فصلنامه پژوهش در علوم، مهندسی و فناوری
دوره ۴، شماره۴، زمستان ۱۳۹۷
صفحات ۲۸-۲۰
ISSN: 2476-5082
www.uctjournals.com

برآورد شاخص فرسایش زایی از مقدار بارندگی روزانه(مطالعه موردی: شهر البرز)

عاطفه نورعلیئی
کارشناسی ارشد مهندسی مدیریت منابع آب، دانشگاه بوعلی سینا همدان،نویسنده مسئول مکاتبات:atefenoorali@ymail.com

چکیده
فرسایش عبارتست از جدا شدن و انتقال ذرات از سطح خاک که ممکن است توسط آب یا باد صورت گیرد. عواملی که بر فرسایش آبی اثر می¬گذارند عبارتند از: توان فرسایشی آب، فرسایش پذیری خاک، شیب، پوشش گیاهی و مدیریت. شاخص فرسایش زایی باران((Rیکی از پارامترهای تشکیل دهنده معادله جهانی فرسایش((USLEاست. معروف ترین شاخصی که در این زمینه ارائه شده است، نمایرویشمایر R=∑(EI30) است که در آن E انرژی جنبشی (ژول بر میلیمتر) و I30 حداکثر شدت سی دقیقه ای باران(میلیمتر بر ساعت) است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از دستگاه باران ساز، رابطه¬ای بین انرژی جنبشی و شدت باران ساخته شده به دست آمد، سپس با استفاده از آمار باران های البرز در دوره آماری ۲۰ ساله انرژی جنبشی هر باران و بالاخره R هر باران محاسبه گردید. از جمع R باران های هر سال R در سال مزبور محاسبه شد. برای البرز، با توجه به آمار بارندگی، R تخمینی۹۵ ((MJ.mm/ha/hrبرآورد گردید. با توجه به مقادیر R هر باران و R سالانه روابطی بین آنها و پارامترهای بارندگی از جمله مقدار باران، باران روزانه، حداکثر باران ۲۴ ساعته و باران متوسط ۶ ساعته به دست آمد. همچنین R در ماههای مختلف سال بررسی شده و به ازای دوره بازگشت ۲، ۴، ۵، ۱۰، ۱۰۰، ۲۰۰ ساله، مقدار R محاسبه شد. بدین ترتیب در مناطقی که تیپ باران های آنها، نظیر بارندگی تهران است با رعایت مشخصات اقلیمی می¬توان برای تخمین R هر باران و یا R سالانه از معادلات به دست آمده استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: باران، خاک، شاخص فرسایشی باران و فرسایش

مقدمه

یکی از مشکلاتی که بشر از آغاز تاکنون با آن روبرو بوده، فرسایش سریع خاک ها توسط آب و باد می‌باشد. هرچند امروزه نسبت به گذشته کمتر با طوفان های ماسه که در بعضی مناطق دنیا بخصوص کشور ما اتفاق می‌افتد، برمیخوریم. فرسایش نه تنها باعث فقیر شدن، متروک شدن مزارع می‌گردد، بلکه با رسوب مواد در آبراه‌ها، مخازن سدها، بنادر و کاهش ظرفیت آبگیری آنها، باعث زیان فراوانی می‌گردد. امروزه حفاظت خاک و مبارزه با فرسایش از ضروری ترین اقدامات هر کشور می‌باشد. یکی از اقدامات حفاظتی خاک، برآورد میزان فرسایش و عوامل موثر بر آن می‌باشد. از عوامل موثر بر میزان فرسایش، توان فرسایش زایی باران است، بطوریکه با تصادم قطرات باران به سطح خاک موجب جدا شدن ذرات خاک شده و بعضی مواقع این فرایند می‌تواند باعث جابجایی ذرات خاک گردد. این پدیده همان فرسایش از نوع آبی است. عامل شاخص فرسایش زایی باران می-تواند نقش بسزایی در فرسایش داشته باشد. شدت باران عامل اساسی این شاخص به شمار می‌رود.(رفاهی،۱۳۷۵)

