

## تأثیر چرای بلندمدت گاو در خصوصیات مورفولوژیک ریشه

### گونه *Brachiaria decumbens* و چگونگی توزیع آن در خاک

#### (مطالعه موردی: چراگاه استوایی در کشور مالزی)

- ❖ مجید آجورلو\*؛ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل
- ❖ محبوبه ابراهیمیان؛ دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده جنگل‌داری، دانشگاه پوترا، مالزی
- ❖ رضانی بن عبدالله؛ دانشیار دانشکده مطالعات محیط زیست، دانشگاه پوترا، مالزی

#### چکیده

هدف این مطالعه کمی‌سازی واکنش ریشه گونه *Brachiaria decumbens* به چرای گاو در چراگاه استوایی در کشور مالزی بود. تیمارها عبارت بود از: چرای تناوبی با شدت متوسط (۲/۷ واحد دامی در هکتار) در بلندمدت (۳۳ سال) و عدم چرای نمونه‌های ریشه همراه با خاک تا عمق ۳۰ سانتی متر برداشت شد. خصوصیات مورفولوژیک ریشه - یعنی طول، قطر، سطح، و حجم آن - با استفاده از دستگاه WinRhizo Root Scanner اندازه‌گیری شد. چگونگی توزیع ریشه در واحد حجم خاک با استفاده از روابط مربوطه محاسبه شد. داده‌ها با روش تجزیه واریانس، اندازه‌گیری‌های مکرر، و آزمون  $t$  تجزیه و تحلیل شد. اثر چرای طول ریشه و توزیع آن در خاک و متوسط قطر ریشه معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). قطر ریشه در عمق میانی (۱۰-۲۰) و زیرین (۲۰-۳۰ سانتی متر) خاک در منطقه چراشده به ترتیب ۵۰ درصد و ۷۲ درصد بیش از مقادیر آن در سایت چراننده بود ( $P < 0.05$ ). حجم و مساحت سطح ریشه و چگونگی توزیع آن‌ها در واحد حجم خاک در هر دو منطقه چرای عدم چرای یکسان بود ( $P > 0.05$ ). چرای عمق خاک، و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری در وزن ریشه و تراکم وزن ریشه در واحد حجم خاک داشت ( $P < 0.05$ ). در هر سه عمق خاک، وزن ریشه در سایت چراشده بیش از مقدار آن در سایت چراننده بود ( $P < 0.05$ ). چرای تناوبی با شدت متوسط در بلندمدت تأثیر منفی در خصوصیات مورفولوژیک ریشه *Brachiaria decumbens* و نحوه توزیع آن‌ها در واحد حجم خاک نداشته است.

واژگان کلیدی: چراگاه استوایی، حجم ریشه، سطح ریشه، طول ریشه، قطر ریشه، وزن ریشه.

## مقدمه

چرای دام‌ها و همچنین دانستن چگونگی به‌کارگیری این اطلاعات در رسیدن به اهداف بلندمدت مدیریت مرتع است [۱۳].

درباره اهمیت مطالعات ریشه در هنگام ارزیابی آثار چرای دام بر گیاهان در بین متخصصان اجماع وجود دارد [۷، ۱۷]، اما ضعف اساسی در این بحث فقدان دانش کافی و جدید در چگونگی کمی‌سازی واکنش ریشه گیاهان به چرای دام‌هاست، چون بیشتر مطالعات کمی‌سازی اثر چرای دام‌ها بر گیاهان انجام شده تا در مورد اندام‌های زیرزمینی آن‌ها [۶، ۷]. بنابراین، سیستم ریشه گیاهان از بخش‌های مهم اکوسیستم‌های مرتعی است که، در مقایسه با اندام‌های هوایی، کمتر مطالعه شده است. برآورد شده که کمتر از ۱۰ درصد از مطالعات انجام‌شده در مراتع و چراگاه‌ها مربوط بوده است به اندام‌های زیرزمینی گیاهان [۱۸]. یکی از دلایل این مسئله احتمالاً این است که مطالعات مربوط به اندام‌های زیرزمینی گیاهان مشکل و زمان‌بر است و تفسیر نتایج آسان نیست. هدف این مطالعه تشریح و کمی‌سازی چگونگی واکنش ریشه یک گونه گندمی چندساله، به نام *Brachiaria decumbens*، در اعماق مختلف خاک به چرای تناوبی با شدت متوسط در بلندمدت توسط گاو در چراگاه استوایی مرطوب کشور مالزی بود.

## روش‌شناسی

## خصوصیات منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در چراگاه‌های حوزه آبخیز «تی پی یو» با مختصات جغرافیایی "۳۸° ۴۳' ۱۰" تا "۰۳° ۴۴' ۱۰" طول شرقی و "۵۳° ۵۸' ۲۰" تا "۵۷° ۵۹' ۲۰" عرض شمالی در فاصله ۲۰ کیلومتری کوآلاامپور- مالزی انجام شد. اقلیم منطقه حاره ای مرطوب است و متوسط بارش و دمای سالانه به ترتیب ۲۳۰۰ میلی‌متر و ۲۵

