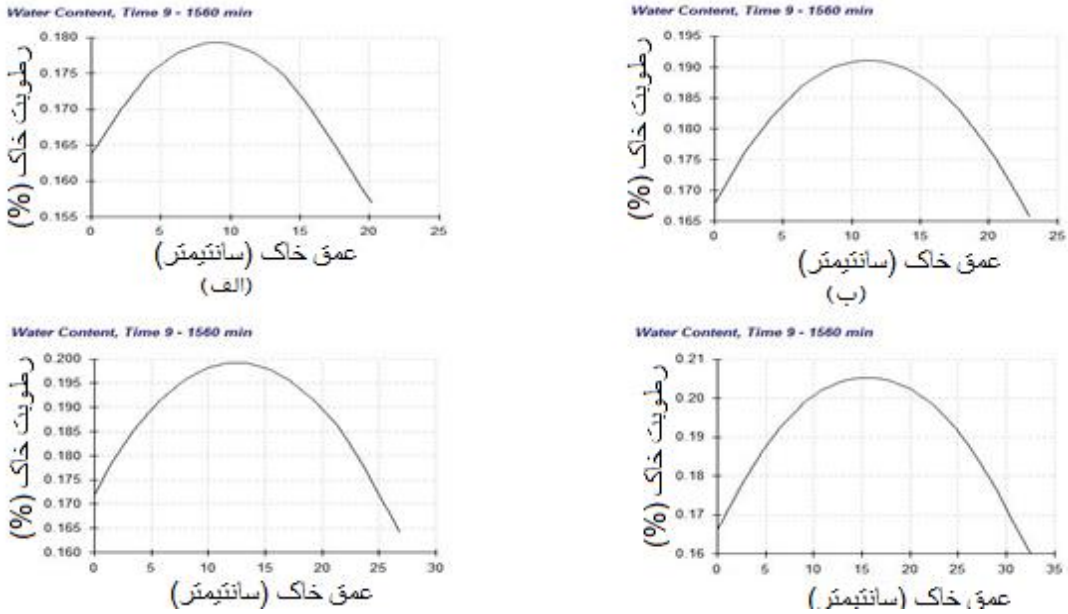
تا ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری در دبی‌های مختلف آورده شده است.



شکل(۵): نمودارهای درصد رطوبت در اعماق مختلف روی محور قطره‌چکان در دبی‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ساعت ، ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری

شکل ۶ نمودارهای درصد رطوبت در اعماق مختلف روی محور قطره‌چکان در دبی‌های مختلف را ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری نشان می‌دهد. محور افقی اعماق مختلف برحسب سانتی‌متر و محور عمودی درصدهای رطوبت را نشان می‌دهد. همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود بیشترین میزان رطوبت در محل قطره‌چکان است و با دور شدن از منبع تغذیه میزان رطوبت کاهش یافته است. در دبی‌های بالاتر میزان رطوبت اشباع بالاتر و تا زمان اندازه‌گیری (۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری) عمق بیشتری را خیس می‌کند. شکل۶ نمودارهای درصدرطوبت درعرض‌های مختلف روی سطح خاک دردبی‌های مختلف را ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری نشان می‌دهد.

در شکل ۶، محور افقی عرض‌های مختلف برحسب سانتی‌متر و محور عمودی درصد های رطوبت را نشان می‌دهد. بیشترین میزان رطوبت در محل قطره‌چکان بوده و با دور شدن از محل قطره چکان، میزان رطوبت کاهش یافت و در دبی‌های بالاتر عرض خیس شده بیشتر شد. برای مقایسه‌ی عمق و قطر خیس شده‌ی الگوی رطوبتی اندازه‌گیری شده و برآورد شده توسط مدل هایدروس از پارامترهای آماری مشخص شده استفاده شد که مقادیر این پارامترها در جدول ۴ نشان داده شده است.

