Archive of SID

یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
توسعه مشارکتی در مدیریت حوزه‌های آبخیز
11th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering of Iran
Participatory Development in Watershed Management
۳۱ فروردین لغایت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۵
April 19-21, 2016

واسنجی دستگاه شبیه‌ساز باران قابل حمل جهت مطالعات رواناب، فرسایش و رسوب

فرشید جهانبخشی[۱]، محمدرضا اختصاصی[۲]، علی طالبی[۳]، محمود پیری[۴]

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه یزد

۲ و ۳- استاد و دانشیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد

۴- معاون برنامه‌ریزی و پشتیبانی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان یزد

farshid_jahanbakhshi@yahoo.com

چکیده

دستگاه شبیه‌ساز باران به عنوان مهم‌ترین وسیله شبیه‌سازی اجزای مختلف چرخه هیدرولوژی به خصوص باران و رواناب ناشی از آن در اولین مراحل شکل‌گیری و رخداد فرآیند فرسایش خاک شناخته می‌شود. سامانه شبیه ساز باران قابل حمل مورد آزمایش از نوع تحت فشار با نازل نوسانی است. این دستگاه از قسمت‌های مختلفی از جمله: موتور برق برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز دستگاه، سیستم کنترل کامپیوتری نازل‌ها، مخزن، پمپ آب و فشار سنج، سیستم پاشش قطرات باران، چهار چوب دستگاه با پایه‌های قابل تنظیم ارتفاع تا ۲/۴۰ متر و کرت آزمایش تشکیل شده است. این شبیه‌ساز بر پایه یک بازوی پاششی برای هر نازل است که در عرض یک کرت با سرعت‌های متفاوت به منظور ایجاد شدت‌های بارش مختلف نوسان می‌کند. هر بازو به یک موتور دنده‌ای متصل است که این موتور با دریافت سیگنال‌های کنترل از برنامه کامپیوتری، سرعت حرکت و زاویه نوسان بازوها را ایجاد می‌کند. نتایج آزمایشات نشان داد این دستگاه قادر به تولید شدت‌های بارندگی در بازه‌ای بین ۳۶/۸ تا ۱۷۵ میلی‌متر بر ساعت است. ضریب یکنواختی برای شدت‌های مختلف بارش نیز در این دستگاه بازه‌ای بین ۷۳ تا بیش از ۸۸ درصد را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: واسنجی، شبیه ساز باران، یکنواختی بارش، شدت بارش

مقدمه

دستگاه شبیه‌ساز باران به عنوان مهم‌ترین وسیله شبیه‌سازی اجزای مختلف چرخه هیدرولوژی به خصوص باران و رواناب ناشی از آن در اولین مراحل شکل‌گیری و رخداد فرآیند فرسایش خاک شناخته می‌شود (صادقی،۱۳۸۹). در سال‌های اخیر لزوم اندازه‌گیری فرسایش به منظور ارزیابی آن با استفاده از شبیه سازی باران و در پایه‌های کوتاه مدت مورد توجه قرار گرفته است (استروسنیگر[۴۶]، ۲۰۰۵)، چرا که اغلب برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد فرسایش خاک حاصل از بارندگی بر اساس کرت‌های آزمایشی صحرایی مبتنی بر باران‌های طبیعی به ۲۰ یا ۲۵ سال پایش نیاز است (سوخونوسکی[۴۷]، ۲۰۰۷). این امر زمانی اهمیت بیشتری می‌یابد که گاهی نیاز است نتایج مطالعات و تحقیقات حتی الامکان بلافاصله بعد از تشخیص ضرورت آن‌ها، در دسترس باشد. سرعت، کارایی و امکان تکرار پذیری در شدت‌ها، تداوم‌ها و مقادیر متفاوت بارش از دیگر مزایای استفاده از باران سازها در مطالعات پیدایش رواناب سطحی، فرسایش و رسوب می‌باشد (جهانبخشی، ۱۳۹۳).

