

تأثیر نوسان بارش بر تولید چند گونه گیاهی (مطالعه موردی: مراتع علی‌آباد مهریز یزد)

جلال عبداللهی^{۱*}، محمدحسین ثوابی^۲، حسین نادری^۳ و مؤگان السادات عظیمی^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۵

چکیده

تداوم بهره‌برداری از مراتع مناطق خشک مستلزم شناخت روند تغییرات پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن می‌باشد. از این‌رو طراحی یک سیستم پایش بلندمدت برای بررسی اثر نوسان بارش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مطالعه طی ۹ سال (۱۳۸۶-۱۳۷۸) و با هدف بررسی تأثیر نوسان دوره‌های مختلف بارش بر تولید گونه‌های مهم گیاهی در مراتع استپی یزد واقع در منطقه علی‌آباد مهریز انجام شد. برای این منظور هر ساله درصد پوشش تاجی و تولید گیاهان داخل پلات‌های تصادفی مستقر در طول ترانسکت‌های دایمی خطی اندازه‌گیری شد. آمار بارندگی نیز از ایستگاه باران‌سنجی علی‌آباد، به‌عنوان نزدیکترین ایستگاه باران‌سنجی موجود در منطقه تهیه شد. رابطه بین مقادیر تولید و بارش به‌وسیله تجزیه رگرسیون خطی ساده و چندمتغیره (گام به گام) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که گونه‌های گیاهی اغلب به نوسان بارندگی واکنش نشان می‌دهند. با این‌حال واکنش تولید به نوسان بارندگی در گونه‌های مختلف متفاوت بود. تولید کل به همراه تولید گونه *Artemisia sieberi* بر اساس داده‌های بارش آذر تا اسفند و تولید گونه‌های *Zygophyllum* و *Ephedra strobilaceae* به ترتیب به‌ترتیب بارش آذر تا فروردین و آذر تا دی قابل برآورد است. ولی دستیابی به مقادیر تولید علوفه سالانه گونه *Salsola tomentosa* در جمع گیاهان عرصه تحت بررسی، با روابط حاصل از بارندگی کافی به نظر نمی‌رسد. در ادامه برازش مدل‌های مختلف رگرسیونی نشان داد نوع پاسخ تولید به نوسان بارش مؤثر در دو گونه *A. sieberi* و *E. strobilaceae* به‌ترتیب از نوع غیرخطی توانی و کوادراتیک است.

واژه‌های کلیدی: تولید گونه‌های گیاهی، نوسان بارندگی، پایش پوشش گیاهی، مراتع یزد.

۱- مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد

*: نویسنده مسئول: jaabdollahig@gmail.com

۲- کارشناس مرتعداری

۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری دانشگاه تربیت مدرس

۴- کارشناس ارشد مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع

مقدمه

قسمت اعظم مراتع کشور در قلمرو آب و هوایی خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرند. علاوه بر قلت بارندگی، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیات بارز این مناطق به شمار می‌رود (۲۸). بر این اساس، نوع ترکیب گیاهی و میزان تولید علوفه نیز به تبعیت از این شرایط دارای وضعیت ثابتی نیستند. این شرایط گیاهان یک ساله را به مراتب بیشتر از گیاهان دایمی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۶). بسته به فرم رویشی و سیستم ریشه و همچنین زمان و کیفیت بارش، واکنش و وابستگی گیاهان به بارندگی متفاوت خواهد بود. در این میان محدودیت‌های شیمیایی سازند گچی (نئوزن) موجود در منطقه مورد مطالعه از جمله میزان بالای پتانسیل اسمزی (۱۲) و مقادیر بالای گوگرد و کلسیم و محتوای پایین کربن و پتاسیم درون خاکهای حاصل از این سازند (۲۵) همچنین محدودیت‌های فیزیکی اعمال شده دیگر، در ارتباط با اثر پوسته سطحی بر استقرار نهال (۲۴) و نفوذ ریشه گیاه (۳۰) را نمی‌توان نادیده فرض کرد، زیرا آنها با تأثیر بر میزان دسترسی به رطوبت و مواد غذایی خاک همچنین شرایط استقرار و توسعه ریشه، نوع پاسخ گیاه به نوسانات بارش را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند (۲۹). لذا انتظار بر این است گیاهان موجود بر حسب سازش پذیری، تحت مدل‌های ریاضی متفاوتی به تغییرات بارش پاسخ دهند. بر این اساس محققان زیادی تلاش کردند با بررسی رابطه شاخص‌های گیاهی و میزان بارش در دوره‌های زمانی خاص، ضمن معرفی مؤثرترین دوره‌های بارشی، مدل‌های پیش‌بینی برای گیاهان هر منطقه ارائه دهند. در این زمینه کینزچی^۱ (۱۹۸۲) در بررسی رفتار چند گونه مرتعی به تغییرات بارش به این نتیجه رسید که پاسخ گونه‌های مورد آزمایش شامل چند گونه درمنه (*Artemisia*) به تغییرات بارش، خطی است. ایشان بارش سال زراعی (سپتامبر - ژوئن) را بهترین ترکیب برای تشکیل مدل برآورد تولید از بارش تشخیص داد (۲۰). هولچک و همکاران^۲ (۱۹۸۹) بیان نمودند در مناطقی که بارندگی سالانه کمتر از ۵۰۰ میلیمتر باشد، بارندگی نسبت به سایر عوامل، بیشترین همبستگی را با تولید دارد و در مناطقی که بارندگی بیشتر از ۵۰۰ میلیمتر باشد،

رطوبت خاک عامل تعیین کننده می‌باشد (۱۶). نتایج تحقیق جابوگی و ساللا^۳ (۲۰۰۰) در منطقه استپی پاتاگونیای^۴ آرژانتین نشان داد بوته‌ها در مقیاس سالیانه و فصلی به ترتیب با بارندگی تجمعی کل سال و مجموع بارش زمستان همبستگی دارند (۱۷). خومالو و هولچک^۵ (۲۰۰۵) ارتباط بین تولید گراس‌های دائمی با داده‌های بارندگی یک دوره ۲۴ ساله بارندگی را در بیابان شبه‌وهوان واقع در جنوب نیومکزیکو ایالات متحده مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه ضریب همبستگی بین بارندگی ماه دسامبر تا سپتامبر و تولید گراس‌های دائمی برابر با ۰/۷۷ بود. برازش مدل‌های رگرسیونی نیز نشان داد میزان تولید تحت یک مدل کوادراتیک^۶ بر اساس بارش این دوره قابل پیش‌بینی است (۱۹). در بررسی بوم‌شناختی گونه‌های افدرا در منطقه بیارجمند شاهرود مشخص گردید تولید این گیاهان رابطه مستقیمی با میزان بارش سالیانه دارد و برای مقاومت در برابر خشکی، رشد رویشی و زایشی خود را محدود می‌کنند (۶). نتایج تحقیق اکبرزاده و میر حاجی (۲۰۰۶) در بررسی اثر بارندگی بر مراتع استپی رود شور نشان داد، پوشش تاجی بیشتر گونه‌ها با دوره بارش دی تا خرداد بیشترین همبستگی را دارند (۲). باغستانی میبیدی و زارع (۲۰۰۶) در بررسی رابطه بین بارندگی و تولید علوفه سالانه در مراتع پشتکوه استان یزد به این نتیجه رسیدند که میزان بارندگی فصول پیشین زمستان و پاییز بر تولید گونه‌های گیاهی چند ساله تأثیر معنی داری نگذاشته است (۷). نتایج تحقیق عبداللهی و همکاران (۲۰۰۶) در کویر چاه افضل نشان داد که درصد پوشش تاجی و تراکم گیاه اشنان با دارا بودن یک سیر نزولی در طی پنج سال از روند افت سطح ایستابی آب زیرزمینی تبعیت نموده است. همچنین تحلیل‌های آماری گویای ارتباط تغییرات تولید این گیاه با نوسانات بارندگی سالیانه بود (۱). در بررسی تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع استپی استان مرکزی، از بین شاخص‌های مهم اقلیمی، شاخص بارندگی فصل رویش به علاوه بارش فصول پیشین رشد به عنوان مؤثرترین شاخص اثرگذار بر تولید معرفی شد (۱۱). در مطالعه دیگری در مراتع پلور، بارش فصل رویش به عنوان مؤثرترین دوره بر

