نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال یازدهم، شماره ۴۳، پاییز ۱۳۹۵ / صفحات: ۲۴-۱۲

مطالعه پویایی عناصر غذایی اصلی گونه *Bromus tomentellus* Bornm طی روند تجزیه لاشبرگ

زینب جعفریان*[۱]، زهرا یوسفی[۱]، محمد حجتی[۱]، محمد طیبی[۲]

[۱]دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی ساری، ایران

[۲]ایستگاه آموزشی و پژوهشی حسین‌آباد فارس، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۹/۱۳

چکیده

از آنجایی که گونه *Bromus tomentellus* یکی از مهمترین گونه‌های اکوسیستم‌های طبیعی از نظر کیفیت و کمیت در کشور ایران می‌باشد در تحقیق حاضر سعی شده تا با بررسی پویایی عناصر غذایی و سرعت تجزیه پذیری برگ و ساقه این گونه در مدت زمان یک سال، به شناخت روند تجزیه آن پرداخته شود. در این مطالعه از تکنیک کیسه لاشبرگ با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و با منافذ ۲ میلی‌متر استفاده شد. هر کیسه با حدود ۵ گرم نمونه گیاه خشک شده پر گردید. مجموعا ٥٤ کیسه با تیمارهای برگ، ساقه و ترکیب برگ و ساقه در سه تکرار در ایستگاه آموزشی پژوهشی حسین آباد شیراز جایگذاری گردید. برداشت کیسه‌ها در فواصل زمانی ٦٠ روز (٦ بار در سال) انجام گردید. پس از هر برداشت مقدار عناصر غذایی نیتروژن، کربن، پتاسیم، فسفر و نسبت کربن به نیتروژن در برگ، ساقه و ترکیب برگ و ساقه گونه مذکور اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که در پایان آزمایش درصد نیتروژن در برگ برابر ۱/۰۲ بوده که نسبت به نیزوژن ساقه به مقدار ۰/٦٥ و ترکیب برگ و ساقه به مقدار ۰/۳٤، بیشتر بود. همچنین در این تحقیق مشخص گردید ثابت تجزیه سالانه برگ، ساقه و ترکیب برگ و ساقه این گونه به‌ترتیب برابر ۱/۲۲، ۰/۹٥ و ۱/۰۸ است.

واژه‌های کلیدی: کیسه لاشبرگ، عناصر غذایی اصلی، نسبت C/N، نرخ تجزیه، *Bromus tomentellus*

مقدمه

در یک اکوسیستم طبیعی، لاشبرگ نقش عمده‌ای در افزودن مواد آلی به خاک ایفا می‌کند. آزادسازی مواد غذایی از لاشبرگ‌های در حال تجزیه، مسیر مهمی از جریان مواد در اکوسیستم‌های طبیعی است که قابلیت دسترسی برای جذب توسط گیاه و یا خروج از اکوسیستم را کنترل کرده و نهایتاً حاصلخیزی رویشگاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Blair, 1988). نرخ تجزیه لاشبرگ با ترکیب شیمیایی (کیفیت) لاشبرگ تعیین می‌شود که تا حد زیادی تابع خصوصیات ترکیبات کربن در لاشبرگ است. مشخصه‌هایی که ترکیبی از کربن و مقدار عناصر غذایی است، مثل نیتروژن: کربن، نیتروژن: لیگنین و فسفر: کربن اغلب در ارتباط منفی با نرخ اولیه تجزیه است (Moore et al., 1999). استفاده از گونه‌هایی که کیفیت لاشبرگ آنها بالا است باعث می‌گردد که شاخص‌های کیفیت خاک از جمله میزان و سرعت تجزیه مواد آلی، بیوماس میکروبی، پتانسیل معدنی شدن نیتروژن خاک و گردش عناصر در دراز مدت بهبود یابد (Alexander, 1977). Jafari و Rahimzadeh (۲۰۰٥) در بررسی ارتباط کیفیت

*نویسنده مسئول: z.jafarian@sanru.ac.ir

لاشبرگ و اندام هوایی در چهار گونه گیاهی *Agropyron intermedium*، *Bromus tomentellus*، *Eurotia ceratoides* و *Kochia prostrate*، در منطقه همند آبسرد واقع در ٦٥ کیلومتری تهران، بیان نمودند که از لحاظ کمی در اندام هوایی، میزان کربن و نسبت C/N در گونه *A. intermedium* و میزان فسفر، پتاسیم و نیتروژن در گونه *K.prostrate* نسبت به گونه‌های دیگر بیشتر بود. Raies (۱۹۹۸) دو گونه *Quercus cerris* و *Quercus pubescens* را از نظر کیفیت لاشبرگ بررسی کرد و نتیجه گرفت که میزان N، C و نسبت C/N در گونه *Quercus cerris* به‌ترتیب ۵۵/۹، ۰/۷٤ درصد و ۷٦ و همچنین در گونه *Quercus pubescens* ۵۲/۷، ۰/۸۱ درصد و ٦٥ بوده است. Jafari و Rahimzadeh (۲۰۰۵) نیز پژوهشی با هدف مقایسه کیفیت لاشبرگ و اندام‌های هوایی از نظر مقدار کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سه گونه *Stipa barbata*، *Bromus tomentellus* و *Agropyron intermedium* در منطقه طالقان انجام دادند. نتایج بدست آمده حاکی از این بود که از لحاظ کمی در اندام‌های هوایی *A. intermedium* مقادیر کربن، فسفر، نیتروژن و نسبت C/N و در لاشبرگ *B. tomentellus* درصد کربن، پتاسیم و نسبت C/N از دو گونه دیگر بیشتر بود. ولی در کل گونه *S. barbata* از لحاظ کیفیت لاشبرگ و اندام‌های هوایی از وضعیت بهتری برخوردار بود. Saberi (۲۰۱۰) طی مطالعه‌ای که به منظور مقایسه میزان عناصر معدنی موجود در اندام هوایی، لاشبرگ و خاک سه گونه *Bromus tomentellus*، *Psathyrostachys fragilis*، *Agropyron tauri* در منطقه‌ی طالقان انجام داد، اظهار داشت بیشترین میزان نیتروژن را گونه *A.tauri* و بیشترین مقدار کربن و نسبت C/N را گونه *B. tomentellus* به خود اختصاص داد. همچنین از نظر مقایسه عناصر غذایی در اندام‌های هوایی این گونه‌ها، بیشترین میزان نیتروژن را گونه *P.fragilis* و بیشترین مقدار فسفر و کربن را گونه‌های *B. tomentellus* و *P. fragilis* دارا بودند. در کل گونه *A. tauri* از لحاظ کیفیت لاشبرگ، سرعت تجزیه‌پذیری و اثرات آن بر خاک از شرایط بهتری نسبت به دو گونه دیگر برخوردار بود. همچنین Hockin و Fraser (۲۰۱۳) طی تحقیق در منطقه نیمه خشکی در کانادا بر روی نرخ تجزیه دو گونه گراس *Pseudoroegneria spicata (Pursh)* و *Calamagrostis rubescens* دریافتند که با وجود تفاوت در مقدار نیتروژن و نسبت C/N در هر دو گونه، نرخ تجزیه مشابه بود. نرخ تجزیه در فصل بهار که میزان بارندگی و رطوبت بالاتر بود، در مقایسه با فصل تابستان بیشتر بود. در این راستا این محققان بیان کردند که رطوبت به عنوان عامل کلیدی کنترل‌کننده نرخ تجزیه در اکوسیستم‌های خشک می‌باشد.

