



اثر کیفیت لاشبریزه و شاخص مزیت تجزیه خانگی آن بر فرایند تجزیه لاشبرگ‌های عرعر و کاج سیاه

فرهاد قاسمی آقباش^{۱*} و مریم بیرانوند^۲

^۱ استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر
^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱۶)

چکیده

کیفیت لاشبرگ تأثیر اساسی در فرایند تجزیه و پویایی عناصر غذایی آن دارد. در بیشتر پژوهش‌ها فرض بر این است که لاشبرگ‌ها در رویشگاه خود از سرعت تجزیه بیشتری برخوردارند. این نظریه هنوز به‌طور کامل تأیید نشده است. بنابراین به‌منظور آزمون این نظریه و همچنین بررسی اثر کیفیت لاشبرگ بر نرخ تجزیه آن، در دو توده دست کاشت عرعر (آسمان دار) (*Ailanthus altissima* Mill.) و کاج سیاه (*Pinus nigra* Arnold) لاشبرگ‌های این دو گونه با استفاده از روش کیسه‌لاشبرگ به مدت ۱۸۰ روز در پارک جنگلی شاهد ملایر بررسی شدند. کیفیت شیمیایی لاشبرگ‌ها، ضریب ثابت تجزیه، مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ‌ها و اثرهای لاشبرگ‌های ترکیبی بررسی شدند. نتایج نشان داد که ضریب ثابت تجزیه لاشبرگ‌های عرعر (با مقادیر زیاد نیتروژن و کلسیم و نسبت کم C/N) بیشتر از سوزن‌های کاج سیاه بود (به ترتیب ۰/۰۹ و ۰/۰۵). به‌غیر از سوزن‌های ترکیبی کاج سیاه در توده خود، در بقیه ترکیب‌ها وضعیت رقابتی مشاهده شد. همچنین براساس نتایج تحقیق نرخ‌های تجزیه لاشبرگ‌های مورد بررسی با غلظت‌های نیتروژن ($r=0.76, p < 0.05$) و فسفر ($r=0.62, p < 0.05$) ارتباط معنی‌دار مثبت و با غلظت پتاسیم ($r=0.74, p < 0.05$) و نسبت C/N ($r=-0.76, p < 0.05$) ارتباط معنی‌دار منفی داشت. تئوری مزیت تجزیه خانگی در مورد لاشبرگ‌های عرعر و کاج سیاه در رویشگاه‌های خودشان تأیید شد. در کل نتایج تحقیق نشان داد که فرایند تجزیه تحت تأثیر هر دو عامل کیفیت لاشبرگ و شاخص مزیت تجزیه خانگی آن قرار می‌گیرد. با توجه به یافته‌های تحقیق، جنگلکاری‌های آمیخته این دو گونه در اقلیم‌های معتدله سردسیری غرب کشور پیشنهاد شد.

واژه‌های کلیدی: اثرهای غیرافزایشی، رویشگاه، ضریب ثابت تجزیه، لاشبرگ‌های آمیخته.

مقدمه

وسیع جغرافیایی اقلیم و کیفیت لاشبرگ محرک‌های اصلی تجزیه لاشبرگ هستند (Veen et al., 2018). همچنین این فرایند تأمین‌کننده اصلی منبع غذایی برای فعالیت‌های زیستی خاک است و اثر اساسی در حفظ حاصلخیزی خاک بوم‌سازگان‌های جنگلی دارد (Hoorens et al., 2010). در کل نرخ تجزیه

تجزیه لاشبرگ در چرخه کربن و پویایی عناصر غذایی خاک همه بوم‌سازگان‌های جهان تأثیر اساسی دارد. کیفیت لاشبرگ و سرعت تجزیه آن مهم‌ترین عامل تشکیل فرم‌های مختلف هوموس در مناطق جنگلی است (Bayranvand et al., 2019). در مقیاس

Lin et al. (2020) به‌طور متوسط افزایش ۷/۵ درصدی در نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها به‌واسطه HFA مشاهده شده است. پژوهش‌های زیادی در زمینه اثرهای کیفیت لاشبرگ بر نرخ تجزیه انجام گرفته است، اما تحقیقات محدودی اثرهای ترکیب لاشبرگ در کیفیت لاشبرگ و شرایط بستر جنگل را بررسی کرده‌اند (Tan et al., 2013). در پژوهشی (Wu et al. 2013) اثرهای ترکیب لاشبرگ و کیفیت آنها را در نرخ تجزیه لاشبرگ در جنگل‌های معتدله چین بررسی کرده و این دو عامل را در نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها مؤثر دانسته‌اند. نتایج پژوهش (Wang et al. 2015) نشان داد که کیفیت لاشبرگ تأثیر اساسی در کنترل فرایند تجزیه دارد و نقش ساختار جنگل در فرایند تجزیه کم‌رنگ‌تر است. همچنین (Gao et al. 2016) با بررسی اثرهای کیفیت لاشبرگ در مزیت تجزیه خانگی و اثرهای غیرافزایشی در جنگل‌های معتدله چین گزارش دادند که لاشبرگ‌های گونه‌های مختلف ارتباطات متفاوتی با لاشبرگ شرایط محیطی بستر نشان می‌دهند و این مسئله موجب افزایش یا کاهش رویکرد HFA می‌شود. آنها همچنین دریافتند که در مقایسه با شرایط محیطی بستر، ترکیب لاشبرگ‌ها اثر مهمی در کنترل نرخ تجزیه دارد. بررسی مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ توسط (Lin et al. 2020) نشان داد که توالی در جوامع میکروبی ممکن است عامل مهمی در پیش‌بینی تغییرات در فعل و انفعالات گیاه- خاک در طی زمان باشد. آنها نتیجه گرفتند که فعل و انفعالات گیاه- جوامع میکروبی اثر چشمگیری بر چرخه کربن و عناصر غذایی خاک دارد. این ارتباطات ممکن است به‌شدت به نوع گونه گیاهی و شرایط محیطی در مقیاس محلی وابسته باشد.

مرور منابع نشان داد که ترکیب لاشبرگ‌ها و شرایط بستر جنگل در فرایند تجزیه تأثیر مهمی دارند، به‌طوری که نادیده گرفتن این عوامل سبب ایجاد خطا در نتایج خواهد شد. ارزیابی فرایند تجزیه لاشبرگ به‌دلیل دستیابی به درک بهتر از عامل‌های

لاشبرگ‌ها به‌طور مستقیم با غلظت اولیه نیتروژن لاشبرگ‌ها ارتباط مثبت دارد، درحالی که این ارتباط در خصوص نسبت‌های کیفی C/N و Lignin/N منفی گزارش شده است (Gao et al., 2016). عوامل خارجی رویشگاه به‌طور غیرمستقیم در فرایند تجزیه لاشبرگ‌ها نقش دارد، به‌طوری که شرایط بستر جنگل از نظر pH، عناصر غذایی خاک و ساختمان آن را می‌تواند تحت تأثیر قرار دهد. شرایط دوره بررسی بستر جنگل نیز به‌واسطه درجه حرارت و رطوبت، اثرهای غیرمستقیمی در تجزیه لاشبرگ‌ها دارد. میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده در خاک‌های جنگلی بسته به شرایط موجود متفاوت‌اند و در تجزیه لاشبرگ‌های جنگل و آزادسازی عناصر غذایی آنها اثر مهمی دارند (Laganier et al., 2010; Karimiyan, 2020).