3- Jabbogy & Sala
4- Patagonia
5- Khumalo and Holechek
6- Quadratic

1- Kindschy
2- Holechek

شاخص رویشگاه شامل *Z. euryptherum* *E. strobilacea* و گونه‌های گیاهی همراه شامل *A. sieberi*، *S. tomentosa* در این بررسی مورد توجه بودند. بقیه گیاهان به دلیل اهمیت ناچیزی که داشتند در این تحقیق منظور نشده‌اند. از نظر ویژگی‌های خاکشناسی این منطقه دارای خاک نه چندان عمیق با بافت شنی لومی است که بر روی تپه اراضی دشتی تشکیل شده است. مقدار گچ این خاک‌ها بالا می‌باشد و گچ آبشویی شده از افق سطحی در لایه زیرین تجمع حاصل کرده ولی ضخامت آن چنان نیست که به عنوان افق ژئوسپیک محسوب شود. نتایج آزمایش خاک نشان داد میزان سدیم خاک ۵ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک می‌باشد. نسبت جذب سدیم (S.A.R) نیز برابر ۲ بود. کربن آلی خاک پایین و برابر ۰/۱۲ درصد است. به‌طور کلی خاک‌های منطقه دارای شوری پایین و قلیابیت بالا، با هدایت الکتریکی (EC) ۰/۸ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته (pH) ۸/۶ و مقدار زیاد آهک (۲۲/۵ درصد) هستند.

روش آماربرداری

برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی از روش ترانسکت-پلات استفاده شد. به این منظور چهار ترانسکت ثابت ۴۰۰ متری با فواصل ۱۰۰ متر در منطقه معرف سایت مورد مطالعه مستقر شد و عوامل پوشش گیاهی داخل ۶۰ پلات ۲ متر مربعی مستقر در طول ترانسکت‌ها اندازه‌گیری شد (۴). برای برآورد تولید، هر سال در زمان آمادگی مرتع تولید گونه‌ها به تفکیک درون ۱۵ پلات‌های تصادفی حفاظت شده، قطع و توزین و پوشش تاجی آنها در همه پلات‌ها اندازه‌گیری شد. با استفاده از رابطه رگرسیونی بین پوشش تاجی و تولید در این ۱۵ پلات، تولید در بقیه پلات‌ها بر اساس روش نمونه‌گیری مضاعف^۱ برآورد شد (۵). در نهایت میزان علوفه خشک هر گونه بر اساس معادلات، بر حسب کیلوگرم در هکتار به طور جداگانه محاسبه گردید. روش انتخاب پلات‌های تصادفی بدین صورت بود که هر ساله قبل از فصل چرای یک چهارم پلات‌ها به صورت تصادفی انتخاب و بوسیله قفسه‌هایی محصور می‌گردید. برای سال بعد پلات‌های انتخاب شده کنار گذاشته شده و از بین ۴۵ پلات باقی مانده، ۱۵ پلات تصادفی دیگر انتخاب گردیدند. این روند هر سال ادامه

میزان تاج پوشش و تولید گونه‌های این منطقه معرفی شد (۳). با توجه به نتایج حاصل از سایر مطالعات در این تحقیق سعی بر این است که با استفاده از شاخص‌های گیاهی برداشت شده در یک سایت معرف طی سالیان تحقیق و ثبت میزان بارندگی در هر سال، دوره‌های بارشی موثر بر گونه‌های مهم منطقه را شناسایی نمود. در نهایت با استفاده از روابط ریاضی معادلاتی را تعریف نمود که با اطمینان کافی و زمان مناسب، با در نظر گرفتن میزان بارندگی در شرایط سخت سازندهای گچی، قادر به برآورد مقدار تولید و ظرفیت چرای منطقه باشند. با آگاهی از نحوه تأثیر بارندگی در نوسان تولید در یک دوره طولانی، می‌توان پیش‌بینی لازم را در جهت مدیریت بهینه عرصه‌های مرتعی منطقه اعمال کرد.

مواد و روشها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

بر اساس گزارش گیاهشناسی استان (۲۷) و ضمن بهره‌گیری از تجربه کارشناسان، رویشگاه‌های عمده گونه *E. strobilacea* در استان یزد مکان‌یابی شد. از بین این مناطق، رویشگاه منطقه علی‌آباد چهل‌گزی با مساحت ۳۰۰ هکتار به دلیل سهولت دسترسی به جاده، استقرار حداقل یک ایستگاه باران‌سنجی و شرایط مطلوب رشد و توسعه گونه *E. strobilacea* در آن به‌عنوان یکی از رویشگاه‌های قابل قبول برای استقرار سایت ارزیابی مراتع انتخاب شد. از نظر موقعیت مکانی، سایت مورد مطالعه در شهرستان مهریز استان یزد و در طول جغرافیایی ۱۶° و ۵۴° و عرض جغرافیایی ۱۵° ۳۱ قرار داشت (شکل ۱). از دیدگاه قلمرو اقلیم حیاتی ایران عرصه مورد مطالعه در زیرمنطقه استپی واقع می‌شود. ارتفاع متوسط منطقه ۱۹۵۰ متر از سطح دریا، محل نمونه برداری دارای شیب ۱۳ درصد و در جهت شمال به جنوب است. میانگین بارندگی ۱۵ سال گذشته منتهی به سال ۱۳۸۶ برابر ۱۱۵ میلی‌متر بود که حداکثر و حداقل آن به ترتیب در سالهای ۱۳۸۱ و ۱۳۷۹ با مقادیر ۱۸۸ و ۲۱ میلی‌متر رخ داده است. در سایت مورد نظر ۱۰ گونه گیاهی چندساله و یکساله در طی ۹ سال مطالعه مشاهده شد. حضور گیاهان یکساله و چندساله‌های علفی بیشتر تحت تأثیر بارندگی سالانه بود، در حالی که بیشتر بوته‌های چندساله حتی در سال بسیار خشک ۱۳۷۹ نیز حضور داشتند. دو گونه