از آنجایی که کیفیت خاک تحت تأثیر نوع عناصری که در روند تجزیه گونه‌های گیاهی به خاک اضافه می‌شوند، قرار دارد لذا بررسی تغییرات عناصر موجود در گونه‌های مرتعی مهم چه از نظر ارزش غذایی برای دام‌های چراکننده و گونه‌هایی که در حفاظت آب و خاک نقش موثری دارند یا گیاهان دارویی و صنعتی در روند تجزیه، می‌تواند نقش مهمی در معرفی گونه‌های گیاهی مناسب جهت اصلاح و احیاء اکوسیستم‌های طبیعی نقش مهمی ایفاء کند. در راستای این هدف در این تحقیق سعی شده تا تغییرات مقدار عناصر غذایی نیتروژن، کربن، پتاسیم، فسفر و نسبت کربن به نیتروژن در برگ، ساقه و حالت ترکیبی برگ و ساقه لاشبرگ گونه *Bromus tomentellus* که گونه مهمی از نظر ارزش غذایی و حفاظتی محسوب می‌شود، در طول یک سال بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه شده: تحقیق حاضر در ایستگاه آموزشی- پژوهشی حسین‌آباد که قرق بوده و در ۲۵ کیلومتری غرب شیراز-کازرون قرار دارد انجام شد. محدوده جغرافیایی منطقه ۱۵ ۱۳ ˚۵۲ تا ۱۵ ۱۵ ˚۵۲ طول جغرافیایی و ۳۵ ۳۶ ˚۲۹ تا ۴۰ ۳۷ ˚۲۹ عرض جغرافیایی است. حداقل ارتفاع ایستگاه ۱۹۴۳ و حداکثر ارتفاع آن ۲۰۱۲ متر بالاتر از سطح دریا است. درصد پوشش گیاهی ۳۹٪ ،میانگین بارندگی منطقه ۳۶۵ میلی‌متر و دارای میانگین حداکثر دمای ۳۸/۱ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دمای ۱۰/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

روش تحقیق

لاشبرگ تازه ریخته شده گونه *Bromus tomentellus* (شامل برگ و ساقه) در تابستان، به صورت تصادفی و دستی از کف منطقه جمع‌آوری شد. در این مطالعه از تکنیک کیسه لاشبرگ (Jacob et al., 2010) استفاده شد (ورقه‌های توری آلومینیومی با منافذ ۲ میلی‌متری خریداری و از آنها کیسه‌هایی با ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر ساخته شد). سه تیمار لاشبرگ برگ بروموس، ساقه بروموس، ترکیب برگ و ساقه بروموس با سه تکرار در نظر گرفته شد. هر کیسه با حدود ۵ گرم نمونه لاشبرگ خشک شده، پر گردید. برداشت کیسه‌ها در فواصل زمانی ۶۰ روز (۱۵ مهر)، ۱۲۰ روز (۱۵ آذر)، ۱۸۰ روز (۱۵ بهمن)، ۲۴۰ روز (۱۵ فروردین)، ۳۰۰ روز (۱۵ خرداد) و ۳۶۰ روز (۱۵ مرداد) از زمان شروع نصب در عرصه انجام گرفت. با احتساب ۶ بار برداشت در طول سال (AsghariSorkhi, 2013)، مجموعا ۵۴ کیسه لاشبرگ نصب گردید به این صورت که لایه آلی سطح خاک کنار زده شد و کیسه‌ها با میخ‌های ۱۰ سانتی‌متری روی خاک کوبیده شدند تا از جابجایی آنها جلوگیری شود. از هر تیمار یک نمونه بعنوان شاهد تهیه و عناصر غذایی نیتروژن، کربن، پتاسیم، فسفر و نسبت کربن به نیتروژن اندازه‌گیری مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

پس از برداشت و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، در هر بار برداشت عناصر غذایی مذکور اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری نیتروژن به روش کجلدال (ZarrinKafsh, 2002)، کربن به روش سوزاندن در کوره، فسفر به روش اسپکتروفوتومتری (Ghazanshahi, 2000) و پتاسیم به روش شعله سنجی و با استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال و اندازه‌گیری توسط فلم فوتومتر (ZarrinKafsh, 2002) انجام شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از ANOVA و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در نرم افزار SPSS و نمایش تغییرات زمانی داده‌ها با رسم نمودارها در نرم افزار Sigma Plot انجام شد.

اندازه‌گیری نرخ تجزیه لاشبرگ: برای به دست آوردن نرخ تجزیه از فرمول زیر استفاده شد (Berg and McClaugherty, 2008):

$$M_t = M_0 e^{-kt} \qquad k = \frac{-\ln\left(\frac{M_t}{M_0}\right)}{t}$$

M_0: وزن اولیه لاشبرگ، M_t: وزن باقیمانده لاشبرگ بعد از زمان t، K: نرخ تجزیه و t: زمان جمع‌آوری لاشبرگ از عرصه (به روز، ماه، سال)

نرخ تجزیه منعکس می‌کند که مواد مختلف تا چه حد در بیوسنتز میکروبی نقش دارند. موادی که به سرعت تجزیه می‌شوند و K بالایی دارند، بیوسنتز میکروبی بالاتری را امکان‌پذیر می‌کنند، درحالی‌که موادی که انرژی کمی برای رشد و حفظ جوامع میکروبی فراهم می‌کنند مقدار K کمتری دارند (Barnez et al., 1998).

محاسبه میزان آزادسازی عناصر غذایی: میزن آزادسازی عناصر غذایی از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R\% = \frac{(WoCo - WtCt)}{WoCo} \times 100$$

R(٪): میزان آزادسازی عناصر غذایی، W_0: وزن خشک اولیه، W_t: وزن خشک باقی‌مانده، C_0: غلظت عناصر غذایی (mg/g) در لاشبرگ اولیه، C_t: غلظت عناصر غذایی (mg/g) بعد از جمع‌آوری (Guo and Sims, 1999).

