دو فصلنامه علمی- پژوهشی خشک بوم
جلد ۲، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۱

تأثیر نوسان‌های بارندگی و دما بر تولید علوفه برخی از گونه‌های گیاهی مراتع استپی یزد در دورهٔ زمانی۱۳۸۶-۱۳۷۸ (مطالعه موردی: منطقه ارنان)

۱- جلال عبداللهی، مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
jaabdollahig@gmail.com
۲- حسین ارزانی، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳- حسین نادری، دانشجوی دکتری مرتعداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- محمد رضا عرب زاده، کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد
دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۰۲
پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۰۴

چکیده

بهره‌برداری پایدار از مراتع مناطق خشک در گرو شناخت روند تغییرات پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن است. تنش خشکی در این مناطق، بیش‌ترین محدودیت را بر پوشش گیاهی به وجود می‌آورد. از این‌رو، طراحی یک سیستم پایش بلند مدت از جهت بررسی اثر نوسان‌های بارندگی و دمای هوا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بارش و دمای بیشینه بر تولید گونه‌های مهم گیاهی مراتع منطقه ارنان در دورهٔ زمانی ۹ سال (۱۳۸۶-۱۳۷۸) است. به این منظور، در هر سال تولید گیاهان به روش قطع و توزین در داخل ۶۰ پلات تصادفی دو متر مربعی با فاصله ۳۰ متر از یکدیگر، مستقر در طول ۴ ترانسکت خطی دایمی، اندازه‌گیری شد. داده‌های اقلیمی نیز از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی منطقه تهیه گردید. به منظور تشخیص عمده گرادیان‌های اقلیمی مؤثر بر تولید گونه‌های گیاهی منطقه از تجزیه چند متغیره افزونگی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده، تولید کل منطقه و تولید گونه‌های *Artemisia sieberi* و *Salsola tomentosa* ضمن داشتن همبستگی معنی‌دار با محور اول رسته‌بندی (r = -۰/۹۳ ، r = -۰/۸۶ و r = -۰/۹۲) بیشتر تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی همبسته با این محور شامل بارش دوره آذر تا اسفند و دمای بیشینه تیر قرار دارد. تولید گونه *Salsola tomentosa* افزون بر متغیرهای یاد شده تحت تأثیر بارش سال گذشته نیز قرار داشت. تولید گونه‌های *Ephedra strobilacea* و *Stipa barbata* با داشتن همبستگی بالا با محور دوم رسته‌بندی (r = ۰/۶۴ و r =۰/۷۲) تأثیرپذیری بیشتری از بارش بهار و آذر تا اسفند و همچنین دمای بیشینه فروردین دارد. گرادیان‌های اقلیمی مذکور که همبستگی بالایی با محورهای اول و دوم رسته‌بندی دارد، در مجموع قادر به برآورد ۹۴/۹ درصد از تغییرات تولید گونه‌های گیاهی منطقه مورد مطالعه است.

واژگان کلیدی: تولید علوفه؛ بارندگی؛ تجزیهٔ افزونگی؛ مراتع استپی؛ منطقه ارنان.

مقدمه

بهره‌برداری پایدار از مراتع مناطق خشک، در گرو شناخت روند تغییرات پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر آن است. از این‌رو طراحی یک سامانه پایش بلند مدت جهت بررسی اثر نوسان‌های بارندگی و دمای هوا بر روی پوشش گیاهی این مناطق، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مطالعات نشان است که از بین متغیرهای اقلیمی، مقدار بارندگی دارای بیش‌ترین تأثیر بر تغییرات پوشش و تولیدات گیاهی این مناطق بوده و مهم‌ترین شاخص در برآورد تولید علوفه به شمار می‌آید (Kindschy, 1982; Karabulut, 2002; Khumalo & Holechek, 2005; Abdollahi et al., 2006; Baghestani Maybodi & Zare, 2006). فراوانی و پراکنش زمانی بارش نقش مهمی را در دسترسی به رطوبت خاک بازی نموده و پوشش گیاهی مناطق خشک را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ehleringer et al., 1999). بارش فصل زمستان با احتمال بیش‌تری به عمق خاک نفوذ می‌کند، در حالی که بارش بهار و تابستان ممکن است قبل از نفوذ، تبخیر شود (Schwinning et al., 2003). بنابراین، بسته به شکل رویشی و سیستم ریشه و همچنین زمان و کیفیت بارش، واکنش و رفتار گیاهان نسبت به بارندگی متفاوت خواهد بود (Moghadam, 2001). گراس‌ها با سیستم ریشه‌ای سطحی و متراکم، بیشتر از منابع آب ذخیره شده در نزدیکی سطح خاک استفاده می‌کنند، در حالی‌که گیاهان

چوبی دارای ریشه عمیق قادرند آب مورد نیاز خود را از رطوبت ذخیره شده در عمق پایین‌تر خاک به دست آورند (Walter, 1979). از این‌رو چیرگی و گسترش گراس‌ها بیشتر در مناطقی با الگوی بارشی بهاره و تابستانه است که همزمان با افزایش دمای هوا، فصل بارش آغاز می‌شود. در مقابل، گسترش گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای بیشتر در مناطقی است که دارای الگوی بارشی زمستانه هستند. در این مناطق کاهش هدررفت ناشی از تبخیر اجازه ذخیره رطوبت در عمق پایین‌تر خاک را فراهم می‌کند (Paruelo & Lauenroth, 1996). همواره این امکان وجود دارد که دوره‌هایی با دمای هوای بالا بتوانند رشد گیاهان را محدود کنند بدون آن‌که کاهش معنی‌داری در مقدار بارش صورت گیرد. بنابراین، بررسی هم‌زمان دو متغیر اقلیمی بارندگی و دما ضروری است (Munkhtsetseg et al., 2007). برای مثال، یافته‌های Ni, (2003) در بررسی پراکنش مکانی شش تیپ عملکردی گیاهی[1] (PFTs) و رابطه آن‌ها با متغیرهای اقلیمی نشان داد که غنای تیپ عملکردی گراس همبستگی مثبتی با بارندگی و شاخص خشکی دمارتون دارد. Munkhtsetseg et al. (2007) در بررسی اثر بارندگی و دمای حداکثر بر تولید مراتع مغولستان، افزایش دمای ماه جولای به همراه کاهش بارش در ژوئن را عامل اصلی کاهش تولید گونه‌های گیاهی این منطقه شامل *Stipa glareosa* و *Artemisia frigida* بیان نمود. مطالعه Abdollahi et al. (2011) در منطقه ندوشن یزد نشان داد که تولید کل و همچنین تولید گونه *Artemisia sieberi*، به ترتیب تحت تأثیر مثبت و منفی بارش دوره آذر تا اسفند و دمای بیشینه در ماه تیر قرار دارد.