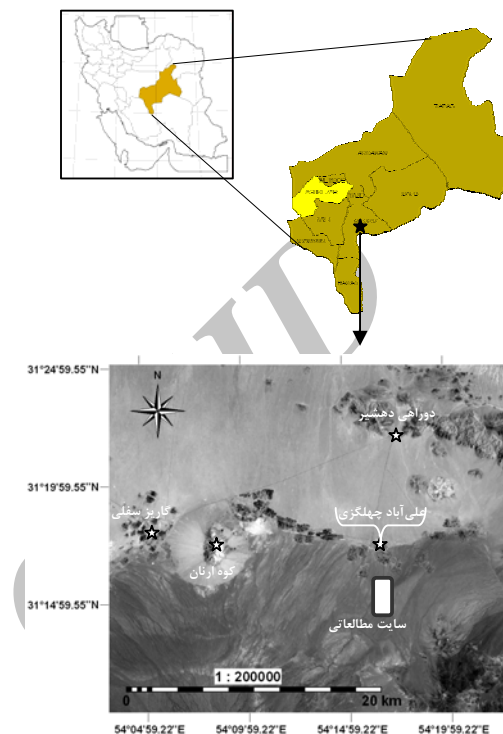
روش تجزیه و تحلیل

تعیین همبستگی بین متغیرهای پیش بینی و پاسخ: اولین مرحله برای تعیین مدل‌های برآورد تولید گونه‌های گیاهی بر اساس میزان بارندگی در دوره‌های مشخص زمانی، به دست آوردن میزان همبستگی بین متغیرها و مشخص نمودن معنی‌داری ارتباط بین آنهاست. بنابراین ابتدا شرط‌های استفاده از روش همبستگی پیرسون شامل وجود روابط خطی بین متغیرها، پارامتری بودن داده‌ها و عدم وجود داده‌های پرت بررسی شد. برای بررسی شرط اول، مشاهده نمودار پراکندگی داده‌ها ساده‌ترین روشی است که می‌توان از طریق آن خطی یا غیرخطی بودن رابطه بین متغیرها را تعیین کرد. بررسی‌ها نشان داد در اغلب نمودارها، نقاط تعیین‌شده در حول و حوش یک خط قرار می‌گیرند، لذا فرض رابطه خطی بین متغیرها رعایت شد. برای محاسبه ضریب همبستگی از روش پیرسون استفاده شد.

تعیین روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته: برای کمی‌کردن ارتباط بین یک متغیر وابسته و یک یا چند متغیر مستقل از تجزیه رگرسیون چندگانه استفاده شد. در این مرحله به منظور تثبیت فرض اولیه نرمال بودن پارامترهای مورد استفاده در بررسی‌های رگرسیونی، ابتدا تمامی پارامترهای اقلیمی و تولید با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرونوف بررسی شدند. در نهایت این نتیجه حاصل شد که تمامی آنها از فرض نرمال تبعیت می‌کنند. در ادامه به منظور جلوگیری از وقوع مشکلات همخطی در رگرسیون چندگانه، اثر همراستایی متغیرها نیز بر هم با ضریب همبستگی پیرسون و مقدار P (به منظور تعیین معنی‌دار بودن یا نبودن ضریب پیرسون) بررسی شد تا این که از تشدید اثر برخی متغیرها بر هم و بالا بردن مصنوعی ضریب تبیین جلوگیری شود (۲۳۹). از این‌رو در این تحقیق، متغیرهای همبسته‌ای که بر هم اثر متقابل قابل توجه داشتند یکجا آورده نشدند.

بعد از تأیید موارد فوق برای تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته از تجزیه رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد. تعداد متغیرهای وابسته در این تحقیق چهار متغیر میزان تولید گونه‌های مورد مطالعه بودند که ارتباط تک‌تک آنها با متغیرهای مستقل بارش بررسی شد. در همین راستا و به منظور انتخاب مدل

داشت به گونه‌ای که با گذشت ۸ سال از اجرای طرح، تمام ۶۰ پلات، دو دوره انتخاب و قفس‌گذاری شدند.



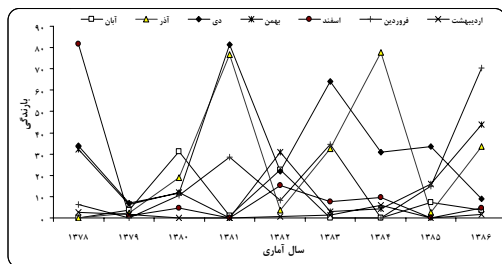
شکل ۱- سایت مورد مطالعه در استان یزد و حوزه آبخیز ندوشن

مقدار کل بارندگی در هر سال زراعی و مقادیر تفکیک شده ماهیانه آنها از مهر تا پایان شهریور سال بعد طی سالهای مورد مطالعه (۱۳۸۶-۱۳۷۸) از ایستگاه باران‌سنجی منطقه علی‌آباد چهل‌گزی گرفته شد. داده‌های تولید سالیانه گیاهان تحت بررسی و میزان بارندگی ماهانه عرصه در محیط نرم‌افزار Excel ثبت شد. بر اساس داده‌های بارندگی ماهانه، مقادیر تجمعی باران در فصول مختلف سال و مجموع باران در دوره‌های مشخص زمانی، شامل آبان تا اسفند، آذر تا دی، آذر تا اسفند، دی تا فروردین، آذر تا فروردین، اسفند تا اردیبهشت و در نهایت بارش سال زراعی به تفکیک محاسبه شد. میزان بارندگی‌های محاسبه‌شده مذکور در طی سالیان تحقیق به‌عنوان متغیرهای مستقل و مقدار تولید کل همچنین مقادیر تولید خشک گونه‌های مورد مطالعه در هر سال به عنوان متغیر وابسته منظور شد.

مدل‌های مختلف رگرسیونی بر مجموعه داده‌های تولید - بارش مؤثر، بهترین مدل پاسخ گونه‌ای به نوسان بارش مؤثر به دست آمد، از این رو روابط دو تایی در حالت‌های خطی، لگاریتمی، تابع درجه دو، توانی و مدل نمایی مورد بررسی قرار گرفت. در پایان از میان مدل‌های برازش یافته برای هر گونه گیاهی مدلی با بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای نسبی و مجذور میانگین مربعات خطا به عنوان مدل برتر معرفی شد. برای تأیید بهترین رابطه برای مدل تهیه شده و نحوه تغییرات تولید هر گونه در پاسخ به نوسان بارش مؤثر، نمودار پراکنش داده‌ها ترسیم و بهترین مدل برازش یافته بر داده‌ها نمایش داده شد.