نتایج

مقایسه مقدار عناصر غذایی در اندام‌های گیاهی

گونه *Bromus tomentellus* در آغاز آزمایش: نتایج حاصل از بررسی مقدار عناصر غذایی اندام‌های این گیاه نشان داد که مقدار اولیه همه عناصر در برگ، ساقه و حالت ترکیبی دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۵٪ بودند. مقدار عناصر کربن، پتاسیم و نسبت C/N در ساقه به ترتیب ۵۲/۲۶، ۱/۳۷ و ۱۸۰/۶۸ بوده و بیشتر از مقدار آنها در برگ و برگ و ساقه آمیخته بود. از طرفی مقدار عناصر نیتروژن و فسفر در برگ به ترتیب معادل ۰/٦٤ و ۰/۱۷ بوده و بیشتر از دو تیمار دیگر بود، جدول (۱و۲).

جدول ۱: تجزیه واریانس برای مقایسه ترکیب شیمیایی اولیه اندام های گیاهی گونه *Bromus tomentellus*

ترکیبات شیمیایی	درجه آزادی	F
کربن	۲	۳٤/۷ **
نیتروژن	۲	٤/۵۵*
فسفر	۲	۱۲/۷۵ **
پتاسیم	۲	۹/۵۵ **
کربن به نیتروژن	۲	۱۲/۳۸ **

** و * وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪

جدول ۲: مقایسه ترکیب شیمیایی اولیه اندام‌های گیاهی گونه *Bromus tomentellus*

نوع لاشبرگ	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	C/N
برگ	٤۷/۳۰±۰/۱۱ ^{c}	۰/٦٤±۰/۰۰۳^{a}	۰/۱۷±۰/۰۰۳^{a}	۰/۹۵±۰/۰۲^{b}	۷۳/۹۱±۰/۱۷^{c}
ساقه	۵۲/۲٦±۰/۱٦^{a}	۰/۲۹±۰/۰۱^{c}	۰/۱۳±۰/۰۰۵^{b}	۱/۳۷±۰/۱۷^{a}	۱۸۰/٦۸±۷/۵^{a}
برگ و ساقه آمیخته	٤۹/٦۲±۰/۳۷^{b}	۰/٤۳±۰/۰۱^{b}	۰/۱٦±۰/۰۰۷^{a}	۱/۲٤±۰/۰۵^{ab}	۱۱۵/٤۱±۰/۸۷^{b}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن است.

مقایسه مقدار عناصر غذایی اندام‌های گیاهی گونه *Bromus tomentellus* در آخرین زمان برداشت: بعد از گذشت یک سال از انکوباسیون، مقدار کربن، پتاسیم و نسبت C/N در برگ، ساقه، برگ و ساقه‌ی آمیخته گیاه بروموس کاهش یافت. درصد نیتروژن و فسفر در برگ، ساقه، ترکیب برگ و ساقه افزایش یافت. درصد کربن در ساقه این گیاه بالاتر بود که با درصد کربن برگ اختلاف معنی‌دار داشت، همچنین نسبت C/N در ساقه بیشتر بود بطوریکه بین برگ و ترکیب برگ و ساقه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. درصد نیتروژن در برگ بروموس دارای بیشترین مقدار بوده که با ساقه و حالت آمیخته دارای اختلاف معنی‌دار بود. مقدار فسفر و پتاسیم در برگ بروموس و حالت آمیخته این گونه در مقایسه با ساقه بیشتر و دارای اختلاف معنی‌دار با ساقه بودند (جدول ۳ و ٤).

جدول ۳: تجزیه واریانس برای مقایسه ترکیب شیمیایی آخرین زمان برداشت اندام های گیاهی گونه *Bromus tomentellus*

ترکیبات شیمیایی	درجه آزادی	F
کربن	۲	٦/٦۳*
نیتروژن	۲	٥/٤٠*
فسفر	۲	۲۹**
پتاسیم	۲	٤/۷٦*
کربن به نیتروژن	۲	٦/۲۹*

** و * وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ و ٥ درصد

جدول ٤: مقایسه ترکیب شیمیایی اندام‌های گیاه *Bromus tomentellus* در آخرین زمان برداشت

نوع لاشبرگ	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	C/N
برگ	۳۰/۲۳±۳/۲٤^{b}	۱/۰۲±۰/۰۰۸^{a}	۰/۱۰±۰/۰۱۱^{a}	۰/۱۳±۰/۰۱^{a}	۲۹/٦۲±٤/۰۲^{c}
ساقه	٤۹/۹٦±۰/۳٥^{a}	۰/۳٤±۰/۰۰۸^{c}	۰/۰۹±۰/۰۰۲^{a}	۰/۰٦±۰/۰۰۳^{b}	۱٤۹/۱۳±٤/۰۸^{a}
برگ و ساقه آمیخته	٤۲/۲۱±۰/۸٥^{a}	۰/٦٥±۰/۰۰۸^{b}	۰/۱۰±۰/۰۰۱^{a}	۰/۱۰±۰/۰۰۹^{a}	٦٤/۹۲±۲/۱۹^{b}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن است.

مقایسه کاهش وزن اندام‌های مورد بررسی گیاه *Bromus tomentellus*: در طول مدت انکوباسیون، کاهش وزن برگ بروموس نسبت به ساقه و حالت آمیخته بیشتر بوده و در روز ٦۰ و ۲٤۰ با حالت‌های دیگر دارای اختلاف معنی‌دار نشان داد (جدول٥).

جدول ٥: مقایسه کاهش وزن اندام‌های گیاهی گونه *Bromus tomentellus* در دوره‌های زمانی مختلف

اندام گیاهی	میانگین کاهش وزن (درصد)					
	٦۰ روز	۱۲۰ روز	۱۸۰ روز	۲٤۰ روز	۳۰۰ روز	۳٦۰ روز
ساقه	۲/۳±۰/۷۳^{b}	۱۱±۰/۳^{a}	۱۱/۷±۰/٤٦^{a}	۱۷/٤±۲/۸^{a}	۱۹/۱±۱/۸^{a}	۲۳/۳±۰/۷۲^{a}
برگ	۱۱/۷±۳/۱^{a}	۱۱/۹±۲/۷^{a}	۱۳/٦±۲/۷^{a}	۲۲/٦±۳/۷^{b}	۲٥/۹±٤/۳٥^{a}	۲۸/۳±۱/۸^{a}
برگ و ساقه‌ی آمیخته	٦/۱±۱/۲^{b}	۱۰/٤±۳/٦^{a}	۱٥/۱±۳^{a}	۱۷±۲/٦ ^{a}	۱۸/٦±۱/۷^{a}	۲٥/۳±۲/٤^{a}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در هر ستون با استفاده از آزمون دانکن است.

