مدل تعادل آب براي برآورد توليد علوفه مرتع در منطقه استپي استان مركزي ايران[1]

علي احساني[2]، حسين ارزاني[3]، مهدي فرحپور[2]، حسن احمدي[3] و محمد جعفري[3]
[2] استاديار مؤسسه تحقيقات جنگل‌ها و مراتع كشور، ايران
[3] استاد گروه احياي مناطق خشك و كوهستاني، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ٨٧/٢/٢٤ ، تاريخ تصويب: ٨٧/٤/٨)

چكيده

برآورد توليد بلند مدت علوفه مرتع در منطقه استپي استان مركزي، شهرستان ساوه (پايگاه مرتع نعمتي) در طول يك دوره آماري ده ساله (١٣٨٦-١٣٧٧) با روش مدل تعادل آب (The Water Balance) بر روي توليد علوفه چهار گونه گياه مرتعي غالب و مورد تعليف دام *(Artemisia sieberi, Salsola rigida, Noaea mucronata, Stipa barbata)* با بهره‌گيری از داده‌هاي آب و هوايي ايستگاه سينوپتيك (ساوه) ويژگی‌های خاك و ويژگی‌های گياه (مرتع) بر پايه مدل ERHYM - II مورد ارزيابی قرار گرفت. انجام محاسبات و تعيين شاخص‌هاي اقليمي در مقياس زماني روزانه با بهره‌گيری از روش Penman-Montieth FAO (P.M.F) (پنمن- مانتيث فائو) و برنامه نرم افزار (Cropwat. 8.0) اقدام شد. رواناب سطحي براي بارندگي‌هاي روزانه از روش SCS (Soil Conservation Serviec) با كمك منحني‌هاي CN (Cruve Number) بر پايه گروه‌هاي آبشناختی خاك محاسبه شد. ورودي‌هاي مدل شامل داده‌های آب و هوايي بلند مدت، ويژگی‌های خاك، ويژگی‌های گياه (مرتع)، رطوبت اول فصل رويش، توليد علوفه مرتع و خروجي‌هاي مدل شامل تبخير و تعرق گياه مرجع، تبخير و تعرق پتانسيل، تبخير و تعرق واقعي گياه (مرتع)، بارندگي مؤثر، رواناب سطحي، كل رطوبت ذخيره شده خاك، رطوبت اوليه قابل دسترس، شاخص اقليمي توليد و پايگاه- اندكس توليد محاسبه شد. نتايج نشان داد كه ميزان عددي CN برابر ٨٦ و ميزان رواناب سطحي در طول فصل رويش پس از بارندگي به ميزان ٧ ميليمتر شروع ميشود. همچنين نتايج نشان داد كه ظرفيت نگهداري رطوبت كل قابل بهره گيری خاك معادل ٥٨/٩٠ ميليمتر در متر كه اين ميزان امكان بهره‌گيری گياه را از رطوبت اول فصل رويش به ميزان ٢٥/٤٠ ميليمتر در متر فراهم نموده است. ميزان تبخير و تعرق واقعي در فصل رويش ١/٣٦ برابر ميانگين بارندگي دوره آماري در طول فصل رويش بوده است. با توجه به شرايط خشكسالي در سال ١٣٧٩ اين نسبت بيش از دو برابر ميزان بارندگي فصل رويش محاسبه شده است. ضريب شاخص اقليمي توليد (Tact/Tpot) براي برآورد علوفه در پايگاه نعمتي برابر Tact/Tpot = %17 محاسبه و تعيين شد. بر پايه شاخص اقليمي بلند مدت توليد (ETact) و توليد اندازه‌گيري شده در دوره ده ساله، پايگاه- اندكس توليد (Weather Yield Site Index) به منظور برآورد توليد بلند مدت در پايگاه نعمتي Y = 80.42+1.941(ETact) تعيين شد. براين پايه ميانگين توليد علوفه بلند مدت برابر ٢٤٢ كيلوگرم در هكتار برآورد شده است كه مي تواند در برنامه‌ريزي مرتع در سطح منطقه مورد كاربرد قرار گيرد.

واژه‌هاي كليدي: برآورد توليد بلند مدت مرتع، بارندگي، رطوبت اول فصل رويش، مدل تعادل آب، پايگاه- اندكس توليد، منطقه استپي استان مركزي

* نويسنده مسئول: تلفن: ٠٢١-٤٤١٩٥٩٠١ فاكس: ٠٢١--٤٤١٩٦٥٧٥ E-mail: ehsani_arian@yahoo.com

١- اين پژوهش با اعتبارات قطب علمي مديريت پايدار حوزه‌هاي آبخيز انجام شده است.

مقدمه

بهره‌برداران كنوني مراتع دركشور با انگيزه‌هاي اقتصادي و اجتماعي، بدون توجه به توليد مراتع و ظرفيت چرا، با افزايش شمار دام با چراي بي رويه دام (نبود تعادل دام و مرتع), تخريب مراتع، فرسايش خاک و نابودي مراتع و دامداري در كشور را موجب مي‌شوند. نتيجه اين روش بهره‌برداري به نابودي محيط زيست و بهره‌وری غير اقتصادي و ناپايدار مراتع در دراز مدت منجر خواهد شد. از آنجائيكه مراتع داراي نظام‌هاي پيچيده بوم شناختی هستند همواره تحت تاثير شرايط آب وهوايی و تغييرات ميزان بارندگي قرار دارند. توصيف كلي اين نظام‌هاي پيچيده براي برآورد توليد جز با تلفيق داده‌های آب و هوايي و زميني ممكن نيست. بهره‌گيری از فن آوري رايانه‌اي در زمينه GIS، RS، مدلسازي و همانند سازي نظام‌هاي بوم‌شناختی با رويكرد تجزيه و تحليل سيستمي استوار مي‌باشد. بنابراين آشنائي با اصول تجزيه و تحليل سامانه‌ای با انجام مدل و همانند سازي به منظور بومي نمودن آنها كاربردي مؤفق در برنامه ريزي و مديريت بوم نظام در منابع طبيعي را به دنبال خواهد داشت. امروزه توجه روز افزوني براي برآورد توليد دراز مدت علوفه در مرتع در واكنش به عوامل اقليمي و رطوبت ذخيره شده اوليه خاک در قالب مدل تعادل آب ملاحظه مي‌شود. بر اين پايه بسياري از پژوهشگران تلاش كرده‌اند كه توليد مرتع را از راه داده‌اي اقليمي و رطوبت اول فصل رويش با توجه به ويژگی‌های خاك و ويژگی‌های گياه (مرتع) برآورد كنند. در بررسی مدل تعادل آب، برآورد توليد علوفه در بوم نظام گراس لند بررسي شد (Wight and Hanks 1981). نتايج نشان داد كه مدل با بهره‌گيری از شاخص‌هاي اقليمي (بارندگي، تبخير و تعرق پتانسيل و واقعي) و رطوبت اول فصل رويش، برآورد توليد علوفه را پيش بيني كرده است. بهره‌گيری از آمار و داده‌های اقليمي (رطوبت اول فصل رويش, بارندگي روزانه, ميانگين دما و تابش خورشيد) در قالب مدل تعادل آب برآورد توليد علوفه مرتع بررسي شد (Wight *et al.*, 1984). نتايج نشان داد كه بين اين عوامل با توليد رابطه نزديكي وجود دارد و مي‌توان با بهره‌گيری از مدل تعادل آب، توليد بلند مدت مرتع را برآورد نمود. (Arzani,1994) نيز برآورد كوتاه مدت و دراز مدت ظرفيت چرا را مورد بررسي قرار داد. نتايج وي نشان داد كه با بهره‌گيری از عملكرد به دست آمده از اندازه‌گيري‌هاي ميداني و بهره‌گيری از آمار و داده‌های اقليمي مي‌توان توليد بلند مدت مرتع را برآورد كرد و مدل ظرفيت چرايي بلند مدت و مدل شاخص رويشگاه را با بهره‌گيری از شاخص‌هاي رشد بر پايه دماي روزانه ، تشعشع و رطوبت خاک محاسبه و ارائه نمود. اثر بارندگي, دما بر روي توليد كمي و كيفي علوفه مرتع در بيابان Sonoran كاليفرنيا بررسي شد (Jason *et al.*, 2005). نتايج نشان داد كه بارندگي و دما همبستگي مثبت با رشد و توليد علوفه داشته است. برآورد توليد علوفه بر پايه بارندگي‌هاي سال گذشته به‌ويژه بهار سال پيش از سوي (Smart, 2005) بررسي شد. نتايج نشان داد كه بارندگي بهار سال پيش به دليل نقش مؤثر در توسعه ريشه، شاخه و تقويت بنيه گياه بر روي افزايش توليد سال آينده مثبت است. بهره‌گيری از داده‌های دراز مدت آب و هوايي در مراتع منطقه نيمه خشک جنوبي افريقا، در قالب يک مدل همانند سازي مورد بررسی قرار گرفت (Hahn *et al.*, 2005). نتايج بيانگر آن بود كه پويايي و پايايی گياه و توليد، رابطه مستقيم با رطوبت خاک داشته است. در بررسي پيش بيني و برآورد توليد علوفه توسط(Kruse and Heitschmidt, 2007) از راه داده های اقليمي، نتايج نشان داد كه با اطمينان قابل توجهي مي‌توان با بهره‌گيری از مدل Rangetek كه يك مدل تعادل آب مي‌باشد، توليد علوفه مرتع را برآورد كرد. در بررسی از سوي (Kizito *et al.*, 2007) با بهره‌گيری از مدل تعادل آب و خاك و داده هاي آب و هوايي بلند مدت در منطقه نيمه خشك سنگال بر روي توليد سالانه دو گونه بوته‌اي *Guiera senegalensis* و *Piliostigma reticulatum*، نتايج نشان داد كه گياهان بوته‌اي از رطوبت عمق خاك به