امروزه افزایش غلظت دی اکسیدکربن به همراه سایر گازهای گلخانه‌ای مهم‌ترین عامل گرمایش و تغییر اقلیم جهانی به شمار می‌آید (Paterson & Flint, 1980). با توجه به پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم جهانی شامل تغییر در الگوهای بارش و افزایش دما، پیش‌بینی می‌شود مقدار تولید و ترکیب تولید در اکوسیستم‌های خشک به ویژه مناطق استپی به شدت دستخوش تغییر شود (Bates et al., 2006). برای نمونه، تغییر الگوی بارندگی از زمستان به بهار مقدار تولید درمنه‌زارهای استپی واقع در شمال آمریکا را کاهش داده (Svejcar et al., 2003) و بر تولید کنندگی و توان رقابتی گیاهان مهاجم یک ساله افزوده است (Smith et al., 2000).

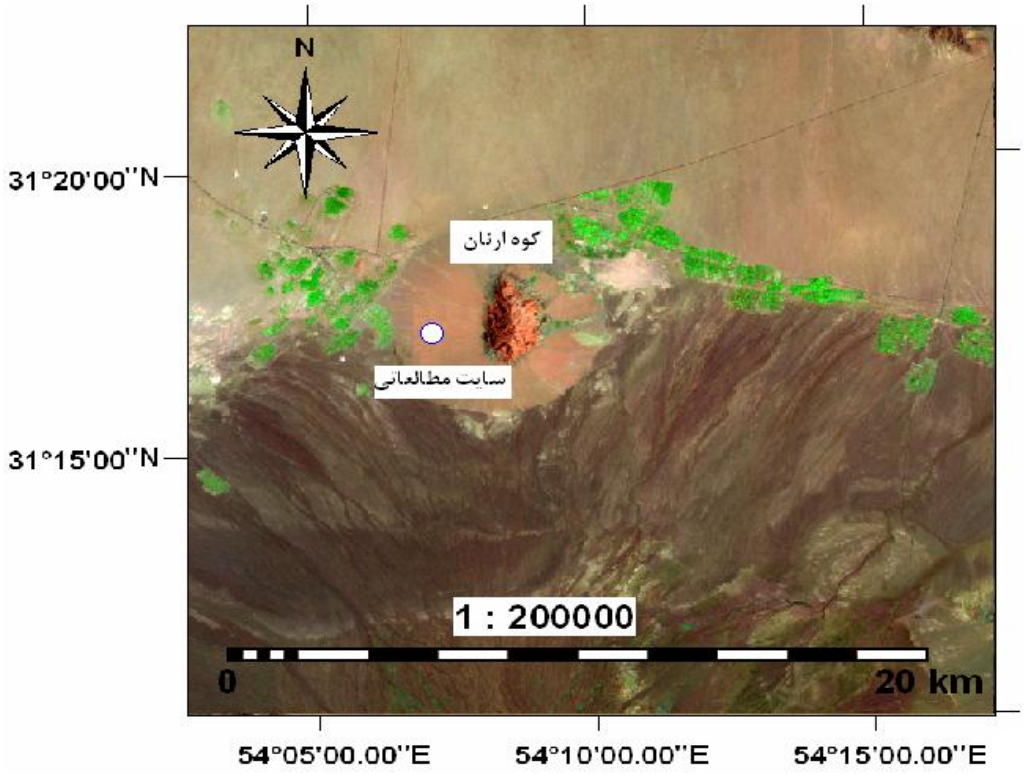
در راستای این‌گونه تحقیقات، ایستگاه تحقیقاتی قرق در استان یزد، از سال ۱۳۶۵، فعالیت خود را آغاز نمود. ولی با توجه به گستره زیاد استان و به منظور تهیه مدل کلی نوسان‌های تولید علوفه، افزون بر ایستگاه مذکور، در مناطق مختلف آب و هوایی استان یزد نیز چندین سایت مطالعاتی دیگر انتخاب شد. این عرصه‌های تحقیقاتی در قالب طرح ملی ارزیابی مراتع از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۶ مورد پایش سالانه قرار گرفتند. هدف از این پژوهش تجزیه و تحلیل داده‌های گیاهی و اقلیمی به دست آمده از سایت مطالعاتی منطقه ارنان، جهت شناسایی اثر پراکنش زمانی بارش و همچنین دمای بیشینه در ماه‌های رویش بر مقدار تولید علوفه گونه‌های مهم مرتعی این منطقه است. به منظور درک بهتر روابط علت و معلولی بین مجموعه وسیعی از داده‌های گیاهی و متغیرهای اقلیمی از روش ریاضی رسته‌بندی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، به عنوان یکی از سایت‌های طرح ملی ارزیابی مراتع، در شهرستان تفت از توابع استان یزد و در طول جغرافیایی ´ ۷ °۵۴ و عرض جغرافیایی ´ ۱۷ °۳۱ واقع شده است (شکل ۱). سایت مطالعاتی ارنان با وجود نزدیکی جغرافیایی به ایستگاه مطالعاتی قرق نیر و گونه‌های مرتعی مستقر در آن رویشگاه، به دلیل برخی از متغیر محیطی تاثیر گذار، از نظر پوشش گیاهی، متفاوت از آن است. به طوری‌که گونه *Salsola tomentosa* بعد از درمنه گونه اصلی این منطقه را تشکیل داده است. از دیدگاه قلمرو اقلیم‌های حیاتی ایران عرصه مورد مطالعه در زیر منطقه استپی واقع می‌شود. میانگین ارتفاع منطقه ۲۰۵۰ متر از سطح دریا، محل نمونه برداری دارای شیب ۲۰- ۱۵٪ و در جهت جنوب به شمال است. بر اساس داده‌های هواشناسی، میانگین بارندگی بلند مدت منطقه حدود ۱۲۵ میلیمتر است.

1- Plant Functional Types (PFT_S)



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه.

در این بررسی، دو گونه شاخص رویشگاه شامل *Artemisia sieberi* و *Salsola tomentosa* و دو گونه گیاهی مهم همراه شامل *Stipa barbata* و *Ephedra strobilacea*، مورد نمونه‌برداری و اندازه‌گیری دقیق قرار گرفتند. دیگر گیاهان چندساله به دلیل اهمیت ناچیز، به عنوان دیگر گیاهان چند ساله، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. گونه‌های یکساله نیز مورد جداسازی قرار نگرفت و تحت عنوان گیاهان یک‌ساله مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱).

