

# واکنش خاک به افزایش کود و مواد اصلاح کننده خاک در هنگام جنگلکاری

احمد رحمانی

## چکیده

موضوع این تحقیق بررسی تأثیر افزایش آهک و کودهای مختلف بر خصوصیات خاک در طول ۳ سال آزمایش در منطقه لیموزن فرانسه می باشد. تیمارهای مورد ۹۴٪ CaMgNPK استفاده عبارتند از: ۱- آهک (CaO به میزان یک تن در هکتار)، ۲- آهک (CaMgNPK منیزیم دار (CaO ۴۲٪ + MgO ۱۰٪ به میزان یک تن در هکتار)، ۳- Fe, Mn, Cu... (تیمار ۲ به اضافه ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار). N, P, K و ۴- میکرو المنتها+ (تیمار ۳ + ۵۰ کیلوگرم پودر آلگ شامل

در بهار و پاییز هر سال نمونه برداری و تجزیه خاک برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام گردید. آب باران و آب لیسیمترهای نصب شده در زیر لایه ارگانیک خاک برای تعیین میزان ورود و خروج عناصر به طور مرتب تجزیه شد و میزان کاتیونها و آنیونها موجود در آن تعیین گردید.

کیفیت خاک لوی سول - ردوکسی سول مربوط به این رویشگاه به ویژه در لایه ارگانیک خاک پس از ۳ سال اصلاح گردید. بیشترین تغییرات در تیمار چهارم و کمترین تغییرات در تیمار اول مشاهده شد. pH خاک و کاتیونها قابل تبادل افزایش یافت، در صورتی که میزان  $H^+$ ,  $Al^{3+}$  و  $Mn^{++}$  کاهش یافت. همچنین تراز بعضی عناصر اصلی بر اساس ورود (باران، مواد اضافه شده به خاک، بازگشت شاخ و برگ، بازگشت علوفه به خاک) و خروج (ثبیت عناصر توسط درختان، تثبیت توسط علوفه و آبشویی و خروج عناصر از دسترس گیاهان) تعیین گردید.

## مقدمه

این تحقیق در منطقه لیموزن در فرانسه انجام گرفت. کشت سوزنی برگان برای تحرک اقتصاد فرانسه بعد از جنگ جهانی یک ضرورت بوده است ولی افزایش کشت سوزنی برگان به خصوص در کشت خالص سبب تغییراتی در خصوصیات فیزیکی - شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردد. مطالعات انجام شده در مورد تأثیر کشت سوزنی برگان بر خاک نشان داد که تجمع مواد آلی در سطح خاک زیر کشت سوزنی برگان بسیار زیادتر از پهن برگان است و این به علت این نیست که ریزش شاخ و برگ در سوزنی برگان بیشتر از پهن برگان است، بلکه به این علت است که تأخیر در هموسی شدن که از خصوصیات ویژه برگهای سوزنی برگان است سبب تجمع آنها می‌شود (Noirfalise و Vanesse، ۱۹۷۵). مقدار لیگنین زیاد و نسبت آمدن C/N در لاشبرگ سوزنی برگان سبب بوجود هموس خام شده که این امر تغذیه از ته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر موارد فوق فعالیت بیولوژیکی خاک نیز تحت تأثیر قرار گرفته و به خصوص فعالیت کرمهای خاکی که نقش مهمی در تجزیه مواد آلی دارند محدود می‌شود، همچنین فعالیت و تنوع، (۱۹۸۷). باکتریهای خاک کاهش می‌یابد (حاصل از NYS سوزنی برگان با تولید اسیدهای آلی تجزیه برگهای خود اسیدیته خاک را افزایش می‌دهند. جذب کاتیونها به وسیله گیاهان در این اراضی اسیدی بودن خاک را تشدید می‌کنند. بنابراین در این اراضی باید به شکلی عمل شود که تعادل تغذیه‌ای دوباره برقرار گردد و این عمل ممکن است با افزایش کود یا مواد اصلاح کننده انجام شود. یکی از راههای افزایش و بهبود تولید در جنگل افزایش حاصلخیزی خاک توسط افزودن مواد اصلاح کننده یا کودها و رفع کمبودهای عناصر پر مصرف یا کم مصرف می‌باشد.

## سابقه تحقیق

### اسیدی شدن خاک

اسیدی شدن خاک به سبب تولید اسیدهای آلی توسط هوموس (Van Breemen و همکاران، ۱۹۸۳)، جذب کاتیونهای خاک توسط گیاهان و نیترا تی شدن ازت (Devisser و Keltjens، ۱۹۹۳، Van Breemen و همکاران ۱۹۸۲) است که توسط بارانهای اسیدی تشدید می گردد (Andersson و Persson ۱۹۸۸). این فرایند از قدرت تامپونی خاک می کاهد (Van Breemen همکاران ۱۹۸۳).