دليل عمق توسعه ريشه، بهره‌گيری مطلوب نموده واين موضوع به عنوان رژيم رطوبتي خاك بسيار مهم مي‌باشد. دراين بررسی نيز تلاش شده است تا برآورد توليد بلند مدت مرتع در منطقه استپي بر پايه مدل تعادل آب و به كمك داده های آب وهوايی و شاخص‌های مهم اقليمی، ذخيره رطوبت خاك در اول فصل رويش، ويژگی‌های گياه (مرتع) و ويژگی های فيزيكي خاك، اين مدل مورد كاربرد قرار گيرد.

مواد و روش‌ها

موقعيت منطقه مورد بررسی

پايگاه مرتع نعمتي در شهرستان ساوه از توابع استان مركزي و در منطقه استپي در طول جغرافيايي ً ٤٠٦٠ ° ٥٠ و عرض جغرافيايي ً ٢٧٦٣٠ ° ٣٥ واقع شده است. ارتفاع منطقه از سطح دريا ١٣٢٥ متر و پوشش گياهي غالب پايگاه و منطقه مورد بررسی *Artemisia sieberi –Salsola rigida* است. اين پايگاه جزء مراتع قشلاقي با درجه ضعيف بشمار مي‌آيد. نوع دام غالب، گوسفند مي‌باشد. بر پايه طبقه‌بندي اقليمي دومارتن، منطقه داراي اقليم خشك بياباني سرد است. جور گياهي منطقه شامل گونه‌هاي مهم زير مي‌باشند.

Salsola rigida, Stipagrostis plumose, Noaea mucronata, Poa bulbosa, Cousinia cylindrical, Acanthophyllum microcephallum, Stachys inflata, Denderostellera lessertii

روش پژوهش

با اشاره به منابع ياد شده، براي برآورد توليد بلند مدت مرتع از مدل تعادل آب بهره‌گيری شد. براي تهيه نمونه‌هاي آماري با بهره‌گيری از داده‌های آب و هوايي نزديكترين ايستگاه سينوپتيك (ساوه) و توليد واقعي علوفه مرتع به مدت ده سال در پايگاه نعمتي و تعيين شاخص‌هاي اقليمي (تبخير و تعرق گياه مرجع، تبخير و تعرق پتانسيل و واقعي)، اندازه گيري رطوبت اول فصل رويش، تعيين ويژگی‌های خاك و ويژگی های گياه (مرتع) به روش ميداني، آزمايشگاهي، كتابخانه‌اي و تركيبي و محاسبات و تجزيه و تحليل به شرح زير انجام گرفت.

١- براي برآورد توليد علوفه مرتع، مدل ERHYM[1] - II (Wight, 1987) مورد توجه قرار گرفت. اين مدل يك مدل مرتعي تعادل آب و اقليم است كه توليد علوفه مرتع را برپايه تبخير و تعرق، در نقطه اوج توليد برآورد مي‌كند. در اين مدل، توليد سالانه علوفه (Y) در بالاترين نقطه از شاخص اقليمي (Ta/T_P) با معادله $Ya/Y_P = Ta/T_P$ توصيف و محاسبه مي‌شود.

Ya= توليد واقعي، Y_P= توليد پتانسيل، Ta= تبخير و تعرق واقعي، T_P= تبخير و تعرق پتانسيل پايگاه مي باشند. درستی اين معادله پيشتر از سوي (Hanks, 1974) تاييد شده است. هم اكنون به‌عنوان رايج‌ترين مدل برآورد توليد از سوي Kruse *et al*.,.2007. Kizito *et al*.,. 2007 .Gommes, 2006 از سوي پژوهشگران FAO توصيه و مورد كاربرد قرار گرفته است.

٢- آمار و داده‌های آب و هوايي بلند مدت در طول ده سال (١٣٨٦- ١٣٧٧) شامل بارندگي (روزانه، ماهانه، سالانه) دما (كمينه و بيشينه روزانه و ميانگين ماهانه) تابش خورشيد، ميانگين سرعت باد روزانه و درصد ميانگين رطوبت نسبي از ايستگاه هواشناسي سينوپتيك ساوه كه از نظر كميت و كيفيت داده‌های و دوره آماري مناسب‌ترين و از نظر فاصله نيز نزديكترين ايستگاه به پايگاه مورد بررسی بوده است، از طريق سازمان هواشناسي كشور و پايگاه اينترنتي سازمان www.weather.ir تهيه شد.

٣- براي اندازه گيري توليد و پوشش تاجي (دوره ده ساله)، بر حسب گونه، از شصت كرت دو متر مربعي در طول چهار نوار چهارصد متري به طور موازي با فاصله ١٠٠ متر از يكديگر كه در طول هر نوار ١٥ كرت ٢ متر مربعي كه فاصله

1 The Elakala Rangeland Hydrology and Yield Model

كرت اول تا سرآغاز نوار ۱۰ متر و فواصل كرت‌هاي ديگر ۲۸ متر از يكديگر بهره‌گيری شد. داده‌های در قالب فرم نمونه برداري با ذكر نام پايگاه ، شماره ترانسكت، شماره كرت، تاريخ برداشت، نام گونه‌ها و برداشت داده‌ها از جمله برگه زيستی (فرم حياتي)، درصد پوشش گياهي، درصد لاشبرگ، درصد سنگ و سنگريزه و درصد خاک لخت ياد داشت شد. توليد ديگر كرت‌ها با بهره‌گيری از آمار پوشش در قالب روش نمونه گيري مضاعف (Arzani *and* King 1994) برآورد شد.

۴- براي بررسي و ارزيابی خاك برپايه تغييرات ريخت شناختی خاك پايگاه مورد بررسی به فاصله سي الي پنجاه متر در طول نوارها پنج نيمرخ خاک به عمق نفوذ ريشه حفر و نسبت به تشريح نيمرخ‌ها و اندازه‌گيري رطوبت در لايه‌هاي ژنتيكي به عمق يك متر اقدام شد. جداسازی افق‌ها بر پايه بافت، ساختمان و رنگ خاك صورت گرفت. تعيين ويژگی‌های فيزيكي به ويژه بافت خاك، وزن مخصوص ظاهري، وزن مخصوص حقيقي، نقطه پژمردگي و ظرفيت زراعي و تجزيه شيميائي با بهره‌گيری از نمونه‌هاي برداشت شده از افق‌هاي مختلف خاك انجام شد.

۵- اندازه گيري رطوبت اول فصل رويش[2] در ناحيه ريشه دواني گياه براي محاسبه تبخير و تعرق پتانسيل و واقعي روزانه و اجراي مدل با بهره‌گيری از دستگاه TDR[3] از لايه‌هاي مختلف نيمرخ‌هاي خاك اقدام و همچنين از افق‌هاي مختلف نيمرخ پايگاه نمونه‌هاي لازم تهيه و اندازه‌گيري رطوبت خاك در آزمايشگاه نيز صورت گرفت. براي بررسي ميزان رواناب سطحي، اندازه‌گيري رطوبت خاك از افق‌هاي نيمرخي در ماه‌هاي فصل رويش در چند نوبت انجام و سپس ميانگين وزني بدست آمد.