ویشمایر و همکاران(۱۹۵۹) آمار ۳۵ ایستگاه حفاظت خاک را که بالغ بر ۸۲۵۰ نمونه کرتی بود، جمع آوری نموده و تحقیقاتی را روی ضریب فرسایش زایی باران انجام دادند و طی تجزیه و تحلیل به این نتیجه رسیدند که میزان فرسایش خاک با مقدار باران ونیز حداکثر مقدار باران در مدت های ۵، ۱۵ و ۳۰ دقیقه‌ای دارای همبستگی ضعیفی است، ولی انرژی جنبشی با میزان خاک تلف شده دارای بالاترین همبستگی بود. آنها پس از یک رگرسیون مرکب بیان داشتند، که حاصلضرب انرژی جنبشی و حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران با مقدار خاک تلف شده از همبستگی بالایی برخوردار است و رابطه زیر را ارئه نمودند: معادله(۱)

$$R=\sum(E.V)I_{30}$$

که در آن R شاخص فرسایش زایی باران بر حسب $(J.mm/m^2/hr)$، E انرژی جنبشی باران برای هر میلیمتر از باران$(J/m^2/mm)$، I30 حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای باران مورد نظر(mm/hr) و V عمق باران فرو باریده(mm) است.

رنارد(۱۹۷۵) روی باران های آمریکا تحقیقاتی انجام داد، وی توانست برای باران های تیپ IA(یکی از چهار تیپ باران S.C.S) در کالیفرنیا بین R سالانه و باران ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲ ساله رابطه زیر را برقرار نماید: معادله(۲)

$$R=10.2P^{2.2}$$

که در آن R شاخص فرسایش زایی باران$(J.mm/m^2/hr)$ و p مقدار باران بر حسب میلیمتر می‌باشد. آتشین(۱۹۷۵) با محسبه انرژی جنبشی، تحقیقاتی را روی باران های هاوایی و آلاسکا انجام داد،وی برای باران های تیپ I رابطه ذیل را رائه نمود: معادله(۳)

$$R=2.17(p_{24})^{2.2}$$

که در آن p مقدار باران بر حسب اینچ ،R شاخص فرسایش زایی باران $(foot.ton.in/acre/hr)$ است.

آن چو(۱۹۸۵) شاخص عمومی را برای محاسبه فرسایش خاک پیشنهاد کرد. این شاخص عبارت است از: معادله(۴)

$$R=P/S_t$$

لامباردی(۱۹۸۴) بین EI و باران روزانه رابطه زیر را به دست آورد: معادله(۵)

$$R=1.03\ P^{1.51}$$

که در آن باران روزانه به میلیمتر و R شاخص فرسایش زایی باران($J.mm/m^2/hr$) می‌باشد.

ضریب فرسایش باران به مقدار زیاد روی تخمین خاک فرسایش یافته موثر است و با محاسبه آن می‌توان از ارائه ارقام دور از واقعیت که در تصمیم گیری‌های حفاظت خاک مهم است، جلوگیری نمود.تعیین اثر کمی مقدار شدت بارندگی در ضریب فرسایش دهی باران و تعیین رابطه بین R و پارامترهای بارندگی هدف انجام این تحقیق می‌باشد.

مواد و روش ها:

در این تحقیق ابتدا رابطه بین قطر قطره و قطر لکه ایجاد شده روی کاغذ مخصوص به دست آمد و سپش با استفاده از دستگاه باران ساز، باران هایی با شدت های مختلف ایجاد شد، به طوریکه بطور همزمان با اندازه‌گیری شدت باران، قطر قطرات هم محاسبه گردید. بنابراین با داشتن قطر قطرات،حجم، وزن و سرعت حد قطرات و با استفاده از رابطه زیر انرژی جنبشی قطرات و مقدار باران محاسبه گردید(علیزاده،۱۳۶۸).

$$E=\ 1/2\ m\ v^2$$

که در آن E انرژی جنبشی، m جرم و V سرعت قطرات می‌باشد.

