

برآورد میزان ذخیره کربن در بیوماس گونه زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.)
(مطالعه موردی: پارک جنگلی خلخال)

امین خادمی^{1*}، بهروز گرد¹

چکیده

جنگل‌های شهری همبستگی زیادی با کاهش اثرات منفی تمدن و حفظ تعادل اکولوژیک سیستم‌های شهری دارند. با هدف برآورد میزان ذخیره کربن در جنگل کاری زبان گنجشک در خلخال آماربرداری خطی از توده صورت گرفت. 20 پایه (5 پایه از قطر متوسط هر طبقه قطری) به‌عنوان نمونه انتخاب و پس از کف‌بردن نمونه‌ها، ریشه‌های آنها نیز جمع‌آوری شد. وزن‌تر اندام‌ها جداگانه توزین و برای تعیین وزن خشک، اندام‌ها به کوره چوب خشک‌کنی منتقل شدند و براین اساس میزان بیوماس اندام‌ها محاسبه شد. سپس اندام‌های مختلف نمونه‌ها سوزانده شده و پس از کسر خاکستر اندام‌ها از میزان بیوماس، کربن آلی ذخیره شده محاسبه گردید. برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و بررسی ارتباط آنها با میزان ذخیره کربن درختان، 12 نمونه از عمق 0 تا 30 و 30 تا 60 سانتی‌متری تهیه گردید. نتایج تحقیق نشان داد که میانگین میزان بیوماس و کربن آلی ذخیره شده سالیانه در هر هکتار از توده به ترتیب 526 و 464 کیلوگرم می‌باشد. نتایج آزمون دانکن نشان می‌دهد که میانگین ذخیره کربن در طبقات قطری مورد بررسی از اختلاف معنی‌داری برخوردار است، همچنین با توجه به معادله‌های رگرسیون از بین مشخصه‌های خاک، نیتروژن و کربن آلی بیشترین همبستگی را با میزان بیوماس دارند.

واژه‌های کلیدی: بیوماس، ترسیب کربن، زبان گنجشک، پارک جنگلی، خلخال.

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر

* نویسنده مسئول: Email: aminkhademi28@yahoo.com

مقدمه

اکوسیستم‌های جنگلی خدمات مختلفی مانند تأمین چوب، تنظیم آب‌وهوا بر اساس تغذیه سفره‌های زیرزمینی و تبادل گازهای گل‌خانه‌ای و اصلاح خاک را ارائه می‌دهند که برای سلامتی و امرار معاش انسان حیاتی است و به‌طور خاص ذخیره‌کربن در درختان و خاک بسیار مهم است به‌طوری‌که جنگل‌ها یکی از مهمترین عناصر چرخه کربن جهانی محسوب می‌شود (آریاس^۱، ۲۰۰۷). جنگل‌زدایی بعد از سوخت‌های فسیلی به‌عنوان دومین منبع افزایش غلظت CO₂ در جو شناخته شده است، از طرفی ترسیب کربن در جنگل‌ها یک گزینه مقرون‌به‌صرفه برای کاهش تغییرات اقلیمی جهانی است (درنر و شومن^۲، ۲۰۰۷).

فعالیت‌های بشر موجب تغییرات فیزیکی و شیمیایی آب‌وهوا در سطح زمین شده و این تغییرات ممکن است به شیوه‌ای پیچیده بر بهره‌وری و ذخیره‌سازی کربن در اکوسیستم‌های جنگلی تاثیر نامطلوب داشته باشد. جلوگیری از تغییر کاربری جنگل‌ها و فعالیت‌های جنگلداری به‌عنوان بخشی از استراتژی کاهش گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که جنگل‌کاری پتانسیل بسیار زیادی برای ذخیره کربن داشته و همچنین یک استراتژی مقرون‌به‌صرفه و سازگار با محیط‌زیست برای ترسیب کربن می‌باشد (کمیسیون مستقل شکایات پلیس^۳، ۲۰۰۸).