۶- مراحل و گام زماني محاسبات تبخير و تعرق گياه مرجع، پتانسيل، واقعي، رطوبت اوليه قابل دسترس، ضريب Kc، باران مؤثر و تعيين ديگر شاخص‌هاي اقليمي در مدل تعادل آب به شرح زير صورت گرفت.

در اغلب نقاط جهان و از جمله ايران براي برآورد تبخير و تعرق گياه مرجع از روش‌هاي متكي بر داده‌هاي اقليمي و روش پنمن- مانتيث فائو[4] (P-M-F) بهره‌گيری ميشود. محاسبات شاخص‌هاي اقليمي از معادله پنمن ـ مانتيث فائو به شرح زير در مقياس زماني روزانه در طول فصل رويش از داده‌هاي آب و هوايي، ويژگی‌های گياه و ويژگی‌های فيزيكي خاك بمدت ده سال با بهره‌گيری از برنامه نرم‌افزار جديد FAO (Cropwat.version 8.0) و گزارش نهايي Allen *et al.*,1998.FAO.No.56 انجام شد

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

كه در آن:

ET_o = تبخير ـ تعرق گياه مرجع [$mm\ day^{-1}$], R_n = تشعشع خالص در سطح پوشش گياهي [$MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$], G = جرم مخصوص شار گرمايي درون خاك [$MJ\ m^{-2}\ day^{-1}$], T = ميانگين روزانة دماي هوا در ارتفاع ۲ متر از سطح زمين [°C], u_2 = سرعت باد در ارتفاع ۲ متر از سطح زمين [$m\ s^{-1}$], e_s = فشار بخار اشباع [kP_a], e_a = فشار بخار واقعي [kP_a], $e_s - e_a$ = كمبود فشار بخار اشباع در ارتفاع ۲ متر [kP_a], Δ = شيب منحني فشار بخار [$kP_a\ ^oC^{-1}$] و γ[1] = ضريب ثابت رطوبتی سايكرومتري [$kP_a\ ^oC^{-1}$].

- داده‌هاي آب و هوايي

دماي كمينه و بيشينه (سلسيوس)، درصد رطوبت نسبي هوا، سرعت باد ($km\ day^{-1}$)، تابش خورشيد ($MJm^{-2}d^{-1}$) و بارندگي روزانه (ميليمتر).

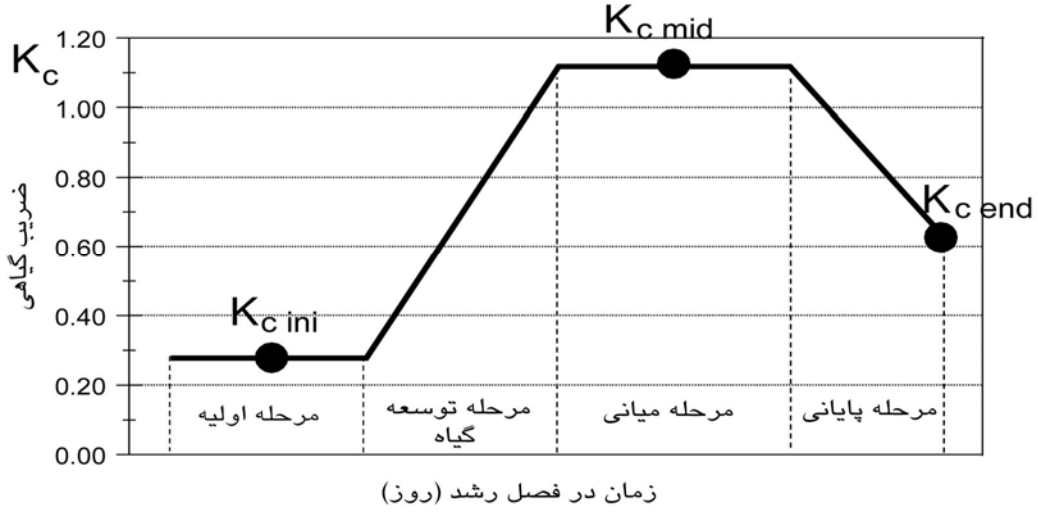
- داده‌هاي گياه (مرتع)

2 ميزان آب ذخيره شده موجود در اول فصل رويش (ناشي از بارندگيهاي پيشين) در هر واحد جرم يا حجم خاک را رطوبت اول فصل رويش خاک (Initial Water content) يا (Initial Soil moisture) گويند.

3 Time domiain Reflectometry

4 FAO –Penman- montieth 1965

تاريخ شروع رويش، ضريب گياهي در مرحله رشد (شكل ١)، دوره رشد، عمق ريشه (اوليه، مياني و نهايي)، ضريب تخليه، ضريب تنش آبي و ارتفاع گياه به استناد گزارش FAO (Allen *et al*.,1998..No.56) محاسبه و تعيين شد.



شكل ١- منحني ضريب گياهي

دوره رشد گياه براي چهار مرحله متمايز (شكل ٢) مرحله اوليه،[5] مرحله توسعه گياه،[6] مرحله ميان فصل[7] و مرحله پايان فصل[8] به ترتيب ١٥-٢٥-٦٠-٢٢ روز بر پايه ميانگين دوره فنولوژي گياهان غالب و طول مدت زمان فصل رويش تعيين شد.

- داده‌هاي خاك

شمار لايه‌هاي خاك، بافت خاك (درصد رس، شن و سيلت)، چگالي خاك، ظرفيت زراعي، نقطه پژمردگي، عمق ريشه‌دواني گياه (مرتع) و رطوبت اوليه خاك بر پايه ويژگی های فيزيكي خاك تعيين شد.

٧- براي محاسبه ميزان كل رطوبت موجود از رابطه زير بهره گيری شد.

$$TAW = \frac{FC - PWP}{100} \times BD \times D$$

كه در آن:

TAW = كل رطوبت موجود به (mm/meter)، FC = درصد رطوبت در ظرفيت زراعي (bar ٠/١)، PWP = درصد رطوبت در نقطه پژمردگي (bar ١٥)، BD = وزن مخصوص ظاهري، D = عمق ريشه دواني گياه (mm)

محاسبات براي هر لايه از عمق نيمرخ خاك انجام شد. درصد رطوبت اوليه قابل دسترس خاك از رابطه زير بدست آمد.

$$\%TAM = \frac{F.M}{(FC - PWP)} \times 100$$

كه در آن:

TAM = رطوبت اوليه خاك بر حسب درصد، PWP = درصد رطوبت در نقطه پژمردگي (bar ١٥)، F.M = رطوبت اندازه‌گيري شده در اول فصل رويش (ميليمتر در متر)

٨- بيشينه عمق ريشه (سانتيمتر) در عمليات صحرائي پس از حفر نيمرخ‌های خاك با توجه به عمق ريشه دواني

5 Initial
6 Crop development
7 Mid-season
8 Late season

گياه(مرتع) اندازه‌گيري و بيشينه نفوذ بارندگي (mm/day) برپايه روش بخش خاك و آب دانشگاه نيومكزيكو[9] با بهره گيری از درصد شن و رس در افق سطحي خاك، ميزان هدايت آبی اشباع خاك تعيين شد.

۹- براي اندازه‌گيري رواناب سطحي،[10] از روش سازمان حفاظت خاك امريكا SCS[11] بهره‌گيری شد. در اين روش ميزان رواناب به طور مستقيم با تعيين ميزان CN[12] و تعيين ميزان تلفات (S) با بهره‌گيری از معادله زير براي بارش‌هاي روزانه محاسبه شد.

$$Q = \frac{(p - 0.2s)^2}{p + 0.8s} \qquad \text{if } p > 0.2$$

$$Q = 0 \qquad \text{if } p < 0.2s$$

که در آن، Q = ميزان رواناب روزانه برحسب ميليمتر در روز، P = ميزان بارش روزانه، S = مشخصه مربوط به توانايي نگهداري رطوبت خاك است. در اين روش درآغاز مشخصه توانايي نگهداري رطوبت خاك S مربوط به ظرفيت آب موجود در خاک با كمك فرمول زير به صورت زير محاسبه شد.

$$S = Smx\ (\frac{UL - SM}{UL})$$

SM ميزان آب موجود در خاك در ناحيه ريشه پيش از بارندگي است (اين ميزان رطوبت با دستگاه TDR براي هر ماه از فصل رويش و پيش از بارندگي اندازه‌گيري شد. UL حد بالايي ظرفيت قابل ذخيره آب خاك در ناحيه ريشه است كه به طور معمول برابر ميزان رطوبت در ظرفيت زراعي گرفته مي‌شود. Smx ميزان بيشينه اندازة S است. ميزان بيشينه S با شرايط رطوبتي I و N و با بهره‌گيری از معادله SCS محاسبه شد.

$$Smx = \frac{25400}{254 + CNi}$$

۱۰- با بهره‌گيری از نتايج محاسبات شاخص‌هاي مهم اقليمي بدست آمده از خروجي برنامه نرم افزار Cropwat.8.0، نسبت تبخير و تعرق واقعي به تبخير و تعرق پتانسيل (Tact/Tpot) به‌عنوان ضريب شاخص رويشگاهي توليد پايگاه معرفي مي شود. براي پيش بيني و برآورد توليد علوفه واقعي بر پايه شاخص اقليمي توليد و برداشت توليد در دوره ده ساله، پايگاه- اندكس توليد پايگاه محاسبه مي شود.