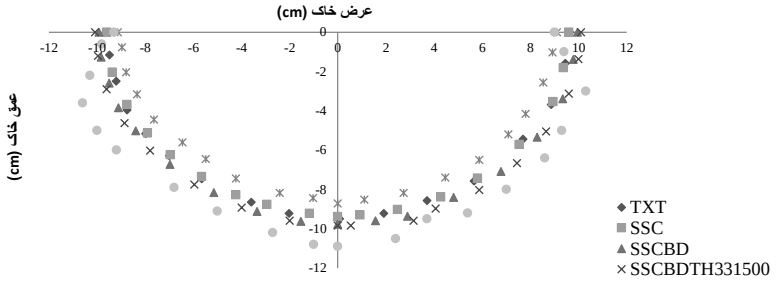


شکل(۶): نمودارهای درصد رطوبت در عرض‌های مختلف روی سطح خاک در دبی‌های ۲، ۴، ۶ و ۸ لیتر بر ساعت ، ۲۴ ساعت پس از قطع آبیاری

جدول (۴): پارامترهای آماری عمق و قطر خیس شده‌ی الگوی رطوبتی اندازه‌گیری شده و بر آورد شده در دبی‌های مختلف

دبی قطره چکان (L/hr)	بیشترین عمق خیس شده			بیشترین قطر خیس شده		
	ME	RMSE	R^2	ME	RMSE	R^2
۲	۱/۲۳	۱/۵۷	۹۴	-۰/۳۷	۱/۱۱	۹۸
۴	۰/۴	۰/۸۹	۹۷	-۰/۰۷۷	۰/۴۲	۹۸
۶	۱/۲۱	۱/۵۵	۹۴	-۲/۶۵	۲/۷۸	۹۶
۸	-۰/۹۴	۱/۳۷	۹۰	-۶/۱۲	۶/۲۷	۹۶

ضریب همبستگی بین قطر خیس شده‌ی اندازه گیری شده و برآورد شده در همه ی دبی‌ها نیز بالای ۹۰ درصد است. همچنین با توجه به مقادیر ME وRMSE می‌توان نتیجه گرفت بین مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده توسط مدل همبستگی خوبی وجود داشت و میزان بیش برآورد و کم برآوردی بین مقادیر شبیه‌سازی شده و مشاهده شده ناچیز است. از طرفی با توجه به مقادیر پارامترها مشاهده گردید که با افزایش دبی میزان همبستگی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده کم گردید. مطابق نتایج بدست آمده، مدل هایدروس دو بعدی توانایی بالایی در شبیه‌سازی جبهه ی رطوبتی در زمین بایر و مسطح داشت و دقت هایدروس دو بعدی در دبی‌های پایینتر بیشتر بود. در جدول ۵ مقادیر پارامترهای هیدرولیکی پیش‌بینی شده توسط رزتا با استفاده از هرکدام از ورودی‌ها آورده شده است. با استفاده از هرکدام از ورودی‌ها الگوی رطوبتی شبیه سازی شد که نتایج شبیه سازی در شکل ۷ آورده شده است.



شکل(۷): مقایسه ی شبیه‌سازی الگوی رطوبتی خاک با مدل هایدروس دو بعدی(با استفاده از ورودی‌های مختلف مدل رزتا) با الگوی رطوبتی اندازه‌گیری شده

با توجه به شکل ۷، مشاهده می‌شود که الگوی رطوبتی شبیه‌سازی شده با استفاده از کل ورودی‌های داده شده به مدل رزتا، نزدیکترین حالت به الگوی رطوبتی مشاهده‌ای است. برای مقایسه میان مقادیر عمق و عرض خیس شده‌ی مشاهده شده و پیش‌بینی شده با استفاده از هرکدام از ورودی‌های مورد نیاز رزتا از پارامترهای آماری استفاده شد (جدول ۵). با افزایش تعداد داده های ورودی به مدل میزان خطاها کمتر و همبستگی بین مقادیر پیش‌بینی شده و داده‌های واقعی بیشتر شده است. با توجه به نتایج جدول ۵ و شکل ۷، مدل رزتا مدلی است که بخوبی قابلیت پیش‌بینی پارامترهای هیدرولیکی خاک را دارد و می‌توان در شبیه‌سازی توسط هایدروس دو بعدی از داده‌های آن استفاده کرد که این نتیجه با نتایج اسکگز و همکاران (۲۰۰۴) مطابقت دارد.

جدول (۵): پارامترهای هیدرولیکی تخمین زده شده با ورودی‌های مختلف مدل رزتا

ورودی‌های مورد نیازمدل رزتا	Ks (cm min^{-1})	θ s (m^3 m^{-3})	θ r (m^3 m^{-3})	n	Alpha (α))$^{-1}$(m	l
بافت خاک	۰/۰۰۷۷۱	۰/۴۸۲	۰/۰۹۰	۱/۵۲	۰/۰۰۸۴	۰/۵
درصدهای شن، رس و سیلت	۰/۰۰۸۶۱	۰/۴۶	۰/۰۸۹	۱/۴۸	۰/۰۰۸۷	۰/۵
SSC + جرم مخصوص ظاهری	۰/۰۰۹۱۱	۰/۴۶۶	۰/۰۸۸۶	۱/۵۰۱	۰/۰۰۸۷	۰/۵
SSCBD + رطوبت نقطه ظرفیت مزرعه	۰/۰۰۹۸۸	۰/۴۶۴	۰/۰۸۶	۱/۴۵۷	۰/۰۰۷۲	۰/۵
SSCBDTH33 + رطوبت نقطه پژمردگی	۰/۰۱۰۳	۰/۴۶۹	۰/۰۷۸۹	۱/۳۳۲	۰/۰۱	۰/۵