شیوه‌های مدیریت اراضی، شرایطی را برای تعدیل غلظت دی اکسید کربن فراهم می‌آورند که طی آن کربن اضافی از طریق جذب شدن در بیوماس گیاهی و مواد آلی خاک ترسیب می‌گردد، این فرآیند را اصطلاحاً ترسیب کربن (Carbon sequestration) گویند. افزایش ترسیب کربن معادل افزایش بیوماس گیاهی، افزایش تولید، بهبود حاصل‌خیزی خاک، جلوگیری از فرسایش آبی و بادی، انتشار اکسیژن، تثبیت جریان‌های آب و تعدیل آب‌وهوا است. به همین سبب ترسیب کربن علاوه بر دارا بودن ارزش‌های حفاظتی، به دلیل افزایش تولید بیوماس، از نظر اقتصادی ارزشمند است و می‌تواند به عنوان سود اضافی حاصل از فعالیت‌ها و عملیات احیای اراضی تخریب شده مطرح گردد (عبدی، ۱۳۸۵).

بین حاصل‌خیزی خاک با رویش درختان و میزان بیوماس و در نتیجه میزان ذخیره کربن رابطه مستقیمی وجود دارد (آریاس، ۲۰۰۷). پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتر هزینه‌های سنگینی را در بردارد به‌طوری‌که در آمریکا این هزینه را حدود ۵۰۰ دلار برای هر تن کربن تخمین زده‌اند (پن و همکاران^۴، ۲۰۰۹) در صورت استفاده از پوشش گیاهی و کاشت درختان در قالب جنگل‌کاری می‌توان علاوه بر ایجاد فضای سبز، تولید چوب و مزایای زیست محیطی، به هدف ذخیره‌سازی کربن نیز دست یافت. گونه زبان‌گنجشک در صورت وجود خاک حاصلخیز و عوامل جوی مساعد، از نظر مشخصات کمی از وضعیت مناسب‌تری نسبت به ااقیا برخوردار خواهد بود (فاطمی، ۱۳۸۳).

¹ Arias

² Derner & Schuman

³ IPCC

⁴ Pan et al.

همچنین حدود 44 درصد از منطقه با شیب کمتر از 10 درصد فاقد جهت جغرافیایی بوده و سایر مناطق عمدتاً دارای جهت شمال شرقی و جنوب-غربی هستند.

روش تحقیق

در این بررسی جهت برآورد میزان ذخیره کربن در بیوماس موجود در گونه زبان گنجشک در پارک جنگلی خلخال از روش مستقیم (آنالیز زیست توده) استفاده شد. پس از تعیین محدوده جنگل کاری، نقشه جهت های جغرافیایی و شیب منطقه تهیه (با توجه به اختلاف ارتفاع کم منطقه، نقشه ارتفاع تهیه نشد) و بر این اساس واحدهای همگن تفکیک و مساحت آنها تعیین گردید. با توجه به کشت خالص و منظم توده آماربرداری به صورت خطی² و با شدت 10 درصد صورت گرفت. تمامی نوارهای کشت به عنوان مسیر (خط) در نظر گرفته شدند و اولین پایه به صورت تصادفی و بقیه به صورت سیستماتیک انتخاب شدند، در هر مسیر از هر 10 پایه یک پایه مورد اندازه گیری قرار گرفتند و مشخصه های قطر-برابرسینه و ارتفاع پایه های زبان گنجشک برداشت گردید (خادمی و همکاران، 1384). برای تعیین میزان بیوماس و ذخیره کربن، تعداد 5 پایه از میانگین هر طبقه قطری با در نظر گرفتن کلیه شرایط محیطی (شیب، جهت های جغرافیایی و خصوصیات خاک) انتخاب و برداشت گردید (مجموعاً 20 پایه از 4 طبقه قطری). نمونه های تعیین شده در انتهای دوره رویش و قبل از خزان برگ ها یعنی شهریور ماه برداشت شدند. نمونه های انتخاب شده کف بر و برگ ها از دمبرگ جدا