نتایج

نوسانات بارندگی: بررسی میانگین بارش در ماه‌های مختلف در طول نه سال آمار برداری نشان می‌دهد بارش منطقه در آبان ماه شروع و در اردیبهشت ختم می‌شود. منطقه از نظر نزولات سالانه، دارای ماه‌های پرباران در پاییز و زمستان بوده و در فصل بهار بارندگی کاهش یافته و فصل تابستان فصل خشک است (شکل ۲).



شکل ۲- توزیع بارش ماهانه طی سالهای آمار برداری

بررسی آمار ثبت شده توسط ایستگاه باران سنجی منطقه نشان داد میزان بارندگی در سال ۱۳۷۹ کمترین مقدار (۲۱ میلی‌متر) و در سال ۱۳۸۱ به بالاترین مقدار خود (۱۸۸ میلی‌متر) طی دوره ۹ ساله آمار برداری رسیده است. متوسط بارندگی سالانه منطقه در این دوره آماری ۱۲۱/۱۴ میلی‌متر بود. علاوه بر بارش سالانه، مقادیر بارندگی در دوره‌های مختلف هر سال در جدول ۱ نشان داده شده است. در ردیف انتهایی جدول نیز میانگین بارش بلندمدت مربوط به هر دوره ارائه شده است که با توجه به حد خشکسالی (۷۵ درصد میانگین بلندمدت) و میانگین بارش هر دوره می‌توان سالهای خشک مربوط به آن دوره

مناسب و تعیین مؤثرترین متغیرهای مستقل مرتبط از تکنیک رگرسیونی گام به گام استفاده شد. در روش گام به گام گروهی از مدل‌های رگرسیون توسعه می‌یابند و در هر مرحله یک متغیر حذف یا اضافه می‌گردد. در این روش به منظور حصول بهترین مدل، روابط رگرسیونی متفاوتی حتی الامکان با دخالت کمترین متغیر ارائه شده و سپس مدلی که دارای بیشترین ضریب همبستگی است از نظر ریاضی به عنوان بهترین مدل انتخاب شود. در عمل ممکن است مدلی که دارای ضریب همبستگی کمتری بوده، ولی از نظر واقعیت‌های عملی واقعی‌تر باشد، به عنوان مدل بهینه انتخاب شود (۲۳). به این ترتیب با انجام تجزیه رگرسیون خطی چندگانه برای هر متغیر وابسته، مدلهایی که ضریب همبستگی در سطوح یک و ۵ درصد احتمال به ترتیب مساوی یا بزرگتر از ۰/۳۱ و ۰/۴۰۲ بودند، انتخاب شدند (۲۱).

انتخاب نهایی یک مدل از میان مدل‌های به دست آمده، در صورتی انجام شد که مدل مورد نظر دارای اعتبار لازم باشد. شرط لازم برای تعیین اعتبار یک مدل آن است که نتایج به دست آمده با نتایج واقعی مقایسه گردد. برای مقایسه مدل‌ها معیارها و روشهای متعددی ارائه شده است. از جمله معیارهای مناسب برای مقایسه مدل‌ها، خطای نسبی و مجذور میانگین مربعات خطاست. شرط تعیین اعتبار مدل هنگامی که از خطای نسبی و مجذور میانگین مربعات خطا استفاده می‌شود، این است که خطای نسبی کمتر از ۴۰ درصد (۱۰) و مجذور میانگین مربعات خطا به صفر میل کند (۱۳). رابطه‌های مورد استفاده برای بررسی دقت تخمین و همچنین تأیید مدل‌ها عبارتند از:

$$RE = \left| \frac{Y_o - Y_e}{Y_o} \right| \times 100 \quad \{1\}$$

RE، خطای نسبی، Y_o ، مقدار مشاهده‌ای متغیر وابسته، Y_e ، مقدار تخمینی متغیر وابسته است.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_o - Q_e)^2}{n}} \quad \{2\}$$

RMSE، مجذور میانگین مربعات خطا، Q_o ، مقدار مشاهده‌ای متغیر وابسته، Q_e ، مقدار تخمینی متغیر وابسته، n ، تعداد مشاهده‌هاست.

در ادامه، پس انجام رگرسیون گام به گام و تعیین مؤثرترین دوره بارشی برای هر گونه گیاهی، با برازش

توجه به خشکسالی شدید سال ۱۳۷۹، کمترین مقدار تولید گونه‌های گیاهی نیز در این سال مشاهده شد.

همبستگی: نتایج همبستگی بین تولید گونه‌ها با مقدار بارش در دوره‌های مختلف حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی معنی‌دار بین تولید گونه افذار با میزان بارش در دوره آذر تا فروردین وجود دارد. گونه قیچ بیشترین همبستگی مثبت را با مجموع بارش آذر و دی داشت. همچنین بین تولید کل منطقه و تولید درمنه با میزان بارش آذر تا اسفند ارتباط معنی‌دار مثبت و قوی مشاهده گردید (جدول ۳).

را تشخیص داد. بر اساس میانگین بارش سالانه می‌توان نتیجه گرفت که منطقه طی سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ خشکی شدیدی را تجربه کرده است. از نظر بارش زمستان سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ جزو سالهای خشک محسوب شدند که میزان بارش در آنها به کمتر از ۴۲/۰۹ میلی‌متر رسید. از نظر بارش بهار سالهای ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۵ جزء سالهای خشک قرار گرفتند.

نوسانات تولید: مطابق با جدول ۲، نوسان عملکرد تولید کل علفه منطقه از کمترین مقدار (۶/۸۳ کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۷۹ و بیشترین مقدار (۱۲۳/۳۴ کیلوگرم در هکتار) در سال ۱۳۸۱ متغیر بوده است.

جدول ۱- مقادیر بارندگی در دوره‌های مختلف زمانی و حد خشکسالی مربوط به هر دوره (۷۵ درصد میانگین بلندمدت)