اندازه قطرات باران: در این طرح ابتدا گرد رنگی قابل حل در آب ریخته شد. سپس توسط انواع بورت، پی پت و قطره چکان قطراتی به قطر مختلف تولید گردید. این قطرات تولید شده از ارتفاع بیش از ۸ متر به طرف پایین سقوط کرده و روی صفحه مخصوص که از قبل آماده شده بود برخورد و ایجاد لکه کردند. با داشتن چند لکه، قطر متوسط آنها برابر قطر لکه ایجاد شده در نظر گرفته شده است. با توجه به وزن چند قطره تشکیل شده می‌توان قطر متوسط قطره را به دست آورد($\rho=1\ gr/cm^3$). بنابراین با داشتن قطراتی با قطر های مختلف، لکه های متفاوتی ایجاد شد، سپس بین قطر قطرات و قطر لکه ها، رگرسیون آماری گرفته و رابطه زیر حاصل شد: معادله(۶)

$$D=0.2142\ S^{\ 0.878} \qquad r=0.98$$

که در آن s قطر لکه به میلیمتر و D قطر قطره بر حسب میلیمتر می باشد.

نحوه اجرای آزمایش: قبل از روشن نمودن دستگاه تعدادی قوطی یکسان، زیر نازل ها طوری قرار داده شد که فاصله بین آنها از هر دو طرف یکسان باشد. سپس دستگاه را روشن نموده و شیر تنظیم ورودی جریان را باز کرده تا در یک حد ثابت شود. سپس صفحه کاغذ(مخصوص اندازه‌گیری لکه ها) آماده شده از قبل، طوری زیر قطرات گرفته شد که فقط یکبار روی آن بریزد. سپس قطر لکه ها با کولیس اندازه‌گیری شد. با داشتن سطح قوطی ها می‌توان ارتفاع آب داخل آنها را، در مدت زمان مشخص به دست آورد، که این همان شدت پاشش می‌باشد. با استفاده از معادله(۶) قطر قطره ها از روی قطر لکه ها محاسبه شد. حال با داشتن قطر قطرات و شدت پاشش، انرژی جنبشی هر باران قابل محاسبه است.

نحوه انجام محاسبات: هدف اصلی از آزمایش ها به دست آوردن رابطه‌ای بین انرژی جنبشی و شدت باران مصنوعی می‌باشد. در هر بار آزمایش، پس از محاسبه شدت بارندگی، با داشتن قطر قطرات و سرعت آنها می‌توان انرژی جنبشی قطرات را به دست آورد. سرعت قطرات باران با توجه به شکل ۱ محاسبه گردید. نمونه‌هایی از محاسبات در جدول ۱ آمده است.

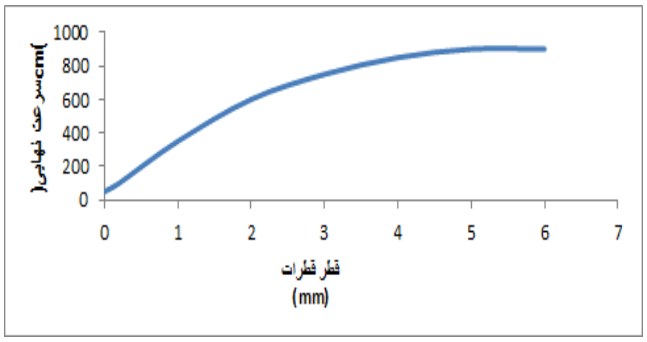
جدول ۱: نمونه_ای از چگونگی محاسبه انرزی جنبشی با توجه به باران ساخته شده(علیزاده،۱۳۶۸)

ردیف	قطر قطرات	قطر متوسط	سرعت	تعداد قطره	حجم قطره	جرم قطره (gr)	حجم قطرات	حجم تجمعی	انرژی جنبشی
	Mm	Mm	m/s		mm^3	$*10^{-3}$	mm^3	mm^3	$*10^{-3}$
1	0.5-1	0.75	3	2	0.22	0.22	0.44	0.44	0.002
2	1-1.5	1.25	4.8	3	1.022	1.022	3.066	3.506	0.035
3	1.5-2	1.75	6.2	5	2.806	2.806	14.03	17.536	0.269
4	2-2.5	2.25	6.95	6	5.964	5.964	35.784	53.32	0.864
جمع $1.17*10^{-3}$									

مقدار انرژی جنبشی در واحد سطح به ازای هر میلیمتر باران به دست می‌آید، یعنی:

$$E=(1.17*10^{-3}(j)/53.32(mm^3)*10^6 mm^3/m^2/mm=21.94j/m^2/mm$$

شکل ۱: رابطه بین قطر قطره و سرعت نهایی قطرات باران(رفاهی،۱۳۷۵)



برای شدت های مختلف مقادیر انرژی جنبشی محاسبه گردید و با یک رگرسیون بین آن دو رابطه نیمه لگاریتمی زیر حاصل شد:معادله(۷)

$E=10.91+8.586*LOG(I)$

E انرژی جنبشی بر حسب $J/m^2/mm$ و I شدت باران mm/hr است.