هدف از این تحقیق تعیین میزان ذخیره کربن در بیوماس گونه زبان گنجشک در رویشگاه مورد مطالعه و بررسی ارتباط آن با ویژگی های توده-جنگلی (قطر، ارتفاع، سطح مقطع برابرسینه، میزان بیوماس و مشخصه های خاک) و همچنین بررسی جنبه های اقتصادی و زیست محیطی ترسیب کربن در جنگل کاری می باشد.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه

پارک جنگلی خلخال در شرق این شهر در ارتفاع 1812 تا 1906 متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس آمارهای هواشناسی میزان بارندگی سالیانه در منطقه 384/6 میلی متر و متوسط درجه حرارت سالیانه 8/7 درجه سانتی-گراد می باشد. پتانسیل تبخیر و تعرق سالانه 1200 میلی متر و تعداد روزهای یخبندان 92/5 روز در سال می باشد. نوع اقلیم منطقه با توجه به ضریب آمبرژه ($Q_2=57/2$) نیمه مرطوب سرد می باشد. تعداد ماه های خشک 4 ماه بوده و از اواسط خرداد ماه شروع و تا شهریور ادامه دارد (اداره هواشناسی¹، 2010). این پارک در سال 1358 با هدف ایجاد کمربند سبز و تفرجگاه در منطقه ای به مساحت 78 هکتار (61 هکتار دارای پوشش درختی است) احداث و برای جنگل کاری از گونه زبان گنجشک (*Fraxinus rotundifolia* Mill.) به صورت خالص با فاصله کاشت 4×4 متر استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه در سه طبقه شیب کمتر از 15، 15 تا 30 و 30 تا 45 درصد به ترتیب با مساحت 50/7، 19/8 و 7/5 هکتار قرار دارد،

² Transect

¹ Department of Meterology

نتایج

باتوجه به تعداد پایه‌های جنگل‌کاری شده و پایه‌های موجود، زنده‌مانی پایه‌های زبان‌گنجشک در منطقه مورد مطالعه 78/5 درصد می‌باشد. بیشترین رویش ارتفاعی در طبقه قطری 5 سانتی-متری و بیشترین رویش قطری در طبقه قطری 20 سانتی‌متر اتفاق افتاده است. نتایج نشان داد که با افزایش طبقات قطری رویش قطری افزایش اما رویش ارتفاعی کاهش می‌یابد (جدول 1). بافت خاک در بیشتر نمونه‌ها لومی و لومی-رسی می‌باشد. میزان فسفر و نیتروژن قابل جذب و کربن آلی در برخی نمونه به ویژه دامنه جنوب غربی کم و میزان پتاسیم قابل جذب در عمده نمونه‌ها در حد مطلوب است (جدول 2).

میانگین ذخیره سالیانه بیوماس در اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه زبان‌گنجشک در جنگل-کاری مورد مطالعه 526 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که در مجموع بیشترین میزان ذخیره بیوماس در تنه، شاخه، ریشه و برگ به ترتیب به 229، 135، 120 و 43 کیلوگرم در هکتار اتفاق می‌افتد (جدول 3).

معادله‌های رگرسیون بین بیوماس اندام‌های هوایی با قطر برابر سینه، ارتفاع و سطح مقطع درختان گونه زبان‌گنجشک در رویشگاه مورد مطالعه نتایج نشان داد که سطح مقطع با ضریب همبستگی 0/948 و سطح معنی‌داری 0/024 بیشترین همبستگی را با بیوماس اندام‌های هوایی دارد (شکل 1).

نتایج آزمون مربع‌کای نشان داد که بین عوامل فیزیوگرافیک (جهت جغرافیایی و شیب) با بیوماس اندام‌های هوایی ارتباط معنی‌داری وجود