بررسی خاک‌شناسی رویشگاه مورد مطالعه اندازه‌گیری خواص فیزیکی و شیمیایی خاک برداشت شده، در آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد انجام گردید. نتایج بررسی نمونه‌های خاک نشان می‌دهد که این منطقه دارای خاک نیمه‌عمیق با بافت سبک و شنی و میزان سنگریزه نسبتاً پایین است. درصد اشباع خاک منطقه بالا ولی املاح و شوری آن پایین است. خاک منطقه فاقد املاح گچ بوده و میزان آهک آن نیز پایین است (جدول ۲).

جدول ۱. میانگین تاج پوشش گونه‌ها و ترکیب گیاهی منطقه در دورهٔ آماری ۱۳۸۶-۱۳۷۸

نام گونه گیاهی	شکل زیستی	میانگین تاج پوشش ٪	ترکیب پوشش٪
Salsola tomentosa	بوته	۲/۵۶۹	۲۱/۸۳
Artemisia sieberi	بوته	۸/۶۲۶	۷۳/۳۲
Ephedra strobilacea	بوته	۰/۳۴۱	۲/۹
Stipa barbata	گراس چند ساله	۰/۰۷۴	۰/۶۳
سایر گونه‌های چند ساله	بوته و گراس	۰/۰۵۱	۰/۴۲
یک‌ساله‌ها	فورب و گراس	۰/۱۰۶	۰/۹

جدول۲. خصوصیات خاک منطقه مورد مطالعه

متغیر	مقدار	متغیر	مقدار
درصد اشباع	۲۸/۵	کلر (meq/lit)	۴/۳
هدایت الکتریکی (ds/m)	۱/۰۸	بی‌کربنات (meq/lit)	۳/۵
اسیدیته	۷/۴۲	ماده آلی (٪)	۰/۱۱
آهک (٪)	۱۴	گچ (meq/100gr)	۰
کلسیم (meq/lit)	۵/۲	شن (٪)	۷۴/۶
منیزیم (meq/lit)	۲/۴	سیلت (٪)	۱۵
سدیم (meq/lit)	۴/۳	رس (٪)	۱۰/۴
نسبت جذب سدیم	۲/۱۹	سنگریزه (٪)	۱۰

روش تحقیق

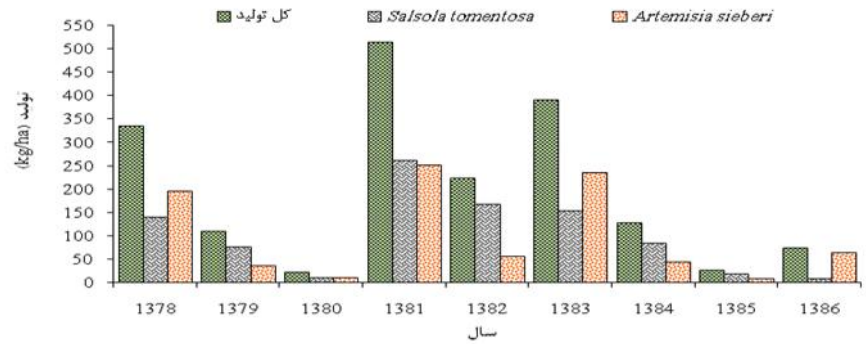
در سال ۱۳۷۷، محدوده‌ای به وسعت ۲۰ هکتار در منطقه مورد مطالعه انتخاب و ۴ خط ترانسکت ۴۰۰ متری با فاصله یکسان ۱۰۰ متری در آن تعیین شد. اندازه‌گیری تولید سالانه گیاهان عرصه با روش قطع و توزین از سال ۱۳۷۸ آغاز و به مدت ۹ سال ادامه یافت. اندازه‌گیری تولید با برداشت رویش سالانه گیاهان در ۶۰ پلات تصادفی دو - متر مربعی (۱×۲ متری) با فاصله ۳۰ متر از یکدیگر، مستقر روی ۴ خط ترانسکت ۴۰۰ متری، مطابق با دستور کار طرح ملی ارزیابی مراتع انجام شد. علوفه تولیدی پس از خشک شدن در هوای آزاد توزین و میزان آب بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه گردید. داده‌های هواشناسی شامل آمار بارندگی و دمای بیشینه ماهانه در دورهٔ مطالعه (۱۳۸۶- ۱۳۷۸) از ایستگاه اقلیم‌شناسی گاریز به عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه گرفته شد. با استفاده از داده‌های بارش ماهانه، مقادیر تجمعی باران در فصول مختلف سال و مجموع باران در دوره‌های زمانی مشخص 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 گردید. با توجه به اهمیت ویژه دما در طول دوره رشد گیاهان، تنها از داده‌های مربوط به ماه‌های این دوره استفاده شد. جهت بررسی رابطه بین تولید گونه‌های گیاهی با پراکنش فصلی و دوره‌ای بارندگی و همچنین دمای بیشینه در طول ماه‌های رویش، از روش تجزیه و تحلیل چند متغیره رسته‌بندی استفاده شد. مطابق با نظر Jangman, et al. (1987) درصورتی که طول گرادیان‌های محیطی در امتداد محورهای رسته‌بندی DCA[1] بیشتر از SD-units ۴ باشد، نوع پاسخ گونه‌های گیاهی از نوع غیر خطی بوده و برای بررسی رابطه محیط- گونه می‌بایست از روش‌های مستقیم غیرخطی همچون تجزیه تطبیقی متعارفی (CCA)[2] استفاده نمود. در بررسی میزان تغییرات تولید گونه‌های گیاهی در امتداد محور اول رسته‌بندی DCA، طول گرادیان محیطی SD-units ۱/۰۵ تعیین شد. بنابراین، با توجه به کوتاه بودن طول گرادیان، روش رسته‌بندی مستقیم تجزیه افزونگی (RDA)[3] برای آزمون روابط تولید گونه‌های گیاهی و عوامل اقلیمی، به کار گرفته شد. تجزیه افزونگی به عنوان گزینه‌ای از تجزیه همبستگی متعارفی توسط Wollenberg, (1977) توسعه داده شده است. روش مذکور از جمله روش‌های خطی است و با وجود شباهت زیاد به تجزیه تطبیقی متعارفی (CCA)، محورهای رسته‌بندی از PCA[4] مشتق می‌شوند (Kent, 2006). در نمودار حاصل از این تجزیه ضمن اینکه گونه‌ها و عوامل محیطی توسط بردارهایی نشان داده می‌شوند، رسته‌بندی گونه‌ها در فضای رسته‌بندی عوامل محیطی قرار می‌گیرد. به منظور جلوگیری از ورود متغیرهای کم تأثیر در آنالیز، از روش انتخاب پیشرو برای گزینش متغیرها استفاده شد (Naderi, 2007). در این مطالعه از نرم‌افزارهای CANOCO 4.0 (TerBraak & Smilauer, 2001) و CanoDraw 3.1 (Smilauer, 1997) به ترتیب برای انجام آنالیزهای رسته‌بندی و ترسیم نمودار مربوط استفاده گردید. معنی‌داری مقدار ویژه اولین محور رسته‌بندی، همچنین مجموع مقادیر ویژه تمام محورها با