تأثیر منفی اسیدی شدن خاک عبارتند از: از دست رفتن کاتیونهای تبادل (Dewalle و همکاران، ۱۹۸۵)، کاهش تجزیه برگها (Ulrich، ۱۹۸۳) و افزایش میزان آلومینیم در محلول خاک (Ulrich ۱۹۸۶). اسیدی شدن و غیر اشباع شدن خاک از کاتیونهای بازی غیر قابل برگشت نیست و به وسیله افزودن کود و مواد اصلاح کننده به خاک می توان برگشت عناصر را به خاک تسریع کرد.

آهک اولین اصلاح کننده است که طی سالیان دراز از آن برای اصلاح خاکهای اسیدی استفاده شده است. استفاده از آهک همراه سایر کودهای شیمیایی اثرات زیادتری دارند. آهک همراه کود ازته و همراه کود کامل (NPK) اثرات قابل ملاحظه ای بر خاک داشته است (Toutain و همکاران، ۱۹۹۵). تأثیر آهک دهی بر خصوصیات خاک بر اساس نوع خاک، گونه گیاه، ترکیب و میزان مواد بکار رفته متفاوت است. آهک دهی با و تأثیر در بهبود pH افزایش درجه اشباع کاتیونی سبب اصلاح شرایط فیزیکی، شیمیایی، فعالیت میکروبی و معدنی شدن ازت، بهبود شرایط بیولوژیکی با فعالیت بهتر کرمهای خاکی و تغییر تیپ هوموس از مودر به مول در خاکهای اسیدی می شود.

## مواد و روشها

### مشخصات مکان انجام آزمایش

منطقه مورد آزمایش ارتفاعی حدود ۷۰۰ متر و بارندگی نسبتاً زیاد (۱۱۰۰-۱۲۰۰mm) و کلی آب و هوای درجه حرارت متوسط سالیانه ۸/۵ درجه سانتیگراد دارد. به طور منطقه خنک و مرطوب و بدون خشکی تابستانه است. تیپ خاک محل است که با توجه مورد آزمایش خاکهای قهوه‌ای (Pseudogley) Redoxisol به زهکشهای ایجاد شده به نزدیک شده است.

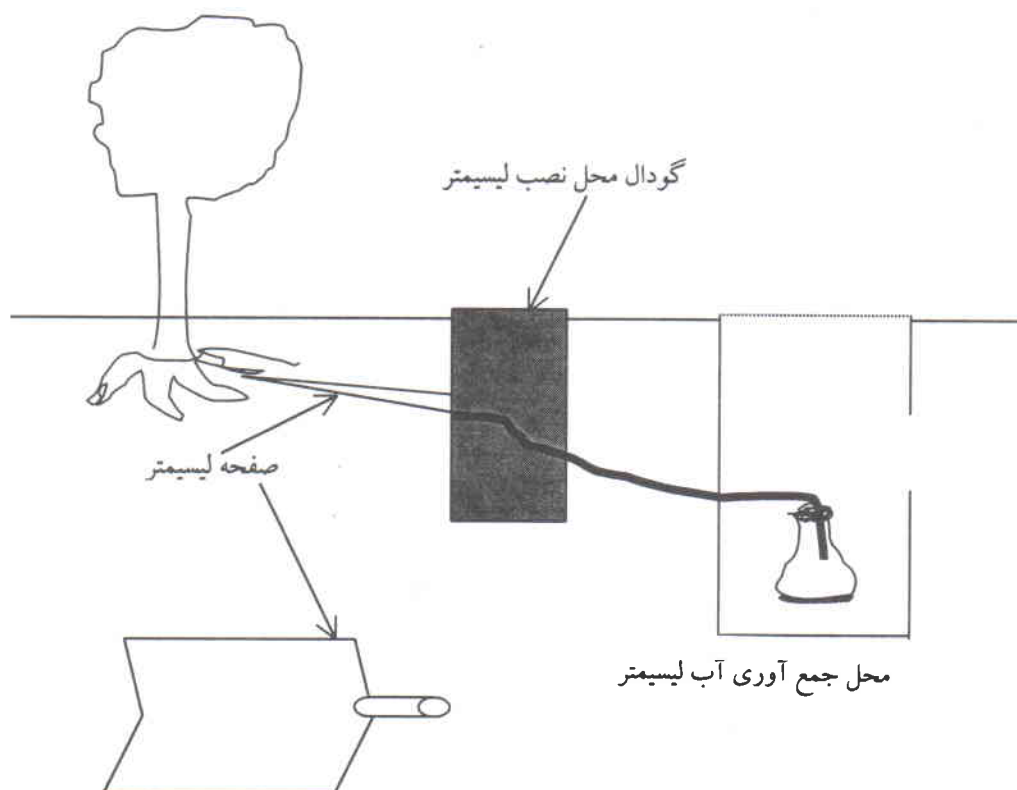
پوشش گیاهی غالب در *Molinia caerulea* است و *Ulex*، *Erica tetralix* و *minor* و به ندرت *Calluna vulgaris* رده‌های بعدی قرار دارند.