شده و ریشه‌های قطورتر از 1 میلی‌متر تا عمق مشخص (به شعاع یک متر از یقه و تا عمقی که ریشه‌دوانی انجام شده) جمع‌آوری شد. با توجه به قطر متوسط پایه‌های زبان‌گنجشک و سنین برآورد شده از دیسک‌ها در طبقات قطری مختلف، سن متوسط توده برآورد شد. هر یک از اندام‌ها جداگانه توزین شدند تا وزن تر آن‌ها به دست آید. در نهایت اندام‌ها به کوره چوب خشک‌کنی منتقل و به مدت 72 ساعت در درجه حرارت 80 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا وزن خشک (بیوماس) آنها تعیین شود و در نهایت با سوزاندن اندام‌های هوایی و زیرزمینی و تعیین وزن خاکستر اندام‌ها، میزان کربن ذخیره شده در پایه‌ها محاسبه گردید (بردبار، 1383، خادمی و همکاران، 1389 و IPCC, 2008). برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیای خاک و بررسی ارتباط آنها با میزان ذخیره کربن، 12 نمونه از عمق صفر تا 30 و 30 تا 60 سانتی‌متری خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید (مارلن¹، 2002).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم-افزارهای آماری Excel و SPSS انجام شد. برای مقایسه اختلاف میانگین‌ها (میزان بیوماس و ذخیره کربن در اندام‌های مختلف در شرایط محیطی مختلف) از آزمون دانکن و برای تعیین تاثیر عوامل محیطی (جهت جغرافیایی و شیب) بر روی ذخیره کربن از آزمون مربع‌کای استفاده شد. همچنین برای تعیین همبستگی بین میزان ذخیره-کربن با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از معادله‌های رگرسیون استفاده گردید (خادمی و همکاران، 1389).

¹ Marlen

به طور متوسط در طبقات قطری مختلف 13/2 تن در هکتار می باشد (جدول 7).
 نتایج آزمون دانکن در مورد ذخیره کربن در اندام های مختلف گونه زبان گنجشک در هر هکتار از طبقات قطری مختلف نشان داد که میانگین ذخیره بیوماس در تمام طبقات قطری مورد بررسی از اختلاف معنی داری برخوردار هستند (جدول های 8 و 9).

ندارد (جدول های 4 و 5). میزان ذخیره سالیانه کربن در هر هکتار از طبقات قطری 10، 15، 20 و 25 به ترتیب 306، 455، 518 و 576 کیلوگرم برآورد گردید. همچنین میانگین ذخیره سالیانه توده باتوجه به سن متوسط (27/23 سال) 464 کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول 6). میزان ذخیره کربن آلی در اندام های مختلف گونه زبان گنجشک در طول دوره رشد توده مورد مطالعه

جدول 1- نتایج حاصل از مطالعات کمی گونه زبان گنجشک در جنگل کاری مورد مطالعه

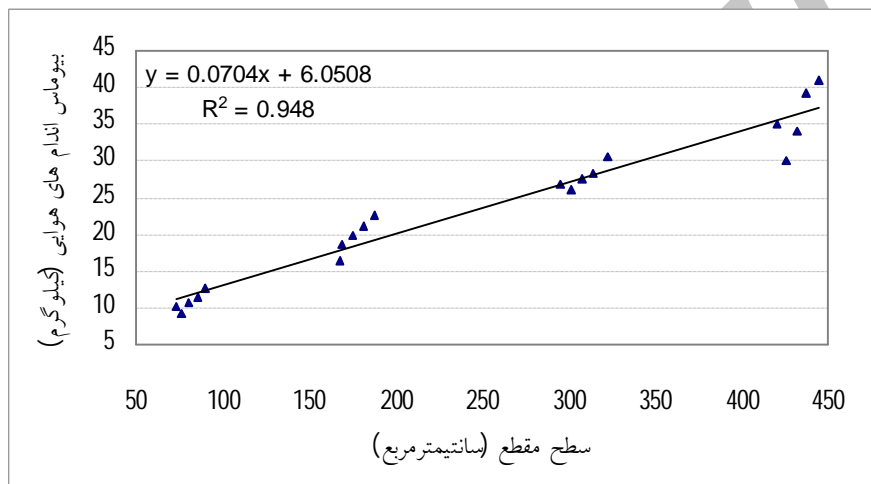
طبقه قطری (سانتی متر)	تعداد پایه ها	مساحت (هکتار)	سن متوسط	قطر برابر سینه (سانتی متر)	رویش قطری (میلی متر)	ارتفاع (متر)	رویش ارتفاعی (سانتی متر)
10	1547	24/37	19/6	10/16	5/2	3/57	18/2
15	1260	19/84	24/7	14/93	6/0	4/30	17/4
20	723	11/39	29/4	19/81	6/7	4/68	15/9
25	357	5/63	35/2	23/46	6/6	4/9	13/9
میانگین توده			27/23	17/1	6/1	4/36	16/35