چرای دام‌ها نه تنها بر اندام‌های هوایی گیاهان اثر می‌گذارد، بلکه اندام‌های زیرزمینی گیاهان هم ممکن است به طور مستقیم یا غیرمستقیم از طریق فعالیت‌هایی مانند چرای راه‌رفتن دام‌ها، و فضولات آن‌ها تحت تأثیر قرار گیرد [۵]. آگاهی از نحوه واکنش ریشه گیاهان به فعالیت دام‌ها، به خصوص در هنگام کمبود رطوبت یا مواد غذایی در خاک، در مدیریت مراتع اهمیت اساسی دارد [۱۱]. چرای دام‌ها، مرحله رشد و شرایط فیزیولوژیک گیاه، خصوصیات فیزیکی خاک مانند بافت و مقدار رطوبت، و همچنین خصوصیات شیمیایی خاک مانند قابلیت دسترسی و جذب عناصر عوامل مهمی است که ممکن است باعث تغییر در مورفولوژی ریشه گیاهان مرتعی و چگونگی توزیع ریشه در خاک شود [۳، ۱۳]. ریشه گیاهان از طریق تغییرات ریختی و ساختمانی به چرای دام‌ها واکنش نشان می‌دهند. این تغییرات ممکن است بر مقدار ریشه در واحد سطح یا بر فیزیولوژی و کیفیت کارکرد آن اثر گذارد [۱]. از بین رفتن اندام‌های هوایی گیاه در اثر چرای دام یا قطع شدن آن‌ها می‌تواند رشد ریشه گیاه را کم کند [۲] یا حتی باعث توقف کامل رشد و کارکرد ریشه گیاه شود [۲۰]. هنگامی که رشد ریشه کم شود توانایی رقابت گیاه برای جذب آب و مواد غذایی کاهش می‌یابد. این اتفاق مسئله مهمی در کلیه محیط‌های رقابتی است، به‌ویژه در محیط‌هایی که رطوبت عامل محدودکننده رشد گیاهان است.

برای فهم صحیح تأثیر چرای دام در پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های مرتعی، لازم است که اندام‌های هوایی و اندام‌های زیرزمینی گیاهان با هم بررسی شوند [۶]، چون لازمه اعمال عملیات صحیح مدیریتی در مراتع و چراگاه‌ها داشتن فهم دقیق از واکنش اندام‌های زیرزمینی گیاهان غالب و کلیدی به

شده بود. با توجه به شرایط مساعد برای استقرار پوشش درختی در مناطق استوایی، برای جلوگیری از غالب شدن گیاهان چوبی در سایت چراننده، از گذشته تا کنون، گیاهان چوبی به محض ظهور با نیروی دست ریشه کن شده‌اند. بنابراین، پوشش گیاهی هر دو سایت انتخاب شده یکنواخت و با غالبیت گونه *Brachiaria decumbens* بود. واحد دامی در این مطالعه عبارت بود از: یک گاو بالغ با/ یا بدون گوساله شیرخوار به وزن ۴۵۰ کیلوگرم. نژاد، سن، و جنس گاوها به ترتیب کداه-کلانتان<sup>۱</sup>، حدود پنج سال، و ماده بود. سیستم چرای تناوبی در این مطالعه شامل ۳۰ تا ۴۰ روز استراحت برای هر قطعه بود و چرای گیاهان تا زمانی که ارتفاع آن‌ها به حدود ۱۰ سانتی متر از سطح زمین کاهش یابد. به عبارت دیگر، سیستم چرای تناوبی به گونه ای در منطقه مورد مطالعه مدیریت شده بود که چراگاه تقریباً ۶ ماه از سال چرا و ۶ ماه دیگر استراحت کند. به علاوه، چرای متوسط عبارت بود از: ۴۰ تا ۵۰ درصد چرا از اندام های هوایی گیاهان به گونه ای که باعث حفظ و بقای گونه های خوش خوراک شود.

تأثیر چرا در خصوصیات مورفولوژیک ریشه *Brachiaria decumbens* از طریق اندازه گیری و مقایسه خصوصیات ریشه این گونه در دو سایت فوق الذکر تعیین شد. خصوصیات مورفولوژیک ریشه طبق روش توصیف شده توسط [۱۷، ۱۸] ارزیابی شد. روش معرفی شده آن‌ها عبارت بود از: برداشت نمونه ریشه به همراه خاک اطراف آن با استفاده از اوگر؛ جداکردن ریشه ها از خاک از طریق شست و شو با جریان آب؛ و در نهایت اندازه گیری خصوصیات ریشه با اسکنر.

درجه سانتی گراد بود. حوزه آبخیز تی پی یو، با وسعت ۱۳۱۷ هکتار، دارای خاک رسی شنی و رسی سیلتی است. پوشش گیاهی حوزه همگن با غالبیت دو گونه از گندمیان استوایی، یعنی *Brachiaria decumbens* و *Panicum maximum* است. *Brachiaria decumbens* گیاهی است چندساله از تیره گندمیان، دارای اندام های هوایی ایستاده یا خوابیده، و واجد ساقه های خزنده (استولون)، که برای ایجاد چراگاه دائمی در مناطق استوایی و نیمه استوایی استفاده می شود. این گیاه دارای ریشه های نابجای طویل و باریکی است که از محل گره های ساقه های خزنده یا همانند سایر گندمیان از گره های قاعده ای ساقه تولید می شود [۱۶].