۱۱- پس از اخذ نتايج محاسبات با ذخيره سازي داده‌های در رايانه، برای تجزيه و تحليل آماري از نرم افزار Minitab14 و برنامه اكسل بهره گيری شد.

نتايج

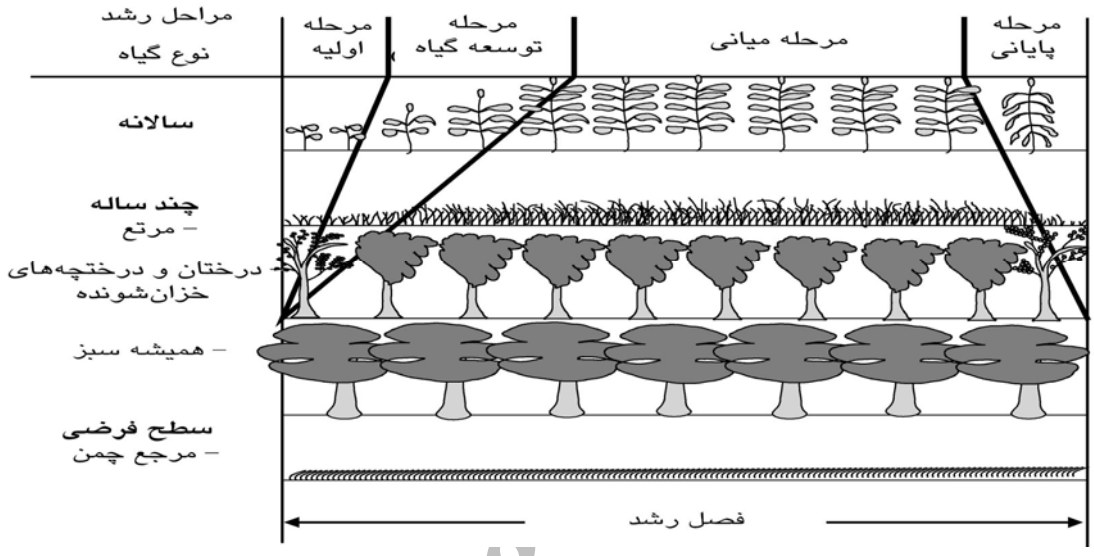
ويژگی‌های خاك

از نظر رده بندي جامع خاك‌ها، واحد خاک پايگاه نعمتي جزء خاك‌هاي Typic Haplocalcids ,Fine-loamy Mixed Thermic مي‌باشد. خاكي است به نسبت عميق با بافت سطحي متوسط كه بر روي دامنه اراضي كوهستاني با بيرون زدگي سنگي و سنگريزه زياد تشكيل شده است. واجد افق A1 با بافت متوسط و ساختمان دانه‌اي و حدود ۵۰ درصد سنگريزه كه بر روي افق B با بافت خيلي سنگين و ساختمان مكعبي با ۲۵ درصد سنگريزه كه بر روي افق‌هاي C با بافت سبكتر و حدود ۲۰ درصد سنگريزه قرار دارد. ميزان مواد آلي خاك سطحي كم بوده و ميزان آهك اين خاك‌ها در لايه‌هاي زيرسطحي تجمع حاصل كرده و افق آهكی را به وجود آورده‌اند. ميزان گچ اين خاك‌ها در سطح قابل ملاحظه ولي ضخامت افق آنچنان نيست كه به عنوان افق گچی بشمار آيد. نفوذپذيري اين خاك‌ها متوسط و آبدوي سطحي آن از سريع تا خيلي سريع تغيير مي‌كند. زهكشي اين خاك‌ها مناسب است. پستي و بلندي اين اراضي زياد است.

ويژگی‌های فيزيكي و ذخيره رطوبتي خاك به ويژه رطوبت ذخيره شده ناشي از بارندگي پيشين يكي از عوامل اصلي

9 http :\\Soil texture triangle hydraulic properties calculator.htm
10 Surface Runoff
11 Soil Conservation Serviec 1976
12 Cruve Number

رشد گياه بويژه توليد علوفه بشمار مي‌آيد، زيرا تبخير و تعرق واقعي در طول فصل رويش متأثر از بارندگي فصل رويش و رطوبت ذخيره شده در ماه‌هاي پيشين بوده است. درصد رطوبت خاك در عمق ريشه دواني (جدول شماره ١) و ويژگی های فيزيكي نيمرخ خاك (جدول شماره ٢) آمده است. كل رطوبت اندازه‌گيري شده قابل دسترس در اول فصل رويش برابر ٤٧/١٠ ميليمتر (٥٨/٩٠ ميليمتر در متر) بدست آمد.



شكل ٢- مراحل رشد گياه براي انواع مختلف گياهان

جدول ١- درصد رطوبت خاك در عمق ريشه دواني *Artemisia Sieberi* ، پايگاه نعمتي

درصد رطوبت آخر فصل رويش- سال٨٥	درصد رطوبت ٢۴ ساعت پس از نخستين بارندگي- سال ٨٥	درصد رطوبت اول فصل رويش		عمق نيمرخ cm
		١٣٨٦	١٣٨٥	
٤/٤٥	٢٣/٦٦	٢٠/١٥	٧	٢٠-٠
٧/٤٦	١٦/٦٨	١٦/٧٩	١٨/١٠	۴٠-٢٠
٦/٤٥	٩/٤٠	١٤/٩٠	١٢/٤٠	١٠٠-۴٠
۶/١٢	١۶/٥٨	١٧/٢٨	١٢/٥٠	ميانگين

جدول ۲- ويژگی‌های فيزيكي نيمرخ خاك، پايگاه نعمتي

لايه‌هاي نيمرخي	عمق – D لايه(cm)	چگالي- BD g/cm^3	درصد رطوبت در ظرفيت زراعي – FC (bar۰/۱)	درصد رطوبت در نقطه پژمردگي PWP (bar۱۵)	كل رطوبت قابل دسترس TAW (mm)
A1	۰-۱۰	۱/۲۹	۱۶/۵۰	۱۳/۱۰	۴/۳۸
B1K	۳۰-۴۰	۱/۵۷	۲۰/۶۰	۱۶/۲۰	۱۳/۸۰
C1	۳۰-۴۰	۱/۶۰	۱۹/۷۰	۱۴/۱۰	۸/۹۶
C2	۴۰-۸۰	۱/۶۱	۲۲/۲۰	۱۹/۱۰	۱۹/۹۶
جمع	۴۷/۱۰				

جدول ۳- ميانگين ميزان رطوبت موجود در لايه‌هاي مختلف خاك در زمان‌هاي مختلف پايگاه نعمتي

زمان اندازه‌گيري	ميزان رطوبت (درصد)
۱۰اسفندماه(آغاز فصل رويش)	۷
نيمه اول فروردين	٦
اواسط ارديبهشت	٥
نيمه دوم خرداد(انتهاي فصل رويش)	٤

رواناب سطحي **Surface Run0ff**

مقادير آب موجود در خاك (S_M[13]) در آغاز و پايان و به تقريب در اواسط ماه‌هاي مختلف فصل رويش با كمك دستگاه TDR در لايه‌هاي مختلف ۵ نيمرخ در پيش از بارندگي و ۲۴ ساعت پس از بارندگي اندازه‌گيري و ميزان متوسط آن با توجه به عمق لايه با بهره‌گيری از روش ميانگين وزني در (جدول شماره ۳) محاسبه شد. براي تعيين ميزان حد بالاي رطوبتي[14] در ناحيه ريشه، ميزان ظرفيت زراعي تعيين شده در آزمايشگاه بهره‌گيری شد. نتايج بررسي‌هاي انجام شده در پايگاه مرتع نعمتي نشان داد كه ميزان عددي CNi براي حالت معمولي برابر ۸۶ و ميزان رواناب از ۷ ميليمتر شروع مي‌شود. كه‌اين ميزان رواناب در طول فصل رويش در طول دوره آماري بسيار ناچيز بوده است.