جدول ٦: ثابت تجزیه سالانه اندام‌های گیاهی *Bromus tomentellus*

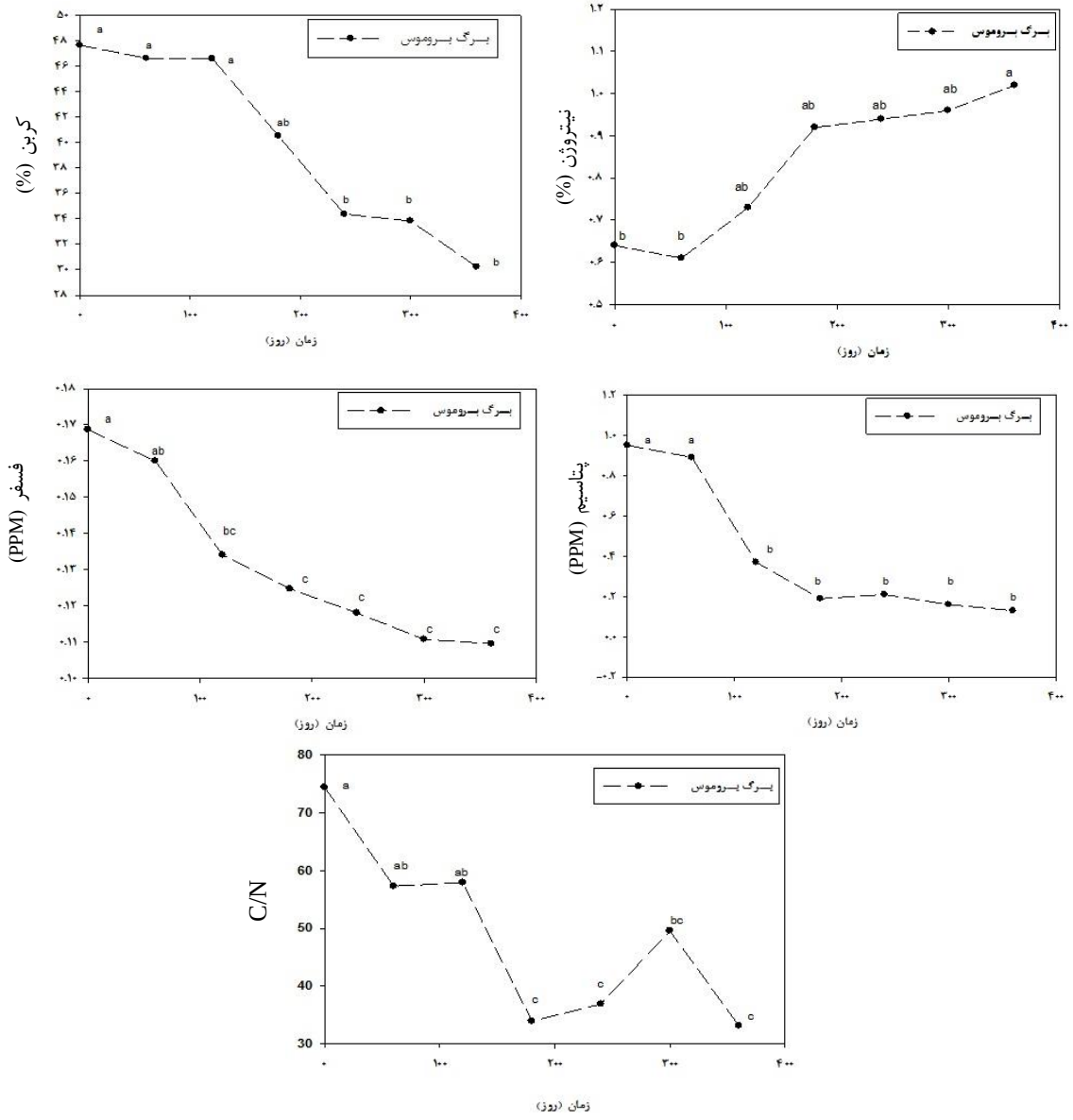
اندام‌های گیاهی	K
برگ بروموس	۱/۲۲^{a}
ساقه بروموس	۰/۹٥^{a}
برگ و ساقه آمیخته بروموس	۱/۰۸^{a}

حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است.

نرخ تجزیه (k) سالانه: نتایج موجود در جدول (٦) نشان می‌دهد که برگ بروموس در مقایسه با ساقه و حالت ترکیبی ثابت تجزیه سالانه بیشتری دارد اما سه ثابت تجزیه تفاوت آماری معنی‌دار نداشتند.

پویایی ترکیبات شیمیایی لاشبرگ برگ *Bromus tomentellus*: پویایی کربن روند کاهشی را نشان داد. نیتروژن در ابتدای دوره کاهش و سپس تا پایان دوره با گذشت زمان افزایش یافت، این افزایش تا روز ۳۰۰ معنی‌دار نبود. پویایی فسفر نیز روند کاهشی را نشان داد که این کاهش از روز ۱۸۰ تا پایان دوره نیز معنی-دار نبود. پتاسیم تا روز ۱۸۰ کاهش معنی‌داری را نشان