محاسبه R: میزان بارندگی از روی گراف های باران سنج ثبات به ازای هر ده دقیقه قرائت گردید .برای محاسبه شاخص فرسایش زایی باران(R)، حداکثر شدت باران ۳۰ دقیقه‌ای هر باران را انتخاب نموده و در مقدار انرژی جنبشی باران ضرب شد تا مقدار(R) همان باران حاصل گردد. ویشمایر(۱۹۶۹) برای محاسبه R متوسط سالانه رابطه زیر را ارائه نمود:معادله(۸)

$$R=1/n\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}(Ei.I30)$$

I_{30}: حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای هرباران mm/hr، Ei انرژی جنبشی هر باران J/mm^2

n- تعداد باران های اتفاق افتاده در سال i ام، k: تعدادسال مورد نظر

دوره آماری تحلیل شده ۲۰ سال می‌باشد که مشتمل بر بیش از ۳۵۰ باران برای شهر البرز است. تجزیه و تحلیل مقدماتی و آزمون های لازم بر روی داده ها انجام گردید.

یافته ها :

پس از محاسبه شاخص فرسایش زایی باران در البرز با استفاده از رابطه معروف ویشمایر که ۹۵(Mj.mm/ha/hr) برآورد گردید، یکسری روابط برای تخمین شاخص فرسایش زایی باران بر حسب پارامترهای بارندگی به دست آمد. در زیر به تعدادی از روابطی که بین R و پارامترهای بارندگی در البرز به دست آمده است، پرداخته می‌شود.

مقدار باران و R ناشی از آن: بیش از ۳۵۰ بارندگی اتفاق افتاده در دور مشاهداتی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پس از آنالیز رگرسیونی، بین دو پارامتر شاخص فرسایش زایی باران و مقدار بارندگی بهترین معادله نوع نمایی تشخیص داده شد::معادله(۹)

$R=0.159p^{0.145}$ $r=0.91$

R شاخص فرسایش زایی باران(Mj.mm/ha/hr) و p مقدار باران (mm) است.

باران روزانه و مقدارR آن: پس از محاسبه R هر باران، مقدار باران هایی که در یک روز اتفاق افتاده بود، با یکدیگر جمع و سپس نظیر این کار در مورد R انجام گرفت. سپس رابطه نمایی زیر بین R و p به دست آمد:معادله(۱۰)

$R=0.127P^{1.579}$ $r=0.84$

R شاخص فرسایش زایی باران(Mj.mm/ha/hr) و p باران روزانه (mm) می‌باشد.

باران حداکثر ۲۴ ساعته و R حداکثر:برای هر سال حداکثر باران نازل شده در آن سال و نیز R متناسب با آن باران انتخاب گردید. سپس این دو پارامتر مورد آنالیز رگرسیونی قرار گرفت و پس از حذف چند نقطه نامناسب، بهترین معادله بر این نقاط برازش داده شد. معادله(۱۱)

$R_{max}=6.21p_{max}^{1.834}$ $r=0.767$

R_{max} حداکثر شاخص فرسایش زایی باران در سال(Mj.mm/ha/hr) و p_{max} حداکثر مقدار باران در سال (mm) می‌باشد.

R و مقدار باران در مدت دوام های مختلف:در هر منطقه، باران هایی با مدت دوام های مختلف فرو می ریزد، که مقدار آنها در هر مدت دوام متغیر می‌باشد. با توجه به آمار موجود، برای هر مدت دوام خاص تغییرات R، با بارندگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

چگونگی توزیع زمانی بارندگی های البرز در جدول ۳ داده شده است. که مدت دوام باران های البرز بیش از ۳، ۴، ۵ و ۸ ساعت می‌باشد و یک ساعته و کمتر از یک ساعت خیلی کم اتفاق می‌افتد.