شبیه‌سازهای باران از لحاظ بازتولید کامل شرایط طبیعی و ایجاد رگبار و ویژگی‌های بارش طبیعی در قطعه کوچکی از زمین دارای محدودیت هستند (کاویان و همکاران، ۱۳۸۹)؛ با این حال شبیه ساز باران می‌تواند به عنوان وسیله‌ای برای کمی کردن

[46] - Stroosnijder
[47] - Sukhanovski

www.SID.ir

Archive of SID

فرآیندهای رواناب و فرسایش خاک، درجه بندی و اعتبار سنجی مدل‌های فیزیکی بر پایه باران و اهداف مقایسه‌ای در شرایط مختلف محیطی مورد استفاده قرار گیرد (سیگر[48]، ۲۰۰۷؛ فوستر[49] و همکاران، ۲۰۰۰)

مواد و روش ها

شبیه ساز باران مورد استفاده

در این پژوهش سامانه شبیه‌ساز باران قابل حمل از نوع تحت فشار با نازل نوسانی نوع وی جت ۸۰۱۰۰[50]، که توسط دانشگاه یزد از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان خریداری شده است، از لحاظ شدت و یکنواختی بارش مورد بررسی قرار گرفت. دستگاه از قسمت‌های مختلفی از جمله: موتور برق برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز دستگاه، سیستم کنترل کامپیوتری نازل‌ها، مخزن، پمپ آب و فشار سنج، سیستم پاشش قطرات باران، چهار چوب دستگاه با پایه‌های قابل تنظیم ارتفاع تا ۲/۴۰ متر و کرت آزمایش تشکیل شده است (شکل ۱).. این شبیه‌ساز بر پایه یک بازوی پاششی برای هر نازل است که در عرض یک کرت با سرعت‌های متفاوت به منظور ایجاد شدت‌های بارش مختلف نوسان می‌کند. جعبه‌های اطراف هر نازل به منظور تنظیم همپوشانی پاشش نازل‌ها و نیز تنظیم پاشش در عرض کرت به کار گرفته شده‌اند. هر بازو به یک موتور دنده‌ای متصل است که این موتور با دریافت سیگنال‌های کنترل از برنامه کامپیوتری، سرعت حرکت و زاویه نوسان بازوها را ایجاد می‌کند (جهانبخشی، ۱۳۹۳).

نازل نوع وی جت ۸۰۱۰۰ در فشار ۵۵ کیلو پاسکال (۰/۵۵ بار) و در ارتفاع ۲/۴۴ متر قطراتی با قطر بین ۰/۲۷۶ تا ۶/۸۷ میلی‌متر و قطر میانه ۲/۸۵۷ میلی‌متر ایجاد می‌نماید. در فشار بالاتر قطر قطرات کمی کوچکتر و سرعت قطرات کمی بیشتر می‌شود. قطرات بزرگ (۴ میلی‌متر و بیشتر) در این ارتفاع نازل، به سرعت حد نزدیک شده اما به این سرعت نمی‌رسند. انرژی جنبشی محاسبه شده برای توزیع قطر قطرات اندازه گیری شده برابر با ۲۷/۱ ژول بر متر مربع در میلی‌متر[51] است (پایج[52] و همکاران، ۲۰۰۳).

واسنجی دستگاه شبیه ساز باران

قبل از شروع آزمایش‌های شبیه‌سازی باران، لازم است تا شدت بارندگی و زاویه و سرعت نوسان نازل در دستگاه واسنجی شوند. به منظور تعیین شدت بارندگی در سرعت‌ها و زوایای متفاوت نوسان و همچنین بررسی همگنی بارش در سطح پلات با استفاده از جاگذاری ۱۶ ظرف لبه تیز در سطح پلات به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یکدیگر و ۱۰ سانتی متر از لبه پلات، با اعمال بارش با فشار ۵۵ کیلو پاسکال (۰/۵۵ بار) میزان آب دریافتی ظروف در مدت زمان ۵ دقیقه به دو روش ارتفاعی، با استفاده از خط کش دقیق، و حجمی، با استفاده از استوانه مدرج و سپس تقسیم آن به سطح ظرف، اندازه گیری و شدت بارندگی تعیین گردید. آزمایش بررسی همگنی بارش در سطح پلات ابتدا با دو نازل دستگاه و پلات ۲ در ۱ متری انجام گردید، اما نتایج بدست آمده بیانگر عدم یکنواختی بارش در سطح پلات به دلیل همپوشانی سطح تاثیر پاشش دو نازل بادبزنی بود، به طوری که گاهی نقاط تحت تاثیر همپوشانی دو نازل، چند برابر سایر نقاط در سطح پلات بارش دریافت می‌کردند؛ بنابر این، با اصلاح دستگاه شبیه ساز باران، آزمایشات با یک نازل و پلات با