1 - Detrended Correspondence Analysis
2 - Canonical Correspondence Analysis
3 - Redundacy Detrended Analysis
4 - Principle Component Analysis

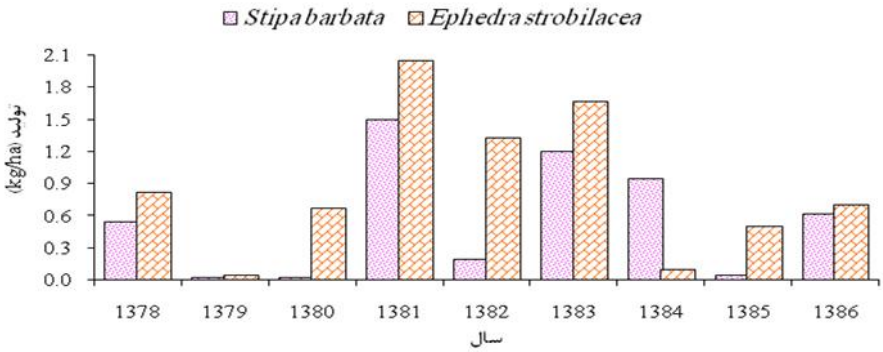
استفاده از آزمون مونت‌کارلو مورد ارزیابی قرار گرفت تا معلوم شود ساختار به دست آمده در مجموعه داده‌ها از روی شانس نبوده است. در ادامه از همبستگی‌های درون مجموعه‌ای برای ارزیابی اهمیت عوامل محیطی استفاده شد (TerBraak & Smilauer, 2001). محاسبه همبستگی گونه‌های گیاهی با محورهای رسته‌بندی نیز با استفاده از امتیاز نمونه‌ها انجام شد (Naderi, 2007).

نتایج

بررسی مقادیر عملکرد تولید گونه‌های گیاهی مورد مطالعه در طول دوره ۹ سال مورد مطالعه نشان داد، که تولید گونه *Salsola tomentosa* در سال ۱۳۸۱ بالاترین مقدار (۲۶۰ کیلوگرم در هکتار) و در سال ۱۳۸۶ به پایین‌ترین مقدار (۷ کیلوگرم در هکتار) رسیده است. دامنهٔ عملکرد تولید علوفه در گونه درمنه *Artemisia sieberi* نیز از ۸/۳ کیلوگرم در هکتار (سال ۱۳۸۵) تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (سال ۱۳۸۱) در نوسان بوده است. بیشترین تولید کل منطقه به مقدار ۵۱۳ کیلوگرم در هکتار نیز در سال ۱۳۸۱ رخ داد. در این میان کم‌ترین تولید (۲۱ کیلوگرم در هکتار) مربوط به سال ۱۳۸۰ بود (شکل ۲). بیشترین مقدار تولید گونه *Ephedra strobilacea* در سال ۱۳۸۱ و پایین‌ترین آن در سال ۱۳۷۹مشاهده شد. نوسان تولید در گونه *Stipa barbata* بالا بوده و در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۰ کم‌ترین تولید صورت گرفته است (شکل ۳).



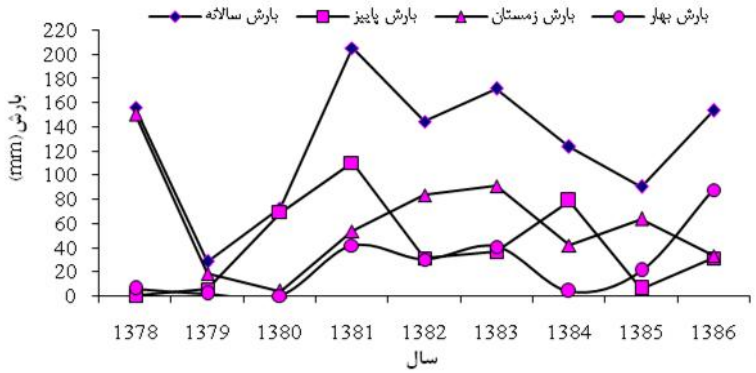
شکل ۲. تغییرات سالانه تولید کل و تولید گونه‌های شاخص مورد مطالعه.



شکل ۳. تغییرات سالانه تولید گونه‌های همراه مورد مطالعه.

در طول دورهٔ ۹ ساله تحقیق، بیشترین مقدار بارش منطقه در سال ۱۳۸۱ به مقدار۲۰۴ میلیمتر و کم‌ترین آن در سال ۱۳۷۹ به مقدار ۲۸ میلیمتر رخ داده است (شکل ۴). بر اساس تعریف خشکسالی در بین جامعه مدیریت مراتع و در نظر گرفتن معیار کاهش بارندگی تا مرز ۷۵٪ میانگین دراز مدت یا نرمال منطقه (یعنی۱۲۵

میلیمتر) سه خشکسالی عمده در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۵ رخ داده است (شکل ۴). همان‌گونه که شکل ۴ نشان می‌دهد، بخش عمدهٔ بارش سال ۱۳۷۸ مربوط به فصل زمستان و در سال ۱۳۸۶ مربوط به بهار است. بارش در سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ از پراکنش یکنواخت‌تر فصلی برخوردار است.



شکل ۴. نوسانات فصلی و سالانه بارندگی منطقه مورد مطالعه در دورهٔ ۱۳۸۶-۱۳۷۸.

داده‌های مربوط به دمای بیشینه در دوره رشد گیاهان منطقه در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر دمای ثبت شده در دورهٔ آماری، حداکثر درجه حرارت در تیر و مرداد سال ۱۳۸۶ رخ داده است.

از بین متغیرهای مورد بررسی، پس از حذف متغیرهای کم تأثیر با استفاده از روش انتخاب پیشرو در نرم افزار CANOCA، پنج متغیر با بیش‌ترین تأثیر معنی‌دار برای تجزیه نهایی انتخاب شدند. بر اساس جدول ۴، بیش‌ترین مقدار ویژه متعلق به دو محور اول کنونیکال است. در ضمن همبستگی محیط- گونه برای این دو محور بالا بوده و در مجموع ۹۴/۹٪ از تغییرات تولید گونه-ای را توجیه می‌کند. این نتایج نشان‌دهنده ارتباط قوی بین تولید و متغیرهای اقلیمی مورد استفاده در تجزیه RDA است.