## روش کار

نمونه گیری از دو تیمار با چهار تکرار، یعنی تیمار چرای متوسط بلندمدت (سایت چراشده) و تیمار عدم چرا (سایت چراننده)، در سه عمق صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، و ۲۰ تا ۳۰ سانتی متری خاک در چراگاه های حوزه آبخیز تی پی یو انجام شد. توپوگرافی، شیب، خاک، و گونه گیاهی در هر دو سایت مشابه بود. جدول ۱ سایر خصوصیات مربوط به سایت چراشده و چراننده را نشان می دهد. سایت چراشده، با وسعت ۲۸۰ هکتار، از سال ۱۹۷۵، تحت سیستم چرای تناوبی در تمام طول سال با شدت چرای متوسط توسط گاو (۲٫۷ واحد دامی در هکتار) چرا شده بود. از زمان شروع چرا تا زمان اجرای این تحقیق (۳۳ سال) شدت چرا همواره ثابت و در حد متوسط بوده است. یک سایت به وسعت ۲۰ هکتار با خصوصیات توپوگرافی، خاک، و پوشش گیاهی مشابه سایت چراشده از سال ۱۹۷۵ تا زمان اجرای تحقیق به وسیله حصارکشی از چرای دامها محافظت

جدول ۱. خصوصیات پوشش گیاهی و خاک منطقه مورد مطالعه

منطقه چرانشده	منطقه چراشده	متغیر گیاه یا خاک
۸۶٫۸	۵۹٫۸	پوشش گیاهی (درصد)
۱۳۲٫۵	۱۶۰٫۲	تولید (گرم ماده خشک/متر مربع)
۲۲٫۷	۱۰٫۹	لاش برگ (گرم/متر مربع)
۵٫۰	۲۵٫۰	خاک لخت (درصد)
۳٫۶	۴٫۲	سنگ ریزه (درصد)

به منظور مطالعه خصوصیات متغیرهای ریشه در اعماق مختلف خاک، نمونه‌ها (خاک همراه با ریشه) به سه قطعه ۱۰ سانتی متری - یعنی صفر تا ۱۰، ۱۰ تا ۲۰، و ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر- بریده شدند. سپس، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در داخل ظرف آب قرار داده شدند. برای تفکیک ریشه‌ها از خاک، هر قطعه نمونه زیر جریان ملایم آب با دست شست و شو داده شد تا با کمک جریان آب و دست ریشه‌ها از خاک جدا شوند. در طول این عمل، همواره یک الک به اندازه ۰٫۲ میلی متر در زیر قرار داده شده بود تا ریشه‌های جداشده از خاک از دسترس خارج نشوند [۱۴]. پس از جداکردن کامل ریشه‌ها از خاک، به منظور جلوگیری از خشک و پلاسیده شدن و حفظ شادابی و تازگی ریشه‌ها، نمونه‌ها در داخل کیسه پلاستیکی مخصوص قرار داده شد و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. در مرحله بعد، نخست نمونه‌های ریشه در دمای اتاق به حالت طبیعی برگردانده شد. سپس، درون سینی‌ای از جنس اکریلیک شفاف قرار داده شد و، با افزودن آب، ریشه‌ها کاملاً در آب معلق شدند. ریشه‌های داخل سینی پُر از آب تا حد امکان از همدیگر تفکیک شدند تا پوشش همگن با حداقل همپوشانی حاصل شود. در نهایت، سینی بر روی صفحه مسطح اسکنر ریشه<sup>۲</sup> ساخت شرکت Regent Instruments Inc. کانادا قرار داده شد. از هر نمونه ریشه یک عکس رقومی با

در این مطالعه، چهار نمونه ریشه از هر تیمار و هر نمونه متشکل از سه واحد نمونه (استوانه مغزی) و مجموعاً شانزده نمونه در هر تیمار برداشت شد. نمونه‌های ریشه مستقیماً از مرکز یقه گیاه [۱۰] تا عمق ۳۰ سانتی متری خاک با استفاده از اوگر ریشه واحد<sup>۱</sup> با قطر ۸ سانتی متر (حجم ۱۵۰۰ سانتی متر مکعب) ساخت شرکت Eijkelkamp Agrisearch Equipment هلند برداشت شد. برای جلوگیری از خشک شدن، بلافاصله نمونه‌ها در ورق آلومینیومی پیچیده شد و تا مرحله بعدی آزمایش در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد [۱۸]. گیاهان مورد نظر، برای برداشت نمونه ریشه، به روش سیستماتیک انتخاب شدند. دلیل نمونه‌برداری به روش سیستماتیک آن بود که پایه‌های گیاهی انتخاب شده باید تا حد امکان از نظر مشخصات ظاهری مانند ارتفاع، قطر تاج پوشش، و قطر یقه مشابه باشند؛ به علاوه، به طور یکسان در معرض چرای دام قرار داشته باشند. طبیعی است که گیاهان اطراف آبشخوارها و سایر نقاط تجمع دام بیش از گیاهان کنار حصارها و سایر نقاط دور از دسترس دام در معرض چرا قرار دارند. همچنین، همه نمونه‌ها باید از نقاطی برداشت می‌شد که از نظر خصوصیات فیزیکی خاک و شیب زمین تا حد امکان مشابه می‌بود. در صورت نمونه‌برداری به روش تصادفی، رعایت موارد فوق امکان‌پذیر نبود.