آزمایش در منطقه لیموزن فرانسه در سال ۱۹۹۲ شروع شد و ۳ سال به طول انجامید. ترکیب تیمارهای مورد استفاده و مقدار آنها در جدول شماره ۱ آورده شده است. این مواد در زمان کاشت در سطح خاک پخش گردیده است. در این آزمایش ۵ پلات به ابعاد ۲۰×۲۰ متر در نظر گرفته شد و هر کدام به ترتیب زیر نامگذاری شد. شاهد، Ca (تیمار کلسیم به تنهایی)، CaMg (تیمار کلسیم و منیزیم)، MAC (تیمار کلسیم، منیزیم، ازت، پتاسیم و فسفر)، COM (تیمار MAC به اضافه عناصر میکرو).

برای بررسی تأثیر مواد اضافه شده بر خاک، نمونه برداری به شرح زیر انجام شد:  
 ۱- خاک زمین آزمایش هر سال ۲ بار در بهار و پاییز از عمق ۰-۲۵ سانتیمتری نمونه برداری شد و روند تغییرات در تیمارهای مختلف با اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. در سال سوم نمونه برداری از افقهای مختلف نیمرخ خاک، اعماق ۰-۱۸، ۱۸-۲۵، ۲۵-۶۰ و ۶۰-۸۰ سانتیمتر انجام شد و مورد تجزیه قرار گرفت.

۲- برای تعیین تأثیر مواد اضافه شده در تیمارهای مختلف بر آبشویی عناصر مختلف، صفحه‌هایی از PVC (لیسیمتر) به ابعاد ۳۷/۵×۳۵/۵ سانتیمتر در عمق ۲۵

سانتیمتری در هر پلات نصب شد (شکل ۱) و آب هر لیسیمتر مورد تجزیه قرار گرفته و آیونهای کاتیونهای آن اندازه گیری شد. آب باران نیز جمع آوری و مورد تجزیه قرار گرفت.



شکل شماره ۱ - شمای قرار گرفتن صفحه لیسیمتر

## روشهای آزمایش

۱- آزمایش خاک: روشهای آزمایش بکار رفته در این آزمایش همان روشهای مورد و استفاده در مرکز خاکشناسی CNRS نانسی است (Rouillet, ۱۹۸۱). کاتیونهای K و Na به روش عصاره‌گیری با محلول استات آمونیوم یک مولار در  $\text{pH}=7$  استخراج شد و Cu, Fe, Mn, Mg, Ca به روش عصاره‌گیری با کلرور پتاسیم یک مولار استخراج و با اسپکتو فتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شدند. یونهای اسیدی (Al و H) به وسیله تیتراسیون (کار Titristop Schott-Gerate اندازه‌گیری شد. کربن آلی به وسیله دستگاه کربن سنج که بر اساس تغییرات هدایت الکتریکی محلول سود N/25 می‌کند، اندازه‌گیری شد. روش کلدال برای اندازه‌گیری ازت مورد استفاده قرار گرفت.

۲- آب باران و آب لیسیمتر: پس از برداشت آب و اندازه‌گیری حجم آن، حدود نیم لیتر به آزمایشگاه منتقل شده و پس از عبور از فیلتر، کاتیونها توسط جذب اتمی و آنیونها (کلر، نیترات، فسفات و سولفات) از طریق کروماتوگرافی مایع (سیستم Dionex) اندازه‌گیری شد.