جدول(۶):پارامترهای آماری عمق و قطر خیس شده‌ی الگوی رطوبتی اندازه‌گیری شده وشبیه‌سازی شده توسط هایدروس دو بعدی با ورودی‌های مختلف مدل رزتادر دبی(L/hr)۴

	بیشترین عمق خیس شده			بیشترین قطر خیس شده		
ورودی‌های مورد نیازمدل رزتا	ME	RMSE	R^2	ME	RMSE	R^2
بافت خاک	۰/۴۶	۰/۷۱	۹۶	-۱/۳۲	۱/۵۳	۹۷
درصدهای شن، رس و سیلت	۰/۲۶	۰/۵۱	۹۵	-۰/۷۲	۰/۹۴	۹۸
SSC + جرم مخصوص ظاهری	۱/۱۱	۱/۴۱	۹۳	-۰/۷۶	۱	۹۸
SSCBD + رطوبت نقطه ظرفیت مزرعه	۰/۹	۱/۰۵	۹۵	-۰/۵۴	۰/۷۸	۹۸
SSCBDTH33 + رطوبت نقطه پژمردگی	-۰/۰۵	۰/۴۷	۹۷	-۰/۳۸	۰/۷۲	۹۸

بنابراین هرچه میزان اطلاعات و ورودی‌های داده شده به مدل رزتا بیشتر باشد نرم افزار هایدروس دو بعدی الگوی رطوبتی را بهتر شبیه‌سازی کرده است.

نتیجه‌گیری

با مقایسه ی نتایج آزمایش های تجربی و نتایج برآورد شده از مدل عددی هایدروس دو بعدی می‌توان نتیجه گرفت که این مدل عددی در اراضی بایر و مسطح به خوبی می‌تواند الگوی خیس شده را پیش‌بینی کند و می توان در طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری قطره‌ای سطحی از آن استفاده کرد همچنین نتایج شبیه‌سازی نشان داد با افزایش دبی توانایی هایدروس دو بعدی در شبیه‌سازی الگوی رطوبتی کاهش پیدا کرده است. بررسی تاثیر دبی‌های مختلف بر نحوه‌ی توزیع آب در خاک نشان داد که با فزایش دبی، ابعاد سطح خیس شده افزایش یافته و جبهه‌ی رطوبتی بزرگتر شده است. وقتی دبی قطره چکان کم است نفوذ آب بیشتر در جهت عمودی است ولی با افزایش دبی جبهه‌ی رطوبتی سطحی‌تر و بصورت افقی خواهد بود. به عبارت دیگر با افزایش دبی سطح خیس شده جبهه‌ی رطوبتی افزایش و عمق نفوذ کاهش یافته است. برای تخمین پارامترهای هیدرولیکی خاک توسط رزتا، بهتر است بیشترین داده‌های ورودی را به نرم افزار رزتا داد تا بیشترین همبستگی بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط هایدروس دوبعدی بوجود آید.

منابع

-Azhdary, Kh. 2008. Simulation of Moisture distribution in soil under Drip Irrigation System Using HYDRUS-2D model. Journal of Agric. Sci. Natur. Resour. Vol.15(1). (In Persian)

-Ghorbanian, M., M.S. Monjzi, H. Ebrahimian, and A. Liyaghat. 2014. Evaluation of HYDRUS-2D and SEEP/W Models to Estimate Wetting Front for Surface and Subsurface Gravity Drip Irrigation. Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology).28(1). (In Persian)

-Khalili, M., M. Akbari, A. Hezarjaribi, M. Zakerinia, and F. Abbasi. 2014. Numerical versus empirical models for estimating wetting patterns in subsurface drip irrigation systems. Journal of agricultural engineering research/vol. 15/No.2/2014/P:1-14. (In Persian)

-Khorami, M., A. Alizade and H. Ansari. 2013. Simulation of Water Movement and Moisture Redistribution under Drip Irrigation Systems Using Hydrus 2D/3D. Journal of Soil and Water (Agricultural Science and Technology). 27(4).(in Persian)

-Kandelous, M.M. and J. Simunek. 2010a. Comparison of numerical, analytical and empirical models to estimate wetting pattern for surface and subsurface drip irrigation. Irrig. Sci. 28(1):435-444.