48 - Seeger
49 - Foster
50 - Veejet 80100
51 -J/m^2-mm
52 - Paige

www.SID.ir

Archive of SID

سطح ۱ در ۱ متر تکرار گردید. برای ارزیابی یکنواختی بارش از ضریب یکنواختی کریستینسن[۵۳] (رابطه ۱) استفاده گردید (گابریک[۵۴] و همکاران، ۲۰۱۴؛ سالمون[۵۵]، ۱۹۷۹):

$$CC = \left[1 - \frac{\sum|x_i - m|}{m.n}\right] \times 100 \quad (1)$$

که در آن CC ضریب یکنواختی کریستینسن، x_i شدت اندازه‌گیری شده در هر ظرف، m شدت متوسط و n تعداد ظروف می‌باشد.

سپس منحنی‌های مربوط به شدت بارش در زوایای نوسان و سرعت‌های مختلف نازل رسم گردید. شکل ۱ آزمایش تعیین شدت و بررسی همگنی بارش را نشان می‌دهند.

[53] -Christiansen coefficient uniformity
[54] - Gabric
[55] - Solomon

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- آزمایش تعیین شدت و همگنی بارش در سطح پلات، الف) دستگاه شبیه‌ساز باران اولیه با دو نازل؛ ب) پلات ۲ در ۱ متری؛ ج) دستگاه شبیه‌ساز باران با یک نازل و پلات ۱ در ۱ متری (جهانبخشی، ۱۳۹۳)

نتایج و بحث

جدول ۱ شدت و ضریب یکنواختی بارش در فشار ۵۵ کیلو پاسکال (۰/۵۵ بار) در زوایای نوسان ۲۵ تا ۸۵ درجه و درجات سرعت ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ مربوط به حرکت نازل حاصل از مرحله واسنجی دستگاه شبیه ساز باران را نشان می‌دهد.

جدول ۱- شدت و ضریب یکنواختی بارش در زوایا و درجات سرعت حرکت نازل شبیه‌ساز باران

زاویه (°)		۲	۴	۶	۸	۱۰
۸۵	شدت (mmh^{-1})	-	۴۵/۴	-	۳۶/۸	۴۴/۶
	ضریب یکنواختی (٪)	-	۸۱/۹	-	77	۷۴/۲
۸۰	شدت (mmh^{-1})	۵۷/۸	۴۵/۸	۵۶/۳	۴۱/۳	۴۵
	ضریب یکنواختی (٪)	۸۴/۳	۷۲/۱	۸۶/۳	۸۴/۱	۷۳/۳
۷۰	شدت (mmh^{-1})	۶۹	۵۳/۳	۷۵/۸	۳۷/۵	۶۱/۵
	ضریب یکنواختی (٪)	۸۰/۴	۸۲/۹	۸۴/۵	۷۵	۸۲/۳
۶۰	شدت (mmh^{-1})	۷۴/۳	۷۲	۷۸	۴۵/۴	۶۰/۸
	ضریب یکنواختی (٪)	۸۲/۸	۸۲/۳	۷۹/۸	۸۱/۲	۸۸/۳
۵۰	شدت (mmh^{-1})	۹۰	۹۰	۶۶	۵۵/۵	۱۰۰/۵
	ضریب یکنواختی (٪)	۸۰/۸	۷۹/۲	۸۸/۶	۸۲/۸	۸۰/۶
۴۰	شدت (mmh^{-1})	۱۱۹/۳	۹۹/۸	۷۲/۸	۸۴/۸	۱۷۴/۸
	ضریب یکنواختی (٪)	۷۵/۶	۸۰/۷	۸۶/۳	۸۱/۱	۸۶/۷
۳۵	شدت (mmh^{-1})	-	۹۹/۸	-	۱۱۱/۸	-
	ضریب یکنواختی (٪)	-	۸۱/۷	-	۸۴/۱	-