## نتایج

### آزمایشهای خاک

نتایج تجزیه خاک قبل از کوددهی در جدول شماره ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود خاک این منطقه اسیدی با قابل  $\text{pH}$  در آب ۴/۹ و  $\text{pH}$  در KCl ۴/۱ می‌باشد. بسیار  $\text{pH}$  در KCl کمتر از ۴/۵ بیانگر مقدار زیاد Al تبادل در خاک می‌باشد. کاتیونهای بازی قابل تبادل به‌ویژه اشغال Ca و Mg ناچیز است. عمده ظرفیت تبدالی توسط یون کمتر از Al شده است. به‌طور کلی خاک از نظر عناصر غذایی غیر اشباع است (V7 ۱۰) و خطر کمبود عناصر غذایی در آن زیاد است.

جدول شماره ۱ - مقدار و ترکیب مواد و کودهای داده شده در تیمارهای مختلف (کیلوگرم در هکتار)

مواد اضافه شده در هر تیمار	شاهد	Ca	CaMg	MAC	COM
Calcium: (94%CaO) Quicklime	-	۱۰۰۰	-	-	-
Calcomagnesian: (42%CaO+10%MgO)	-	-	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
N: (16.75%Nitric, 16.75%Ammoniac)	-	-	-	۵۰۰	۵۰۰
PK : (18.5%P2O5, 24%K2O)	-	-	-	۵۰۰	۵۰۰
Micro-element: (46%CaO, 5%MgO, Fe,Mn,Cu,Co,Ni<0.01%)	-	-	-	-	۵۰

جدول شماره ۲ - تجزیه خاک زمین مورد آزمایش قبل از کوددهی و اعمال تیمارها (۲۰ سانتیمتر سطح خاک)

pH	کاتیونهای تبادل (meq/100g)						Fe	Cu	pH7	pH خاک
	H2O	Kcl	Ca	Mg	K	Na				
۴/۹	۴/۱	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۳۸	۰/۲۰	۰/۰۷	۲۰/۳۳	۷/۶۳	۷/۶۳	۰/۸۲
یونهای اسیدی (meq/100g)										
C(%)	N(%)	C/N	O.M(%)	H	Al	Ae	T7	V7 (%)	T خاک	V خاک (%)
۳/۷۶	۰/۲۳	۱۶/۷	۷/۵۱	۰/۲۲	۲/۷۹	۳/۰۱	۱۶/۳۲	۵/۲۸	۳/۸۰	۲۱/۳۶

S: مجموع کاتیونهای تبادل  
T: مجموع یونهای تبادل  
V: نسبت S به T  
Ae: مجموع یونهای اسیدی

نتایج حاصل از تجزیه خاک، ۳ سال پس از کود دهی در جدول شماره ۳ آورده شده است. نسبت بالای C/N (حدود ۱۸) در افق A نشان دهنده ضعیف بودن معدنی شدن در این خاک هیدرومورف می باشد و کوددهی تأثیر زیادی در این نسبت نداشته و به نظر می رسد که فقط تیمار آهک در تشدید معدنی شدن تأثیر اندکی داشته است، (C/N ۱۶ تا ۱۷ در افق A). بررسی pH نشان می دهد که شاهد کمترین pH را داشته (۴/۵۶) و در سایر تیمارها اندکی افزایش یافته است. ظرفیت تبدلی خاک مورد آزمایش نشان می دهد که این خاک در ابتدا خاکی الیگوتروف بوده و همانند سایر خاکهای اسیدی پتاسیم عنصر اصلی در بازهای تبدلی است. کود دهی در این خاک تأثیر زیادی بر ظرفیت تبدلی داشته و این تأثیر در تیمارهای مختلف متفاوت بوده است. در میان یونهای اسیدی، Al کاتیون غالب بوده گر چه مقدار H نیز قابل ملاحظه است. افزایش کود و مواد اصلاحی باعث کاهش مقدار آلومینیوم گردیده و این کاهش در لایه سطحی تیمار Ca Mg بیشتر از سایر تیمارها بوده است.

به طور کلی تیمارهای مختلف سبب شدند که میزان کاتیونهای بازی در سطح پلاتها افزایش یابد. این تغییرات در تیمار Ca حداقل بود و تیمار کامل (COM) بیشترین تأثیر را داشته است. افزایش pH خاک شرایط بهتری را برای تغذیه گیاهان فراهم نموده، همچنین کاهش منگنز قابل تبادل نیز در جهت بهبود وضعیت تغذیه مؤثر بوده است. در مورد کاهش یونهای اسیدی هم، اگر چه این تغییرات محدود بوده ولی حداکثر کاهش در تیمارهای CaMg و COM بوده است. اعداد مربوط به درجه اشباع (V) نیز تفاوت تیمارها را نشان می دهد. خاک مربوط به شاهد غیر اشباع است و در تیمارهای CaMg, Ca, MAC, در لایه سطحی خاک الیگوتروف شده در صورتی که در تیمار COM مزوتروف گردیده است.