باران متوسط ۶ ساعته و R سالانه:با توجه به اینکه نمی‌توان باران های ۶ ساعته را با دوره بازگشت دوساله را برای یک ایستگاه تهیه نمود و از طرفی دوره بازگشت دوساله به این معناست که به احتمال ۵۰ درصد چنین بارانی رخ می‌دهد، می‌توان آن را برابر باران متوسط در نظر گرفت. بنابراین باران های متوسط ۶ ساعته محاسبه و نسبت به مقدار R سالانه نظیر آنها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

جدول ۲. رابطه بینR و مقدار باران در مدت دوام های مختلف(قدمی و همکاران،۱۳۷۷)

ردیف	مدت دوام(ساعت)	ضریب همبستگی(r)	R=
۱	۲	۰,۹۱	$0.049P^{2.64}$
۲	۳	۰,۸۷	$0.048P^{2.45}$
۳	۴	۰,۹۳	$0.096P^{1.96}$
۴	۵	۰,۹۲	$0.044P^{1.9}$

جدول ۳: توزیع فراوانی مدت دوام باران های البرز(ایستگاه البرز)

	دقیقه							ساعت						
مدت دوام	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۲۰	۱۵۰	۳	۴	۵	۶	۷	۸	>8

بارندگی													
درصد	1	0.86	0.4	0.9	2.2	2.7	2.6	6.1	8.8	5.5	4.6	2.3	1.8	60
مقدار باران														

معادله(۱۲)

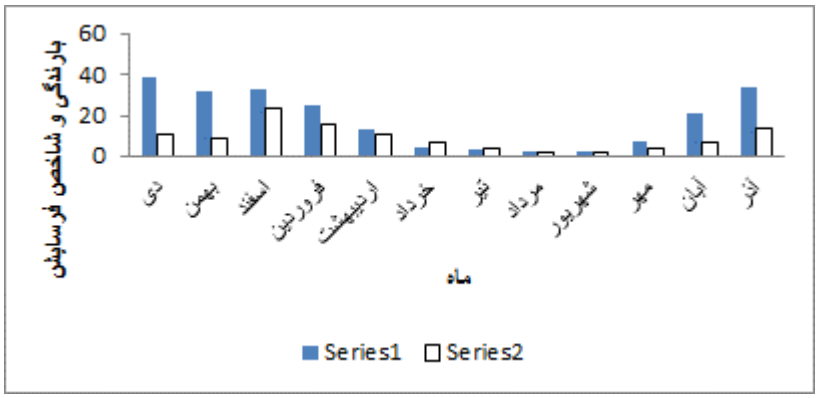
$R=13.99p^{0.77}$ $r=0.77$

که در آن R شاخص فرسایش زایی باران(MJ.mm/ha/hr/yr) و p باران متوسط ۶ ساعته(mm) است.

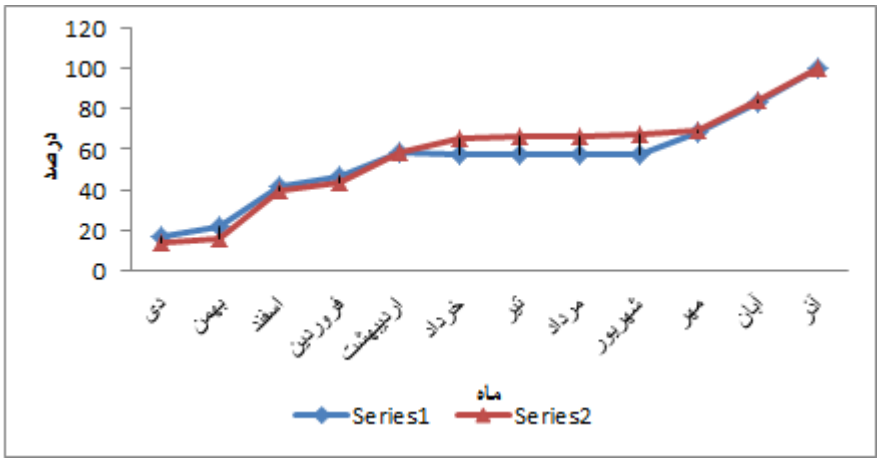
شاخص فرسایش زایی ماهانه باران:شاخص فرسایش زایی ماهانه محاسبه و سپس روی آن بررسی هایی انجام گرفت. شکل های ۲ و ۳ چگونگی تغییرات R و P نسبت به ماههای مختلف سال را نشان می‌دهند با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که در ماههای اسفند، فروردین، اردیبهشت، مهر و آبان مقدار R زیاد در حالیکه برای خرداد و سه ماه تابستان از مقدار کمتری برخوردار می‌باشد.