سال	سالانه	بارش پیشین			بارش فصل رویش				مجموع بارش مؤثر پیشین و فصل رویش	
		پاییز	زمستان	آذر-دی	آذر-اسفند	آبان-اسفند	بهار	اسفند-اردیبهشت	دی-فروردین	آذر-فروردین
۱۳۷۸	۱۵۶/۶	۸/۷	۱۴۷/۹	۳۴	۱۴۷/۹	۱۴۷/۹	۰	۹۰/۳	۱۵۴/۱	۱۵۴/۱
۱۳۷۹	۲۱/۴	۱/۵	۱۴/۲	۹/۲	۱۶/۴	۱۹/۹	۵/۷	۲/۵	۱۴/۲	۱۶/۴
۱۳۸۰	۱۰۰/۴	۱۰/۵	۲۸	۳۰/۵	۴۷	۷۸/۲	۵۹/۲	۱۵	۳۸/۵	۷۵/۵
۱۳۸۱	۱۸۸/۷	۲۸/۵	۸۱/۵	۱۵۸/۲	۱۵۸/۲	۱۵۹/۲	۷۷/۷	۲۸/۵	۱۱۰	۱۸۶/۷
۱۳۸۲	۱۰۳/۳	۹/۲	۶۷/۸	۲۵/۴	۷۱/۴	۹۴/۱	۲۶/۳	۲۴/۴	۷۶/۲	۷۹/۸
۱۳۸۳	۱۴۶	۳۵/۹	۷۴/۵	۹۶/۴	۱۰۶/۹	۱۰۶/۹	۳۲/۴	۴۳/۴	۱۰۹	۱۴۱/۴
۱۳۸۴	۱۳۰/۱	۶	۴۴/۸	۱۰۸/۵	۱۴۲/۵	۱۲۲/۵	۷۷/۷	۱۵/۶	۴۴/۸	۱۲۲/۵
۱۳۸۵	۷۴	۱۴/۸	۴۹/۴	۳۶/۱	۵۱/۹	۵۹/۲	۹/۸	۱۴/۸	۶۴/۲	۶۶/۷
۱۳۸۶	۱۶۹/۸	۷۲/۲	۵۷/۶	۴۲/۶	۹۱/۲	۹۵	۳۷/۴	۷۶/۹	۱۲۸	۱۶۱/۶
میانگین ۱۵ ساله	۱۱۵	۲۳/۷۱	۵۶/۱۲	۳۸/۳	۷۳	۸۱/۴	۲۸/۳	۳۵/۵	۷۴/۸	۹۱/۷
۷۵ درصد میانگین بلند مدت	۸۶/۲۵	۱۷/۷۸	۴۲/۰۹	۲۸/۷	۵۴/۷۲	۶۱/۰۸	۲۱/۲۱	۲۶/۶۴	۵۶/۱۳	۶۸/۷۶

جدول ۲- نوسان تولید گونه‌های گیاهی مورد مطالعه طی ۹ سال نمونه‌برداری

	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
<i>Ephedra strobilaceae</i>	۳۰	۶	۶/۱۸	۵۸/۳۳	۳۲/۱۹	۱۷/۳۳	۴۱/۳۳	۳۴	۴۰
<i>Salsola tomentosa</i>	۵	۰/۳۳	۰/۵۹	۱	۶	۱	۱۱/۳۳	۵	۰/۶۷
<i>Zygophyllum eurypterum</i>	۵	۰/۱۵	۷/۶۵	۴۰/۶۳	۳	۲۰	۴۳/۳۳	۳	۲
<i>Artemisia sieber</i>	۱۰	۰	۵/۵۹	۲۴/۳۸	۰	۵/۶۷	۱۲	۰	۰
تولید کل	۵۰	۶/۸۳	۲۰/۰۱	۱۲۳/۳۴	۴۱/۱۹	۴۴	۱۰۷/۹۹	۴۲	۴۲/۶۷

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین میزان بارش در دوره‌های مختلف زمانی با تولید گونه‌های گیاهی

گونه ها	دوره های بارش					
	سالانه	پاییز	آذر	آذر-دی	اردیبهشت	آذر-اسفند
<i>Ephedra strobilaceae</i>	*.۰/۶۸	۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۵۲	۰/۱۶	*.۰/۷۱
<i>Salsola tomentosa</i>	-۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۶	-۰/۱۴	۰/۵۱	۰/۲۰
<i>Zygophyllum eurypterum</i>	۰/۳۹	**۰/۸۵	**۰/۸۷	**۰/۹۲	۰/۴۲	۰/۵۴
<i>Artemisia sieber</i>	۰/۴۲	*۰/۶۵	*۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۲۸	*۰/۷۲
تولید کل	۰/۵۹	*۰/۷۴	*۰/۷۶	۰/۵۵	۰/۳۹	*۰/۸

* معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد * * معنی‌داری در سطح خطای ۱ درصد

جدول ۴- مدل‌های رگرسیون گام به گام بین تولید و بارندگی ماه‌های مختلف

گونه‌ها	رابطه	R ²	RE	RMSE
<i>Ephedra strobilaceae</i>	$y = 0.21(x1) + 5.43$	۰/۵۳*	۲۷	۱۰/۰۷
<i>Zygophyllum eurypterum</i>	$y = 0.319(x2) - 5.37$	۰/۸۶**	۳۰	۴/۴۷
	$y = -0.302(x2) + 2.459(x3) - 8.134$	۰/۹۳**	۲۵	۴/۰۵
<i>Artemisia sieber</i>	$y = 0.133(x4) - 5.69$	۰/۶۱*	۴۷	۵/۹۸
تولید کل	$y = 0.641(x5) - 4.79$	۰/۶۳*	۳۰	۲۱/۷۶
	$254.y = 0.827(x5) - 0.746(x6) - 11$	۰/۸۳**	۱۵	۱۴/۵۵

X1=آذر- فروردین X2=آذر- دی X3= اردیبهشت X4= آذر- اسفند X5= آذر- اسفند X6= اسفند

* معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد ** معنی‌داری در سطح خطای ۱ درصد

نتایج رگرسیون چندمتغیره

با انجام آزمون رگرسیون خطی چندمتغیره (گام به گام) برای هر متغیر وابسته بر اساس متغیرهای مستقل، مؤثرترین دوره‌های بارشی برای هر گونه تعیین و تعدادی رابطه به دست آمد که همگی از شرایط تأیید یک مدل مناسب برخوردار بودند (جدول ۴). بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام برای گونه *E. strobilaceae* تنها میزان بارش آذر تا فروردین وارد مدل نهایی گردید و قادر بود ۵۳ درصد از تغییرات تولید را توجیه کند. برای گونه *Z. eurypterum* در مرحله اول مجموع بارش آذر و دی وارد مدل شد در مرحله دوم با اضافه شدن بارش اردیبهشت میزان ضریب تبیین از ۸۶ به ۹۳ درصد افزایش یافت. نتایج آزمون تعیین اعتبار نشان داد که مدل حاضر دارای ضریب تبیین ۹۳ درصد، مجذور میانگین مربعات ۴/۰۵ و خطای نسبی ۲۵ درصد است، بنابراین در نهایت مدل به دست آمده با توجه به دلیل برخورداری از تمامی شرایط پذیرش یک مدل، مورد تأیید قرار گرفت. برای تعیین مدل تولید گونه *A. sieber* نیز از روش گام به گام استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده تنها میزان بارش آذر- اسفند وارد مدل نهایی شد و قادر بود ۶۱ درصد از تغییرات تولید را توجیه کند.