جدول ۳. داده‌های دمای بیشینه مربوط به ماه‌های رشد گیاهان در دورهٔ زمانی ۱۳۸۶-۱۳۷۸

سال آماری	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد
۱۳۷۸	۱۶	۲۲/۵	۳۰/۵	۳۴	۳۶/۵	۳۶
۱۳۷۹	۱۵	۲۶	۳۱/۵	۳۴/۵	۳۵/۵	۳۴/۵
۱۳۸۰	۱۵	۳۱/۵	۳۱/۵	۳۴/۵	۳۹	۳۳/۵
۱۳۸۱	۲۲/۴	۲۵	۳۱/۲	۳۳	۳۶/۶	۳۵/۶
۱۳۸۲	۲۰	۲۷	۲۸/۶	۳۴/۶	۳۶/۶	۳۷
۱۳۸۳	۲۲/۴	۲۲/۲	۲۸/۶	۳۳	۳۴/۴	۳۷
۱۳۸۴	۲۲/۴	۲۵/۴	۲۸/۶	۳۴/۶	۳۷/۴	۳۶/۸
۱۳۸۵	۲۰/۶	۲۴/۸	۳۲/۲	۳۳/۶	۳۷/۶	۳۷/۴
۱۳۸۶	۱۸	۲۳/۸	۳۱	۳۶/۶	۳۷/۸	۳۷/۸

جدول ۴. نتایج رسته‌بندی RDA

متغیر	محور اول	محور دوم	محور سوم
مقادیر ویژه	۰/۸۴۶	۰/۱۰۳	۰/۰۱۴
واریانس توجیه شده	۸۴/۶	۱۰/۳	۱/۵
همبستگی پیرسون (محیط- گونه)	۰/۹۸	۰/۹۵	۰/۹۳

بررسی ضریب همبستگی بین متغیرها و محورهای رسته‌بندی نشان داد که محور اول با بارش دوره آذر تا اسفند همبستگی معنی‌دار منفی و با دمای بیشینه فروردین و تیر همبستگی معنی‌دار مثبت دارد. محور دوم نیز با بارش سال قبل همبستگی منفی و با بارش بهار همبستگی مثبت و محور سوم با هیچ‌کدام از متغیرها همبستگی معنی‌دار نشان نداد (جدول ۵). مقادیر همبستگی تولید گونه‌های گیاهی با محورهای رسته‌بندی در جدول ۶ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تولید گونه‌های *Salsola tomentosa* و *Artemisia sieberi* به همراه تولید کل منطقه همبستگی بالایی با محور اول رسته‌بندی نشان می‌دهد. گونه‌های *Ephedra strobilacea* و *Stipa barbata* نیز بیش‌ترین همبستگی را با محور دوم نشان داد. (شکل ۵).

جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون بین متغیرهای اقلیمی و سه محور اول رسته‌بندی **در روش** RDA

متغیر	محور اول	محور دوم	محور سوم
بارش آذر تا اسفند	-۰/۷*	۰/۳۵	۰/۱۵
بارش سال قبل	-۰/۲۸	-۰/۶۴	-۰/۲۱
بارش بهار	۰/۰۳	۰/۹۱**	۰/۱۶
دمای بیشینه ماه فروردین	۰/۷۵*	-۰/۳۶	۰/۲۶
دمای بیشینه ماه تیر	۰/۷۳*	۰/۱۲	۰/۱۸

* معنی داری در سطح خطای ۵٪ **معنی داری در سطح خطای ۱٪

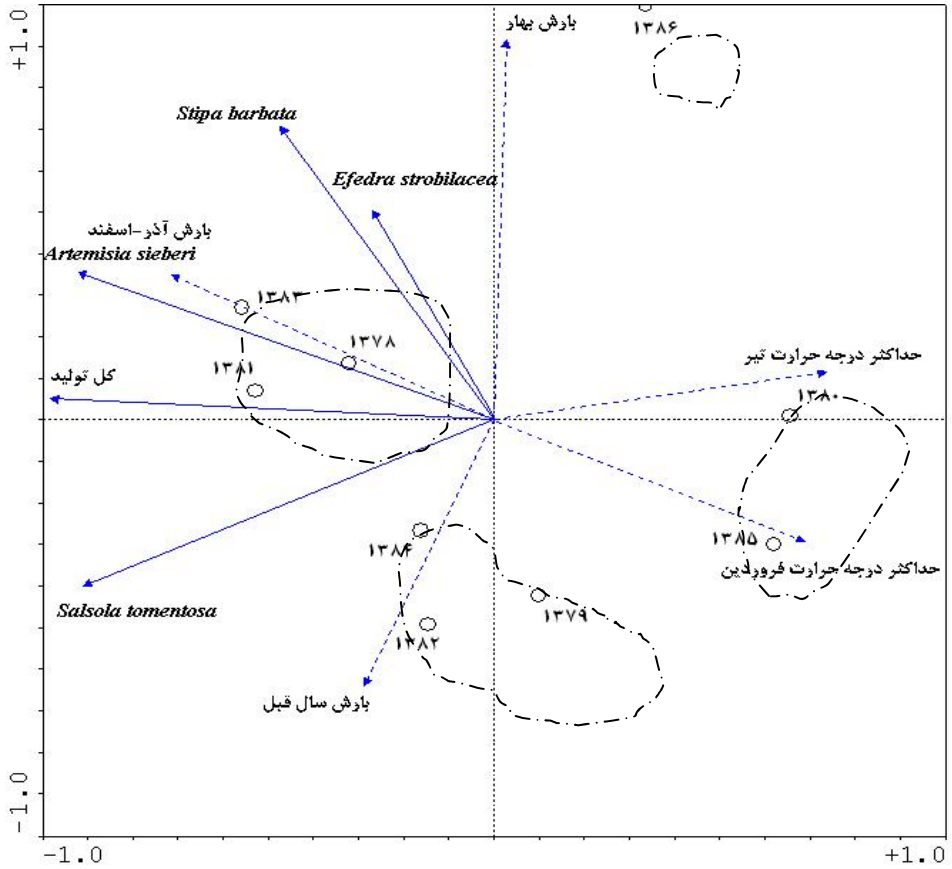
جدول ۶. ضریب همبستگی پیرسون بین تولید گونه‌های گیاهی و سه محور اول رسته‌بندی

گونه های گیاهی	محورهای رسته بندی		
	محور اول	محور دوم	محور سوم
Salsola tomentosa	-۰/۹۲**	-۰/۱۷	۰/۳
Artemisia sieberi	-۰/۸۶**	۰/۳۲	۰/۲۳
Ephedra strobilacea	-۰/۲۳	۰/۶۴*	۰/۷۲*
Stipa barbata	-۰/۳۷	۰/۷۲*	۰/۲۳
کل تولید	-۰/۹۳**	۰/۰۹	۰/۲۷