آزمون Leven's بررسی شدند. برای تعیین تأثیر چرا و همچنین اثر متقابل چرا و عمق خاک در خصوصیات ریشه، داده‌ها با آزمون تجزیه واریانس - اندازه‌گیری‌های مکرر<sup>۶</sup> - تجزیه و تحلیل شدند. اعماق خاک به عنوان اندازه‌گیری‌های مکرر در نظر گرفته شد. از آزمون  $t$  با نمونه‌های مستقل برای مقایسه اثر چرا در هر عمق معین استفاده شد. از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی رابطه برخی از خصوصیات ریشه استفاده شد. تفاوت میانگین‌ها در سطح معنی‌داری ۵ درصد گزارش شد.

### نتایج

چرای تناوبی با شدت متوسط بر طول ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و تراکم طول ریشه آن در واحد حجم خاک تأثیر نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۱). طول ریشه و تراکم آن در عمق سطحی (۰-۱۰ سانتی‌متر) و عمق تحتانی (۲۰-۳۰ سانتی‌متر) خاک در دو سایت چراشده و چراننشده تفاوت نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۳)، ولی در عمق میانی (۱۰-۲۰ سانتی‌متر) خاک متفاوت بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). اثر متقابل تیمار چرا و عمق خاک بر طول ریشه و تراکم طول ریشه در واحد حجم خاک تأثیر نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۳).

بین سایت چراشده و چراننشده از نظر مساحت سطح ریشه و تراکم سطح ریشه در واحد حجم خاک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲). فقط در عمق میانی (۱۰-۲۰ سانتی‌متر) خاک مساحت سطح ریشه در سایت چراشده بیش از سه برابر آن در سایت چراننشده بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). اثر متقابل تیمار چرا و عمق خاک در این متغیر معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۳).

قدرت تفکیک ۴۰۰ نقطه در هر اینچ توسط اسکنر تهیه شد. با استفاده از توانمندی نرم‌افزار گرافیکی اسکنر ریشه، خصوصیات مورفولوژیک ریشه - شامل طول ریشه (سانتی‌متر)، مساحت سطح ریشه (سانتی متر مربع)، متوسط قطر (میلی‌متر)، و حجم ریشه (سانتی متر مکعب) - اندازه‌گیری شد. پس از اندازه‌گیری خصوصیات فوق، نمونه‌های ریشه در آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. نمونه‌های خشک‌شده با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰.۰۰۱ گرم برای محاسبه وزن ریشه<sup>۱</sup> توزین شدند.

به منظور تعیین چگونگی توزیع ریشه در واحد حجم خاک، فاکتورهای تراکم طول ریشه<sup>۲</sup>، تراکم وزن ریشه<sup>۳</sup>، تراکم سطح ریشه<sup>۴</sup>، و تراکم حجم ریشه<sup>۵</sup> محاسبه شد. تراکم طول ریشه (طول ریشه در واحد حجم خاک بر حسب سانتی‌متر در سانتی‌متر مکعب) از طریق تقسیم طول ریشه در هر قطعه نمونه به حجم قطعه نمونه (۵۰۰ سانتی‌متر مکعب) محاسبه شد. تراکم وزن ریشه از طریق تقسیم وزن ریشه در هر قطعه نمونه به حجم آن قطعه بر حسب میلی‌گرم در سانتی‌متر مکعب محاسبه شد. تراکم سطح ریشه از طریق تقسیم مساحت سطح ریشه در هر قطعه نمونه به حجم آن قطعه بر حسب سانتی‌متر مربع در سانتی‌متر مکعب محاسبه شد. تراکم حجم ریشه از طریق تقسیم حجم ریشه در هر قطعه بر حجم کل آن قطعه بر حسب سانتی‌متر مکعب در سانتی‌متر مکعب محاسبه شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌ها، از نظر نرمال‌بودن توزیع، با آزمون Shapiro-Wilks همچنین، از نظر همگنی واریانس، با

1. Root mass
2. Root length density (RLD)
3. Root mass density (RMD)
4. Root surface area density (RSD)
5. Root volume density (RVD)

جدول ۲. تأثیر چراى متوسط بلندمدت بر متغیرهای مورفولوژیک ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و چگونگی توزیع ریشه آن در حجم خاک

متغیر مورفولوژیک ریشه		تیمار چرا		خطای معیار		متغیر توزیع ریشه		تیمار چرا		خطای معیار	
F	چراشده	چراشده	(SE)	F	در خاک	چراشده	چراشده	(SE)	F	چراشده	چراشده
۴٫۱	۰٫۲	۲٫۶a	۲٫۱a	۴٫۱	تراکم طول ریشه (cm/cm <sup>3</sup> )	۱۲۷۵٫۵a	†۱۰۳۱٫۳a	۱۲۰٫۴	۴٫۱	۲٫۶a	۲٫۱a
۱/۲	۰٫۰۷	۰٫۴a	۰٫۵a	۲٫۱	تراکم سطح ریشه (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	۲۱۱٫۹a	۲۶۴٫۱a	۳۶٫۴	۲٫۱	۰٫۴a	۰٫۵a
۳٫۰	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱a	۰٫۰۲a	۳٫۰	تراکم حجم ریشه (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	۷٫۲a	۸٫۹a	۴٫۳	۳٫۰	۰٫۰۱a	۰٫۰۲a
۱۲٫۹	۳٫۰	۱٫۲a	۱٫۹b	۱۵٫۲	تراکم وزن ریشه (mg/cm <sup>3</sup> )	۵۸۹٫۸a	۹۴۶٫۶b	۹۱٫۶	۱۵٫۲	۱٫۲a	۱٫۹b
				۰٫۲	قطر ریشه (mm)	۰٫۷a	۰٫۸a	۲٫۰	۰٫۲		

میانگین‌ها در هر ردیف با حروف کوچک متفاوت در سطح ۰٫۰۵ تفاوت معنی‌دار دارند.  
† نشان‌دهنده مقدار میانگین متغیر مربوطه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر است.