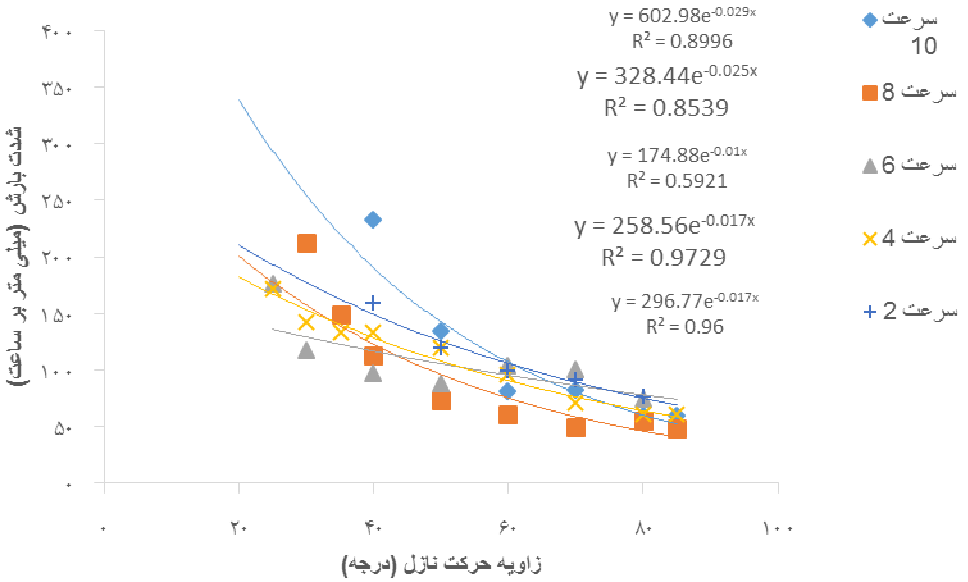
www.SID.ir

Archive of SID

۳۰	شدت (mmh^{-1})	–	۱۰۶/۵	۸۸/۵	۱۵۹/۸	–
	ضریب یکنواختی (٪)	–	۸۷	۸۴/۷	۸۵/۲	–
۲۵	شدت (mmh^{-1})	–	۱۲۹	۱۳۲	–	–
	ضریب یکنواختی (٪)	–	۵۸/۸	۸۶/۴	–	–

گابریک[56] و همکاران (۲۰۱۴) برای شبیه‌ساز بارانی با نازل نوع وی جت ۸۰۱۰۰ حداکثر یکنواختی برابر با ۸۲ درصد را در سطح یک متر مربع بدست آوردند. سالما[57] و همکاران (۲۰۱۴) نیز برای بارش‌های با شدت ۳۶ تا ۱۱۲ میلیمتر بر ساعت ضریب یکنواختی ۸۴ تا ۹۳ درصد را بدست آوردند. شلتون[58] و همکاران (۱۹۸۵) شدت‌های بارش بین ۷۶ تا ۱۶۸ میلی‌متر در ساعت با حداکثر یکنواختی ۸۴ درصد را شبیه سازی نمودند. محمود آبادی و همکاران (۱۳۸۶) نیز با شبیه‌ساز باران مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری ایران شدت‌های بارش ۳۵ تا ۱۲۵ میلی‌متر در ساعت با ضریب یکنواختی ۹۰ درصد را بدست آوردند، ایشان بیان می‌دارند که در آزمایشات شبیه سازی باران رسیدن به ضریب یکنواختی ۱۰۰ درصد غیر ممکن است.

شکل ۲ تغییرات شدت بارش تولیدی توسط شبیه‌ساز باران در سرعت‌های نوسان ۱۰، ۸، ۶، ۴ و ۲ در زوایای ۲۵ تا ۸۵ درجه را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمودارهای تغییرات شدت بارش تولیدی در سرعت‌های ۱۰، ۸، ۶، ۴ و ۲ در زوایای ۲۵ تا ۸۵ درجه