جدول شماره ۳- تجزیه خاک اقله‌های مختلف خاک در تیمارهای مختلف ۳ سال پس از کوددهی

اقل	PH H <sub>2</sub> O	PH Kcl	Δ pH	کاتیونهای تبادلی (meq/100g)						Cu Mg/kg	S
				C (%)	N (%)	C/N	M.O (%)	H Mg	K		
A11	۴/۵۶	۴/۲۶	۰/۳۰	۰/۰۹	۰/۲۲	۰/۱۰	۰/۳۱	۲۶/۶۰	۲/۵	۱/۰۱	
A12	۴/۴۶۰	۴/۵۸	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۵	۳۰/۰۰	۳	۰/۶۱	
Eg	۴/۴۹	۴/۴۹	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۰۵	۳۰/۰۰	۳	۰/۵۲	
Sg	۴/۷۶	۴/۵۲	۰/۲۴	۰/۰۲	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۱۳	۲۲/۴۰	۳	۰/۵۴	
Cg	۴/۶۰	۴/۵۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۷	۲۶/۶۰	۳	۰/۶۹	

اقل	C (%)	N (%)	C/N	M.O (%)	یونهای اسیدی (meq/100g)			T7	V7	PH خاک
					H	Al	Ae			
A11	۶/۶۹	۰/۳۷	۱۸/۰۸	۱۳/۳۸	۰/۴۰	۴/۷۰	۵/۱۰	۱۷/۰۰	۵/۴۴	۶/۴۲
A12	۴/۷۵	۰/۲۳	۲۰/۶۵	۹/۵۰	۰/۳۰	۳/۹۲	۴/۲۲	۱۵/۵۰	۴/۸۸	۴/۸۸
Eg	۳/۷۱	۰/۱۹	۱۹/۵۳	۷/۴۲	۰/۱۵	۴/۰۴	۴/۱۹	۸/۷۰	۵/۹۸	۴/۷۶
Sg	۰/۷۴	۰/۰۷	۱۰/۵۷	۱/۴۸	۰/۴۰	۵/۶۰	۶/۰۷	۸/۸۰	۶/۱۴	۶/۷۴
Cg	۴/۴۱	۰/۰۵	۸/۲۰	۰/۸۲	۰/۳۰	۵/۰۰	۵/۲۸	۸/۵۰	۸/۱۲	۶/۱۴

اقل	PH H <sub>2</sub> O	PH Kcl	Δ pH	کاتیونهای تبادلی (meq/100g)						Cu Mg/kg	S
				C (%)	N (%)	C/N	M.O (%)	H Mg	K		
A11	۴/۶۸	۴/۴۲	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۱۹	۲۸/۴۰	۲/۴	۱/۴۵	
A12	۴/۷۶	۴/۶۴	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۳	۲۸/۴۰	۴	۰/۷۰	
Eg	۴/۸۰	۴/۷۰	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۲۸	۰/۰۲	۳۰/۰۰	۲/۸	۰/۴۸	

اقل	C (%)	N (%)	C/N	M.O (%)	یونهای اسیدی (meq/100g)			T7	V7	PH خاک
					H	Al	Ae			
A11	۹/۵۴	۰/۵۶	۱۷/۰۴	۱۹/۰۸	۰/۳۵	۴/۴۴	۴/۷۹	۱۷/۵۰	۸/۲۹	۶/۴۳
A12	۵/۸۵	۰/۳۵	۱۶/۷۱	۱۱/۷۰	۰/۳۵	۳/۹۳	۴/۲۸	۱۵/۵۰	۴/۵۲	۵/۰۱
Eg	۲/۷۵	۰/۲۰	۱۳/۷۵	۵/۵۰	۰/۳۵	۳/۴۲	۳/۷۷	۸/۷۰	۵/۵۲	۴/۷۷

نوع	PH	K	pH	Ca	کاتیونهای تبادل (meq/100g)				Fe	Cu	S
					Mg	K	Na	Mn			
A.11	۴.۷	۴.۷۳	۳.۲۶	۱.۲۲	۰.۳۱	۰.۵۶	۰.۱۶	۰.۷	۳.۱۰	۴	۱.۲۵
A.12	۴.۸۸	۴.۶۲	۳.۲۶	۰.۲۴	۰.۳۵	۰.۳۸	۰.۲۱	۰.۱۱	۲.۹۰	۴	۱.۸۸
ع.۱	۴.۷۵	۴.۵۸	۱.۷	۰.۱۴	۰.۳۰	۰.۲۴	۰.۲۶	۰.۷	۳.۴	۳	۰.۸۴
ع.۲	۴.۷۹	۴.۵۳	۰.۲۶	۰.۱۴	۰.۵۱	۰.۲۵	۰.۱۷	۰.۷	۲.۶۶	۳	۰.۹۷