وزن ریشه در سایت چراشده به ترتیب ۶۲ درصد، ۴۹ درصد، و ۱۰۳ درصد بیش از مقادیر آن در سایت چراشده بود (جدول ۳).

قطر ریشه گونه *Brachiaria decumbens* در دو سایت چراشده با شدت متوسط در بلندمدت توسط گاو و سایت چراشده تفاوت نداشت ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲). در عمق میانی (۱۰-۲۰) و زیرین (۲۰-۳۰ سانتی متر) خاک قطر ریشه در سایت چراشده به ترتیب ۵۰ درصد و ۷۲ درصد بیش از آن مقادیر در سایت چراشده بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۳). اثر متقابل تیمار چرا و عمق خاک در این متغیر معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۳).

### بحث و نتیجه‌گیری

گندمیان دارای سیستم ریشه‌ای سطحی و گسترده‌اند که عمدتاً از ریشه‌های نابجا تشکیل شده‌اند. رشد ریشه گندمیان چندساله بسیار پویاست و حتی در زمان خواب اندام‌های هوایی ادامه می‌یابد [۴].

حجم ریشه و تراکم حجم ریشه در خاک تحت تأثیر چراى متوسط بلندمدت نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۲). فقط در عمق زیرین (۲۰-۳۰ سانتی‌متر) خاک حجم ریشه در سایت چراشده به طور معنی‌داری ( $P < 0.05$ ) بیش از سایت چراشده بود. با افزایش عمق حجم ریشه در واحد حجم خاک کاهش یافت (جدول ۳). اثر متقابل تیمار چرا و عمق خاک در این متغیر معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ) (جدول ۳).

چرای متوسط بلندمدت، عمق خاک، و اثر متقابل چرا و عمق خاک تأثیر معنی‌داری در وزن ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و تراکم وزن ریشه آن در واحد حجم خاک داشت ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲ و ۳). متوسط وزن ریشه در سایت چراشده ۶۰ درصد بیش از مقدار آن در سایت چراشده بود ( $P < 0.05$ ) (جدول ۲). در هر سه عمق خاک، وزن ریشه در سایت چراشده بیش از مقدار آن در سایت چراشده بود ( $P < 0.05$ ); به طوری که در عمق زیرین (۱۰-۲۰)، میانی (۲۰-۳۰)، و زیرین (۳۰-۴۰ سانتی‌متر) خاک

جدول ۳. تأثیر چرای متوسط بلندمدت در اعماق مختلف خاک و تأثیر متقابل تیمار چرا و عمق خاک در متغیرهای مورفولوژیک ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و چگونگی توزیع ریشه آن در واحد حجم خاک

تیمار × عمق		t	میانگین	متغیر توزیع ریشه در خاک	تیمار × عمق		t	میانگین	تیمار	عمق خاک (cm)	متغیر مورفولوژیک ریشه
P	F				P	F					
		-۱,۴۰	۳,۸a ۴,۵a				-۱,۹۴	۱۹۹۳,۳a ۲۲۷۰,۱a	چراشده چراشده	۱۰-۰	
۰,۰۶	۲,۹	-۳,۲۶	۱,۵a ۲,۲b	تراکم طول ریشه (cm,cm <sup>3</sup> )	۰,۰۶	۲,۸	-۳,۲۶	۷۷۰,۷a b۱۱۲۷,۲	چراشده چراشده	۲۰-۱۰	طول ریشه (cm)
		-۰,۴۶	۰,۷a ۰,۸a				-۰,۴۶	۳۸۳,۱a ۴۲۹,۹a	چراشده چراشده	۳۰-۲۰	
		-۰,۱۷	۱,۲a ۱,۲a				-۰,۱۷	۶۰۹,۵a ۵۵۱,۲a	چراشده چراشده	۱۰-۰	
۰,۰۵	۰,۴	۳,۱۰	۰,۲a ۰,۰۸b	تراکم سطح ریشه (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	۰,۰۵	۰,۴	۳,۱۴	۱۲۳,۸a ۳۹,۱b	چراشده چراشده	۲۰-۱۰	سطح ریشه (cm <sup>2</sup> )
		۱,۶۵	۰,۱a ۰,۰۸a				۱,۶۵	۵۹,۱a ۴۲,۴a	چراشده چراشده	۳۰-۲۰	
		۰,۱۱	۰,۰۴a ۰,۰۴a				۰,۱۱	۲۴,۱a ۲۰,۰a	چراشده چراشده	۱۰-۰	
۰,۰۷	۰,۱	-۰,۴۹	۰,۰۰۴a ۰,۰۰۳a	تراکم حجم ریشه (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	۰,۰۷	۰,۱	-۰,۶۷	۱,۹a ۱,۴a	چراشده چراشده	۲۰-۱۰	حجم ریشه (cm <sup>3</sup> )
		۳,۲۴	۰,۰۰۱a ۰,۰۰۱b				۳,۲۴	۰,۷a ۰,۳b	چراشده چراشده	۳۰-۲۰	
		۳,۱۰	۴,۴a ۲,۴b				۳,۵۱	۱۹۷۱,۸a ۱۲۱۹,۸b	چراشده چراشده	۱۰-۰	
۰,۰۱	۵,۶	۰,۸۱	۱,۳a ۰,۹b	تراکم وزن ریشه (mg/cm <sup>3</sup> )	۰,۰۱	۵,۶	۱,۶۸	۶۸۵,۱a ۴۶۰,۱b	چراشده چراشده	۲۰-۱۰	وزن ریشه (mg)
		۲,۴۹	۰,۶a ۰,۲b				۳,۴۴	۱۸۲,۵a ۹۰,۱b	چراشده چراشده	۳۰-۲۰	
							-۰,۲۵	۱,۳۹a ۱,۵۰a	چراشده چراشده	۱۰-۰	
					۰,۰۶	۰,۲	۳,۴۱	۰,۵۱a ۰,۳۴b	چراشده چراشده	۲۰-۱۰	قطر ریشه (mm)
							۷,۲۷	۰,۵۰a ۰,۲۹b	چراشده چراشده	۳۰-۲۰	