مقدار R با دوره بازگشت مختلف:با داشتن مقدار R سالانه در دوره برگشت های مختلف، می‌توان بر اساس آن در دوره مدیریتی برنامه ریزی نمود، به همین منظور مقادیر R سالانه با دوره برگشت های مختلف با توزیع نرمال برآورد گردید.

شکل ۲:نمودار تغییرات باران و شاخص فرسایش در طول سال



*سری ۱:بارندگی(mm)، شاخص فرسایش(Mj.mm/hr/ha)



شکل ۳:مقادیر تجمعی درصد باران و شاخص فرسایشی ماهانه

سری۱: شاخص فرسایشی ماهانه، سری۲: بارندگی ماهانه

جدول ۳: مقادیر شاخص فرسایش زایی سالانه باران در دوره برگشت های مختلف(قدمی و همکاران،۱۳۷۷)

دوره برگشت(سال)	2	4	5	10	20	40	100	200
مقدار R (Mj.mm/ha/hr)	98	137	147	173	194	212	234	248

نتیجه گیری :

از آنجا که انجام تحقیق شامل دو مرحله اساسی بود، یکی انجام آزمایش و دیگری تجزیه و تحلیل آمار بارندگی، در نتیجه در حین کار با نکات و مشکلاتی برخورد شد که لازم است به طور خلاصه به تعدادی از آنها که اهمیت بیشتری دارند اشاره شود:

برای به دست آوردن قطر قطره و قطر لکه به قطرات مختلفی نیاز بود، روش های مختلفی برای تولید قطره مورد آزمایش قرار گرفت، بهترین آنها استفاده از بورت بود که قطرات یکسان و کنترل شده‌ای را تولید می‌کرد.

معادله (۱۰) نشان می‌دهد که با افزایش مقدار باران روزانه،R همان روز نیز افزایش می‌یابد. این معادله شبیه رابطه‌ای است که توسط لامباردی برای منطقه فلوریدا ارائه شده است.

معادله(۱۲) شبیه معادله ای است که جی رنارد برای کالیفرنیا ارائه کرد، این معادله بیانگر رابطه خوبی بین بارندگی متوسط ۶ ساعته و شاخص فرسایش زایی باران است.

با مقایسه R در ماههای مختلف سال چگونگی توزیع بارندگی در طول سال مشخص می‌شود، بنابراین با توجه به این مقادیر می‌توان در مدیریت حفاظت خاک تجدید نظر کرد(شکل ۲).

قبل از تجزیه و تحلیل آمار، لازم است که آزمون های آماری روی آنها انجام گیرد.

پیشنهاد می‌گردد که مقدارR و روابط بین آنها با پارامترهای بارندگی برای اقلیم های مختلف انجام ومحاسبه گردد.

منابع:

۱.زفاهی، ح.۱۳۷۵. فرسایش آبی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۵۱ صفحه.

۲.علیزاده، ا.۱۳۶۸. فرسایش و حفاظت خاک(ترجمه). انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی. ۲۵۱ صفحه.

۳.قدمی فیروزآبادی، ع. و شمسایی، ا. ۱۳۷۷. تعیین شاخص فرسایش باران در تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شریف تهران. ۱۳۷ ص.

4. Ateshian, J.K.H.1974. Estimation of rainfall erosion index J of Irrig. Drain . Div, ASCE, 100(IR3)

5. Lombardi. 1989. Seasonal distribution of rainfall erosivity in peninsular florida. Trans. ASCE. 32(5): 1555-1560.

6. Onchew, N.G. 1985. Soil Erosion and conservation. Soil Conservation Society of America, Ankeny, pp: 384-392.

7. Renard, K.G. 1975. Estimation of rainfall erosion index. J of Irrig. Drain. Div ASCE, 101(IR3): 240-241.

8. Wishmeier, W. H. 1959. Rainfall erosion index for Universal soil loss equation. Soil Sci. Soc proceedings. 23: 246-249.

9. Wishmeier, W. H. 1969. Relation of soil properties to erodibility. Soil Sci. Soc. Am. 33