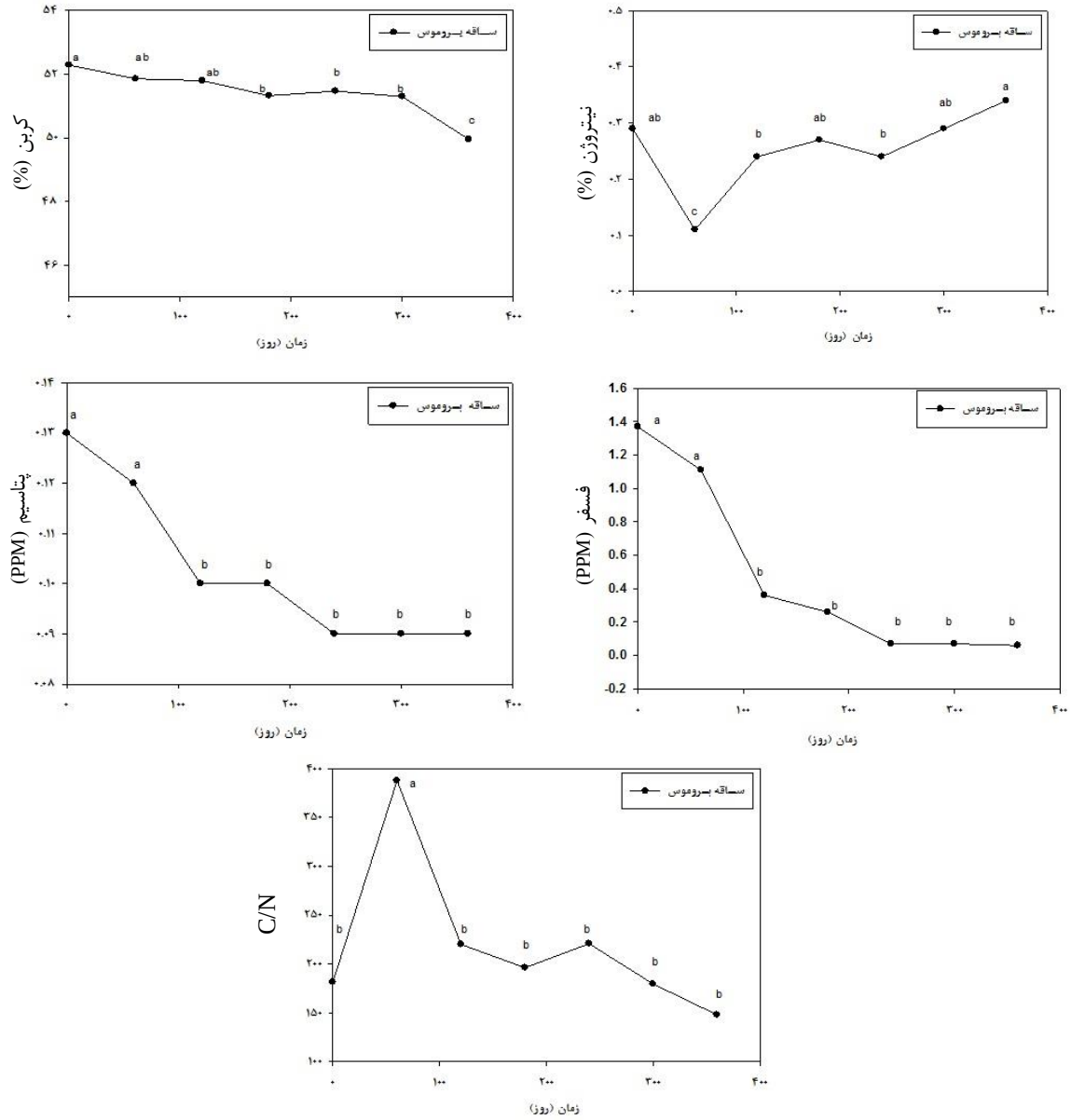
داد و بعد از آن تا پایان دوره کاهش، معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نسبت کربن به نیتروژن روند کاهشی را نشان داد که این کاهش در روز ۱۲۰ تا ۱۸۰ معنی‌دار بود. بعد از آن تا روز ۳۰۰ روند افزایشی داشته که معنی‌دار نبوده و سپس کاهش یافت شکل (۱)، ($p\leq$۰/۰۵).



شکل ۱: پویایی کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و نسبت C/N در برگ *Bromus tomentellus* در طول مدت زمان انکوباسیون (حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در هر دوره زمانی می‌باشد).

پویایی ترکیبات شیمیایی لاشبرگ ساقه *Bromus tomentellus*. پویایی کربن در مجموع روند کاهشی داشته است و تنها بین زمان انکوباسیون و آخرین زمان برداشت (روز ۳۶۰) اختلاف معنی‌دار بود. مقدار نیتروژن در اولین دوره از انکوباسیون کاهش یافت که این کاهش با سایر زمان‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. فسفر تا روز ۲۴۰ روند کاهشی داشت و بعد از آن تا پایان دوره مقدار آن ثابت شد. پویایی پتاسیم روند کاهشی داشت که این کاهش از روز ۶۰ تا پایان دوره معنی‌دار نبود. نسبت کربن به نیتروژن از زمان

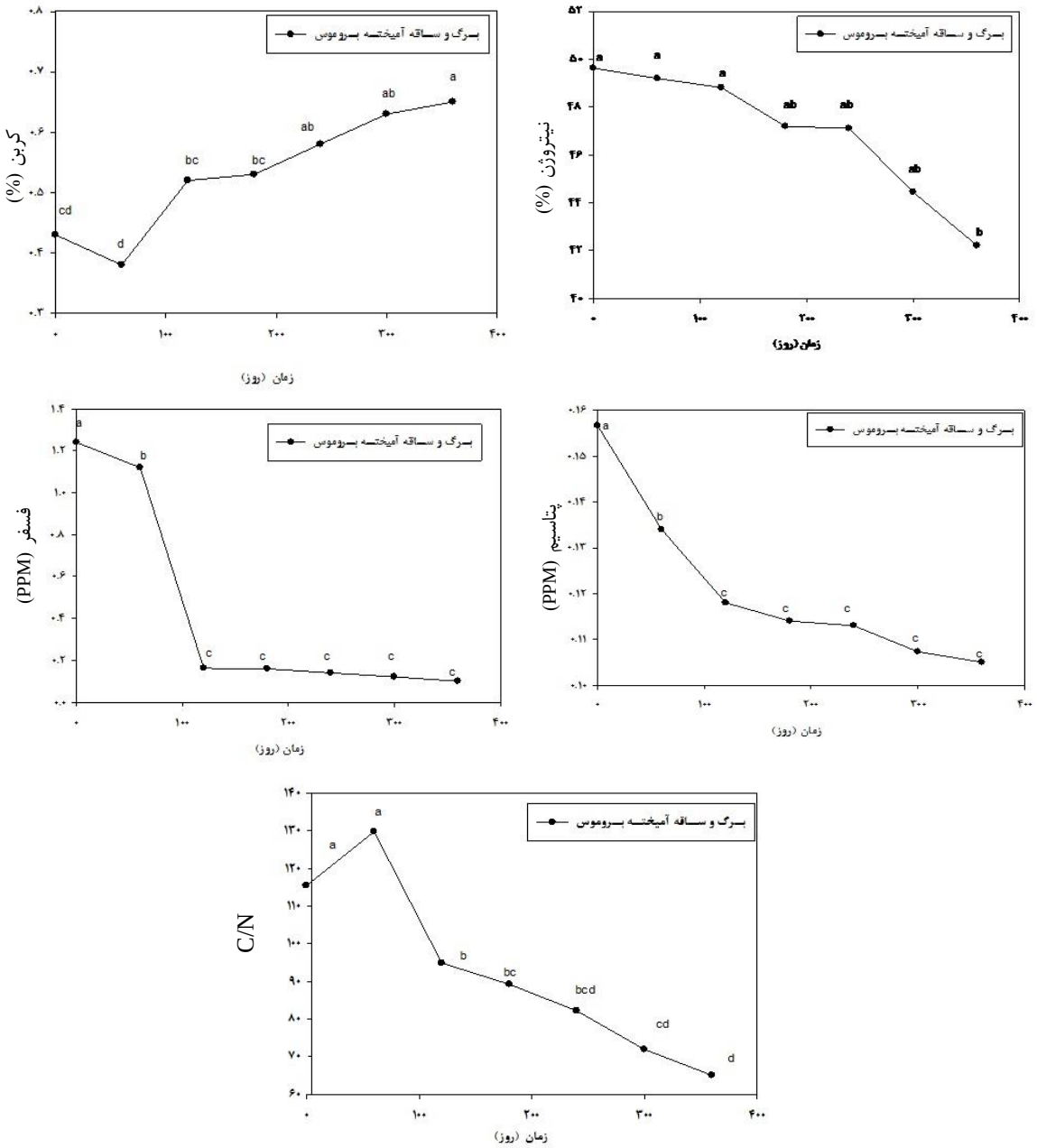
انکوباسیون تا روز ٦٠ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بعد از آن تا پایان دوره کاهش یافت که این کاهش تنها با روز ٦٠ دارای اختلاف معنی‌دار بود شکل (٢)، ($p>٠/٠٥$).