پژوهش (Lin et al. 2020) نشان داد که نقش جوامع تجزیه‌کننده در هدایت تجزیه لاشبرگ‌ها بیشتر از چیزی است که پیشتر تصور می‌شد. در کیفیت لاشبرگ‌های خزان‌شده تنوع زیادی وجود دارد و ممکن است میکروارگانیسم‌های تجزیه‌کننده به‌طور اختصاصی عمل کنند (Ayres et al., 2009). بنابراین فرض می‌شود که تجزیه لاشبرگ در رویشگاهی که لاشبرگ‌ها توسط درختان آن تولید شده باشد سریع‌تر اتفاق می‌افتد و این همان چیزی است که مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ (Home - Field Advantage) خوانده می‌شود (Ayres et al., 2009). پژوهش‌ها درخصوص آزمون فرضیه مزیت تجزیه خانگی که در آنها از دو لاشبرگ استفاده شده نتایج گوناگونی داشته است. برای مثال برخی از پژوهش‌ها (Veen et al., 2018; Jackrel et al., 2019; Lin et al., 2019) این فرضیه را تأیید کرده‌اند، درحالی که مستندات از اثرهای مشابه یا کاهشی در رویشگاه‌های بررسی شده ارائه شده است (Ayres et al., 2006; McGuire et al., 2010; Giesselmann et al., 2011). براساس نظر

عمیق و بافت آن لومی شنی است و pH خاک در محدوده خنثی قرار دارد. جنگلکاری در پارک جنگلی شاهد در سال ۱۳۶۹ در مساحت حدود ۱۰ هکتار آغاز شد و در سال‌های بعد به تدریج مساحت عرصه جنگلکاری شده به ۱۵۰ هکتار رسید. از گونه‌های جنگلکاری شده این پارک می‌توان به سرو نقره‌ای، سرو خمره‌ای، کاج سیاه، عرعر (آسمان‌دار)، زبان‌گنجشک، توت، نارون، بنه و داغداغان اشاره کرد (Beyranvand & Ghasemi Aghbash, 2020). دو توده بررسی شده در این تحقیق (توده عرعر و کاج سیاه) هر کدام به ترتیب با مساحت ۹/۱۲ و ۵/۴۰ هکتار در مجاورت هم و در ضلع شمال شرقی پارک شاهد قرار گرفته‌اند. فاصله کاشت درختان ۳×۳ متر است و تاکنون هیچ‌گونه عملیات پرورشی در این عرصه‌ها انجام نگرفته است. شایان ذکر است که جنگلکاری در این پارک در عرصه‌های مرتعی غیرمشجر انجام گرفته است. موقعیت هر کدام از توده‌های مورد بررسی در شکل ۱ نشان داده شده است.

شیوه اجرای پژوهش

در پاییز ۱۳۹۷ لاشبرگ عرعر به صورت دستی از کف توده عرعر و سوزن‌های کاج سیاه نیز از تمامی جهت‌های تاج درختان در توده یادشده جمع‌آوری شد. نمونه‌ها بعد از جمع‌آوری به مدت ۲۴ ساعت در فضای آزمایشگاه خشک شدند. در این پژوهش از روش کیسه لاشبرگ استفاده شد (Berg & McClaugherty, 2014). کیسه لاشبرگ‌ها به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر با منافذ ۲ میلی‌متری و از جنس نایلون بودند. به منظور بررسی اثر لاشبرگ‌های خالص و آمیخته در نظریه HFA، کیسه لاشبرگ‌ها به دو صورت یک‌جیبه برای لاشبرگ‌های انفرادی و دوجیبه برای لاشبرگ‌های ترکیبی به کار گرفته شد. ۸۰ کیسه لاشبرگ انفرادی و ۴۰ کیسه لاشبرگ دوجیبه تهیه شدند. در هر کیسه لاشبرگ، در حدود ۱۰ گرم نمونه لاشبرگ خشک‌شده پر شد. کیسه‌های

مؤثر بر آن به منظور مدیریت بهینه جنگل از اهمیت بسزایی برخوردار است (Zarafshar, 2018). بنابراین برای دستیابی به دانش و اطلاعاتی در خصوص محرک‌های اصلی تجزیه، اثر کیفیت لاشبرگ در ارتباط با HFA و لاشبرگ‌های آمیخته در پارک جنگلی شاهد ملایر بررسی شد. شایان ذکر است که شرایط حاکم بر بستر جنگل در عرصه طبیعی کاملاً متفاوت با عرصه دست‌کاشت است و نتایج این تحقیق با در نظر گرفتن این مسئله کاربرد خواهد داشت. در این پژوهش اهداف زیر مدنظر بوده‌اند: ۱. ارزیابی اثرهای لاشبرگ گونه‌های عرعر (آسمان‌دار) و کاج سیاه در فرایند تجزیه در ارتباط با نظریه HFA؛ ۲. بررسی تأثیر کیفیت لاشبرگ و آمیختگی لاشبرگ‌ها در فرایند تجزیه در جنگل دست‌کاشت. بنابراین فرضیه‌های زیر در نظر گرفته شدند: ۱. لاشبرگ با کارکردهای گوناگون (ضعیف و غنی) در رویشگاه خود سریع‌تر تجزیه می‌شود؛ ۲. لاشبرگ با کیفیت موجب اثرهای هم‌افزایی در لاشبرگ‌های آمیخته می‌شود.

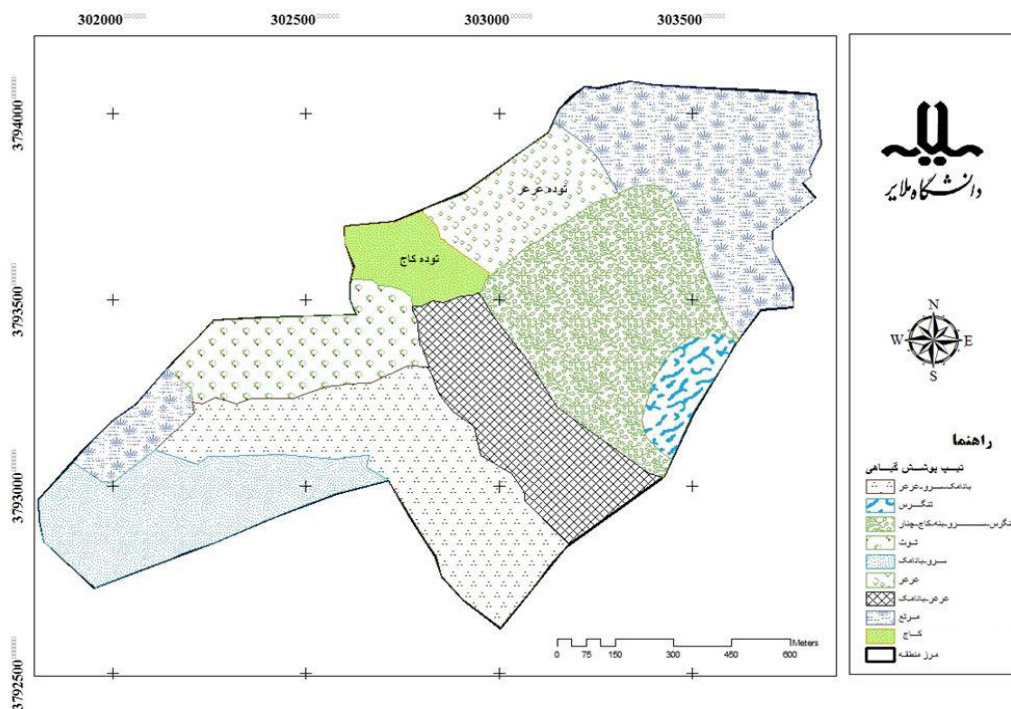
مواد و روش‌ها

منطقه پژوهش

پارک جنگلی شاهد به منظور اجرای این تحقیق انتخاب شد. این پارک با مساحتی در حدود ۱۵۰ هکتار در جنوب شرقی شهرستان ملایر قرار گرفته است (۳۰° ۳۷' ۹۵" - ۳۰° ۱۸' ۲۹" شرقی و ۳۷° ۳۷' ۹۴" - ۳۷° ۶۹' ۹۲" شمالی). حداکثر و حداقل ارتفاع از سطح دریای منطقه به ترتیب ۲۰۳۹ و ۱۷۸۹ متر و شیب متوسط آن ۱۳ درصد است. براساس آمار هجده‌ساله ایستگاه هواشناسی ملایر (۱۳۹۴-۱۳۷۶) متوسط دمای سالیانه ۱۳/۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالیانه ۳۵۴/۷ میلی‌متر و توزیع بارش در منطقه تحقیق عمدتاً زمستانه است. اقلیم منطقه براساس فرمول آب‌وهوایی آمبرژه نیمه‌خشک است. خاک

درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شده و آزمایش شدند (Berg & McClaugherty, 2014). برداشت کیسه‌های لاشبرگ در فواصل زمانی ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ روز از زمان نصب نمونه‌ها (۱۵ آبان ۱۳۹۷) به مدت شش ماه انجام گرفت.

آماده‌شده در پنج تکرار و در سه تیمار [کاج خالص، عرعر خالص و ترکیبی (کاج+عرعر)] در همان محل جمع‌آوری لاشبرگ‌ها نصب شدند (شکل ۲). به منظور ارزیابی کیفیت اولیه و عناصر غذایی لاشبرگ‌ها از هر نمونه پنج تکرار انتخاب شد. نمونه‌ها در دمای ۶۵



شکل ۱- نقشه پوشش گیاهی محدوده پارک شاهد ملایر



شکل ۲- آماده‌سازی و نصب کیسه‌های لاشبرگ در توده‌های بررسی شده

رابطه ۳ = اثرهای غیر افزایشی لاشبرگها

$$\times 100 \frac{\text{مقادیر مشاهده شده} - \text{مقادیر مورد انتظار}}{\text{مقادیر مورد انتظار}}$$

برای محاسبه نرخ تجزیه لاشبرگ از رابطه ۴ استفاده شد (Polyakova & Billor, 2007).

$$M_t = M_0 \cdot e^{-kt} \quad \text{رابطه ۴}$$

M_0 : وزن اولیه لاشبرگ، M_t : وزن باقی مانده بعد از t ، t : زمان جمع آوری لاشبرگ از عرصه (به ماه)، K : ضریب ثابت تجزیه

بررسی تجزیه لاشبرگ در ارتباط با نظریه HFA از طریق روابط زیر انجام گرفت:

رابطه ۵

$$\begin{aligned} \text{HFAI} &= [(A_{\text{RMLa}} + B_{\text{RMLb}} / 2) / (A_{\text{RMLb}} + B_{\text{RMLa}} / 2)] \cdot 100 - 100 \\ B_{\text{RMLb}} &= (B_b / A_b + B_b) \times 100, A_{\text{RMLa}} = (A_a / A_a + B_a) \times 100 \\ B_{\text{RMLa}} &= (B_a / A_a + B_a) \times 100, A_{\text{RMLb}} = (A_b / A_b + B_b) \times 100 \end{aligned}$$

HFAI: شاخص مزیت تجزیه لاشبرگ در رویشگاه خود، A_{RMLa} تجزیه نسبی لاشبرگ گونه A در رویشگاه a، A_a و B_a درصد تجزیه لاشبرگ دو گونه A و B در رویشگاه a، B_{RMLb} تجزیه نسبی لاشبرگ گونه B در رویشگاه b، A_b و B_b درصد تجزیه لاشبرگ دو گونه A و B در رویشگاه b، A_{RMLb} تجزیه نسبی لاشبرگ گونه A در رویشگاه b، A_b و B_b درصد تجزیه لاشبرگ دو گونه A و B در رویشگاه b، B_{RMLa} تجزیه نسبی لاشبرگ گونه B در رویشگاه a، A_a و B_a درصد تجزیه لاشبرگ دو گونه A و B در رویشگاه a (Ayres et al., 2009).

روش تحلیل

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف بررسی شد که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. سپس همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون لون تأیید شد. مقایسه ترکیب‌های شیمیایی دو لاشبرگ از

عناصر غذایی اولیه لاشبرگها مانند نیتروژن، کربن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و منیزیم قبل از انتقال لاشبرگها به عرصه در پنج تکرار طبق دستورالعمل‌های استاندارد سنجیده شد. اندازه‌گیری نیتروژن لاشبرگها با استفاده از روش کجلدال، تعیین درصد کربن آلی از روش احتراق، اندازه‌گیری پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فتومتر، سنجش فسفر با استفاده از روش اولسن و دستگاه اسپکتروفتومتر و اندازه‌گیری کلسیم و منیزیم لاشبرگها نیز با استفاده از روش طیف‌سنج اتمی و دستگاه طیف‌سنج اتمی انجام شد.

محاسبات

برای محاسبه مقدار وزن ازدست‌رفته لاشبرگها از رابطه ۱ زیر استفاده شد:

رابطه ۱

$$\text{Mass loss}(\%) = [W_0 - W_t / W_0] \times 100$$

Mass loss: مقدار وزن ازدست‌رفته، W_0 : وزن خشک اولیه، W_t : وزن خشک باقی‌مانده بعد از جمع‌آوری لاشبرگ
 مقدار وزن باقی‌مانده مورد انتظار هر لاشبرگ در ترکیب لاشبرگها براساس رابطه ۲ محاسبه شد (Hoorens et al., 2010):

رابطه ۲ = وزن باقی‌مانده مورد انتظار (%)

$$[M_1 / M_1 + M_2] \times R_1 + [M_2 / M_1 + M_2] \times R_2$$

R_1 : وزن باقی‌مانده لاشبرگ گونه اول، R_2 : وزن باقی‌مانده لاشبرگ گونه دوم

M_1 : وزن اولیه خشک لاشبرگ اول در ترکیب، M_2 : وزن اولیه خشک لاشبرگ دوم در ترکیب

اثرهای غیرافزایشی هر ترکیب لاشبرگ براساس رابطه ۳ محاسبه شد (Wardle et al., 1997) که مقادیر منفی و مثبت به ترتیب نشان‌دهنده اثرهای رقابتی و هم‌افزایی لاشبرگها در ترکیب است.

نتایج

مشخصه‌های شیمیایی اولیه لاشبرگ‌ها

نتایج بررسی مشخصه‌های شیمیایی اولیه لاشبرگ‌ها نشان داد که غلظت عناصر فسفر و کربن در هر دو لاشبرگ یکسان است و در بقیه عناصر (منیزیم، پتاسیم، کلسیم، نیتروژن و نسبت C/N) اختلافات معنی‌داری بین دو لاشبرگ وجود دارد. لاشبرگ عرعر از نظر غلظت‌های نیتروژن و کلسیم و سوزن‌های کاج سیاه نیز از نظر غلظت‌های منیزیم و پتاسیم و همچنین نسبت C/N بیشترین مقادیر را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

طریق آزمون تی غیرجفتی انجام گرفت. برای مقایسه‌های کلی میانگین گروه‌ها از تجزیه واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد و مقایسه گروه‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام گرفت. همچنین از آزمون اندازه‌های مکرر (Repeated measures) برای مقایسه مقادیر شاخص مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ‌ها در طی زمان‌های برداشت استفاده شد. همه آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 صورت گرفت و نمودارها نیز با نرم‌افزار اکسل ترسیم شد.