شاخص ضريب رويشگاهي

در منطقه مورد بررسی (منطقه استپي) كمبود بارندگي بعنوان يك عامل محدودكننده رشد توليد علوفه به شمار ميآيد، زيرا نتايج نشان داد كه ميزان تبخير و تعرق متناسب با بارندگي نبوده است. همچنين وابستگي شديدي بين ميزان كل توليد علوفه با ميزان كل تبخير و تعرق واقعي[15] وجود داشت. با بهره گيری از شاخص‌هاي مهم اقليمي، نسبت

13 SMx ميزان بيشينه ظرفيت نگهداري رطوبت خاك مي‌باشد.

14 UL، upper limit of soil water storage ميزان بيشينه ظرفيت نگهداري رطوبت خاك در ناحيه ريشه است كه به طور معمول برابر ميزان رطوبت در ظرفيت زراعي گرفته مي‌شود.

15 تبخير و تعرق واقعي، ميزان آبي كه متناسب با رطوبت ذخيره شده و نزولات در طول فصل رويش توسط گياهان در منطقه مورد بررسی تبخير و يا تعرق شده است.

تبخير و تعرق واقعي به پتانسيل بـه عنـوان شـاخص ضـريب رويشگاهي شاخص پايگاه معرفي شد (جدول شماره ۴). پايه روش‌هاي برآورد توليد محـصول FAO در مـدل تعـادل آب، تبخير و تعرق واقعي مي‌باشد (Gommes *et al.*,1998).

ضريب شاخص رويشگاهي عملكرد واقعـي ET_{act}/ET_{pot} در منطقه برابر است با: $ET_{act}/ET_{pot} = 0.17$

جدول ۴- برآورد تبخير و تعرق و ضريب رويشگاهي برآورد توليد پتانسيل و واقعي - پايگاه نعمتي

برآورد توليد **Ya(kg/ha)**	توليد اندازه‌گيري شده **(Kg/ha)**	ضريب شاخص رويشگاهي **ETact/ ETpot**	ضريب **Kc**	تبخير و تعرق واقعي **ET_{act} (mm)**	بارندگي مؤثر	تبخير و تعرق پتانسيل **ET_{pot} (mm)**	تبخير و تعرق گياه مرجع**ETo (mm)**	سال
۳۱۹	-	۰/۲۳	۰/۷۲	۱۲۲/۷۰	۹۹/۶۰	۴۲۹/۹۰	۵۹۸/۲۱	۱۳۷۷
۱۷۴	۱۱۳/۰۵	۰/۰۹	۰/۷۵	۴۸/۰۰	۳۱/۵۰	۵۲۴/۲۰	۶۹۴/۳۳	۱۳۷۸
۱۳۷	۹۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۷۵	۲۸/۶۰	۱۳/۰۰	۵۳۶/۰۰	۷۱۵/۰۲	۱۳۷۹
۲۱۰	۲۰۰/۳۴	۰/۱۴	۰/۷۴	۶۶/۶۰	۴۸/۷۰	۴۸۷/۴۰	۶۵۸/۴۸	۱۳۸۰
۲۲۰	۲۰۷/۰۲	۰/۱۵	۰/۷۵	۷۲/۰۰	۵۳/۱۰	۴۷۶/۳۰	۶۳۳/۵۳	۱۳۸۱
۳۴۲	۲۷۹/۴۱	۰/۳۰	۰/۷۴	۱۳۴/۹۰	۱۱۵/۵۰	۴۴۴/۲۰	۶۰۰/۴۱	۱۳۸۲
۲۷۳	۲۶۷/۷۹	۰/۱۸	۰/۷۵	۹۹/۴۰	۸۲/۹۰	۵۵۳/۷۰	۷۳۹/۵۱	۱۳۸۳
۲۴۱	۳۲۱/۸۹	۰/۱۴	۰/۷۸	۸۲/۹۰	۶۹/۲۰	۵۷۹/۰۰	۷۴۴/۵۹	۱۳۸۴
۲۱۲	۳۲۴/۰۶	۰/۱۲	۰/۷۳	۶۸/۱۰	۵۳/۵۰	۵۷۵/۶۰	۷۸۱/۱۵	۱۳۸۵
۲۹۴	۲۹۹/۲۲	۰/۲۱	۰/۷۳	۱۱۰/۳۰	۹۰/۰۰	۵۳۲/۱۰	۷۲۸/۶۴	۱۳۸۶
۲۴۲	-	۰/۱۷	۰/۷۴	۸۳/۳۵	۶۵/۷۰	۵۱۳/۸۴	۶۸۹/۳۹	میانگین

پايگاه- اندكس توليد **(Weather Yield Site Index)**

بر پايه شاخص اقليمـي توليـد (ETact) و توليـد ده سـاله معادله زير براي برآورد توليد سالانه محاسبه شد.

$$Y = a+b\ (ETact)$$

a وb از يك خط رگرسيون خطي با بهره‌گيری توليد واقعـي وشاخص‌هاي اقليمي مدل محاسبه مي‌شود. پايگـاه- انـدكس دوره آماري ده سال برآورد توليد در پايگاه نعمتي برابـر شـده است با :

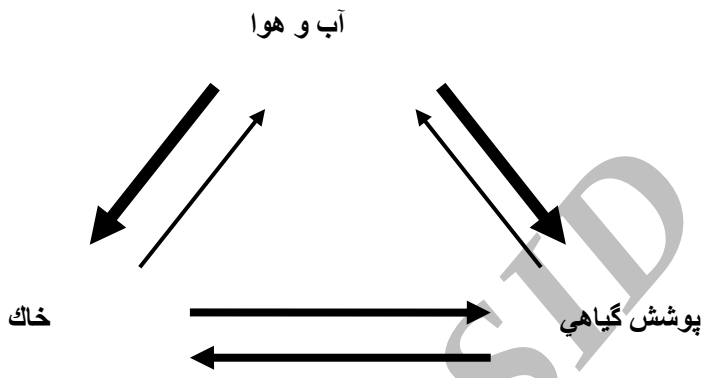
$$Ya = 80.42+1.941(ETact)$$

در اين مدل (تعادل آب) شاخص تبخير و تعـرق واقعـي بـه عنوان يك شاخص اقليمي ارزشمند توليد براي بـرآورد توليـد بكار گرفته شد. در نتيجه بر پايـه پايگـاه-انـدكس توليـد، در دوره آماري ده ساله، ميانگين توليـد علوفـه درازمـدت چهـار گونه غالب مورد تعليـف دام در پايگـاه نعمتـي برابـر بـا ۲۴۲ كيلوگرم در هكتار برآورد شد.

بحث و نتيجه‌گيري

در مدل تعـادل آب آنچـه كـه مهـم اسـت ورودي ناشـي از نزولات جوي (بارش، برف، تگـرگ، بـرف و بـاران) و خروجـي مدل شامل تبخير و تعرق گياه مرجع(ETo) تبخيـر و تعـرق پتانسيل (ETc) تبخير و تعرق واقعي (ETa) است. در ايـن ميان خاك به عنوان يك محيط زنده در بسياري از فرايندهاي

ضروري كه باعث نگهداري و دوام بوم نظام مي‌شوند نقش دارد. توليد گياهان، تركيب گونه‌ها و ويژگی‌های ساختاري جامعه‌های گياهي نتيجه واكنش‌هاي متقابل پيچيده بين فرايندهاي زيستي خاك، ويژگی های فيزيكوشيميايي خاك، پوشش گياهي و آب و هوا است (شكل ۳).