نتیجه‌گیری

[56] - Gabric
[57] - Salema
[58]- Shelton

www.SID.ir

Archive of SID

دستگاه شبیه‌ساز باران به عنوان مهم‌ترین وسیله شبیه‌سازی اجزای مختلف چرخه هیدرولوژی به خصوص باران و رواناب ناشی از آن در اولین مراحل شکل‌گیری و رخداد فرآیند فرسایش خاک شناخته می‌شود. در این پژوهش سامانه شبیه‌ساز باران قابل حمل از نوع تحت فشار با نازل نوسانی نوع وی جت ۸۰۱۰۰[59]، که توسط دانشگاه یزد از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان خریداری شده است، از لحاظ شدت و یکنواختی بارش مورد بررسی قرار گرفت. نازل نوع وی جت ۸۰۱۰۰ به کار رفته در این دستگاه در فشار ۵۵ کیلو پاسکال (۰/۵۵ بار) و در ارتفاع ۲/۴۴ متر قطراتی با قطر بین ۰/۲۷۶ تا ۶/۸۷ میلی‌متر و قطر میانه ۲/۸۵۷ میلی‌متر ایجاد می‌نماید. نتایج نشان داد این سامانه قادر به تولید شدت‌های بارندگی در بازه‌ای بین ۳۶/۸ تا ۱۷۵ میلی‌متر بر ساعت است که برای انجام مطالعات فرسایش و رسوب مناسب است. ضریب یکنواختی برای شدت‌های مختلف بارش نیز در این دستگاه بازه‌ای بین ۷۳ تا بیش از ۸۸ درصد را نشان می‌دهد که یکنواختی بارش قابل قبول و مناسبی است.

منابع

جهانبخشی ف. (۱۳۹۳). بررسی توان رسوب‌زایی و آستانه تولید رواناب در سازندهای مختلف زمین‌شناسی در شدت‌های متفاوت بارش با استفاده از شبیه‌ساز باران (مطالعه موردی دامنه‌های شیرکوه یزد). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه یزد. یزد.

صادقی س.ح.ر.، (۱۳۸۹). "مطالعه و اندازه گیری فرسایش آبی"، انتشارات دانشگاه تربیت مدرّس، ۲۰۰ص.

کاویان ع.، آزموده ع.، سلیمانی ک. و وهاب زاده ق.، (۱۳۸۹). تاثیر ویژگی‌های خاک بر روان آب و فرسایش خاک در اراضی جنگلی. نشریه مرتع و آبخیزداری مجله منابع طبیعی ایران، ۶۳(۱): ۸۹- ۱۰۴.

محمود آبادی م.، روحیپور ح.، عربخدری م. و رفاهی ح.، (۱۳۸۶). واسنجی، توزیع مکانی و خصوصیات بارش‌های شبیه سازی شده (مطالعه موردی: شبیه ساز باران مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری). علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۱(۱): ۳۹-۵۰.

Foster I.D.L., Fullen M.A., Brandsma R.T. and Chapman A.S., (2000), Drip-screen rainfall simulators for hydro- and pedo-geomorphological research: the Coventry experience. Earth Surf. Process, Landf 25, 691–707.

Gabric O., Prodanovic D. and Plavsic J., (2014), Uncertainty assessment of rainfall simulator uniformity coefficient. 40th international conference on contemporary achievements in civil engineering, 24.-25. April 2014, Subotica, Serbia.

Paige G.B., Stone J.J., Smith J.R., Kennedy J.R., (2003), The Walnut Gulch rainfall simulator: a computer-controlled variable intensity rainfall simulator. Applied Engineering in Agriculture, 20 (1): 25–31.

Salema H.M., Valeroa C., Muñoza M.A., Gil-Rodrígueza M. and Barreiroa P., (2014), Effect of reservoir tillage on rainwater harvesting and soil erosion control under a developed rainfall simulator. CATENA, 113: 353-362.

Seeger M., (2007), Uncertainty of factors determining runoff and erosion processes as quantified by rainfall simulations.Catena, 71: 56-67.

Shelton C.H., Von Bernuth R.D. and Rajbhandari S.P., (1985), A continuous- application rainfall simulator. Trans. ASAE, 28: 1115-1119.

Solomon K., (1979), Variability of sprinkler coefficient of uniformity test results. Trans. ASAE, 22: 1078-1080, 1086.

Stroosnijder L., (2005), Measurement of erosion: is it possible? Catena, 64: 162-173.

[59] - Veejet 80100

www.SID.ir

Archive of SID

Sukhanovskii Y.P., (2007), Modification of a Rainfall Simulation Procedure at Runoff Plots for Soil Erosion Investigation. Eurasian Soil Science, 40(2): 195–202.

www.SID.ir