شکل ٢: پویایی کربن، نیتروژن، پتاسیم، فسفر و نسبت C/N در ساقه *Bromus tomentellus* در طول مدت زمان انکوباسیون (حروف مشابه بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در هر دوره زمانی می‌باشد).

پویایی ترکیبات شیمیایی لاشبرگ *Bromus tomentellus* در حالت ترکیبی: در این تحقیق پویایی کربن روند کاهشی داشت. پویایی نیتروژن تا روز ٦٠ کاهش و بعد از آن تا پایان دوره روند صعودی را طی نمود. در این راستا اختلاف بین روز ٦٠ و ١٢٠ معنی‌دار بود. همچنین پویایی فسفر روند کاهشی ولی این کاهش از روز ١٢٠ به بعد معنی‌دار نبود. پویایی پتاسیم نیز روند کاهشی را طی نمود که

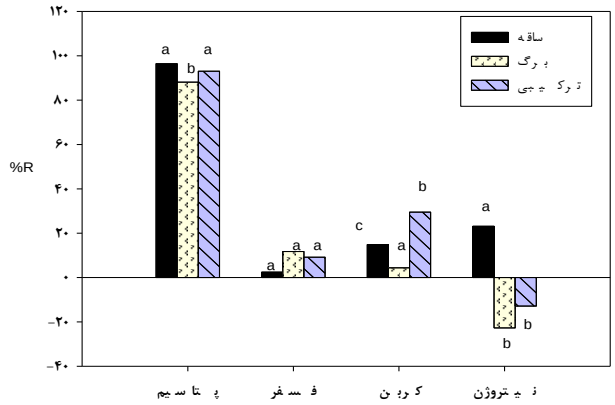
این کاهش از روز ۱۲۰ تا پایان دوره معنی‌دار نبود. از سوی دیگرنسبت کربن به نیتروژن در روز ۶۰ افزایش یافت که این افزایش معنی‌دار نبود و بعد از آن تا پایان دوره افزایش داشت. در این رابطه بین روز ۶۰ با روز ۱۲۰ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (شکل۳)، ($p\leq ۰/۰۵$).



شکل ۳: پویایی کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم و نسبت C/N در برگ و ساقه آمیخته *Bromus tomentellus* در طول مدت زمان انکوباسیون (حروف یکسان بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار در هر دوره زمانی می‌باشد).

آزادسازی عناصر غذایی و ارتباط آن با کاهش وزن لاشبرگ در آخرین زمان برداشت: درصد آزادسازی پتاسیم در اندام‌های گیاهی بروموس در مقایسه با سه عنصر دیگر بیشتر بود. نیتروژن در

برگ و حالت ترکیبی تثبیت شده، درحالی‌که در ساقه آزاد گشته و از این حیث تفاوت معناداری در آن‌ها مشاهده شد. کربن و فسفر در هر سه حالت آزاد گشتند و اختلاف معناداری بین آن‌ها وجود داشت شکل (۵) ($p\leq ۰/۰۵$).



شکل ۵: میزان آزادسازی عناصر غذایی در لاشبرگ گیاه *Bromus tomentellus*

بحث

مقایسه خصوصیات برگ و ساقه گونه مورد مطالعه در اولین زمان نمونه‌برداری نشان داد که مقدار نیتروژن در برگ بیشتر از ساقه بود. این نتیجه با نتایج Koukoura و همکاران (۲۰۰۳)؛ Jafari و Rahimzadeh(۲۰۰۵)؛ HajiBogloo (۲۰۰۷) و Nobakht (۲۰۰۹) در مورد تعدادی گیاهان مرتعی مطابقت داشت. دلیل زیاد بودن نیتروژن در برگ‌ها نسبت به ساقه را می‌توان چنین توجیه کرد که در پایان فصل رویشی میزان نیتروژن در ساقه کاهش می‌یابد و گیاه از طریق برگ‌هایی که چرخه آن‌ها کامل شده است، نیتروژن را از طریق اندام هوایی خارج می‌کند (HajiBogloo, 2007). بطورکلی غلظت N در بافت‌ها و اندام‌هایی که از لحاظ فیزیولوژیکی فعال‌اند، مثل برگ‌ها و میوه‌های در حال توسعه و بذور، حداکثر و در بافت‌های غیرفعالی مثل ساقه پایین است. در این تحقیق پویایی عنصر نیتروژن شامل دو مرحله آبشویی و آلی شدن بود. در واقع، ابتدا غلظت این عنصر تا حد مشخصی کاهش یافت. براساس نظر Berg and Staff (۱۹۸۱) این کاهش غلظت مربوط به آبشویی آنها قبل از افزایش غلظت می‌باشد. غلظت ازت در اندام‌های این گونه افزایش یافت. با افزایش نیتروژن انتظار می‌رود که تجزیه با روند سریع‌تری در این مرحله پیش رود. با تجزیه لاشبرگ و افزایش سطوح لیگنین، غلظت نیتروژن نیز افزایش می‌یابد این مسأله بخوبی شناخته شده و در لاشبرگ در حال تجزیه، یک پدیده عمومی می‌باشد (Berg et al., 1993).

نسبت کربن به عناصر ماکرو، شاخص مهمی در تعیین الگوی عملکرد عناصر در تجزیه می‌باشد. این نسبت مشخص می‌کند که با پیشرفت تجزیه، آیا عنصر آزاد می‌شود یا به طور ساکن در لاشه ریزه‌ها باقی می‌ماند (Berg and staff, 1981). نسبت C/N لاشبرگ‌ها می‌تواند برای پیش‌بینی نرخ تجزیه لاشبرگ در کوتاه مدت مورد استفاده قرار بگیرد (Moro and Domingo, 2000). در تحقیق حاضر پس از گذشت یک‌سال از فرایند تجزیه غلظت کربن، فسفر، پتاسیم و

نسبت C/N در برگ و ساقه و حالت آمیخته گونه بروموس کاهش یافت.