شكل ۳- واكنش‌هاي متقابل و پيچيده بين آب وهوا، پوشش گياهي و فرايندهاي زيستي خاك

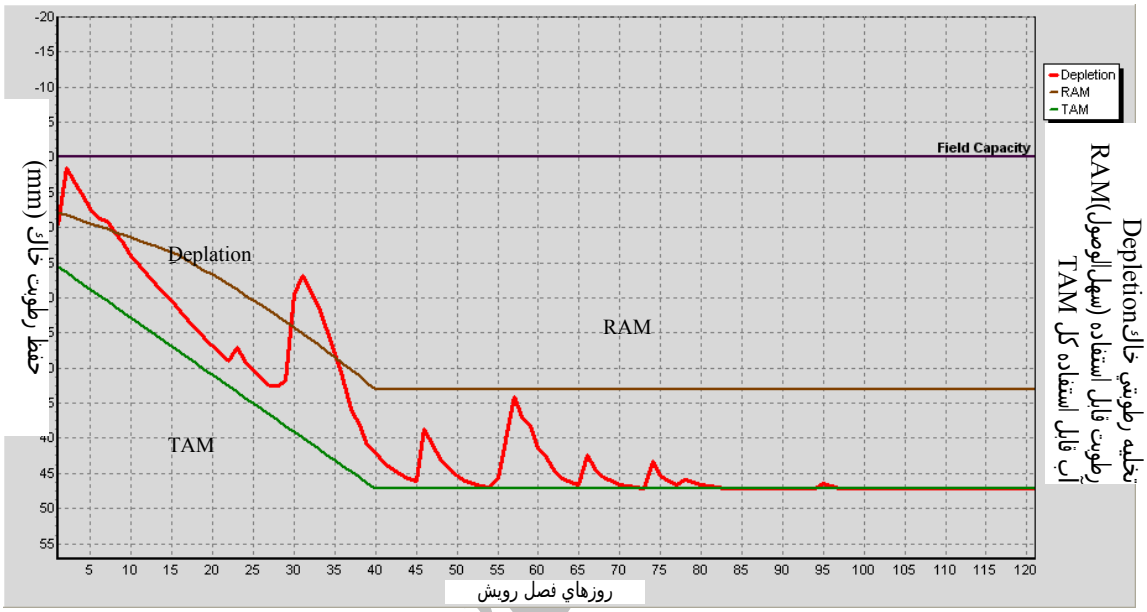
در اين پژوهش، ارتباط قوي بين ويژگی‌های ذخيره رطوبتي خاك و تبخير و تعرق واقعي وجود داشته و مشخصه‌هاي مهم خاك شامل عمق خاك، ظرفيت زراعي و عمق نفوذ در تعيين آب قابل دسترس كل TAM و رطوبت قابل دسترس RAM و تخليه رطوبتي خاك[16] در توليد علوفه بسيار مهم و اثر گذار بوده است. در(شكل ۴) وضعيت ظرفيت زراعي و آب قابل دسترس و آب تخليه شده در سال ۱۳۸۶ در پايگاه نعمتي ترسيم شده است. نتايج نشان داد كه شاخص‌هاي اقليمي به خصوص تبخير و تعرق واقعي با توليد علوفه داراي رابطه مثبت بوده است. اين شاخص اقليمي براي برآورد توليد داراي كاربرد مي‌باشد. نتايج اين بررسی با بررسی‌های انجام شده در رابطه با اين موضوع توسط پژوهشگران زير همخوانی داشته است كه تأكيد كرده‌اند تبخير و تعرق واقعي به عنوان شاخص عملكرد توليد بر روي رشد و توليد علوفه مؤثر است. Doorenbos & Kassam 1979. Hanks & Rasmussen 1982. Taylor *et al*., 1983. Stanhill, 1986. Van Kuulen & Wolf 1986. Wight,1987. Rijks *et al*., 2003. Rojas *et al*., 2003. Gommes, 2006. Kruse *et al*., 2007. Kizito *et al*., 2007.

با توجه به ويژگی‌های فيزيكي خاك از نظر ويژگی‌های نفوذپذيري، ذخيره و نگهداري رطوبت، افق هاي ژنتيكي و هدايت آبشناختی خاك پايگاه نعمتي، ظرفيت نگهداري رطوبت كل قابل دسترسی به عنوان نمونه در سال ۱۳۸۶ به ميزان ۵۸/۹۰ ميليمتر در متر بوده است كه اين ميزان امكان بهره‌گيری گياه را از رطوبت اول فصل رويش به ميزان ۲۵/۴۰ ميليمتر در متر فراهم نموده است و اين ميزان بر پايه تبخير و تعرق واقعي ۱/۳۶ برابر بارندگي فصل رويش ميباشد. اين نتايج، ميزان ذخيره رطوبتي خاك در پايگاه را نشان ميدهد. به دقت اين ميزان رطوبت روي تبخير و تعرق واقعي گياه (مرتع) مؤثر بوده است. به عبارتي گياه از رطوبت ذخيره شده در افق‌هاي ژنتيكي خاك بيشترين بهره‌برداري را به ويژه در هنگام كمبود بارندگي نموده است. بنابراين توليد علوفه در

16 Deplation

پايگاه مرتعي نعمتي بازتابي از تعادل بلند مدت نفوذ بارندگي و ميزان تبخير و تعرق واقعي بوده است. برابر نتايج بدست آمده رطوبت ذخيره شده در افق‌هاي ژنتيكي خاك به عنوان يك متغير اصلي روي تبخير و تعرق واقعي اثر گذاشته است.

اين بدين معناست كه گياه (مرتع) در مراحل مختلف رشد و توليد و فرايند تبخير و تعرق از رطوبت ذخيره شده خاك بهره‌گرفته است كه از آن مي‌توان به عنوان يك رژيم رطوبتي خاك نام برد.

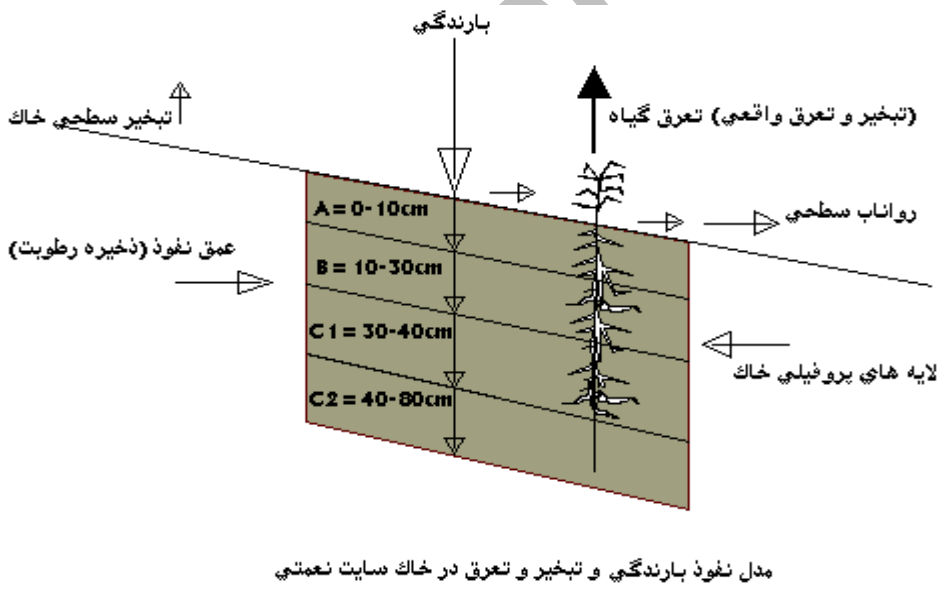


شكل ۴- نمودار تغييرات رطوبتي خاك براي فصل رويش در سال ۱۳۸۶- پايگاه نعمتي

به عبارتي بيلان رطوبتي خاك در فصل رشد متأثر از بارندگي فصل رويش و رطوبت ذخيره شده خاك در آغاز فصل رويش بوده است، كه نقش و اثر آن به ويژه رطوبت ذخيره شده خاك روي تبخير و تعرق واقعي گياه و متعاقب آن روي توليد علوفه در اين بررسي اثبات شده است. بنابراين ميتوان اذعان داشت كه در مناطق استپي رطوبت ذخيزه شده ناشي از بارندگي‌هاي پيشين در عمق لايه‌هاي نيمرخي خاك به عنوان يكي از اجزاي مدل تعادل آب بشمار مي‌آيد. همچنين اين مسئله براي گياهان دائمي كه از آب لايه‌هاي نيمرخي خاك بهره مي‌گيرند، به عنوان بيلان آبي خاك وحركت مؤثر آب از لايه‌هاي خاك بر پايه نياز و تقاضاي آبي گياهان دائمي در اين مناطق مهم است. اين روند تأمين آب موجب رشد و نمو و توسعه گياه شده و پوشش مناسب خود مانع تبخير و تعرق از سطح خاك و نفوذ بارندگي و حفظ رطوبت خاك مي‌شود كه مي توان در اين مناطق از آن به عنوان نقش اثر مثبت و آبشناختي (هيدرولوژيكي) بيان نمود. مدل مفهومي تراز رطوبتي خاك (شكل ۵) فرايند تبخير و تعرق واقعي گياه (مرتع)، و تراز رطوبتي خاك در محدوده ريشه را در پايگاه نعمتي بيان نموده و (شكل ۶)، مدل مفهومي برآورد توليد درازمدت مرتع را بيان مينمايد. با توجه به گونه‌هاي مورد بررسي جذب آب (رطوبت ذخيره شده) در افق‌هاي ژنتيكي خاك برپايه گستردگي و ساختار نظام ريشه‌اي اين امكان را براي تعيين شاخص اقليمي توليد و معرفي پايگاه- اندكس توليد به‌عنوان مدل برآورد توليد در