جدول ۱- خواص شیمیایی اولیه دو لاشبرگ عرعر و کاج سیاه (میلی‌گرم در گرم) (میانگین \pm اشتباه معیار)

گونه	نیتروژن	t	Sig.	فسفر	t	Sig.	پتاسیم	t	Sig.	کلسیم	t	Sig.
عرعر	۶/۴۲ \pm ۰/۵۸ ^a	-۴/۹۰	۰/۰۰۸	۰/۶۸ \pm ۰/۰۰۸	۰/۱۲۴	۰/۰۰۲	۶/۴۹ \pm ۰/۱۲ ^b	۱۵/۵۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۶۷ ^a	۹/۵۵	۰/۰۰۰۰۱
کاج سیاه	۳/۳۱ \pm ۰/۵۸ ^b	۰/۰۰۰	۰/۰۰۸	۰/۶۷ \pm ۰/۰۰۴	۰/۱۲۴	۰/۰۰۲	۱۰/۱۰ \pm ۰/۴۰ ^a	۱۵/۵۵	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۴ ^b	۹/۵۵	۰/۰۰۰۰۱
گونه	منیزیم	t <th>Sig.</th> <td>کربن</td> <td>t <th>Sig.</th> <td>C/N</td> <td>t <th>Sig.</th> <td></td> <td>t <th>Sig.</th> </td></td></td>	Sig.	کربن	t <th>Sig.</th> <td>C/N</td> <td>t <th>Sig.</th> <td></td> <td>t <th>Sig.</th> </td></td>	Sig.	C/N	t <th>Sig.</th> <td></td> <td>t <th>Sig.</th> </td>	Sig.		t <th>Sig.</th>	Sig.
عرعر	۱/۳۴ \pm ۰/۰۳ ^b	۱/۳۱	۰/۰۰۰	۲۰۰/۲۸ \pm ۰/۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۳۱/۲۰ \pm ۰/۳۱ ^b	۱۸/۳۳	۰/۰۰۰	۶/۶۷ ^a	۱۸/۳۳	۰/۰۰۰
کاج سیاه	۳/۹۶ \pm ۰/۱۱ ^a	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۲۲۴/۵۴ \pm ۰/۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۶۷/۸۴ \pm ۰/۲۱ ^a	۱۸/۳۳	۰/۰۰۰	۶/۶۷ ^a	۱۸/۳۳	۰/۰۰۰

حروف مختلف در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند.

ندارد. در توده عرعر بین کاج خالص و کاج ترکیبی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، در حالی که بین کاج ترکیبی و عرعر ترکیبی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

تجزیه لاشبرگ‌ها در وضعیت انفرادی و ترکیبی

در هر دو توده مورد بررسی مقدار وزن ازدست‌رفته لاشبرگ عرعر در هر دو حالت انفرادی و ترکیبی بیشتر از سوزن‌های کاج سیاه بود (جدول ۳). به غیر از سوزن‌های ترکیبی کاج سیاه (کاج+عرعر) در توده کاج سیاه، در بقیه حالت‌های ترکیبی لاشبرگ‌ها در توده‌های مورد بررسی، وضعیت رقابتی (اثرهای غیرافزایشی منفی) مشاهده شد (جدول ۴).

ضریب ثابت تجزیه (k) ماهیانه لاشبرگ‌های مورد

بررسی در توده‌های کاج سیاه و عرعر

نتایج اندازه‌گیری ضریب ثابت تجزیه در دو توده کاج و عرعر نشان داد که در مقایسه کلی بین دو توده، لاشبرگ عرعر خالص دارای بیشترین نرخ ثابت تجزیه است و تفاوت معنی‌داری با دیگر لاشبرگ‌ها دارد. پس از عرعر خالص مقدار ثابت تجزیه بقیه لاشبرگ‌ها به ترتیب زیر است:

عرعر ترکیبی (کاج+عرعر) < کاج ترکیبی

(کاج+عرعر) < کاج خالص

براساس نتایج در توده کاج بین کاج خالص، کاج

ترکیبی و عرعر ترکیبی اختلاف معنی‌داری وجود

جدول ۲- میانگین نرخ ثابت تجزیه (\pm اشتباه معیار) لاشبرگ‌ها در توده‌های کاج سیاه و عرعر

لاشبرگ	ثابت تجزیه (k) توده کاج	F	Sig.	ثابت تجزیه (k) توده عرعر	F	Sig.
کاج خالص	0.03 ± 0.003		b	0.03 ± 0.003		b
کاج (کاج+عرعر)	0.04 ± 0.003		b	0.03 ± 0.003		b
عرعر خالص	0.09 ± 0.00		a	0.10 ± 0.009		a
عرعر (کاج+عرعر)	0.05 ± 0.01		ab	0.06 ± 0.01		a

اعداد با حروف متفاوت در هر ستون با هم اختلاف معنی‌داری دارند.

جدول ۳- وزن ازدست‌رفته در طی ۱۸۰ روز در لاشبرگ‌های انفرادی و ترکیبی عرعر و کاج سیاه

وزن ازدست‌رفته (/)								
توده عرعر								
لاشبرگ‌های انفرادی				لاشبرگ‌های ترکیبی				
عرعر	کاج سیاه	t	Sig.	مشاهده شده	مورد انتظار	اختلاف	t	Sig.
لاشبرگ‌ها	$45/73 \pm 3/06^a$	-۸/۴۵	۰/۰۰۱	۳۱/۱۴ ^a	۲۷/۶۲ ^a	۳/۵۲	۱/۷۹	۰/۱۴۷
کاج + عرعر	$28/24 \pm 4/50^a$	-۲/۶۳	۰/۰۲۸	۲۹/۲۳ ^a	۲۷/۱۴ ^a	۲/۰۹	۲/۳۱	۰/۰۸۲

توده کاج سیاه								
لاشبرگ‌های انفرادی				لاشبرگ‌های ترکیبی				
عرعر	کاج سیاه	t	Sig.	مشاهده شده	مورد انتظار	اختلاف	t	Sig.
لاشبرگ‌ها	$41/79 \pm 0/74^a$	-۹/۱۸	۰/۰۰۱	۲۹/۲۳ ^a	۲۷/۱۴ ^a	۲/۰۹	۲/۳۱	۰/۰۸۲
کاج + عرعر	$25/42 \pm 0/48^a$	-۱/۵۱	۰/۰۴۳	۲۹/۲۳ ^a	۲۷/۱۴ ^a	۲/۰۹	۲/۳۱	۰/۰۸۲

اعداد با حروف متفاوت در هر سطر با هم اختلاف معنی‌داری دارند.