* معنی‌داری در سطح خطای ۵٪ **معنی‌داری در سطح خطای ۱٪

نتایج آزمون معنی‌داری مونت‌کارلو نشان داد که مقدار ویژه محور اول RDA (P=۰/۰۸، F=۱۰/۹۸، eigenvalue=۰/۸۴۶) در سطح خطای ۱۰٪ و مجموع مقادیر ویژه تمام محورها (P=۰/۰۲، F=۹/۷۲، trace=۰/۹۶۷) در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار هستند. بر این اساس می‌توان اظهار داشت که الگوهای مشاهده شده در مجموعه داده‌ها در اثر شانس و به صورت اتفاقی نبوده است. در نمودار حاصل از تجزیه RDA (شکل ۵) تولید گونه‌های گیاهی و متغیرهای اقلیمی توسط بردارهایی نشان داده شده است. نوک بردارها نشان دهنده جهت حداکثر تغییرات و طول آن‌ها بیان کننده میزان تغییرات است. آن دسته از متغیرهایی که دارای بردار بزرگ‌تری هستند (در مقایسه با بردارهای کوتاه)، همبستگی بیشتری با تولیدات گیاهی داشته و تأثیر بیشتری بر تغییرات آن‌ها می‌گذارند. بر اساس نمودار رسته‌بندی، سال‌های نمونه-برداری در اثر اختلاف از نظر تولیدات گیاهی و متغیرهای اقلیمی بارندگی و دمای بیشینه، از یکدیگر جدا و به چهار دسته تقسیم شده‌اند: دسته اول شامل سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۳ بوده که از بارش مناسب زمستان و تا اندازه‌ای بهار برخوردار و در آن تولید گونه‌های مختلف گیاهی منطقه نیز به بالاترین مقدار می‌رسد. سال ۱۳۸۶ که به تنهایی دسته دوم را تشکیل می‌دهد، با وجود بارش‌های مناسب بهار، تولید گونه‌های گیاهی افزایش چشم‌گیری نشان نداده و تنها گونه‌های *Ephedra strobilacea* و *Stipa barbata* تولید قابل قبولی دارند. در دسته سوم (سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۰) افزون بر آن‌که در بارش‌های زمستان و بهاره به حداقل می‌رسد، دما نیز در ماه فروردین و تیر حداکثر بوده و در نتیجه مقدار تولید

گونه‌های گیاهی منطقه در این سال‌ها به پایین‌ترین مقدار خود در دورهٔ زمانی تحقیق می‌رسد. سال‌های مربوط به دسته چهارم که هر یک سال‌های نسبتاً خشک پس از یک سال مرطوب را تشکیل می‌دادند، با وجود کاهش بارش، از تولید مناسبی به خصوص در مورد گونه *Salsola tomentosa* برخوردار است. با توجه به نمودار رسته‌بندی (شکل ۵) و میزان همبستگی متغیرهای محیطی (جدول ۵) و متغیرهای گیاهی (جدول ۶) با محورهای رسته‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که تولید کل و تولید گونه‌های *Artemisia sieberi* و *Salsola tomentosa* بیشتر تحت تأثیر بارش دوره‌های آذر تا اسفند و دمای بیشینه در ماه تیر قرار دارد. گونه *Salsola tomentosa* افزون بر متغیرهای مذکور تحت تأثیر بارش سال گذشته نیز قرار گرفته است. تولید گونه‌های *Ephedra strobilacea* و *Stipa barbata* بیشتر تحت تأثیر بارش آذر تا اسفند و بهار همچنین دمای بیشینه فروردین است.



شکل ۵. نمودار رسته‌بندی RDA (عوامل محیطی با فلش‌های منقطع و تولید گونه‌ها با فلش‌های ممتد نشان داده است).

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه آماری داده‌های ۹ ساله این تحقیق، بیان‌گر ارتباط ویژه‌ای بین نوسان تولید گونه‌های مختلف مرتعی و متغیرهای اقلیمی بارش و دمای بیشینه است. با توجه به نتایج تجزیه افزونگی RDA، متغیرهای اقلیمی بارش دوره آذر تا اسفند و دمای بیشینه فروردین و تیر ضمن همبستگی معنی‌دار با محور اول رسته‌بندی در مجموع ۸۴/۶٪ و متغیرهای بارش سال قبل و بهار به ترتیب با همبستگی منفی و مثبت با محور دوم رسته‌بندی، در مجموع ۱۰/۳٪ از تغییرات تولید گونه‌های گیاهی منطقه را بر عهده داشته و از اهمیت بالاتری برخوردار هستند. با توجه به نتایج، بارش در دوره‌های قبل از رویش از جمله دوره بارشی آذر تا اسفند و بارش سال قبل، نقش مؤثری بر تولید علوفه گونه‌های بوته‌ای منطقه از جمله *Artemisia sieberi* و *Salsola tomentosa* دارند. در تطابق با نتایج این تحقیق، نتایج چند تحقیق نیز بر نقش مؤثر عملکرد بارندگی سال‌های قبل (Hanson et al., 1982)، الگوی بارشی زمستان (Cook, & Irwin, 1992) و

رطوبت ذخیره شده در طول فصول سرد سال بر رشد و تولید گونه‌های بوته‌ای از جنس *Artemisia* تأکید شده است (Jabbogy & Sala, 2000; Ehsani et al., 2007; Abdollahi et al., 2011). طبق نظر Paruelo & Lauenroth, (1996) رطوبت ناشی از بارندگی دوره‌های قبل از رشد گیاه در خاک ذخیره شده و گیاهان درختچه-ای و بوته‌ای‌ها با ریشه‌های عمیق خود از این رطوبت ذخیره شده، در فصل رویش استفاده می‌کنند. از دیگر دوره‌های بارشی مؤثر، بارش فصل بهار است که همبستگی بالایی با محور دوم رسته‌بندی و تولید دو گونه *Stipa barbata* و *Ephedra strobilacea* نشان داد.