پايگاه فـراهم آورد کـه قابـل تعمـيم بـراي منطقـه و منـاطق همانند مي‌باشـد. از طرفـي نتيجـه محاسـبات نـشان داد کـه ميزان تبخير و تعرق واقعي در فصل رويش بيشتر از بارنـدگي فصل رويش بوده است با توجه بـه رابطـه توليـد بـا تبخيـر و تعرق واقعي، اين نشانگر آن است کـه نقـش رطوبـت ذخيـره شده در توليد بسيار اهميت دارد از طرفي تفاوت ميزان تبخير و تعرق واقعي با تبخير و تعرق پتانسيل نيز نمايانگر آن اسـت که منطقه به شدت با کمبود بارندگي مواجه است، به عبـارتي رشد گياه و توليد علوفه تحت تأثير تـنش آبـي قـرار دارد. در نتيجه، تجزيه و تحليل داده‌هاي واقعي و همانندسـازي شـده نشان داد که روند تغيير توليد با روند تغييرات اقليمي و تغيير شاخص اقليمي توليـد همخـوانی داشـت. در نهايـت پايگـاه- اندکس توليد پايگاه (WYSI) بر پايه شاخص اقليمي توليـد (ETact) و توليد علوفه دوره ده ساله منطقه به‌عنـوان مـدل برآورد توليد علوفه معرفي شد.

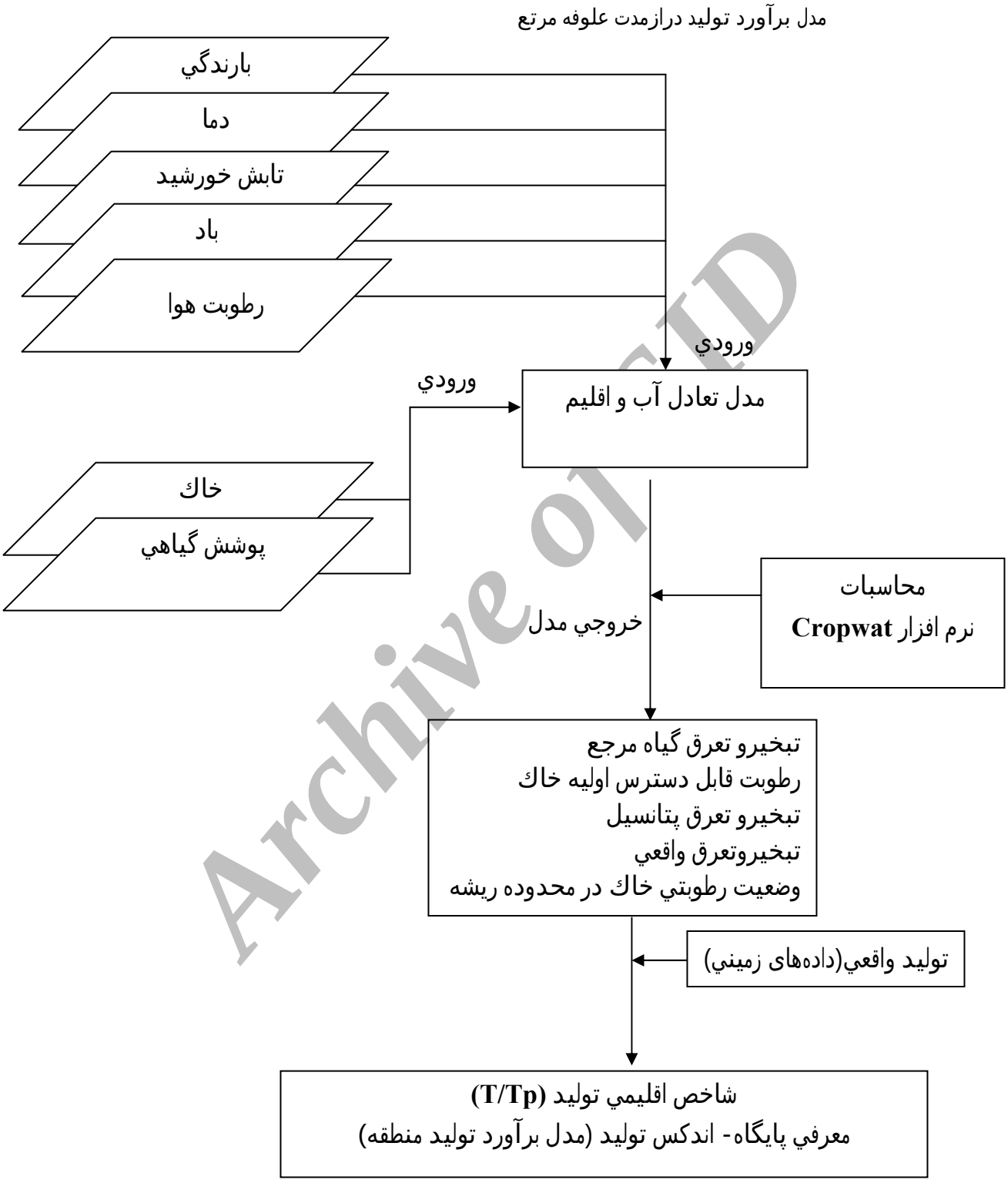
تعيين شاخص اقليمي توليد در اين بررسی روشي است کـه بر پايه معادله توليد و مدل (Hanks and Hanks, 1974 (Wight and Hanks 1981. Rasmussen 1978. مورد توجه و محاسبه و مورد کاربرد قرار گرفت. همچنـين بـا مـــدل تعـــادل آب و اقلـــيم(Wight, 1987) و مـــدل (Kassam and Smith 2001) و مـدل‌هـاي تعـادل آب، فـائو (Rijks *et al.*, 2003) و مـدل بـرآورد توليـد علوفـه (Gommes, 2006) و (Kruse *et al.*, 2007) بـراي مراتع و براي برآورد توليد علوفه همخوانی دارد.



شكل ۵- مدل مفهومي تراز رطوبتي خاك در محدوده ريشه و فرايند تبخير و تعرق واقعي گياه، پايگاه نعمتي

برآورد توليد علوفه قابل برداشـت مرتـع يکـي از مهـم‌تـرين بحث‌ها براي تعيين ظرفيت چرا بـه منظـور اعمـال مـديريت بهينه مرتع و در نهايت حفاظت از منابع پايه و حفاظـت آب و خاك است. مديران مراتع اغلب بايد توليد علوفه مراتع را براي بلند مدت پـيش بينـي نماينـد. بهـره‌گيـری از داده‌هـای آب وهوايي و شاخص‌هاي اقليمي براي برآورد توليـد بلنـد مـدت مرتع و رابطه بين توليد علوفه و اقلـيم نتيجـه چنـدين دهـه تلاش پژوهشگران مي‌باشد. در حالي‌که بيـشتر برنامـه‌ريـزان،