نوع	مواد آلی			یونهای اسیدی				PH خاک			
	C (%)	N (%)	C/N	H	Al	Ac	T7	V7	T7	V7	
A.11	۴.۲۱	۰.۲۲	۱۹.۱۴	۸.۴۲	۰.۲۵	۲.۶۵	۲.۹۰	۱۱.۴۰	۱.۰۹۶	۴.۲۲	۲.۹۶۲
A.12	۴.۹۲	۰.۲۱	۲۳.۴۳	۹.۸۴	۰.۲۵	۲.۷۳	۲.۸۸	۱۱.۲۰	۱.۰۷۳	۴.۲۷	۲.۷۳۳
ع.۱	۱.۹۰	۰.۱۲	۱۵.۸۳	۳.۸۰	۰.۲۵	۵.۱۰	۵.۵۷	۸.۴	۸.۸۱	۶.۳۸	۱۱.۶۰
ع.۲	۰.۷۳	۰.۰۶	۱۲.۱۷	۱.۶۶	۰.۴۰	۸.۷۸	۹.۱۸	۱۳.۱۰	۷.۲۶	۱.۰۲۲	۹.۴۹

نوع	PH	K	pH	Ca	کاتیونهای تبادل (meq/100g)				Fe	Cu	S
					Mg	K	Na	Mn			
A.11	۴.۹۱	۴.۴۲	۰.۴۹	۰.۶۸	۰.۳۱	۰.۵۵	۰.۲۰	۰.۲۹	۲.۴	۲.۴	۱.۵۴
A.12	۴.۸۵	۴.۳۵	۰.۵۰	۰.۲۵	۰.۱۸	۰.۴۴	۰.۱۹	۰.۲۷	۲.۵	۲.۴	۰.۸۶
ع.۱	۴.۷۵	۴.۶۳	۰.۱۲	۰.۲	۰.۱۵	۰.۴۳	۰.۱۸	۰.۱۰	۲.۶	۲.۴	۰.۷۸
ع.۲	۴.۸۰	۴.۵۷	۰.۲۳	۰.۱	۰.۱۷	۰.۲۰	۰.۱۸	۰.۲	۲.۸	۴	۰.۵۶

نوع	مواد آلی			یونهای اسیدی				PH خاک			
	C (%)	N (%)	C/N	H	Al	Ac	T7	V7	T7	V7	
A.11	۹.۵۴	۰.۵۲	۱۸.۳۵	۱۹.۰۸	۰.۳۵	۳.۸۷	۴.۲۲	۲۲.۰	۷.۰	۶.۰۵	۲۵.۳۵
A.12	۹.۴۷	۰.۵۱	۱۸.۹۴	۱۸.۹۴	۰.۴۵	۵.۱۳	۵.۵۸	۲۷.۵	۳.۸۲	۶.۷۱	۱۲.۸۲
ع.۱	۴.۶۷	۰.۳۲	۱۴.۵۹	۹.۳۴	۰.۴۰	۳.۹۰	۴.۳۰	۱۵.۶	۵.۰	۵.۰۹	۱۵.۳۲
ع.۲	۰.۸۷	۰.۰۸	۱۲.۱۲	۱.۹۴	۰.۴۵	۵.۱۵	۵.۶۰	۱۱.۵	۴.۸۷	۶.۱۹	۹.۰۵

نوع	PH	K	pH	Ca	کاتیونهای تبادل (meq/100g)				Fe	Cu	S
					Mg	K	Na	Mn			
A.11	۵.۰	۴.۷۸	۰.۲۸	۱.۶۷	۰.۸۶	۰.۷	۰.۱۷	۰.۱۷	۲.۶	۲.۴	۳.۳۰
A.12	۴.۸۳	۴.۷۸	۰.۵۵	۰.۲۱	۰.۴۴	۰.۴۰	۰.۱۹	۰.۱۵	۲.۴	۲.۴	۱.۲۴
ع.۱	۴.۷۶	۴.۶۹	۰.۰۷	۰.۰۸	۰.۳۶	۰.۱۷	۰.۱۷	۰.۵	۲.۶	۲.۴	۰.۹۶