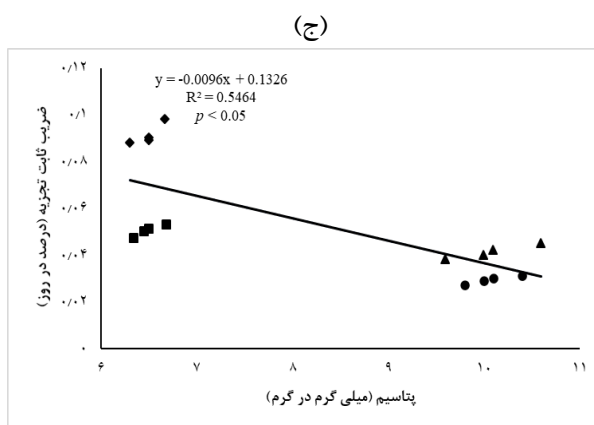
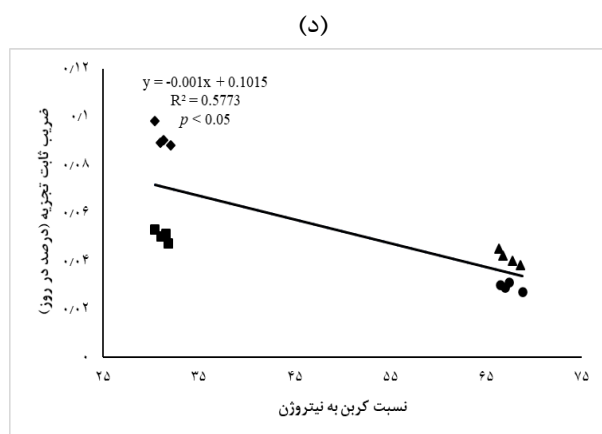
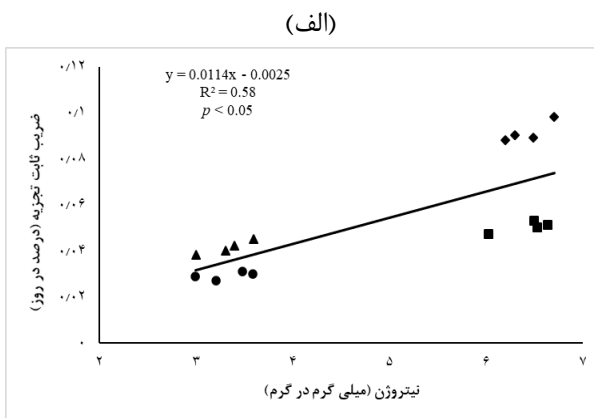
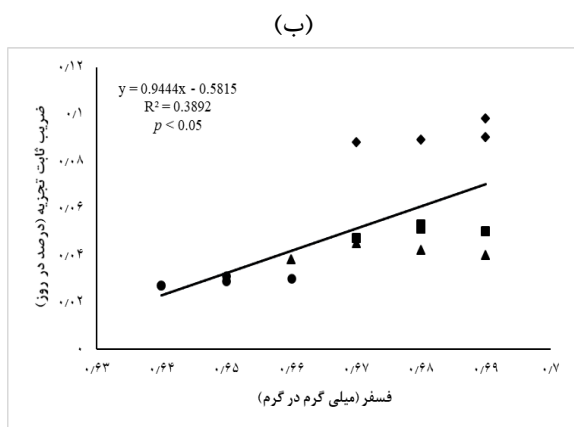
جدول ۴- اثرهای غیرافزایشی وزن ازدست‌رفته لاشبرگ‌ها در حالت ترکیبی

اثرهای غیرافزایشی				
توده	عرعر	نوع اثر	کاج سیاه	نوع اثر
عرعر	- ۶۱/۹۳	رقابتی	- ۳/۲۷	رقابتی
کاج سیاه	- ۶۴/۴۰	رقابتی	+ ۱۲/۹۵	هم‌افزایی

روابط موجود بین ضریب ثابت تجزیه (k) و برخی از ترکیب‌های اولیه لاشبرگ‌ها

نرخ‌های تجزیه لاشبرگ‌های مورد بررسی با غلظت‌های نیتروژن ($r=0.76$ ، $p < 0.05$) و فسفر

ارتباط معنی‌دار مثبت و با غلظت پتاسیم ($r=0.74$ ، $p < 0.05$) و نسبت C/N ($r=0.62$ ، $p < 0.05$) داشت (شکل ۳).



شکل ۳- ارتباط بین ضریب ثابت تجزیه با غلظت‌های نیتروژن، فسفر، پتاسیم و نسبت C:N لاشبرگ‌ها (● کاج خالص، ▲ کاج ترکیبی، ◆ عرعر خالص، ■ عرعر ترکیبی)

حالت ترکیبی = ۲۰/۰۲ درصد).

بحث

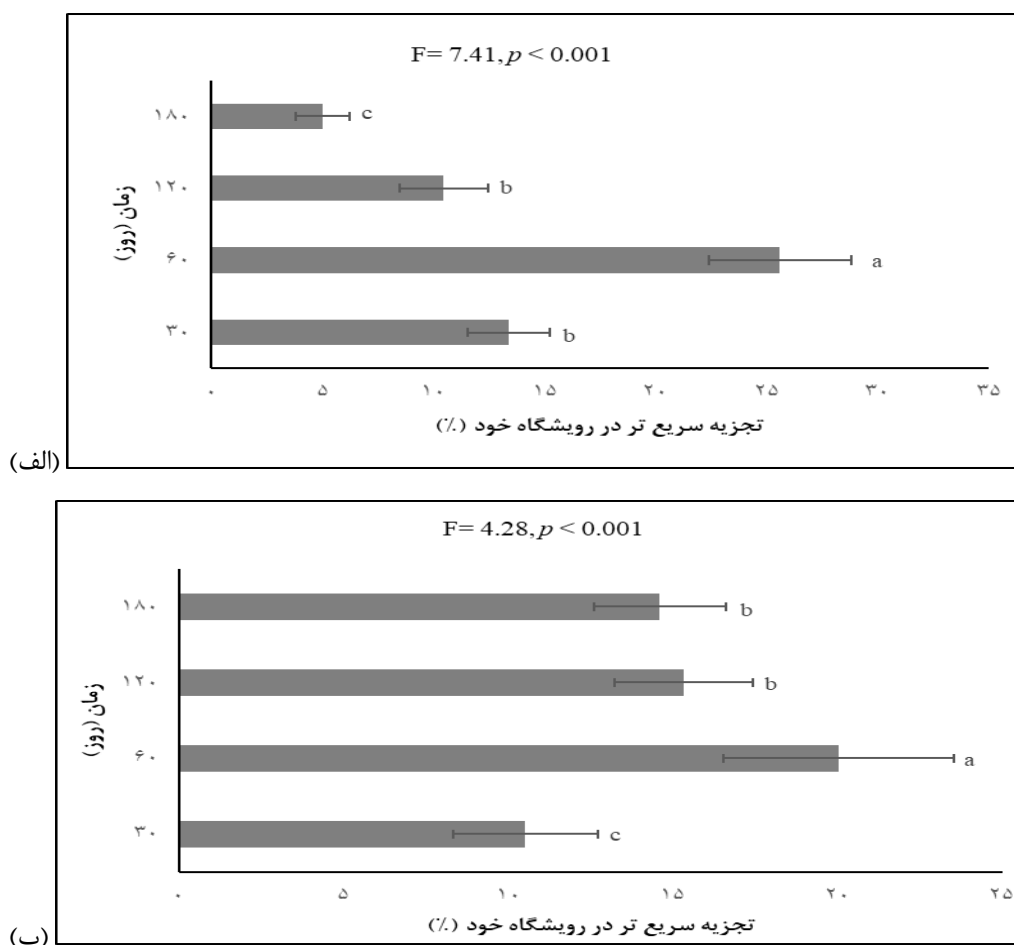
در بوم‌سازگان‌های مختلف کیفیت اولیه لاشبرگ به‌عنوان شاخص مهمی در فرایند تجزیه محسوب می‌شود (Wu et al., 2013; Li et al., 2013; Gao et al., 2016). در طبیعت لاشبرگ گونه‌های مختلف با خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مخصوص به