Abdollahi et al. (2011) نیز در بررسی تولید گونه-های گیاهی در مراتع ندوشن به تاثیر بارش‌های بهاره بر تولید دو گونه *Stipa barbata* و *Stipa arabica* اشاره نموده است. Hosseini et al. (2001) با مطالعه بر گونه *Medicago sativa* در ایستگاه تحقیقاتی همند آبسرد و Akbarzadeh et al. (2007) با مطالعه گونه‌های گیاهی منطقه پلور از شامل *Taraxacum officinalis* و *Medicago sativa* بر نقش موثر بارش‌های فصل بهار بر تولید این گونه‌های علفی تأکید کرده‌اند. رطوبت ناشی از بارش‌های فصل بهار به طور موقت در سطح خاک ذخیره شده و قبل از نفوذ به عمق خاک، به سرعت تبخیر می-شوند. در این میان، تنها سیستم ریشه‌ای کم عمق گیاهان علفی، توانایی جذب سریع این رطوبت موقت را دارد (Comstock & Ehleringer, 1992). گونه *Ephedra strobilaceae* با وجود داشتن شکل بوته‌ای، به دو نوع سیستم ریشه سطحی و عمقی مجهز است. به این صورت که هر دستهٔ تشکیل شده از پایه‌های مادری دارای یک ریشه عمودی است که به اعماق خاک فرورفته و ریشه‌های سطحی این گیاه در حدود ۲۵-۱۵سانتیمتری سطح خاک دیده می‌شوند و به صورت نواری امتداد داشته تا به پایه دیگری برسند (Arzani et al., 2000). در نتیجه، این سیستم خاص ریشه‌ای امکان جذب سریع بارش‌های بهاری را قبل از تبخیر، برای گیاه فراهم می‌آورد. همبستگی بالای دمای بیشینه ماه‌های تیر و فروردین با محور اول رسته‌بندی و اثر منفی آن‌ها بر تولید گونه‌های منطقه، نشان از نقش مؤثر مؤلفه اقلیمی دمای بیشینه در این منطقه دارد. نتایج تحقیق Ghaemi, (2001) نیز نشان داد که روند تغییرات تولید در مراتع قوشچی آذربایجان از بارندگی و دمای هوا پیروی نموده و به ترتیب، ارتباط مستقیم و بر عکس با آن‌ها دارد.

به طور کلی، عامل دمای هوا با تأثیر بر میزان فتوسنتز تعیین کننده طول دوره رشد و در آخر میزان تولید گیاه خواهد بود. با افزایش دما در بهار، گیاه شروع به فعالیت و فتوسنتز می‌کند. دمای بهینه برای فتوسنتز ۲۵°C-۱۵ است و تا زمان فراهم بودن دمای بهینه و در دسترس بودن رطوبت مورد نیاز جهت غذاسازی، گیاه به رشد خود ادامه می‌دهد. ولی افزایش بیش از حد دما فرآیند غذا-سازی درون گیاه را دچار مشکل کرده و موجب توقف فتوسنتز می‌شود. از طرف دیگر، ضمن بالا بردن تبخیر از سطح خاک و گیاه، میزان آب قابل دسترس گیاه را کاهش داده و اثر منفی بر تولید خواهد گذاشت (Moghadam, 2001).

نتایج حاصل از انجام این‌گونه تحقیقات، بر اساس محاسبه نوسان سالانه تولید تحت تأثیر متغیرهای محیطی تأثیرگذار و تجزیه و تحلیل چگونگی تأثیر این عوامل بر قابلیت‌های تولید منطقه و نیز رسم منحنی‌های تغییرات تولید، می‌تواند به برآورد ظرفیت چرایی مراتع پژوهش‌های بعدی منجر شود. بنابراین، این نوع تحقیقات می‌تواند بستر مناسبی برای پیش بینی کمیت و کیفیت ترکیب گونه‌ای رویشگاه‌ها در آینده، بر اساس مدل‌های پیش‌بینی تأثیر متغیرهای محیطی، فراهم نماید تا بر این اساس، راه-کارهای مدیریتی برای و کاهش اثر خشکسالی و تغییر اقلیم جهانی ارائه شود. چرا که تصمیم‌گیری‌های مدیریتی بیش از پیامدهای تغییر اقلیم، تعیین کننده پوشش، تراکم و ترکیب گیاهان مهاجم در اکوسیستم‌های مرتعی بوده و می‌توانند اثرهای منفی این پیامدها را خنثی سازند (Ditomaso, 2005).

بررسی روند تغییرات رویشی و تولید مراتع منطقه طی ۹ سال، که شامل سه سال مرطوب و سه سال به طور کامل خشک است، می‌تواند مدلی از روند تأثیر تغییرات اقلیمی بر رویش و تولید منطقه مورد مطالعه در آینده ارائه نماید. لازم به یادآوری است که این مطالعه در یک عرصه با ویژگی‌های خاص انجام گرفته و نتایج آن تنها در

این منطقه و در محدوده ریزش‌های جوی رخ داده شده در دوره زمانی مورد مطالعه، اعتبار دارد.

References

Abdollahi J., Arzani, H., Baghestani Meibodi, N., & Askarshahi, F. S. M. (2006). Rainfall and groundwater table changes influencing the *Seidlitzia rosmarinous* growth and development in Chah-Afzal, Ardakan. *Iranian Journal of Range & Desert Researches*, *13* (2), 74-81, (in Farsi).

Abdollahi, J., Arzani, H., & Naderi, H. (2011). Effective meteorogical factors for forage production of Nodoushan steppe rangelands, Yazd province. *Rangeland, 5*(1), 45-56, (in Farsi).

Akbarzadeh, M., Moghadam, M. R., Jalili, A., Jafari, M., & Arzani, H. (2007). Effect of precipitation on cover and production of rangeland plants in Polour. *Iranian Journal of Natural Resources, 60*(1), 307-322, (in Farsi).

Arzani, H., Mozaffari, M., Moghadam, M., & Dadkhah, M. (2000). Ecological investigation on ephedra spp in Biarjomand Region of Shahrood. *Iranian Journal of Natural Resources, 53*(2), 99-111, (in Farsi).

Baghestani Maibodi, N., & Zare, M. T. (2006). Investigation of relationship between annual precipitation and yield in steppic range of Poosht-kooh region of Yazd province. *Pajouhesh & Sazandegi, 75*, 103-107, (in Farsi).

Bates, J. D., Svejcar, T., Miller, R. F., & Angell, R. A. (2006). The effects of precipitation timing on sagebrush steppe vegetation. *Journal of Arid Environments, 64*, 670-697

Comstock, J. P., & Ehleringer, J. R. (1992). Plant adaptation in the Great basin and Colorado Plateau. *Great Basin Naturalist, 52*, 195-215.

Cook, J. G., & Irwin, L. L. (1992). Climate-vegetation relationships between the Great Plains and Great Basin. *American Midland Naturalist, 127*, 316-326.

Ditomaso, J. (2005). Possible effects of climate change on weed competition and invasion. John Muir Institute of the Environment. California. USA

Ehleringer, J. R., Cerling, T. E., & Flanagan, L. B. (2001). Global changes and the linkages between physiological ecology and ecosystem ecology. In: Press, M., Huntly, N., Levin, S. (Eds.), *Ecology: Achievement and Challenge*. Blackwell, Oxford, pp. 115-138.

Ehleringer, J. R., Schwinning, S., & Gebauer, R. (1999). Water use in arid land ecosystems. In: Press, M.C., Scholes, J.D., Barker, M.G. (Eds.), *Physiological Plant Ecology*. Blackwell Science, Boston, USA, pp. 347-365.