در نهایت مدل به دست آمده به دلیل برخورداری از تمامی شرایط پذیرش یک مدل تأیید شد. با انجام رگرسیون گام به گام برای داده‌های تولید کل نیز در مرحله اول میزان بارش آذر- اسفند وارد مدل تولید شد. در ادامه با اضافه شدن بارش اسفندماه میزان ضریب تبیین افزایش نشان داد و از ۶۳ درصد به ۸۳ درصد تغییر یافت. نتایج آزمون تعیین اعتبار نشان داد که مدل حاضر با برخورداری از ضریب تبیین ۸۳ درصد، مجذور میانگین مربعات خطای ۱۴/۵۵ و خطای نسبی ۱۵ درصد، تمامی

شرایط پذیرش یک مدل را دارد. گونه *S. tomentosa* روابط معنی‌داری با بارش هیچ یک از دوره‌ها نشان نداد، از این رو برای تولید این گونه مدلی ارائه نشد. دوره‌های بارشی آذر تا فروردین، آذر تا دی و آذر تا اسفند با توجیه حداقل ۵۰ درصد از تغییرات تولید هر یک از گونه‌ها، مؤثرترین دوره‌های بارشی منطقه را تشکیل دادند. در ادامه به منظور تعیین نوع پاسخ گونه‌های گیاهی به دوره‌های بارشی مؤثر، از برازش مدل‌های مختلف رگرسیونی بر مجموع داده‌های تولید- بارش مؤثر استفاده شد.

مدل‌های رگرسیونی حاصل از این برازش‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. در ادامه از میان مدل‌های برازش یافته برای هر گونه گیاهی مدلی با بیشترین ضریب تبیین و کمترین خطای نسبی و مجذور میانگین مربعات خطا به عنوان مدل برتر معرفی گردید. نتایج این مرحله نشان می‌دهد، مدل پاسخ گونه *E. strobilaceae* و تولید کل منطقه به نوسان بارش مؤثر از نوع توانی^۱ است.

در مورد گونه *A. sieber* مدل پاسخ به صورت تابع درجه دو^۲ و برای گونه *Z. eurypterum* از نوع خطی است. در پایان برای تأیید بهترین رابطه برای مدل تهیه شده و نحوه تغییرات تولید هر گونه در پاسخ به نوسان بارش مؤثر، نمودار پراکنش داده‌ها ترسیم و بهترین مدل برازش یافته بر داده‌ها نمایش داده شد (شکل‌های ۳ تا ۶).

بحث و نتیجه گیری

مطالعه گونه‌های مورد بررسی نشان داد، مقدار کل بارندگی و پراکنش آن در طول سال بر تولید علوفه آنها یکسان عمل ننموده است. چنین اثرات متفاوتی در نتایج

1 - Power

2 - Quadratic

گیاه فراهم می‌آورد. همراستا با این نتایج، احسانی و همکاران (۲۰۰۷) و اکبرزاده و میرحاجی (۲۰۰۶) در بررسی رابطه تغییرات پوشش گیاهی با نوسانات بارش به ترتیب در مراتع استپی ساوه و رود شور بر نقش مؤثر مجموع بارندگی فصل رویش و بارش فصول قبل آن تأکید کردند (۱۱ و ۲). نتایج بررسی مدل برآورد تولید کل منطقه نشان داد بارندگی اسفند ماه به عنوان دومین متغیر مؤثر، بر تولید کل علوفه منطقه اثر منفی گذاشته است. همواره شروع رشد و جوانه زنی گیاهان با افزایش دمای محیط و در حضور رطوبت بالای خاک حادث می‌گردد. در بعضی از سالها افزایش موقتی دمای محیط در اسفند ماه در کنار رطوبت به‌جای مانده از زمستان سبب شروع زودرس رشد در گیاهان می‌گردد که کاهش مجدد دما و بروز یخبندان در این ماه، گیاهان تازه رسته را در معرض خطر سرمازدگی قرار می‌دهد و این امر نیز سبب افت شدید تولید، در رویش مجدد خواهد شد (۷). از آنجا که اکثر اکولوژیست‌ها این نظریه را پذیرفته‌اند که رابطه بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی بیشتر به صورت غیرخطی است از این رو می‌بایست به منظور درک بهتر این روابط از قابلیت‌های مدل‌های غیرخطی نیز بهره برد (۲۲). به‌همین منظور در این مطالعه با برآزش مدل‌های غیرخطی نوع پاسخ گونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد گونه‌های منطقه تحت مدل‌های مختلف و بیشتر به صورت غیرخطی به بارش‌های مؤثر پاسخ داده‌اند. پتانسیل آب خاک همواره تابعی از پتانسیل ماتریک و اسمتیک می‌باشد. در نتیجه توانایی خاک برای ذخیره و رها کردن آب برای گیاه باتوجه به بافت و تجمع نمک‌های محلول در آب خاک تغییر می‌کند (۱۲). در این میان گیاهان موجود درون خاک نیز بر حسب توانایی‌شان برای غلبه بر پتانسیل آب خاک پاسخ‌های متفاوتی به مقادیر بارش خواهند داد. گونه افدرا به عنوان گونه غالب به خوبی به شرایط موجود در خاکهای گچی منطقه سازش یافته به نحوی که در مقادیر مختلف بارش قادر به تولید بوده و با افزایش مقادیر بارندگی، تولید این گونه به‌صورت توانی افزایش نشان می‌دهد. با توجه به سهم بالای این گونه در تولید منطقه، تولید کل نیز تحت چنین مدلی به بارش پاسخ داده‌است. نوع پاسخ در مورد گونه قیج به عنوان یک گونه با سازگاری بالا به‌صورت خطی بود و متناسب با افزایش بارش بر تولید نیز افزوده گردید. گیاه درمنه تحت

کار دیگر محققان نیز گزارش شده است (۳، ۷، ۸ و ۱۱). در منطقه مورد مطالعه یخبندان در آذر ماه آغاز می‌شود و بارش‌های عمده در عرف منطقه شروع می‌شود و تا دی ماه ادامه می‌یابد، به‌طوری که ۵۰ درصد بارش سالیانه در این دو ماه نزول یافته و تا پایان زمستان این میزان به ۷۵ درصد می‌رسد. لذا با اضافه کردن بارندگی آذر ماه بر مقادیر بارش دی ماه و زمستان دوره‌های مؤثر بارش پیشین حاصل می‌شود. در بررسی اثر بارش این دوره‌های پیشین مشخص شد در بین دوره‌های بارش مورد بررسی، مجموع بارش آذر تا اسفند و آذر تا فروردین به‌ترتیب بر تولید علوفه دو گونه بوته‌ای درمنه (*A. sieberi*) و افدرا (*E. strobilaceae*) و میزان بارش آذر تا دی بر تولید گونه درختچه‌ای قیج (*Z. eurypterum*) نقش مؤثری داشتند. همراستا با نتایج این تحقیق، هنسون^۱ و همکاران (۱۹۸۵) همچنین جابوگی و سالا (۲۰۰۰) در بررسی تولید گیاهان بوته‌ای مراتع استپی به همبستگی بالای تولید گیاهان بارش دوره پیشین زمستان اشاره کردند (۱۵ و ۱۷). با توجه به نظر کوک و ایروین^۲ (۱۹۹۲) تغییر الگوی بارشی یک منطقه از بهار و تابستان به سمت زمستان سبب غالبیت گونه‌های بوته‌ای و درختچه‌ای در آن منطقه خواهد شد (۹). کارابولوت^۳ (۲۰۰۲) علت نقش مؤثر رطوبت ذخیره شده ناشی از بارندگی فصول پیشین را ارتباط مستقیم پویایی و دینامیک گیاه با رطوبت قابل دسترس درون پروفیل خاک ذکر کرده است (۱۸). گونه افدرا با وجود اینکه همبستگی مثبت و بالایی با بارش آذر تا اسفند داشت، لیکن اضافه شدن بارش فروردین به‌عنوان ماه اصلی رویش به بارش این دوره سبب شد. مجموع بارش این دو دوره به‌عنوان دوره بارشی مؤثر در مدل نهایی برآورد تولید گونه مذکور لحاظ گردند. علت این امر را می‌توان در سیستم خاص ریشه‌ای افدرا جستجو کرد. در هر کلنی این گیاه، پایه‌های مادری دارای یک ریشه عمودی است که به اعماق فرورفته و ریشه‌های سطحی (ریزوم) این گیاه در حدود ۲۵-۱۵ سانتی‌متری سطح خاک دیده می‌شوند و به‌صورت نواری ادامه می‌یابند تا به پایه دیگری برسند (۶)، از این‌رو این سیستم خاص ریشه‌ای امکان جذب سطحی بارش بهاری و جذب عمقی بارش ذخیره شده در طی دوره‌های پیشین رشد را برای