جدول 2- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه های خاک در پارک جنگلی خلخال

جهت جغرافیایی	عمق (سانتی متر)	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	بافت	اسیدیته	شوری	درصد اشباع بازی	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	درصد نیتروژن	درصد کربن آلی
بدون جهت	0-30	15	40	45	L	7/8	0/70	54	5/4	390	0/26	2/65
جهت بدون	30-60	18	32	50	L	7/6	0/86	46	7/0	656	0/18	2/45
بدون جهت	0-30	8	68	24	Si L	7/9	0/81	44	2/5	576	0/22	2/38
جهت شمال	30-60	16	44	40	L	7/8	0/67	45	10/2	360	0/20	1/94
شمال شرقی	0-30	27	35	38	C L	7/7	1/3	32	2/4	440	0/17	1/82
شمال شرقی	30-60	22	41	37	L	7/6	0/68	39	2/4	230	0/12	1/52
شمال شرقی	0-30	9	48	43	L	7/9	1/2	37	3/5	340	0/14	1/3
شمال شرقی	30-60	16	50	34	L	7/5	0/36	41	2/4	406	0/10	1/04
جنوب غربی	0-30	17	47	36	Si L	8	0/77	26	4/4	164	0/18	0/52
جنوب غربی	30-60	13	53	34	L	7/8	1/6	36	3	176	0/12	0/24
جنوب غربی	0-30	25	45	30	C L	7/8	0/63	46	7/6	420	0/09	0/97
جنوب غربی	30-60	27	55	18	Si C L	7/4	0/72	32	1/6	380	0/06	0/86

جدول 3- متوسط میزان ذخیره سالیانه بیوماس در اندام‌های مختلف در هر هکتار از جنگل کاری گونه زبان گنجشک

طبقات قطری (سانتی‌متر)	سن متوسط	تنه (کیلوگرم در هکتار)	شاخه (کیلوگرم در هکتار)	برگ (کیلوگرم در هکتار)	ریشه (کیلوگرم در هکتار)	اندام‌های هوایی (کیلوگرم در هکتار)	اندام زیر زمینی (کیلوگرم در هکتار)	مجموع (کیلوگرم در هکتار)
10	19,6	148,33	81,53	34,19	83,39	264,05	83,39	347,44
15	24,7	218,84	139,38	38,08	120,29	396,3	120,29	516,59
20	29,4	263,41	151,27	46,11	126,95	460,79	126,95	587,74
25	35,2	285,73	166,19	51,87	150,43	503,61	150,43	654,04
میانگین	27,23	229,08	134,59	42,56	120,27	406,19	120,27	526,46



شکل 1- رابطه بین سطح مقطع برابر سینه با بیوماس اندام‌های هوایی گونه زبان گنجشک

جدول 4- آزمون مربع کای بیوماس اندام‌های هوایی در هکتار و جهت جغرافیایی

جهت‌های جغرافیایی	فراوانی نمونه‌ها	ارزش برآوردی پیرسون	سطح معنی‌داری
بدون جهت	8		
شمال شرقی	6		
جنوب غربی	6	40,000	0,281ns
تعداد کل	20		

ns به معنی عدم معنی‌داری است.

جدول 5. آزمون مربع کای بیوماس اندام‌های هوایی در هکتار و درصد شیب

درصد شیب	فراوانی نمونه‌ها	ارزش برآوردی پیرسون	سطح معنی‌داری
< 15	9		
15 – 30	9	40,000	0,354ns
30 - 45	2		
تعداد کل	20		

ns به معنی عدم معنی‌داری است.