مقادیر میانگین در هر عمق معین خاک که با حروف کوچک متفاوت مشخص شده‌اند؛ در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار دارند.

متغیرهای مورفولوژیک ریشه به طور قابل توجهی بین گیاهان یک گونه و بین گونه های مختلف گیاهی در طول زمان فرق می کند [۷]. به علاوه، چرای دام ها، مرحله رشد گیاه، و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک هم در خصوصیات ریشه گیاهان اثر می گذارد [۳، ۱۳]. با توجه به نقش اساسی ریشه در بقای گیاه چه در شرایط عادی و چه در شرایط بحرانی، مانند قطع شدن اندام های هوایی، فهم و کمی سازی واکنش ریشه به تنش های وارد شده به اندام های هوایی گیاه توسط دام، انسان، و عوامل طبیعی، به ویژه در مراتع مناطق خشک- که رطوبت یا مواد غذایی عامل محدودکننده رشد گیاهان اند- بسیار مهم است.

در این مطالعه، متوسط طول، قطر، سطح، و حجم ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و متعاقباً تراکم آن ها در واحد حجم خاک در چراگاه تحت چرای متوسط بلندمدت توسط گاو و چراگاه حفاظت شده از چرا در بلندمدت تفاوت نداشت.

زمان و تکرار چرا تأثیری در طول ریشه گونه *Andropogon gerardii* نداشت [۱۷]، ولی قطر ریشه *Andropogon gerardii* با اجرای چرای مداوم کاهش یافت. قطر ریشه در دو عمق میانی و زیرین خاک در منطقه چراشده بیش از مقدار آن در منطقه چراننده بود. قطر و طول دو متغیر مورفولوژیکی ریشه اند که در جذب مواد غذایی اثر گذارند [۹]. قطر بزرگ تر ریشه در گیاهان چراشده می تواند با جذب مواد غذایی توسط گیاه مرتبط باشد. بیان شده است که ریشه های درشت و ضخیم (قطور) طول عمر بیشتر و قدرت جذب مواد غذایی زیادی دارند [۳]. داشتن طول عمر بیشتر و قدرت جذب زیاد در چراگاه تحت چرای دام بسیار حائز اهمیت است، چون در این چراگاه ها، به دلیل فشار وارده توسط دام ها، ریشه ها بیشتر در معرض نابودی اند. همچنین،

به دلیل تخلیه فضولات دام ها، خاک غنی از مواد غذایی است. به عبارت دیگر، خطر ازبین رفتن ریشه هایی با قطر کوچک و با انشعاب زیاد بیشتر است. در نتیجه، گیاهان تحت چرای دام به ریشه های قطور نیاز دارند تا بتوانند فشار چرای دام ها را تحمل کنند و توانایی بالایی در جذب ازت خاک و سایر عناصر داشته باشند. به نظر می رسد که گونه *Brachiaria decumbens* برای جذب حداکثر مواد غذایی از خاک، بیشتر به افزایش قطر ریشه ها تمایل دارد تا طول ریشه ها. به همین دلیل، در منطقه تحت چرای دام قطر ریشه بیشتر بود. در حالی که در منطقه چراننده طول ریشه بیشتر بود. چون، به دلیل کمبود مواد غذایی در خاک منطقه فاقد چرای دام، گیاه مجبور است برای یافتن مواد غذایی ریشه دوانی بیشتری انجام دهد و به طول ریشه بپردازد. به علاوه، قطر بزرگ تر ریشه ها در منطقه چراشده ممکن است با اثر ترد دام ها در خصوصیات فیزیکی خاک، مانند وزن مخصوص و مقاومت خاک، مرتبط باشد. بیان شده است که ریشه ها در واکنش به افزایش فشردگی خاک ضخیم تر می شوند [۱۲].