شاخص مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ‌ها

شاخص HFA در مورد لاشبرگ‌های عرعر و کاج سیاه نشان داد که این لاشبرگ‌ها در هر دو حالت انفرادی (شکل ۴ الف) و ترکیبی (شکل ۴ ب) در توده‌های خود از سرعت تجزیه زیادی برخوردارند. در هر دو توده مورد بررسی در روز ۶۰ دوره بررسی نرخ تجزیه در هر دو حالت انفرادی و ترکیبی از سرعت بیشتری برخوردار بود (حالت انفرادی = ۲۵/۶۲ درصد،

به صورت منفی، بی اثر و مثبت گزارش شده است.
(Beyranvand & Ghasemi Aghbash, 2020)

خود در کنار هم تجزیه می شوند و اثرهای مختلفی بر
هم می گذارند. در تحقیقات متعددی این اثرها



شکل ۴- شاخص مزیت تجزیه خانگی لاشبرگ های کاج خالص و عرعر خالص (الف) و کاج ترکیبی و عرعر ترکیبی (ب) در توده های کاج و عرعر

کاج وضعیت بهتری دارد و نتایج مربوط به ارتباطات موجود بین نرخ تجزیه و غلظت اولیه نیتروژن لاشبرگ ها (شکل ۳) نیز مؤید این مسئله است (Jacob et al., 2010; Bohara et al., 2019; Zhang et al., 2021; Nouraei et al., 2020). مطابق نظر Zhang et al. (2021) در مراحل اولیه فرایند تجزیه (کمتر از یک سال) مقدار نیتروژن لاشبرگ ها اثر معنی داری در افزایش تجزیه لاشبرگ ها دارد، هرچند با افزایش مدت زمان بررسی این اثر کم رنگ

اما نکته شایان توجه این است که توجه به برخی خصوصیات شیمیایی لاشبرگ ها لزوماً به حصول نتیجه کلی در مورد اثرهای شیمیایی لاشبرگ ها بر نرخ تجزیه منجر نخواهد شد. همچنین نتایج این گونه تحقیقات را در کوتاه مدت نمی توان به طولانی مدت تعمیم داد (Prescott, 2005). نتایج این تحقیق نشان دهنده اثرهای کیفیت لاشبرگ بر نرخ تجزیه لاشبرگ ها بود به طوری که لاشبرگ عرعر از نظر غلظت نیتروژن و نسبت C/N نسبت به سوزن های

می‌توان از نظریه مکمل بودن منابع (Resource complementarity theory) استفاده کرد (Gao et al., 2016). براساس این نظریه، عناصر غذایی از لاشبرگ‌های غنی (عرعر) به لاشبرگ‌های ضعیف (سوزن‌های کاج) منتقل شده و موجب افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه پوسیدگی بیشتر لاشبرگ‌های ضعیف می‌شوند. براساس یافته‌های Chen et al. (2013) مشخص شد که لاشبرگ گونه‌های بومی در افزایش نرخ تجزیه لاشبرگ‌های غیربومی مؤثر است. در توده عرعر اثرهای لاشبرگ‌های عرعر بر سوزن‌های کاج سیاه به صورت منفی ($- ۳/۲۷$) مشاهده شد، ولی طبق نظر Gao et al. (2016) در طول زمان فرایند تجزیه تغییراتی در کیفیت لاشبرگ، فعالیت میکروبی و ریزاقلیم بستر جنگل به وجود می‌آورد که اثرهای غیرافزایشی تجزیه لاشبرگ‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

نتایج تحقیق نشان داد که لاشبرگ گونه‌های بررسی شده در رویشگاه خود سریع‌تر تجزیه می‌شوند (شکل ۴). این یافته با گزارش‌های دیگر (Ayres et al., 2009; Wang et al., 2013; Veen et al., 2014) مطابقت داشت. طبق نظر Hoorens et al. (2010) ترکیب‌های شیمیایی لاشبرگ درختان شریطی را در خاک ایجاد می‌کنند که در تجزیه لاشبرگ خود در طولانی مدت اثر دارند. لاشبرگ‌های تولیدی درختان، هم بر کیفیت شیمیایی خاک و هم بر خواص فیزیکی آن اثر می‌گذارند و از این رو دما و رطوبت خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sariyildiz, 2008). همچنین درجه تخصصی شدن جوامع میکروبی خاک در ارتباط با کیفیت شیمیایی لاشبرگ است و شرایط آب‌وهوایی تأثیر محدودکننده‌ای ندارند (Veen et al., 2014; Allison et al., 2013). مطابق نظر Ayres et al. (2009) و Milcu & Manning, 2011 با کاهش کیفیت لاشبرگ، شاخص HFA افزایش می‌یابد، زیرا تجزیه مواد آلی مقاوم در برابر پوسیدگی، به حضور

می‌شود. براساس نظر Bohara et al. (2019) کیفیت اولیه لاشبرگ‌ها به‌ویژه غلظت زیاد نیتروژن و نسبت کم C/N اثر معنی‌داری در افزایش نرخ وزن از دست‌رفته لاشبرگ‌ها دارد. عکس این وضعیت (غلظت کم نیتروژن و نسبت زیاد C/N) هم به نرخ اندک تجزیه منجر خواهد شد. در کل نتایج تحقیق در این بخش نشان داد که کیفیت لاشبرگ در کوتاه‌مدت نقش بسزایی در نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها دارد.

یافته‌های تحقیق در خصوص مقایسه نرخ تجزیه لاشبرگ‌ها در حالت‌های انفرادی و ترکیبی نشان داد که سوزن‌های کاج سیاه در توده کاج سیاه در وضعیت آمیختگی با لاشبرگ‌های عرعر از مقادیر زیاد تجزیه برخوردار بود ($+ ۱۲/۹۵$) و در بقیه تیمارها هیچ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). به عبارتی اثرهای غیرافزایشی در بقیه تیمارها از نوع رقابتی بوده است (جدول ۴). تعدادی از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بسیاری از ترکیب‌های لاشبرگ‌ها دارای اثرهای غیرافزایشی‌اند، به طوری که مقادیر مشاهده‌شده در تیمارهای ترکیبی بیشتر از حالت انفرادی است. فراتحلیل Porre et al. (2020) در خصوص تجزیه لاشبرگ‌های آمیخته نشان داد که هر گونه ارتباط متقابل (مثبت یا منفی) بین لاشبرگ گونه‌های مختلف مختص شرایط خاص رویشگاه است و به دیگر رویشگاه‌ها تعمیم‌پذیر نیست. در کل فراتحلیل آنها نشان داد که ترکیب لاشبرگ‌ها، به افزایش نرخ تجزیه منجر می‌شود. پژوهش Liu et al. (2020) نیز در خصوص فراتحلیل اثرهای هم‌افزایی در تجزیه لاشبرگ‌های آمیخته نشان داد که اثرهای هم‌افزایی به‌طور متوسط ۳ درصد نرخ تجزیه را نسبت به لاشبرگ‌های انفرادی افزایش می‌دهند. سازوکارهای مختلفی در توجیه این مسئله ارائه شده است (Chen et al., 2013; Yajun et al., 2015; Mao et al., 2017). لاشبرگ‌های عرعر در ترکیب لاشبرگ‌ها موجب تحریک تجزیه سوزن‌های کاج سیاه در توده تخصصی خود شد. برای توجیه این موضوع