نوع	مواد آلی			یونهای اسیدی				PH خاک			
	C (%)	N (%)	C/N	H	Al	Ac	T7	V7	T7	V7	
A.11	۸.۵۵	۰.۴۶	۱۸.۵۹	۱۷.۱۰	۰.۳۵	۱.۹۲	۲.۲۷	۱۶.۸۰	۱.۹۶۴	۵.۷۴	۲۷.۴۹
A.12	۷.۵۳	۰.۴۱	۱۸.۳۴	۱۵.۰۴	۰.۱۵	۳.۷	۳.۵	۱۷.۷۰	۷.۰	۵.۲۴	۲۳.۶۶
ع.۱	۴.۲۲	۰.۲۳	۱۸.۳۵	۸.۴۴	۰.۳۰	۳.۳۵	۳.۶۵	۱۲.۹۰	۷.۲۴	۴.۶۶	۱۲.۶۰

## آب باران

pH آب باران حدود ۴/۷ بود که نشان دهنده اسیدی بودن آن می باشد. تغییرات pH از ۴ در ماه سپتامبر تا ۵/۷ در دسامبر در نوسان بود. تجزیه آب باران نشان می دهد که بین آنیونها، نیترات و سولفات بیشترین تغییرات را داشته و حداکثر اسیدیتیه مربوط به زمانی است که مقدار آنیونها حداکثر بوده و حداقل اسیدیتیه مربوط به زمانی است که غلظت آنیونها حداقل بوده است. در بین کاتیونها پتاسیم به خصوص در پایان تابستان از غلظت بیشتری برخوردار بوده است.

همبستگی بین یونهای سولفات و منیزیم، سولفات و پتاسیم، کلر و سدیم در سطح ۱ درصد و نیترات و منیزیم در سطح ۵ درصد معنی دار بود.

## آب لیسیمتری

اختلاف بین pH آب باران و آب لیسیمتر نشان دهنده تأثیر متقابل آب و خاک در لایه سطحی خاک می باشد. به طور کلی تماس آب باران با خاک باعث کاهش اسیدیتیه آن آب گردیده است (جدول شماره ۴). میانگین حداقل آن pH لیسیمتر در شاهد ۴/۹۷ بوده که ۴/۲۷ در ماه دسامبر ۱۹۹۵ و حداکثر آن ۵/۵۳ در ماه ژوئیه ۱۹۹۴ بوده آب لیسیمتر است. به طور کلی تیمارهای خروج CaMg و Ca مؤثرترین تیمارها در اصلاح pH بوده اند. تیمار خروج Ca عناصر مختلف به خصوص پتاسیم را توسط آب لیسیمتر کاهش داده است. در تیمار احتمالاً به MAC عناصر توسط آب لیسیمتر زیاد بوده که علت وجود یونهای اسیدی در ترکیب این تیمار است.

## اطلاعات کمی مربوط به آب لیسیمتر

غلظت یونی آب لیسیمتر در تیمار شاهد در طول سال نشان دهنده غلبه یونهای پتاسیم و نیترات در ترکیب شیمیایی آن می باشد. بین آنیونها و کاتیونها در آب لیسیمتر،

همبستگی معنی داری وجود دارد. بین نیترات و کلسیم ( $r=0.92$ ) کلر و منیزیم ( $r=0.79$ ) در سطح ۱ درصد و بین نیترات و منیزیم ( $r=0.74$ )، کلر و کلسیم ( $r=0.74$ )، نیترات و سدیم ( $r=0.67$ )، نیترات و پتاسیم ( $r=0.63$ )، کلر و سدیم ( $r=0.7$ ) و کلر و پتاسیم ( $r=0.69$ ) در سطح ۵ درصد همبستگی معنی دار وجود دارد.

در طول سال تغییرات مربوط به نیترات و پتاسیم نسبت به سایر عناصر بیشتر بوده است، حد اکثر این تغییرات در سپتامبر ۱۹۹۴ مشاهده گردید. تغییرات فصلی عناصر در آب لیسیمتر به ترکیب عناصر در آب باران، معدنی شدن عناصر در خاک و جذب عناصر توسط گیاه بستگی دارد. تغییرات مربوط به سولفات و نیترات ارتباط زیادی با آب باران دارد. در دوران زمستان که فصل استراحت گیاهان می باشد مقدار نیترات در آب لیسیمتر حداکثر بوده است. در تیمار Ca کاهش غلظت عناصر در آب لیسیمتر برای کاتیونها حدود ۵۰٪، غیر از پتاسیم که ۷۵٪ بوده است. در مورد آنیونها، نیترات از سایر آنیونها، کاهش بیشتری داشته است. غلظت عناصر نشان می دهد که در تیمار Ca در بین آنیونها نیترات و در بین کاتیونها پتاسیم بیشترین غلظت را داشته، ولی از نظر مقدار خیلی کمتر از شاهد بودند. به طور کلی بکار بردن Ca شستشوی عناصر را کاهش داده و این کاهش در مورد نیترات که آنیون حامل کاتیونهای باشد نیز صادق است.