نتایج این پژوهش نشان داد مقدار فسفر در ساقه گونه مورد مطالعه کمتر از برگ و ترکیب برگ و ساقه بود. از آنجا که فسفر عنصری کم‌تحرک می‌باشد و گیاهان نمی‌توانند آن را بازجذب نمایند، این عنصر از راه برگ‌های مرده و برگ‌هایی که دوره رشد آن‌ها کامل شده است از دسترس گیاه خارج شده و میزان آن کم می‌شود (Jafari et al., 2007 و Ghezelsefloo et al., 2012). نتایج بدست آمده با نتایج Romney و Wallace، (۱۹۷٤)؛ Saberi، (۲۰۱۰) و Ghezelsefloo و همکاران، (۲۰۱۲) در مورد گیاهان *Cratoides lana*، *Lysium andersonii*، *Psatyrostachys fragilis*، *Bromus tomentellus*، *Salaola dendroides*، *Artemisia sieberi*، مطابقت دارد. طبق نتایج بدست آمده غلظت فسفر در طول زمان کاهش یافت و مقدار آن در دوره‌های زمانی نهایی تقریباً به مقدار ثابتی رسید. این نتایج با نتایج Amini و همکاران، (۲۰۱۲) و Asghari Sorkhi، (۲۰۱۳) در مورد *Fagus oreintalis*، *Carpinus betulus*، مغایرت دارد.

همچنین در این تحقیق مشخص شد مقدار پتاسیم در ساقه گونه مورد مطالعه بیشتر از برگ آن است. از آنجاییکه پتاسیم عنصر پویایی در درون گیاه می‌باشد و از جمله عناصر غذایی است که روزنه گیاهان بر روی آن باز است، توانایی بازگشت به قسمت‌هایی که چرخه‌شان کامل نشده را دارد، همچنین اغلب گیاهان قبل از خزان لاشبرگ و شاخه آن را بازیافت می‌کنند (Ghezelsefloo et al., 2012; Jafari et al., 2007). این امر ناشی از سیستم حفاظتی گیاهان می‌باشد، در نتیجه میزان آن در ساقه بیشتر بدست آمده است (Malakooti and Homaee, 2005). همچنین اظهار شده است که پتاسیم به دلیل اینکه در ترکیب ساختمانی لاشبرگ مشارکت ندارد به سرعت توسط فرایند فیزیکی شسته و از محیط خارج شده و دینامیک آن به فعالیت زیستی بستگی ندارد (Alexander, 1977). پتاسیم زودتر از نیتروژن و فسفر جذب گیاه می‌شود و همچنین نقش‌های متفاوتی در گیاهان دارد. به این ترتیب که با افزایش پتاسیم در گیاه، منجر به افزایش رشد و افزایش میزان تحمل به خشکی در گیاه، افزایش پروتئین گیاه، مقاومت گیاه در مقابل آفات و امراض خواهد شد (Saberi, 2010). نتایج این تحقیق با یافته‌های یافته-های Romney و Wallace (۱۹۷٤)؛ Rauzi(۱۹۷۵)؛ Charely و Cowling (۱۹۷٦)؛ Jafari و Rahimzadeh (۲۰۰۵)؛ HajiBogloo (۲۰۰۷)؛ Nobakht (۲۰۰۹) و Saberi (۲۰۱۰) در مورد *Agropyron deserterum*، *Lysium andersonii*، *Cratoides lana*، *Artemisia sieberi* ، *Artemisia aucheri*، *Bromus tomentellus*، *Agropyron internedium*، *Eurotia ceratoides*، *Kichia prostrata*، *Psatyrostachys fragilis*، مطابقت دارد. در پژوهش حاضرغلظت پتاسیم در طول مطالعه کاهش یافت. این نتایج که مطابق با یافته‌های Corrigan (۲۰۰۸) در مورد *Fagus grandifolia*، *Acer sacolaom*، می‌باشد، نشان‌دهنده تسهیل در تحرک از لاشبرگ بوده و مؤید این مسأله است که زمان ماندگاری این عناصر در لاشبرگ‌های در حال تجزیه پایین می‌باشد.

وجود تفاوت معنی‌دار در درصد کاهش وزن گونه‌ها در ابتدای دوره انکوباسیون به این دلیل می-باشد که شرایط محیطی، جمعیت میکروارگانیسم‌ها و دسترسی عناصر غذایی منجر به تجزیه سریع‌تر لاشبرگ می‌شود (Gray et; al., Hope et al., 2003 2002). بارش سنگین می‌تواند به صورت مکانیکی لاشبرگ را خرد کرده و آبشویی مواد محلول منجر به

کاهش وزن سریع‌تر شود (Yin et al., 1989)، که در این مطالعه این وضعیت را در زمان بارش بهاره (روز ۲٤۰) شاهد بودیم. کاهش وزن، تغییر غلظت عناصر غذایی و فراوانی و فعالیت تجزیه‌کنندگان لاشبرگ‌های ترکیبی با محاسبه این پارامترها برای هر جزء لاشبرگ انفرادی در حال تجزیه مقایسه می‌شود. به طور کلی تجزیه در مقایسه با انتظار ما بر اساس پویایی گونه انفرادی افزایش (پاسخ سینرژیک) یا کاهش می‌یابد (پاسخ آنتاگونیستی). لاشبرگ آمیخته در تحقیق حاضر کاهش وزن در را نشان داد. تحقیق حاضر تجزیه در مقایسه با انتظار ما براساس پویایی گونه انفرادی کاهش یافت؛ و پاسخ آنتاگونیستی (مخالف انتظار) مشاهده گردید. ممکن است رطوبت عامل محدود کننده تجزیه لاشبرگ‌های آمیخته محسوب شود. همچنین لاشبرگ با کیفیت پایین از نظر تجزیه، تجزیه لاشبرگ با کیفیت بالا را به تأخیر می‌اندازد (AsghariSorkhi, 2013). مفهوم کیفیت لاشبرگ این است که پسماندهای گیاهی هنگامی که در معرض شرایط محیطی یکسان قرار می گیرند با میزان متفاوتی تجزیه می شوند. ثابت تجزیه سالانه برگ بروموس بیشتر از ساقه و حالت آمیخته بود که به کیفیت غنی‌تر این اندام نسبت داده می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

بطورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که سرعت تجزیه گیاهان به نسبت کربن به نیتروژن بستگی دارد. هرچه این نسبت کمتر باشد یعنی مقاومت پسماندهای گیاهی در برابر عوامل تجزیه کننده کمتر خواهد بود لذا افزایش میزان نیتروژن در برگ بروموس و کاهش نسبت کربن به نیتروژن موجب افزایش سرعت تجزیه آن می‌شودو در واقع کیفیت لاشبرگ آن را بالا می برد. از آنجایی این گونه یکی از مرغوب‌ترین گیاهان مرتعی بوده و ارزش غذایی خوبی برای دام دارد و مطالعه حاضر نیز کیفیت لاشبرگ آن را نیز تایید کرده، پیشنهاد می‌شود که در امر اصلاح و احیاء مراتع منطقه مورد استفاده قرار گیرد چراکه علاوه بر استفاده‌های علوفه‌ای و حفاظتی از آن، لاشبرگ آن نیز بر کیفیت و حاصلخیزی آن می‌افزاید.