نتیجه‌گیری

در کل نتایج این تحقیق نشان داد که عوامل کیفیت لاشبرگ، ترکیب لاشبرگ‌ها و نوع جنگل محرک‌های اصلی فرایند تجزیه در منطقه مورد بررسی هستند. در ابتدا براساس یافته‌های تحقیق مشخص شد که سرعت تجزیه لاشبرگ عرعر (با غلظت زیاد نیتروژن در مقایسه با سوزن‌های کاج سیاه و نسبت اندک C/N) بیشتر از سوزن‌های کاج سیاه است و بین مقدار وزن از دست‌رفته با مقادیر اولیه غلظت نیتروژن ارتباط مثبت معنی‌داری وجود دارد. همچنین نتایج نشان دادند که لزوماً نباید انتظار اثرهای غیرافزایشی مثبت در همه ترکیب‌های لاشبرگ‌های ضعیف و غنی داشت. در این پژوهش اثرهای هم‌افزایی فقط در ترکیب سوزن‌های کاج سیاه با لاشبرگ‌های عرعر در توده کاج سیاه مشاهده شد. در زمینه شاخص HFA نتایج تحقیق حاضر این تئوری را مورد پذیرش قرار داد. بنابراین نتیجه‌ای که از این پژوهش حاصل می‌شود این است که تجزیه لاشبرگ‌ها اساساً نه تنها تحت تأثیر کیفیت لاشبرگ‌ها قرار می‌گیرد، بلکه عامل رویشگاه نیز در این مسئله حائز اهمیت است. نتایج این تحقیق سبب درک بهتر تأثیر عوامل کنترل‌کننده فرایندهای تجزیه می‌شود و می‌تواند در تحقیقات آتی اطلاعاتی در خصوص تعیین نقش محرک‌های تجزیه در دیگر عرصه‌های جنگلکاری با شرایط مشابه این پژوهش فراهم آورد. در کل با توجه به نتایج این پژوهش، در اقلیم‌های معتدله سردسیری غرب کشور، جنگلکاری‌های آمیخته این دو گونه پیشنهاد شد.

میکروارگانیسم‌های خیلی تخصصی بستگی دارد. با این حال تحقیق حاضر نشان داد که این مسئله در مورد هر دو لاشبرگ با کیفیت خوب و بد اتفاق افتاده و ارتباطات مثبتی بین نوع لاشبرگ و رویشگاه ثبت شده است (شکل ۴). یافته‌های تحقیق در این بخش با یافته‌های Freschet et al. (2012) و Veen et al. (2014) مطابقت داشت. آنها اعتقاد داشتند لاشبرگ‌ها در محیط‌هایی که افق آلی خاک کیفیت مشابهی با آنها دارد سرعت تجزیه زیادی دارند. در چنین شرایطی جوامع میکروبی خاک در هر دو زیستگاه غنی (حاوی لاشبرگ‌هایی با کیفیت خوب) و ضعیف (حاوی لاشبرگ‌هایی با کیفیت ضعیف) بهترین عملکرد را دارند. یافته‌های Fanin et al. (2021) نیز نشان داد که فعل و انفعالات بین فیلوسفر و میکروارگانیسم‌های خاک می‌تواند در توصیف اثرهای مثبت فیلوسفر در تجزیه خانگی لاشبرگ‌ها کمک شایانی کند. در مغایرت با نتایج این تحقیق، یافته‌های Lin et al. (2020) نشان داد که شاخص HFA زمانی رخ خواهد داد که لاشبرگ‌ها حاوی عناصر مغذی و ترکیب‌های کربنی ناپایدار باشند. با گذشت زمان بررسی، اثر کیفیت لاشبرگ در ارتباط با این شاخص، به دلیل اثر ضعیف میکروارگانیسم‌های خاک در آزادسازی عناصر غذایی لاشبرگ‌ها مانند نیتروژن، کاهش پیدا می‌کند (Li et al., 2019). این مسئله در لاشبرگ‌های مورد بررسی در هر دو توده عرعر و کاج سیاه مشاهده شد.

References

- Allison, S.D., Lu, Y., Weihe, C., Goulden, M.L., Martiny, A.C., & Treseder, K.K. (2013). Microbial abundance and composition influence litter decomposition response to environmental change. *Ecology*, 94, 714–725.
- Ayres, E., Dromph, K.M., & Bardgett, R.D. (2006). Do plant species encourage soil biota that specialise in the rapid decomposition of their litter?. *Soil Biology & Biochemistry*, 38, 183–186.
- Ayres, E., Steltzer, H., Simmons, B.L., Simpson, R.T., Steinweg, J.M., Wallenstein, M.D., Mellor, N., Parton, W.J., Moore, J.C., & Wall, D.H. (2009). Home-field advantage accelerates leaf litter decomposition in forests. *Soil Biology and Biochemistry*, 41, 606-610.

- Berg, B., & McClaugherty, C. (2014). Plant litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration, third edition. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 315P.
- Beyranvand, M., & Ghasemi Aghbash, F. (2020). Non-additive effects of European black pine (*Pinus nigra* Arnold) and Tree of heaven (*Ailanthus altissima* Mill.) mixed leaf litters on decomposition and nutrient dynamics of leaf litters. *Forest and Wood Products*, 73(3), 305-315.
- Bohara, M., Kailash, R., Yadav, P., Dong, W., Cao, J., & Hu, CH. (2019). Nutrient and isotopic dynamics of litter decomposition from different land uses in naturally restoring Taihang mountain, North China. *Sustainability*, 11, 1-19.
- Chen, B.M., Peng, S.L., D'Antonio, C.M., Li, D.J., & Ren, W.T. (2013) Non-Additive Effects on Decomposition from Mixing Litter of the Invasive *Mikania micrantha* H.B.K. with Native Plants. *PLoS ONE*, 8(6), 1-10.
- Fanin, N., Lin, D., Freschet, G.T., Keiser, A.D., Augusto, L., Wardle, D.A., & Veen, G.F. (2021). Home-field advantage of litter decomposition: from the phyllosphere to the soil. *New Phytologist*, 231(4), 1353-1358.
- Freschet, G.T., Aerts, R., & Cornelissen, J.H.C. (2012). Multiple mechanisms for trait effects on litter decomposition: moving beyond home-field advantage with a new hypothesis. *Journal of Ecology*, 100, 619-630.
- Gao, J., Kang, F., & Han, H. (2016). Effect of litter quality on leaf-litter decomposition in the context of home-field advantage and non-additive effects in temperate forests in China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(5), 1911-1920.
- Ghasemi Aghbash, F., & Zarafshar, M. (2018). Leaf litter Decomposition and Nutrient Dynamics of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.) in the Northern Zagros Forests (Case Study: Chahar Zabar forests of Kermanshah). *Iranian Journal of Forest*, 10(3), 347-359.
- Giesselmann, U.C., Martins, K.G., Brändle, M., Schädler, M., Marques, R., & Brandl, R. (2011). Lack of home-field advantage in the decomposition of leaf litter in the Atlantic Rainforest of Brazil. *Applied Soil Ecology*, 49, 5-10.
- Hoorens, B., Comes, D., & Aerts, R. (2010). Neighbor identity hardly affects litter-mixture effects on decomposition rates of New Zealand Forest species. *Oecologia*, 162, 479-489.
- Jackrel, S.L., Gilbert, J.A., & Wootton, J.T. (2019). The origin, succession, and predicted metabolism of bacterial communities associated with leaf decomposition. *mBio*, 10(5), 1-15.
- Jacob, M., Viedenz, K., Polle, A., & Thomas, F.M. (2010). Leaf litter decomposition in temperate deciduous forest stands with a decreasing fraction of beech (*Fagus sylvatica*). *Oecologia*, 164, 1083-1094.
- Karimiyan Bahnemiri, A., Taheri Abkenar, K., Kooch, Y., & Salehi, A. (2020). The effect of canopy combination in over story on nutrient Content and microbial indices of soil in Korkoroud forests of Noshahr. *Iranian Journal of Forest*, 11(4), 547-558.
- Laganiere, J., Pare, D., & Bradley, R.L. (2010). How does a tree species influence litter decomposition? Separating the relative contribution of litter quality, litter mixing, and forest floor conditions. *Canadian Journal of Forest Research*, 40, 465-475.
- Li, D.J., Peng, S.L., & Chen, B.M. (2013). The effects of leaf litter evenness on decomposition depend on which plant functional group is dominant. *Plant and Soil*, 365, 255-266.
- Li, X., Dong, W., Song, W., Wang, W., & Zhan, W. (2019). Effect of soil fauna on home-field advantages of litter mass loss and nutrient release in different temperate broad-leaved forests. *Forests*, 10(11), 1-14.
- Lin, D., Dou, P., Yang, G., Qian, Sh., Wang, H., Zhao, L., Yang, Y., Mi, X., Ma, K., & Fanin, N. (2020). Home-field advantage of litter decomposition differs between leaves and fine roots. *New Phytologist*, 227, 995-1000.