جدول 6. میزان ذخیره سالیانه کربن در اندام‌های مختلف در هر هکتار از جنگل کاری گونه زبان‌گنجشک

طبقات قطری (سانتی‌متر)	تنه (کیلوگرم در هکتار)	شاخه (کیلوگرم در هکتار)	برگ (کیلوگرم در هکتار)	ریشه (کیلوگرم در هکتار)	اندام‌های هوایی (کیلوگرم در هکتار)	اندام زیر زمینی (کیلوگرم در هکتار)	مجموع (کیلوگرم در هکتار)
10	130,83	72,07	30,81	72,8	233,71	72,8	306,51
15	193,02	123,21	34,31	105,01	350,54	105,01	455,55
20	232,33	133,72	41,55	110,83	407,6	110,83	518,43
25	252,01	146,91	46,73	131,33	445,65	131,33	576,98
میانگین	202,05	118,98	38,35	104,99	359,38	104,99	464,37

جدول 7. میزان ذخیره کربن در هر هکتار از طبقات قطری در طول دوره رشد

طبقات قطری (سانتی‌متر)	مساحت (هکتار)	سن متوسط	اندام‌های هوایی (تن در هکتار)	اندام زیر زمینی (تن در هکتار)	مجموع (تن در هکتار)	مجموع در سطح هر طبقه قطری (تن)
10	24,37	19,6	4,582	1,428	6,01	146,464
15	19,84	24,7	8,661	2,597	11,258	223,359
20	11,39	29,4	11,986	3,262	15,248	173,675
25	5,63	35,2	15,691	4,628	20,319	114,396
میانگین		27,23	10,23	2,979	13,209	

جدول 8. تجزیه واریانس میزان ذخیره کربن در طبقات قطری مختلف گونه زبان گنجشک

سطح معنی داری	F آزمون	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات	
0,001	1093,670	183,974	3	551,923	تیمار
		0,168	16	2,691	خطا
			19	554,615	کل

جدول 9. نتایج آزمون دانکن در مورد ذخیره کربن گونه زبان گنجشک در طبقات قطری مختلف

سطح اطمینان 95 درصد				فراوانی	طبقات قطری
4	3	2	1	نمونه‌ها	(سانتی متر)
			6,01A	5	10
		11,258B		5	15
	15,248C			5	20
20,319D				5	25
1,000	1,000	1,000	1,000		سطح معنی داری

بحث و نتیجه گیری

این امر می‌تواند به دلیل عدم نیاز به رقابت نوری در بین پایه‌ها باشد.

تولید سالیانه زی توده گونه زبان گنجشک در طبقات قطری مختلف به‌طور متوسط 526/5 کیلوگرم در هکتار بوده که با افزایش طبقات- قطری میزان آن به شدت افزایش می‌یابد، این میزان در طبقات قطری 5، 10، 15 و 20 سانتی متر به ترتیب 347/4، 516/6، 587/7 و 654 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. همچنین نتایج آزمون مربع کای حاکی از این است که بین عوامل فیزیوگرافیک (شیب و جهت) با بیوماس ارتباط معنی داری وجود ندارد. در دامنه‌های شمال شرقی، خاک از حاصل خیزی بهتری برخوردار بوده و این امر باعث شده میزان رویش قطری و ارتفاعی و در نتیجه میزان بیوماس افزایش یابد. نتایج تحقیق بردبار (1383) در جنگل کاری اکالیپتوس نشان داد که در رویشگاه حاصلخیز میزان ذخیره

کربن عمده ترین عنصر گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود که ترسیب آن توسط فرآیند فتوسنتز و از طریق زیتوده گیاهی، ساده ترین و ارزان ترین راه کار ممکن برای کاهش سطح این گاز اتمسفری است (سان و همکاران¹، 2004). نتایج تحقیق نشان داد که متوسط قطر برابر سینه و ارتفاع گونه زبان گنجشک در جنگل کاری مورد مطالعه به ترتیب 17/1 سانتی متر و 4/36 متر می‌باشد. با توجه به قطر متوسط توده و سنین برآورد شده از دیسک‌ها سن متوسط توده 27/23 سال برآورد گردید که براین اساس متوسط رویش سالیانه قطر برابر سینه و ارتفاع به ترتیب 6/1 میلی متر و 16/4 سانتی متر تعیین شد. نتایج نشان داد که با افزایش طبقه قطری میزان رویش قطری افزایش و میزان رویش ارتفاعی کاهش می‌یابد.