-Kandelous, M.M. and J. Simunek. 2010b. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. (Agric). Water Manag. 97(4): 1070-1076.

-Malek, K. and R.T. Peters. 2011.Wetting pattern models for drip irrigation: new empirical model.J.Irrig. Drain. (Eng).137(8):530-537.

-Maziar, M. and J.S. Kandelous. 2010. Numerical simulations of water movement in a subsurface drip irrigation system under field and laboratory conditions using HYDRUS-2D. Agricultural Water Management, 1070-1076.

-Naglic, B., C. Kechavarzi and M. Pintar. 2012. Modelling of water distribution under drip irrigation systems. Hmeljarskibilten / Hop Bulletin 19.

-Provenzano, G.2007.Using HYDRUS-2D simulation model evaluate wetted soil volume in subsurface drip irrigation systems. (Eng.). J. Irrig. 133(4):342-349.

-Phull, A.M. and M.M. Babar.2012.Summulation of soil wetting pattern of subsurface drip irrigation system. (Istanbul, Turkey). Sixteenth International Water Technology Conference, IWTC 16.

-Samadianfard, S., A. Ashrafsadrodini, A.H. Nazemi, and D. Farsadizadeh. 2012. Simulation numerical and analysis wetting front at Drip Irrigation System. Journal of Knowledge Water and Soil. 22(3). (In Persian)
-Sejna, M., J. Simunek, and M.Th. Van Genuchten. 2011. The HYDRUS software package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably- saturated media: user manual. Version 2.0. PC-Progress Prague,CzechRepublic. 284.
-Sharifnia, R., F. Mirzaei, and A. Liaghat. 2009. Effective factors the wetting and correction of drip irrigation emitters located on slopes. Journal of Iran Water Research.3(5).(in Persian)
-Simunek, J., M.Th. Van Genuchten and M. sejna. 2006. The HYDRUS software package for simulating two- and three- dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media: technical manual. Version 1.0. PC-Progress, Prague, Czech Republic.213.
-Skaggs, T.H., T. Trou, J. Simunek and P.J. Shouse. 2004. Comparison of HYDRUS-2D simulations of drip irrigation with experimental observations. J. Irrig. Drain. 304–310.

Effect of discharge on water pattern distribution in surface drip irrigation and simulation it with HYDRUS-2D model

Zeinab Heidari[۱], Masumeh Farasati[۲], Rasul Ghobadian[۳]

Abstract

The aim of this study was to investigate the influence of discharge on wetting pattern and simulation by HYDRUS-2D model. After preparing a physical model made of Plexiglas with specified dimensions, and filled with silty clay loam soils. By manually adjustable emitter, four discharges 2, 4, 6 and 8 liters per hour were tested. Irrigation time for each fixed discharge 2 hours and for moisture reparation distribution, 24hours is validated. Comparison of measured and calculated values with HYDRUS-2D model of the diameter and depth of the wetting front revealed that the correlation coefficient was above 90 percent of all discharges and was very low error rate which shows the ability of the HYDRUS-2D model to simulate the moisture but this ability was higher in the lower discharge. A comparison between the simulation with HYDRUS-2D model using data from various input Rosetta and data observations of wet pattern soil showed the input data of the model Rosetta is more will increase accurate simulation with HYDRUS-2D model. By increasing the discharge, the extent of depth decrease and extent of the surface moisture increases. The performance of HYDRUS-2D model in lower discharge is more. And by increases the amount of data inputs to the model Rosetta, HYDRUS-2D model will be having higher accuracy.

Keywords: Surface drip irrigation, Water pattern distribution, Flow rate, Simulation, HYDRUS-2D

[۱]. Msc student, agricultural faculty, razi university, Kermanshah, Iran. Email: Z.Heydari88@yahoo.com

[2]. corresponding author, Assistant professor, agricultural faculty, Gonbad-e Kavoos university, Gonbad, Iran. Assistant professor, agricultural faculty, razi university, Kermanshah, Iran.Email:farasati2760@gmail.com

[3]. Associate professor, agricultural faculty, razi university, Kermanshah, Iran. Email: rsghobadian@gmail.com