مديران و كار شناسان مرتع بيشتر در زمينه ظرفيت چرا (Grazing Capacity) فعاليت مي‌كنند. روش‌هاي متداول برآورد توليد قابل برداشت از علوفه مراتع در ايران برآورد نظري و يا اندازه گيري (قطع و توزين) در يك سال براي بلند مدت است. بنابراين روش‌هاي معمول كنوني بر حسب ميزان تجربه كارشناسان مرتع در زمان‌هاي مختلف متفاوت بوده و به دليل محدويت‌هاي مالي، نيروي انساني و تغييرات فصلي بسيار پر هزينه و مشكل و مناسب مراتع ايران نمي‌باشد. براي رفع اين نقيصه در بهره‌برداري بلند مدت و پايدار از مرتع، بايد در قالب راهبرد برآورد توليد بلند مدت مرتع اقدام نمود. براين پايه بهره‌گيری از مدل تعادل آب براي برآورد توليد بلند مدت و تعيين ظرفيت چرا و تنظيم چرا بر پايه آن يك ضرورت است. بهره‌گيری از اين مدل براي مرتبط نمودن رژيم آب و خاك و مشخصه‌هاي اقليمي با رشد و توليد گياهان يك امتيازي براي مديران بخش مرتع بشمار مي‌آيد. از اين مدل و معادله‌های مربوط مي‌توان در مناطقي كه داراي پوشش گياهي و نوع خاك همانند هستند بهره‌برداري كرد. همچنين اين مدل براي پيش بيني توليد علوفه در شرايط خشكسالي به منظور اعمال مديريت در مراتع نيز قابل كاربرد است. شاخص‌هاي تعيين شده ابزار قوي براي كارشناسان بخش اجراء برای برآورد توليد و اعمال مديريت مرتع و بهترين كاربرد را براي تصميم‌گيري ميزان شدت چرا و براي تعديل ظرفيت چرا بويژه در مواقع خشكسالي دارا مي باشند. همچنين گياهان دائمی مورد تعليف دام به‌عنوان بخش پايدار توليد در مراتع استپی برای برآورد توليد كاربرد دارند. يكي از نكات بر جسته و مهم مدل توانايي پيش بيني توليد با توجه به نوسان‌ها و شرايط و تغييرات اقليمي بويژه در شرايط خشكسالي است. ضريب شاخص اقليميTact/Tpot، و شاخص اقليمي توليد (ETact) و پايگاه اندكس توليد (WYSI) شاخص بسيار مناسبي براي همه فصل رشد براي برآورد توليد علوفه مي‌باشند. اين روش برآورد توليد علوفه مي‌تواند پيوسته قابل تجديد و به روز شدن در طول فصل رويش در سال‌هاي آينده با بهره‌گيری از شاخص‌هاي اقليمي و پايگاه انديكس توليد (WYSI)، در مدل ادامه يابد.



شكل ۶- مدل مفهومي برآورد توليد درازمدت علوفه مرتع در پايگاه نعمتي

منابع

1- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Rome, Itally. 300 pp.

2- Arzani, H, 1994. Some aspects of estimating short and long-term rangeland carrying capacity , PH.D. thesis university of New South Wales.

3- Arzani, H., and King, G. W. 1994. A double sampling Australian rangeland conference,pp.201-202.

4- Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrig Drain. Pap. 33.Rome.

5- Gommes, R . 2006. Non-parametric Crop Yield Forecasting, A Didactic Case Study For Zimbabwe, Paper presented at the EU/JRC meeting on Remote Sensing Support to Crop Yield Forecast and Area Estimates 30 Nov-1 Dec, Stresa, Italy

6- Gommes, R.F., Snijders, H. and Rijks, J.Q. 1998. The FAO crop forecasting philosophy in national food security warning systems, pp.123-130, in Rijks, D. J.M. Terres and p.Vossen (eds), 1998. agrometeorological applications for regional crop monitoring and production assessment, official publication of the EU,EUR 17735, Luxmbourg, 516pp.

7- Hahn, B.D., Richardson, F.d., Hoffman, M.T., Roberts, R., Todd, S.W., Carrick, p.j. 2005. A simulation – Model o.f longe- Term climate , Livestock and vegetation interactions one communal rangelands in the semi-arid succulent karoo , Nam aqualand , south Africa , Ecological Modelling 183 (2005) 211-230.

8- Hanks, R.J. 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agron. J. 66:660-665.

9- Hanks, R.J., and Rasmussen, V.P. 1982. Predicting crop production as related to plant water stress. Adv. AGRON. 35:193-215. http :\\Soil texture triangle hydraulic properties calculator.htm

10-Jason, P., Marshal, P., Krausman, R. and Bleich, V. C. 2005. Rainfall, Temperature, and Forage Dynamics affect Nutritional Quality of Desert Mule Deer Forage. Rangeland Ecology & Management 58(4) July

11-Kassam, A.H. and Smith, M. 2001. FAO Methodologies on Crop Water Use and Crop Water Productivity, Expert Meeting on Crop Water Productivity Rome, 3 to 5 December

12-Kizito, F., Sene, M., Dragila, M.I., Lufafa, A., Diedhiou, I., Dossa, E., Cuenca, R., Selker, J., Dick, R. P. 2007. Soil Water Balance of Annual Crop-Native Shrub Systems in Senegal's Peanut Basin: The Missing Link, Agricultural Water Management 90(2007) 137-148

13-Kruse, M., Tess, W. and Heitschmidt, R. K. 2007. Livestock Management During Drought in the Northern Great Plains. L. A Practical Predictor of Annual Forage Production, The Professional Animal Scientist 23(2007): 224-233

14-Monteith, J.L. 1965. Evaporation and the environment 205-234. in the movement of water in living organisms XIXth Symposium. Soc. Of Exp. Biol, Swansea, Cambridge University Press.

15-Rijks, D., Rembold, F., Negre, T., Gommes, R. and Cherlet, M. editors. 2003. Crop and Rangeland Monitoring in Eastern Africa For Early Warning and Food Security, Proceedings of an International Workshop organized by JRC-FAO Nairobi, 28-30

16- Rojas, O., Rembold, Royer, A., Negre, T., 2003. Real-time agro-meteorological crop yield monitoring in Eastern Africa. Snbmitted to: Agronimie

17- Smart A.J. 2005. Forecasting Forage Production. Proceeding, The Range Beef Cow Symposium XIX December 6, 7 and Rapid City, South Dakota

18- Soil Conservation Service. 1976. National Range Handbook. USDA Unpublished directive of the SCS

19- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. Adv. Agron. 39:53-85.

20- Taylor, H.M., Jordan, W.R. and Sinclair, T.R. (ed). 1983. Limitations to efficient wateruse in crop production.ASA, SSSA, Madison, WI.

21- Van Keulen, H., and Wolf, J. (ed). 1986. Modelling of agricultural production: Weather, soils and crops. Ctr. Agric. Publ. *Doc*., Wagenungen, Netherlands.

22- Wight, 1987. United States Department of Agriculture. ERHYM-II: Model Description and User Guide for the BASIC Version. Agricultural Research Service,April 1987. pp.23.

23- Wight, J.R., and Hanks, R.J. 1981. A water- balance, climate model for range herbage production. Journal of.Rang Manage. 34: 307- 311

24- Wight, J.R., Claytonl. H., And Duane W. 1984.Using weather records with a forage production model to forecast range forage production. Journal of Range Management 37(1), january 1984.c www.weather.ir

Water Balance Model for Estimating Forage Production in Steppic Region of Markazi Province, Iran

A. Ehsani[*1], H. Arzani[2], M. Farahpoor[1], H. Ahmadi[2] and M. Jafari[2]
[1] Assistant professor, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, I.R.Iran
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran
(Received: 13 May 2008, Accepted: 28 June 2008)

Abstract

Climatic data was used to create a Site Index through which long term forage production of rangelands could be predicted. The research was conducted on a site called Nemati in a 10 year period using water balance model. The production of four rangeland species, i.e. *Artemisia sieberi, Salsola rigida, Noaea mucronata and Stipa barbata* on Nemati were predicted using soil characteristics, rainfall, soil moisture and also plant characteristics based on ERHYM- II model in early growing season. Inputs were long term climatic data, soil characteristics, plant characteristics, moisture in early growing season and long term forage production. Outputs were evapotranspiration of major plants, their potential and actual evapotranspiration, rainfall, surface runoff, soil moisture, available moisture and climatic index. The analyses were done by Penman Montieth FAO (P.M.F) using Cropwat 8.0 software. The surface runoff in daily rainfall was analyzed by SCS (Soil Conservation Service) based on soil curve number. The results show that CN was 86 and runoff in growing season was 7 mm. The capacity of soil moisture was 58.90 mm/meter. This amount provides the situation for plant to use moisture in early growing season to 25.40 mm/meter. The amount of actual evapotranspiration in growing season was 1.36 times of average rainfall in growing season. According to drought conditions in 2000 this amount is twice more than rainfall in growing season. Mean of production index for forage estimation in Namati rangeland was estimated T/Tp=17%. In this regard, long term forage production and production in ten year period (weather yield site index) was 242 kg/ha, and equation used for prediction was Y= 80.42+1.941(ETact).

Keywords: Long term production Estimation, Rainfall, Moisture in early growing season, Water balance model, Site Index yield, Steppic region, Markazi province

*Corresponding author: Tel: +98 21 44195901 , Fax: +98 21 44196575 , E-mail: ehsani_arian@yahoo.com