¹ Sun et al.

فقط از طریق ذخیره‌کربن در سطحی حدود 61/23 هکتار بیش از 5/25 میلیارد ریال برآورد می‌گردد که بسیار بالاتر از هزینه احداث و نگهداری جنگل‌کاری می‌باشد.

پرنیاز بودن گونه زبان‌گنجشک باعث کاهش مواد معدنی، آلی و ازت خاک منطقه شده که نتایج بررسی متاجی و همکاران (1385) در شهر اراک و (ویمرستد و همکاران⁵، 2003) نیز این موضوع را تایید می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود به‌منظور بهبود وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک و جبران کمبود ازت و موادآلی خاک از کودهای پوسیده دامی همراه با کودهای شیمیایی استفاده گردد. محدودیت نیتروژن باعث کاهش بهره‌وری در اکوسیستم‌های جنگل‌کاری می‌شود. اضافه کردن ازت به‌طور بالقوه برای افزایش رشد و در نتیجه جدا کردن دی‌اکسید کربن از جو و ذخیره-سازی آن بسیار مهم است (سان و همکاران، 2002). نتایج بررسی (ژانگ⁶، 2007) در چین نشان داد که با افزایش ازت میزان رویش و تولید افزایش یافته و در نتیجه ذخیره‌کربن بیشتر می‌شود. انتظار می‌رود که در حال و آینده در برآورد بودجه منابع طبیعی، میزان جذب کربن به-وسیله این منابع با استفاده از جدیدترین داده‌ها تعیین‌شده و در طرح‌های جنگلداری و جنگل-کاری گنجانده شود. در صورت استفاده از پوشش گیاهی و کاشت درختان در قالب جنگل-کاری می‌توان علاوه بر ایجاد فضای سبز و تولیدچوب به سایر مزایای زیست‌محیطی جنگل-کاری از جمله ذخیره‌کربن نیز نایل شد.

بیوماس و کربن افزایش می‌یابد. باتوجه به معادله‌های رگرسیون سطح‌مقطع برابرسینه با ضریب همبستگی 0/948 بیشترین همبستگی را با بیوماس اندام‌های هوایی دارند، که نتایج بررسی (هوندا و همکاران¹، 2002) این موضوع را تایید می‌کند.

اندام‌های هوایی و زیرزمینی گونه زبان-گنجشک در طول دوره رویش به ترتیب با 10/23 و 2/98 تن در هکتار ذخیره‌کربن داشته‌اند. بیشترین میزان ذخیره‌کربن در اندام‌های هوایی صورت گرفته که نتایج بررسی خادمی و همکاران (1389)، (پیشل²، 2006) و (وودباری³، 2007) این موضوع را تایید می‌کند. گونه زبان‌گنجشک در جنگل‌کاری مورد مطالعه به‌طور متوسط سالیانه 526/5 کیلوگرم در هر هکتار کربن ذخیره کرده که نسبت به نتایج تحقیقات (وستردال⁴، 2002) در جنگل‌کاری زبان‌گنجشک 19 ساله در کانادا (0/8 تن در هکتار در سال) کمتر می‌باشد که این اختلاف می‌تواند ناشی از حاصل‌خیزی متفاوت دو منطقه باشد. میزان کربن‌آلی ذخیره‌شده در طبقات قطری 10، 15، 20 و 25 سانتی‌متر به ترتیب 6/01، 11/26، 15/25 و 20/32 تن در هکتار می‌باشد. نتایج آزمون دانکن نشان‌داد که میانگین ذخیره‌کربن در تمام طبقات قطری از اختلاف معنی‌داری برخوردار هستند.