- Lin, D., Pang, M., Fanin, N., Wang, H., Qian, S., Zhao, L., Yang, Y., Mi, X., & Ma, K. (2019). Fungi participate in driving home-field advantage of litter decomposition in a subtropical forest. *Plant and Soil*, 434, 467–480.
- Liu, J., Liu, X., Song, Q., Luan, F., Hui, W., Hu, Y., & Yang, Q. (2020). Synergistic effect: a common theme in mixed-species litter decomposition. *New Phytologist*, 227(3), 757-765.
- Mao, B., Mao, R., & Zeng, D.H. (2017). Species diversity and chemical properties of litter influence non-additive effects of litter mixtures on soil carbon and nitrogen cycling. *PLoS ONE*, 12(17), 1-19.
- McGuire, K.L., Zak, D.R., Edwards, I.P., Blackwood, C.B., & Upchurch, R. (2010). Slowed decomposition is biotically mediated in an ectomycorrhizal, tropical rain forest. *Oecologia*, 164, 785–795.
- Milcu, A., & Manning, P. (2011). All size classes of soil fauna and litter quality control the acceleration of litter decay in its home environment. *Oikos*, 120, 1366–1370.
- Nouraei, A.S., Jalilvand, H., Hojjati, S.M., & Alavi, S.J. (2020). Response of Soil and Litter Chemical Characteristics to Simulation of Nitrogen Deposition in *Quercus castaneifolia* Stand. *Iranian Journal of Forest*, 12(1), 33-47.
- Polyakova, O., & Billor, N. (2007). Impact of deciduous tree species on litterfall quality, decomposition rates and nutrient circulation in pine stands. *Forest Ecology and Management*, 253, 11-18.
- Porre, R.J., Van der werf, W., De Deyn, G.B., Stomph, T.J., & Hoffland, E. (2020). Is litter decomposition enhanced in species mixtures? A meta-analysis. *Soil Biology and Biochemistry*, 145, 1-16.
- Prescott, C. (2005). Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know?. *Forest Ecology and Management*, 220, 66-74.
- Sariyildiz, T. (2008). Effects of gap-size classes on long-term litter decomposition rates of beech, oak and chestnut species at high elevations in Northeast Turkey. *Ecosystems*, 11, 841-853.
- Tan, Y.L., Chen, J., Yan, L.M., Huang, J.H., Wang, L.X., Chen, S.P. (2013). Mass loss and nutrient dynamics during litter decomposition under three mixing treatments in a typical steppe in Inner Mongolia. *Plant and Soil*, 366, 107-118.
- Veen, G.F., Freschet, G.T., Ordonez, A., & Wardle, D.A. (2014). Litter quality and environmental controls of home-field advantage effects on litter decomposition. *Oikos*, 124(2), 187-195.
- Veen, G.F., Keiser, A.D., Vander Putten, W.H., & Wardle, D.A. (2018). Variation in home-field advantage and ability in leaf litter decomposition across successional gradients. *Functional Ecology*, 32(6), 1563-1574.
- Wang, J., You, Y.M., Tang, Z.X., Liu, S.R., & Sun, O.J.X. (2015). Variations in leaf litter decomposition across contrasting forest stands and controlling factors at local scale. *Journal of Plant Ecology*, 8, 261-272.
- Wang, Q.K., Zhong, M.C., & He, T.X. (2013). Home-field advantage of litter decomposition and nitrogen release in forest ecosystems. *Biology and Fertility of Soils*, 49, 427– 434.
- Wardle, D.A., Bonner, K.I., & Barker, G.M. (1997). Biodiversity and plant litter: experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. *Oikos*, 79, 247–258.
- Wu, D.D., Li, T.T., & Wan, S.Q. (2013). Time and litter species composition affect litter-mixing effects on decomposition rates. *Plant and Soil*, 371, 355-366.
- Yajun, X., Yonghong, X., Xinsheng, CH., Feng, L., Zhiyong, H., & Xu, L. (2015). Non-additive effects of water availability and litter quality on decomposition of litter mixtures. *Journal of Freshwater Ecology*, 31(2), 153-168.
- Zhang, J., Li, H., Zhang, H., Zhang, H., & Tang, Z. (2021). Responses of Litter Decomposition and Nutrient Dynamics to Nitrogen Addition in Temperate Shrublands of North China. *Frontiers in Plant Science*, 11, 618-675.



Research Article

Effect of litter quality and Home-Field advantage on leaf-litter decomposition of Tree of heaven and European black pine leaf-litters

F. Ghasemi Aghbash^{1*} and M. Beyranvand²

¹ Assistant Prof., Dept. of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran

² M.S.c Candidate of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, I. R. Iran

(Received: 7 August 2021, Accepted: 7 September 2021)

Abstract

Litter quality plays a key role in the decomposition process and nutrients dynamics. In most studies, it is assumed that litter has a higher rate of decomposition in its ecological site. Evidence for this theory has not yet been fully confirmed. Therefore, in order to test this theory and also to investigate the effect of litter quality on its decomposition rate in two stands of european black pine (*Pinus nigra* Arnold) and tree of heaven (*Ailanthus altissima* Mill.) leaf-litters of *P. nigra* Arnold and *A. altissima* Mill were incubated for 180 days using the litterbag method in Shahed's forest park of Malayer. The chemical quality of litter, the rate constant for decomposition, the main ecological site advantage and the effects of mixtures litter were investigated through the relevant relations. Results showed that the rate constant for decomposition of *A. altissima* litter (with high levels of nitrogen and calcium and low C/N ratio) was higher than *P. nigra* (0.09 and 0.05, respectively). Competitive status was observed in all compounds except *P. nigra* samples in their sites. Also, the decomposition rates of the litters had a significant positive relationship with the concentrations of nitrogen ($r = 0.76$, $p < 0.05$) and phosphorus ($r = 0.62$, $p < 0.05$) and had a significant negative relationship with the concentration of potassium ($r = -0.74$, $p < 0.05$) and C/N ratio ($r = -0.76$, $p < 0.05$). The theory of home-field advantage was confirmed about european black pine and tree of heaven in their own ecological sites. In general, the results showed that the decomposition process is affected by both litter quality and home-field advantage of leaf-litter decomposition. According to the research results, mixed afforestation of these two species was suggested in the temperate cold climates of the west of the country.

Keywords: Non-additive effects, Habitat, Constant decomposition coefficient, Mixture litters