میانگین مساحت سطح ریشه در دو منطقه چراشده و چراننده مشابه بود که نتیجه مشابهی هم گزارش شده است [۱۲]. مشابه بودن میانگین طول و قطر ریشه در دو منطقه چراشده و چراننده می تواند یکسانی مساحت سطح ریشه در بین دو منطقه را توجیه کند، زیرا سطح ریشه تابعی از طول و قطر ریشه است. سطح ریشه در عمق میانی (۱۰-۲۰ سانتی متر) خاک منطقه چراشده ۲۱۷ درصد بیشتر از منطقه چراننده بود. در همین عمق، قطر ریشه در منطقه چراشده ۵۰ درصد بیش از آن در منطقه چراننده بود. در حالی که طول ریشه در این عمق در منطقه چراشده ۳۱ درصد کمتر از آن در منطقه چراننده بود. بنابراین، می توان گفت که در گونه



موجود در نمونه‌ها در زیادبودن وزن ریشه در چراگاه چراشده نمی‌تواند نادیده گرفته شود، چون فعالیت‌های چرای دام، از قبیل تردد در سطح مرتع و چرای اندام‌های سبز، مرگ ریشه گیاهان را تشدید می‌کند. بنابراین، احتمال وجود ریشه‌های مرده و غیرفعال در نمونه‌های حاصل از چراگاه تحت چرای دام بیشتر است. وزن ریشه در واحد حجم خاک با افزایش عمق خاک کاهش معنی‌داری داشت. در برزیل، مشاهده شد که وزن ریشه *Brachiaria brizantha* با افزایش عمق خاک کاهش یافت [۱۹]. گزارش شده است که وزن ریشه *Panicum maximum* در واحد حجم خاک با افزایش عمق خاک کاهش یافت [۸].

در اغلب گونه‌های گیاهی، با افزایش عمق خاک طول ریشه کاهش می‌یابد [۱۹]. در این مطالعه، ۶۰ درصد از تراکم طول ریشه گونه *Brachiaria decumbens* در لایه رویین خاک (۰-۱۰ سانتی‌متر) قرار داشت. گزارش شده است که ۸۰ درصد از تراکم طول ریشه *Lolium multiflorum* در ۱۰ سانتی‌متر لایه رویین خاک متمرکز می‌شود [۱۸]. تمرکز زیاد طول ریشه در خاک رویین، علاوه بر ماهیت طبیعی سیستم ریشه گندمیان، که دارای ریشه‌های سطحی‌اند، می‌تواند با تجمع زیاد مواد غذایی در خاک سطحی هم مرتبط باشد [۱۲].

چرای تناوبی گاو با شدت متوسط در بلندمدت تأثیر منفی در خصوصیات مورفولوژیک ریشه گونه *Brachiaria decumbens* و چگونگی توزیع ریشه آن در خاک نداشت. می‌توان نتیجه گرفت که سیستم چرای تناوبی با شدت متوسط از نظر واردنکردن خسارت به ریشه گیاه فوق در بلندمدت پایدار بوده و می‌تواند با اطمینان ادامه پیدا کند، چون پوشش گیاهی چراگاه عمدتاً متشکل از گونه مطالعه‌شده بود و حضور سایر گیاهان، از جمله گونه‌های مهاجم، ناچیز

*Brachiaria decumbens* قطر ریشه رابطه بیشتری با سطح ریشه دارد. ضریب همبستگی پیرسون سطح ریشه با طول و قطر ریشه به ترتیب ۸۰ و ۶۹ درصد بود.

به طور کلی، حجم ریشه گونه *Brachiaria decumbens* در منطقه چراشده ۲۳ درصد بیشتر از حجم ریشه آن در منطقه چراننده بود (جدول ۲). به علاوه، حجم ریشه در عمق زیرین (۲۰-۳۰ سانتی‌متر) خاک در سایت چراشده ۱۳۳ درصد بیش از مقدار آن در این عمق در سایت چراننده بود. باید گفت حجم ریشه تابعی از طول و قطر ریشه است. بیان شده است که احتمالاً طول ریشه عامل اصلی و مؤثر در حجم ریشه گندمیان است [۱۱]. برعکس، گزارش شده است که قطر ریشه متغیر مؤثرتری در حجم ریشه گونه *Andropogon gerardii* است [۱۷]. نتایج این مطالعه با یافته‌های محقق دوم مشابهت دارد. بدین معنا که حجم ریشه گونه *Brachiaria decumbens* با قطر ریشه آن همبستگی بیشتری داشت تا با طول ریشه آن. ضریب همبستگی پیرسون بین حجم ریشه با طول و قطر ریشه این گونه به ترتیب ۵۱ و ۹۵ درصد بود. بنابراین، در چراگاه‌های *Brachiaria decumbens* با قطر ریشه بزرگ‌تر حجم ریشه بیشتر را می‌توان انتظار داشت.

وزن کل ریشه در منطقه تحت چرای متوسط بلندمدت و منطقه چراننده در بلندمدت به ترتیب ۳۵۵ و ۲۲۱ کیلوگرم در هکتار بود. زیادبودن وزن ریشه در خاک چراگاه تحت چرای متوسط سایر محققان هم گزارش شده است [۱۵، ۲۱]. وزن زیاد ریشه در منطقه چراشده احتمالاً به دلیل تنش ناشی از فعالیت‌های چرای دام است که باعث افزایش رشد ریشه و وزن آن می‌شود. اگرچه در شرایط اقلیم استوایی مرطوب ریشه‌های مرده و غیرفعال به سرعت پوسیده و تجزیه می‌شوند، نقش ریشه‌های مرده

گیاهان ممکن است به دلیل وجود ریشه‌های مرده و غیرفعال در نمونه‌ها و همچنین نقش خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در کارکرد متفاوت ریشه برای جذب عناصر، به طور دقیق، قابل تفسیر نباشد. با توجه به وجود مراتع نسبتاً وسیع در مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب ایران، تحقیقات مشابهی می‌تواند در خصوص تأثیر عملیات مدیریتی و شدت‌های مختلف چرای دام در خصوصیات ریشه‌گونه‌های گیاهی کلید و غالب انجام شود.