Ehsani, A., Arzani, H., Farahpour, M., Ahmadi, H., Jafari, M., Jalili, A., Abasi, H. R., Azimi, M. S., & Mirdavoudi. H. R. (2007). The effect of climatic conditions on range forage production in steppe Ranglands, Akhtarabad of Saveh. *Iranian Journal of Range & Desert Researches, 14* (2), 249-260, (in Farsi).

Ghaemi, M. (2001). The effect of aridity on condition, trend and vegetation variability in rangeland of Gardane Ghoshchi, west Azarbayjan province, proceeding of 2nd Range and Range Management pp. 453-458, (in Farsi).

Hanson, C. L., Wight, J. R., Smith, J. P., & Smoliak, S. (1982). Use of historical yield data to forecast range herbage production.

Hosseini, S. Z., Mirjani, S. T., & Safari. A. (2001). Investigation of relationship between annual precipitation and yield of *Medicago sativa*, station of rangelands research, Hamande Absard, proceeding of 2nd Range and Range Management pp. 459-462, (in Farsi).

Jabbogy, E. G., & Sala, O. E. (2000). Control of grass and shrub above ground production in the Patagonian steppe. *Ecological Applications*, 10(2), 541-549.

Jangman, R. H. G., TerBraak, C. J. F., & Van Tangeren, O. F. R. (1987). Data Analysis in Community and Landscape Ecology, Pudoc Wageningen, PP 300. *Journal of Range Management, 35*(5), 614-616.

Karabulut, M. (2002). An examination of relationships between vegetation and rainfall using weather variable. *Range Management, 42*(6), 93-101.

Kent, M. (2006). Numerical classification and ordination methods in biogeography. *Journal of Progress in Physical Geography, 30*(3), 399-408.

Khumalo, G. F., & Holechek, J. (2005). Relationship between chihuahuan desert perennial grass production and precipitation, *Rangeland and Ecology Management, 58*(33), 239-246.

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.

Moghadam, M. R. (2001). Range and Range Management. Tehran University Publications, 470 pp, (in Farsi).

Moghadam, M. R. (2005). Ecology of Terrestrial Plants. Tehran University Publications, 701 pp, (in Farsi).

Munkhtsetseg, E., Kimura, R., Wang, J., & Shinoda, M. (2007). Pasture yield response to precipitation and high temperature in Mongolia. *Journal of Arid Environments, 70*, 94-110.

Naderi, H. (2007). Analysis of vegetation in relation to topography, some of soil physicochemical characteristic and grazing in Nodoushan rangeland, Yazd province. MSc. thesis, Tarbiat Modares University, 150 pp, (in Farsi).

Ni, J. (2003). Plant functional types and climate along a precipitation gradient in temperate grasslands, north-east China and south-east Mongolia. *Journal of Arid Environments, 53*, 501-516.

Paruelo, J. M., & Lauenroth, W. K. (1996). Relative abundance of plant functional types in grasslands and shrub lands of North America. *Ecological Application. 6*(4), 1212-1224.

Paterson, D. T., & Flint, E. P. (1980). Potential effects of global atmospheric CO_2 enrichment on the growth and competitiveness of C_3 and C_4 weed and crop plants. *Weed Science, 28*, 71-75.

Schwinning, S., Starr, B. I., & Ehleringer, J. R. (2003). Dominant cold desert plants do not partition warm season precipitation by event size. *Oecologia, 136*, 252-260.

Smilauer, P. (1997). CanoDraw User Guide 3.1. Microcomputer Power, Ithaca. USA, 887 pp.

Smith, S. D., Huxman, T. E., Zitzer, S. F., Charlet, T. N., Housman, D. C., Coleman, J. S., Fenstermaker, L. K., Seeman, J. R., & Nowak, R. S. (2000). Elevated CO_2 increases productivity and invasive species success in an arid ecosystem. *Nature, 40*, 79-82.

Svejcar, T., Bates, J., Angell, R., & Miller. R. (2003). The influence of precipitation timing on the sagebrush steppe ecosystem. In: Guy, McPherson, Jake, Weltzin (Eds.), Changing Precipitation Regimes & Terrestrial Ecosystems. University of Arizona Press, Tucson, AZ 237pp.

TerBraak, C. J. F. (1986). Canonical Correspondence Analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67,1167-1179.

TerBraak, C. J. F., & Smilauer, P. (2001). CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Centre for Biometry Wageningen (NL) and Microcomputer Power (Ithaca NY, USA), 352 pp.

Walter, H. (1979). Vegetation of the earth. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, 274 pp.

Wollenberg, A. L. V. (1977). Redundancy analysis: An alternative for Canonical Correlation Analysis. *Journal of Psychometrika*, 42, 207-219.

Arid Biome Scientific and Research Journal
Vol. 2 No. 1 2012

Effect of precipitation and high temperature variability on forage production of some plant species in the Yazd steppe rangelands during the period of 2000-2008 (Case study: Ernan region)

1-J. Abdollahi, MSc. of Rangeland Ecology, Yazd Research Center of Agriculture and Natural Resources, I.R. Iran jaabdollahig@gmail.com
2-H. Arzani, Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
3-H. Naderi, PhD student of Range Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, I.R. Iran
4-M. R. Arab Zade, BSc. of Yazd Research Center of Agriculture and Natural Resources, I.R. Iran

Received: 21 Feb 2012
Accepted: 25 Aug 2012

Abstract

Understanding the vegetation dynamics of arid rangelands is a prerequisite for their proper management. Water stress is the most crucial environmental stress for vegetation in this region and long-term monitoring experiments are an important tool to investigate rainfall and temperature variability impact. In this research, the reactions of the dominant plant species yield to meteorological variables such as rainfall and high temperature were studied at steppe rangeland in Ernan region during the period of 2000 to 2008. For this purpose, it was selected four dominant species and their forage production were measured every year with clipping and weighting method along four permanent lines transect in 60 random plots (2m × 2m). Meteorological data were collected from nearby climatological station. Relationship between main meteorological gradients and forage annual yield, analyzed by redundancy analysis. According to this result, total annual yield and annual yield of *Artemisia sieberi* and *Salsola tomentosa* had significant correlation with axis 1 ($r = -0.93$, $r = -0.86$ and $r = -0.92$) and influenced by rainfall in December-March period and maximum temperature in July. In addition, forage yield of *Salsola tomentosa* is influenced by rainfall in the previaus year. Species yield of *Ephedra strobilacea* and *Stipa barbata* showed high correlation with axis 2 ($r = 0.64$ and $r = 0.72$) and influenced by rainfall in December-March, April-June periods and maximum temperature in April. These meteorological gradients were related closely to the first two canonical axes, and accounted for 94.9% of the species–environment relationship in the study sites.

Keywords: Forage production; Rainfall; Redundancy Analysis; Steppe rangeland; Ernan region.