باتوجه به این‌که هر هکتار از جنگل‌کاری در طول دوره‌رشد به‌طور متوسط 13/21 تن کربن ذخیره می‌کند و هزینه پالایش هر تن کربن به روش مصنوعی حدود 500 دلار تخمین زده شده است (پن و همکاران، 2009) ارزش زیست-محیطی رویشگاه در طول دوره‌رشد (27/23 سال)

¹ Honda et al
² Peichl
³ Woodbury
⁴ Vesterdal

⁵ Vimmerstedt et al.
⁶ Zhang

شهر اراک. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر، 14: 328-339.

7- Arias, D. 2007. Calibration of LAI-2000 to estimate leaf area index and assessment of its relationship with stand productivity in six native and introduced tree species in Costa Rica. *Forest Ecology and Management*, 247: 185- 193.

8- Department of Meteorology. 2010. Internal Report, "Data and Files of the Department of Meteorology" Tehran, Iran.

9 - Derner, J. and Schuman, E. 2007. Carbon sequestration and rangelands: A synthesis of land management and precipitation effects, *Journal of Soil and Water Conservation*, 62: 77-85.

10- Honda, Y., Yamamoto, H., and Kajiwara K. 2000 . Biomass Information in Central Asia. Center for . Environmental Remote Sensing, 263: 1-33.

11- IPCC, 2008. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Reference Manual, P 70.

12- Marlen, D. 2002. National-scale estimation of change in soil carbon stocks on agricultural land. *Environmental Pollution*, 116:431-438.

13- Pan, Y., Birdsey, R., Hom, J. and McCullough, K. 2009. Separating effects of changes in atmospheric composition, climate and land-use on carbon sequestration of U.S. Mid-Atlantic temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 151-164.

منابع

1- بردبار، ک.، 1383. بررسی پتانسیل ذخیره کربن در جنگل کاری های اکالیپتوس و آکاسیای استان فارس، فصل نامه پژوهش و سازندگی، 70: 95 - 103.

2- خادمی، ا.، عادل، ا.، بابایی، س و متاجی، ا. 1384. بررسی جنگل کاری های پارک جنگلی خوجین و هروآباد خلخال و معرفی گونه های سازگار. *مجله علمی - پژوهشی علوم کشاورزی*، 11: 59-70.

3- خادمی، ا.، بابایی کفاکی و متاجی، 1389. نقش جنگل های شاخه زاد در ذخیره کربن و جذب CO₂. فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، 18: 142-152.

4- عبدی، ن.، 1385. معرفی ترسیب کربن به عنوان شاخصی جهت سنجش توسعه پایدار منابع طبیعی، سومین همایش راهکارهای تحقق توسعه پایدار در کشاورزی و منابع طبیعی، اراک، پنجم دی ماه، صفحه 63- 57.

5- فاطمی طلب، ر.، 1383. مقایسه الگوی استقرار در توده های مختلف و اثر آن بر روی شاخص های کمی و کیفی دو گونه افاقیا و زبان- گنجشک (مطالعه موردی شهر تهران). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم- و تحقیقات تهران، 131 صفحه.

6- متاجی، ا.، اخوان، ر. و آفاخانی، س. 1385. ارزیابی میزان موفقیت با گونه های پهن برگ در

- 14- Peichl, M., 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests. *Agricultural and Forest meteorology*, 140: 51-63.
- 15- Sun, R., Chen, J.M., Zhou, Y., and Liu, Y. 2004. Spatial distribution of net primary productivity and evapotranspiration in Changbaishan natural reserve, China, using Land sat ETM⁺ data. *Canadian Journal of Remote sensing*, 30:731-742.
- 16- Vesterdal, L. 2002. change in soil organic carbon following afforestation of former arable land. *Forest Ecology and Management*, 169: 137-147.
- 17- Vimmerstedt, J. P. 2003. Nitrogen and carbon accretion on ohio coal minesoils: Influence of soil-forming factors. *Landscape and urban planning*, 17: 99-111.
- 18- Woodbury, P.B. 2007. Carbon sequestration in U.S. forest sector from 1990 to 2010. *Forest Ecology and Management*, 241:14-27.
- 19- Zhang, J.H., 2007. Seasonal variation in CO₂ exchange over a 200 year-old Chinese broad-leaved Korean pine mixed forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137: 150-165.

Archive of SID