بود. همچنین، خصوصیات توپوگرافی و خاک در هر دو سایت چراشده و نشده مشابه بود. بنابراین، هر گونه تغییر در خصوصیات موفولوژیک ریشه کاملاً مربوط به واکنش ریشه *Brachiaria decumbens* به چرای دام است. لازم است تأکید شود که نتایج حاصل از این تحقیق فقط بیان‌کننده چگونگی حضور ریشه در خاک است و به کارکرد و توانایی ریشه‌ها در ایفای نقش ارتباطی ندارد. نکته دیگر آن است که نتایج ارزیابی تأثیر چرای دام در خصوصیات ریشه

## References

- [1] Arredondo, J.T. and Johnson, D.A. (1998). Clipping effects on root architecture and morphology of three range grasses. *Journal of Range Management*, 51, 207-214.
- [2] Arredondo, J.T. and Johnson, D.A. (1999). Root architecture and biomass allocation of three range grasses in response to non-uniform supply of nutrients and shoot defoliation. *New Phytologist*, 143, 373-385.
- [3] Arredondo, J.T. and Johnson, D.A. (2009). Root responses to short-lived pulses of soil nutrients and shoot defoliation in seedlings of three rangeland grasses. *Rangeland Ecology and Management*, 62, 470-479.
- [4] Beyrouy, C.A., West, C.P. and Gbur, E.E. (1990). Root development of bermudagrass and tall fescue as affected by cutting interval and growth regulators. *Plant and Soil*, 127, 23-30.
- [5] Bilotta, G.S., Brazier, R.E. and Haygarth, P.M. (2007). The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in Agronomy*, 94, 237-280.
- [6] Chen, Y., Lee, P., Lee, G., Mariko, S. and Oikawa, T. (2006). Simulating root responses to grazing of a Mongolian grassland ecosystem. *Plant Ecology*, 183, 265-275.
- [7] Dawson, L.A., Grayston, S.J. and Paterson, E. (2000). Effects of grazing on the roots and rhizosphere of grasses. 61-84. In: *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, CABI Publishing, New York.
- [8] Delgado, G.H.J., Avilez, L.R. and Vera, J.K. (2004). Root density in *Panicum maximum* cv. Tanzania monoculture and in a mixture with *Leucaena leucocephala* with different densities in Mexico. *20th International Grassland Congress*, Dublin, Ireland, p.129.
- [9] Derner, J.D. and Briske, D.D. (1999). Does a tradeoff exist between morphological and physiological root plasticity? A comparison of grass growth forms. *Acta Oecology*, 20, 519-526.
- [10] Deutsch, E.S., Bork, E.W. and Willms, W.D. (2010). Soil moisture and plant growth responses to litter and defoliation impacts in parkland grasslands. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 135, 1-9.
- [11] Engel, R.K., Nichols, J.T., Dodd J.L. and Brummer, J.E. (1998). Root and shoot responses of sand bluestem to defoliation. *Journal of Range Management*, 51, 42-46.
- [12] Greenwood, K.L. and Hutchinson, K.J. (1998). Root characteristics of temperate pasture in New South Wales after grazing at three stocking rates for 30 years. *Grass and Forage Science*, 53, 120-128.

- [13] Hendrickson, J. and Olson, B. (2006). Understanding plant response to grazing. 32-39. In: Launchbaugh, K. (ed.), *Targeted grazing: A natural approach to vegetation management and landscape enhancement*. American Sheep Industry Association, Denver, Colorado.
- [14] Lodge, G.M. and Murphy, S.R. (2006). Root depth of native and sown perennial grass-based pastures, North-West Slopes, New South Wales. 1. Estimates from cores and effects of grazing treatments. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45, 337-345.
- [15] Milchunas, D.G. and Lauenroth, W.K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecology Monograph*, 63, 327-366.
- [16] Miles, J.W., Maass, M.L. and Do Valle, C.B. (1996). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and improvement*. CIAT publication. No. 259, Colombia.
- [17] Mousel, E.M., Schacht, W.H., Zanner, C.W. and Moser, L.E. (2005). Effects of summer grazing strategies on organic reserves and root characteristics of big bluestem. *Crop Science*, 45, 2008-2014.
- [18] Oliveira, M.R.G., Van Noordwijk, M. and Gaze, S.R. (2000). Auger sampling, ingrowth cores and pinboard methods. In Smit, A.L. et al. (ed.) *Root methods*. Springer-Verlag, Berlin.
- [19] Piccolo, M.C. and Augusti, K.C. (2004). Root systems in tropical pasture restoration treatments in Rondonia, Brazil. *20th International Grassland Congress*, Dublin, Ireland, p. 187.
- [20] Richards, J.H. (1984). Root growth response to defoliation in two *Agropyron* bunchgrasses: Field observations with an improved periscope. *Oecologia*, 64, 21-25.
- [21] Van der Maarel, E. and Titlyanova, A. (1989). Above-ground and below-ground biomass relations in steppes under different grazing intensities. *Oikos: Journal of Ecology*, 56, 364-370.