1 -Hanson

2 - Cook and Irwin

3 - Karabulut

افزوده و از اعتبار مدل‌های مربوط به این گونه کاسته است.

با بررسی داده‌های بارندگی در دوره ۱۵ ساله گذشته منطقه از یک سو مشاهده شد که حداقل و حداکثر ریزش‌های جوی با مقادیر ۲۱/۴ و ۱۸۸/۷ میلی‌متر به ترتیب متعلق به سالهای ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱ بوده‌است که خوشبختانه طی دوره ۹ ساله تحقیق به وقوع پیوسته است. از سوی دیگر مراتع منطقه از نظر بارش سالیانه چهار سال مرطوب و دو سال کاملاً خشک را طی این مدت تجربه کرده‌اند (جدول ۲). لذا به نظر می‌رسد که روابط به دست آمده از این تحقیق تا اندازه‌ای گویای شرایط حاکم بر منطقه بوده و امید که بتواند به مدیریت این منطقه و حفظ گونه‌های گیاهی آن کمک کند. البته لازم به توضیح است که این مطالعه در یک سایت با ویژگی‌های خاص انجام شد و نتایج آن تنها در منطقه مطالعه شده و در محدوده ریزش‌های جوی بروز یافته در دوره مطالعه شده معتبر خواهد بود. به منظور اعمال تمام وقایع آب و هوایی و دستیابی به مدل‌های پاسخ با صحت بالاتر، ادامه این گونه پژوهش‌ها در دوره‌های ۲۰ و ۳۰ ساله توصیه می‌شود.

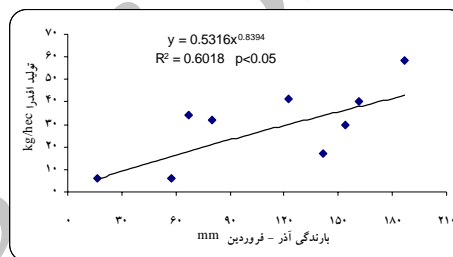
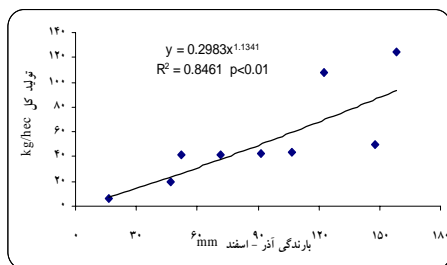
یک تابع درجه دوم (مدل کوادراتیک) به بارش مؤثر آذر-اسفند پاسخ داد، به طوری که در مقادیر بارش پایین‌تر از ۹۰ میلیمتر قادر به تولید کافی نبود، ولی در مقادیر بالای بارش، تولید این گونه نیز به صورت تصاعدی از خود افزایش نشان داد. به احتمال زیاد مقادیر بالای بارش در خاکهای گچی از یک طرف پوسته سطحی را کاهش می‌دهد و موجبات نفوذ بیشتر باران را فراهم آورده و از طرف دیگر با بهبود محدودیت‌های شیمیایی از جمله کاهش پتانسیل اسمزی و افزایش توازن یونی خاک، شرایط مناسب‌تری را برای رشد و توسعه گیاه فراهم می‌آورد (۱۴). خومالو و هولچک (۲۰۰۵) طی تحقیقی در بیابان شیپواهوان ضمن اشاره به روابط غیر خطی بین تولید و دوره مؤثر بارش دسامبر تا سپتامبر، مدل کوادراتیک را به عنوان بهترین مدل برای برآورد تولید منطقه معرفی کردند (۱۹). در میان گونه‌های مورد بررسی تنها گونه *S. tomentosa* ارتباط معنی‌داری با هیچ یک از دوره‌های بارشی نشان نداد. به احتمال زیاد فراوانی کم این گونه با افزایش واریانس داده‌ها بر میزان خطای مدل

Archive

جدول ۵- رابطه‌های به‌دست آمده از برازش مدل‌های مختلف رگرسیونی بر مجموع داده‌های تولید گونه- بارش مؤثر

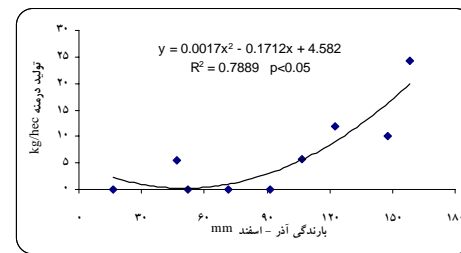
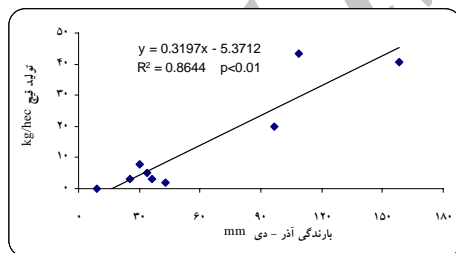
گونه‌ها	دوره بارشی مؤثر (X)	مدل های برازش یافته	R ²	RE	RMSE
<i>Ephedra strobilacea</i> (افدرا)	آذر- فروردین	$y = 0.21(x) + 5.43$	۰/۵۳°	۲۷	۱۰/۰۷
		$y = 15.94\text{Ln}(x) - 42.316$	۰/۵۰°	۴۳	۱۵
		$y = 0.5316(x)^{0.8394}$	۰/۶°	۲۴	۱۱/۲۶
		$y = 7.2039e^{0.0107(x)}$	۰/۵۴°	۳۸	۱۲/۱
<i>Zygophyllum eurypertum</i> (قیچ)	آذر- دی	$y = 0.319(x) - 5.37$	۰/۸۶°	۳۰	۴/۴۷
		$y = 16.573\text{Ln}(x) - 48.865$	۰/۷۲°	۴۱	۹/۵
		$y = -0.0005(x)^2 + 0.395(x) - 7.2525$	۰/۸۶°	۳۶	۵/۶۸
<i>Artemisia sieber</i> (درمنه دشتی)	آذر- اسفند	$y = 0.133(x) - 5.69$	۰/۶۱°	۴۷	۵/۹۸
		$y = 7.3062\text{Ln}(x) - 25.189$	۰/۴°	۶۱	۱۵/۸
		$y = 0.0017(x)^2 - 0.1712(x) + 4.582$	۰/۷۸°	۳۸	۴/۸۹
تولید کل	آذر- اسفند	$y = 0.641(x) - 4.79$	۰/۶۳°	۳۰	۲۱/۷۶
		$y = 40.092\text{Ln}(x) - 120.2$	۰/۵۵°	۶۱	۲۴/۱۷
		$y = 0.2983(x)^{1.1341}$	۰/۸۴°	۲۹	۲۱/۹۳
		$y = 9.8189e^{0.0156(x)}$	۰/۷۲°	۳۸	۲۳/۹۲
		$y = 0.0012(x)^2 + 0.4234(x) + 2.5527$	۰/۶۴°	۴۴	۲۳/۴