References

Alexander, M. (1977). Soil Microbiology, 2nd ed. John Wiley and sons. New York.

Amini, R., Rahmani, R. and Habashi, H. (2012). Dynamics of nitrogen, phosphorus and carbon in litter of Beech trees (Case Study: One series of Shastkalatehs forest of Gorgan). Iranian Journal of Forest and Pine. 19(1): 94-103.

AsghariSorkhi, A. (2013). Impact of Canopy Composition on Litter Decomposition, Nutrient Cycles and Soil Properties in Pure and Mixed Beech Stands. (Case study: Alandan Forest, Sari). MSc thesis, Sari Agricultural Science and Natural Resources University, Sari, Iran.

Barnes, B.V., Zak, D.R., Denton, S.R. and Spurr, S.H. (1998). Forest Ecology. 4th Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York. P 774.

Berg, B., Berg M., Bottner, P., Box, E., Breymeyer, A., Calvo de Anta, R., Coûteaux, M.M., Gallardo, A., Escudero, A., Kartz, W., Maderia, M., Mãlkönen, E., McClaugherty, C., Meentemeyer, V., Muńoz, F., Piussi, P., Remacle, J. and Virzo de santo, A. (1993). Litter mass rates in pine forests of Europe and Eastern United States: some relationships with climate and litter quality. Biogeochemistry. 20: 127-159.

Berg, B. and McClaugherty, C. (2008). Plant litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Berg, B. and Staaf, H. (1981). Chemical composition of main plant litter components at Ivantjärnsheden – data from decomposition studies. Swed

MSc thesis, Tehran University, Tehran, Iran.

Hope, G.D., Prescott, C.E. and Blevins, L.L. (2003). Responses of available soil nitrogen and litter decomposition to openings of different sizes in dry interior Douglas-fir forests in British Columbia. Forest Ecology Management. 186: 33–46.

Jafari, M. and Rahimzadeh Halagh, N. (2005). A comparison of litter quality and its effect on soil of three rangeland species habituate in Vardavrd region. MSc thesis, Tehran University, Tehran, Iran.

Jacob, M., Viedenz, K., Polle, A. and Thomas, F.M. (2010). Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). Oecologia, 164(4):1083-1094.

Koukoura, Z., Mamolos, A.P. and Kalburtji, K.L. (2003). Decomposition of dominant plant species litter in semi arid grassland. Journal of Soil Ecology. 23: 13-23.

Malakooti, J. and Homaiee, M. (2005). Fertilization of arid and semi-arid areas soils, problems and solutions. Tarbiat Modarres University Press.

Moore, T.R., Trofymow, J.A., Taylor, B., Prescott, C., Camire, C., Duschene, L., Fyles, J., Kozak, L., Krannabetter, M., Morrison, I., Siltanen, M., Smith, S., Titus, B., Visser, S.,Wein, R. and Zoltai, S. (1999). Litter decomposition rates in Canadian forests. Global Change Biology, 5: 75–82.

Moro, M.J. and Domingo, F. (2000). Litter decomposition in Four Woody Species in a Mediterranean Climate: Weight Loss, N and P Dynamics. Annals of Botany. 86: 1065-1071.

Nobakht, F. (2009). Comparison of litter properties of several rangeland species and those effects on soil quality induces. MSc thesis, Tehran University, Tehran, Iran.

Raiesi, F. (1998). Impacts of elevated atmospheric CO2 on litter quality litter-decomposability and nitrogen turnover rate of two oak species in Mediterranean forest ecosystem. Global Change Configuration For Project Internation Repead. 104: 1–10.

Berg, B., Staaf, H. and Wessén, B. (1987). Decomposition and nutrient release in needle litter from nitrogen fertilizer Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. Scand Journal of Forest Research. 2: 399–415.

Blair, J.M. (1988). Nutrient release from decomposition foliar litter of three tree-species with special reference to calcium, magnesium and potassium dynamics. Journal of Plant and soil. 110: 49-55.

Corrigan, C. (2008). The Decomposition of Leaf Litter in Litter Traps: Implications on Forest Biogeochemical Cycling. MSc thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada.

Delaney, M.T., Fernandez, I.J., Simmons, J.A. and Briggs, R.D. (1996). Red maple and white pine litter quality: initial change with decomposition. University of Maine, Technical bulletin, 162: 19p.

Fraser, L.H. and Hockin, A.D. (2013). Litter decomposition rates of two grass species along a semi- arid grassland – forest ecocline. Journal of Arid Environments. 88: 125-129.

Ghazanshahi, J. (2000). Soil and its relations in agriculture. Kareno Press.

Ghezelsefloo, N., Mahdavi, S.Kh. and Hoseini, S.A. (2012). Study of litter quality of two species *Artemisia sieberi* & *Salsola dendroides* and its impact on soil properties in the Teal Abad region of Golestan Province. Journal of Plant Ecophysiology. 4(1): 50-60.

Gray, A.N., Spies T.A. and Easter, M.J. (2002). Microclimatic and soil moisture responses to gap formation in coastal Douglas-fir forests. Canadian Journal of Forest Research. 32: 332–43.

Guo, L.B. and Sims, R.E.H. (1999). Litter decomposition and nutrient release via litter decomposition in New Zealand eucalypt short rotation forests. Agriculture, Ecosystems and Environments. 75: 133-140.

HajiBogloo, A. (2007). Investigation of relationship between litter quality and shoot in the some rangeland species.

Yin, X., Perry, J.A. and Dixon, R.K. (1989). Influence of canopy removal on oak forest floor decomposition. Canadian Journal of Forest Research. 19: 204–214.

ZarrinKafsh, M. (2002). Agrology of Forest. Research of Forests and Rangelands Institute Press.

Biology. 4: 667-677.

Rauzi, F. (1975). Seasonal yield and chemical composition of cereal wheat grass in south eastern Wyoming. Journal of Range Management. 28: 219-221.

Romney, E.M. and Wallace, A. (1974). Responses and interactions in desert plants as influenced by irrigation and nitrogen application. US/IBP Desert Desert Biome Research Memorandum RM. 12: 74-17.

Saberi, M. (2010). Comparison amount of minerals in soil and shoot and litter of *Bromus tomentellus*, *Agropyron tauri*, *Psatyrostachychys fragilis* (case study: Taleghan rangelands). MSc thesis, Tehran University, Tehran, Iran.