* معنی داری در سطح خطای ۵ درصد ** معنی داری در سطح خطای یک درصد



شکل ۴- نوسان تولید کل در رابطه با مجموع بارش مؤثر

شکل ۳- نوسان تولید گونه اfdرا در رابطه با بارش مؤثر



شکل ۶- نوسان تولید قیچ در رابطه با بارش مؤثر

شکل ۵- نوسان تولید درمنه در رابطه با مجموع بارش مؤثر

منابع

1. Abdollahi, J., H.Arzani, N. Baghestani & F.S.M. Askarshahi, 2006. Rainfall and ground water table changes influencing the *Seidlitzia rosmarinous* Growth and development at the Chah-Afzal Ardakan. Iranian journal of Range and Desert Research, 13 (2): 74-81.
2. Akbarzadeh, M. & T. Mirhaji, 2006. Vegetation changes under precipitation in Steppic rangelands of Rudshur. Iranian Journal of Range and Desert Research, 13 (3):222-235
3. Akbarzadeh, M., M.R. Moghadam, A. Jalili, M. Jafari & H. Arzani, 2007. Effect of precipitation on cover and production of rangeland Plants in Polour, Journal of the Iranian Natural Res., 60(1): 307-322.
4. Arzani, H., 1998. The inventory of rangeland in Iran project. 50pp.

5. Arzani, H. & G. W. King, 1994. A double sampling Australian rangeland and conference, pp: 201-202.
6. Arzani, H., M. Mozaffari, M. Moghadam & M. Dadkhah, 2000. Ecological Investigation on *Ephedra spp.* in Biarjomand Region of Shahrood. Iranian J. Natural Res., 53 (2): 99-111
7. Baghestani Maybodi, N. & M.T. Zare, 2006. Investigation of relationship between annual precipitation and yield in steppic range of Poosht-kooh region of Yazd province. J. of Pajouhesh & Sazandegi, 75: 103-107
8. Bork, E. W, T. Thomas & B. Mcdougall, 2001. Herbage response to precipitation in central Alberta boreal grasslands. J. Range Manage. 54:243-248.
9. Cook, J.G., Irwin, L.L., 1992. Climate-vegetation relationships between the Great Plains and Great Basin, American Midland Naturalist. 127: 316-326.
10. Das, G. 2000. Hydrology and Soil Conservation Engineering. Asok. Ghosh, Prentice- Han of India, 489pp.
11. Ehsani, A., H. Arzani, M. Farahpour, H. Ahmadi, M. Jafari, A. Jalili, H.R. Abasi, M.S. Azimi & H.R. Mirdavoudi, 2007. The effect of climatic conditions on range forage production in steppe Rangelands, Akhtarabad of Saveh. Iranian Journal of Range and Desert Research, 14(2): 249-260
12. Globus, A.M. & O.K. Tulenina, 2000. Chemical, matric and osmotic potentials of water in the chemically nonequilibrium soil. Eurasian Soil Science 33, 497-500.
13. Green, R.A. & D. Stephenson. 1986. Criteria of comparison of single event models. Hydrol. Sci. J., 31: 365-411.
14. Guerrero-Campo, J., F. Alberto, J. Hodgson, J.M Garcia-Ruiz & G. Montserrat-Marti, 1999. Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion. Journal of Arid Environments, 41: 401-410.
15. Hanson, C.L., J.R. Wight, J.P. Smith & S. Smoliak, 1982. Use of historical yield data to forecast range herbage production. Journal of Range Management, 35(5): 614-616.
16. Holechek, J.L., R.D. Pifer & H.H. Carlton, 1989. Range Management, Principles and practices (second edition) Prentice Hall upper Saddle River, New Jersey, 526 pp.
17. Jabbogly, E.G., & O.E., Sala, 2000. Control of grass and shrub above ground production in the Patagonian steppe, Ecological Applications, 10(2): 541-549.
18. Karabulut, M., 2002. An Examination of Relationships between Vegetation and Rainfall using Weather Variable, Range management 42(6) November.
19. Khumalo, G.F. & J. Holechek, 2005. Relationship between Chihuahuan desert perennial grass production and precipitation, Rangeland and Ecology management, 58(33): 239-246.
20. Kindschy, R.R., 1982. Effects of precipitation variance on annual grow of 14 species of browse shrubs in southeastern Oregon, Journal of range management, 35(2): 265-266
21. Mahdavi, M., 1997. Hydrology, Publication of Tehran University, 401 pp
22. McCune B., 2004. Nonparametric multiplicative for habitat modeling. Oregon state university, USA, 43 pp.
23. Mesdaghi, M., 2004. Regression methods for research in agriculture and natural resources, Publication of Emam Reza University, Mashhad, 290 pp.
24. Meyer, S.E., 1986. The ecology of gypsophile endemism in the eastern Mojave Desert. Ecology 67, 1303-1313.
25. Meyer, S.E., E. Garcia-Moya & L.D. Lagunes-Espinoza, 1992. Topographic and soil surface effects on gypsophile Plant community patterns in Central Mexico. Journal of Vegetation Science, 3, 429-438.
26. Moghadam, M.R., 1998. Range and Range management. Tehran University Publications, 470 pp.
27. Mozaffarian, V., 2000. Flora of Yazd. Yazd: Yazd Publishers, 473pp.
28. Noy-Meir, I., 1973. Desert ecosystems: environment and producers. Annual Review of Ecology and Systematics, 4: 25-51.
29. Raynaud, X. & P.W. Leadley, 2004. Soil characteristics play a key role in modeling nutrient competition in plant communities. Ecology 85: 2200-2214.
30. Verheye, W.H., & T.G. Boyadgiev, 1997. Evaluating the land use potential of gypsiferous soils from field pedogenic characteristics. Soil Use and Management 13: 97-103.