در تیمار از CaMg مقادیر یونهای  $Mg, K, NO_3$  در آب لیسیمتر کاهش داشته و سایر عناصر مشابه با شاهد بوده اند. به طور کلی شستشوی عناصر در تیمار CaMg شاهد کمتر بوده، ولی از تیمار Ca بیشتر بوده است.

شستشوی عناصر در تیمار MAC از سایر تیمارها و از شاهد بیشتر بوده است. شستشوی نیترات بیشترین مقدار بوده که همبستگی آن با در Ca ( $r=0.93$ ) و ( $r=0.92$ ) Mg سطح ۱ درصد معنی دار بوده است. نیترات عنصری را که با آن ترکیب می شوند تحت تأثیر زیاد قرار می دهد (جدول شماره ۵).

جدول شماره ۴ - تغییرات ترکیب آب باران و آب لیسیمتر در طول سالهای ۱۹۹۴-۱۹۹۵ (μeq/l)

باران	pH	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>	مقدار(لیتر)
۹۴-jul	۴/۷۰	۸۵/۰۰	۲۵/۸۳	۳۰/۰۰	۵۲/۱۸	۱۷/۷۵	۲۹/۵۲	۵۰/۵۴	۰/۶۵
sep-۹۴	۴/۴۰	۳۶/۵۰	۲۸/۳۳	۴۶/۹۲	۲۹/۱۳	۳۳/۵۲	۲۵۱/۶۳	۵۸/۸۷	۲/۷
oct-۹۴	۴/۶۰	۱۹/۵۰	۱۲/۵۰	۴/۳۶	۰/۰۰	۱۲/۳۹	۴۹/۳۶	۸/۷۵	۱
nov-۹۴	۵/۰۰	۱۸/۵۰	۱۵/۸۳	۲۰/۲۶	۲۱/۷۴	۲۶/۷۶	۵۷/۹۱	۷/۱۹	۱/۱۳
dec-۹۴	۴/۷۰	۱۱/۰۰	۲/۵۰	۸/۷۲	۰/۰۰	۱۰/۱۴	۱۶/۹۴	۱/۵۶	۱/۷
fev-۹۵	۴/۵۸	۱۶/۰۰	۸/۳۳	۲/۵۶	۳۳/۹۱	۵۰/۷۱	۱۹/۳۶	۸/۹۶	۳/۹۶
avr-۹۵	۵/۵۰	۲۵/۵۰	۱۰/۰۰	۸/۹۷	۳۰/۰۰	۴۰/۰۰	۱۷/۱۰	۷/۱۹	۱/۶۵
jun-۹۵	۴/۴۶	۲۶/۰۰	۱۳/۳۳	۶/۴۱	۳/۴۸	۳۴/۹۳	۴۸/۵۵	۱۹/۱۷	۲
sep-۹۵	۴/۰۰	۱۴/۰۰	۱۵/۰۰	۴۷/۹۵	۲۳/۹۱	۲۷/۰۴	۱۹۲/۹۱	۴۱/۰۵	۴
dec-۹۵	۴/۰۷	۸/۰۰	۸/۳۳	۱۲/۸۲	۱۶/۹۶	۲۹/۵۸	۸۳/۰۷	۱۱/۳۶	۴/۲

شاهد	pH	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>	مقدار(لیتر)
۹۴-jul	۵/۵۳	۲۵/۰۰	۱۶/۶۷	۱۳۵/۸۹	۲۱/۷۴	۶۷/۳۳	۹۸/۳۹	۵۹/۹۲	۳
sep-۹۴	۵/۴۵	۱۴۲/۵۰	۹۶/۶۶	۳۹۲/۲۹	۳۴/۷۸	۱۲۹/۵۸	۴۹۰/۳۵	۳۶/۴۷	۵
oct-۹۴	۴/۳۷	۱۰۳/۰۰	۹۳/۳۳	۱۴۵/۳۸	۴۰/۸۷	۳۷/۱۸	۴۰۵/۵۱	۲۳/۵۵	۵
nov-۹۴	۵/۱۲	۱۲۵/۰۰	۸۶/۶۶	۱۴۵/۶۴	۲۷/۳۹	۱۱۰/۷۱	۴۰۶/۶۴	۱۸/۲۴	۴/۱۵
dec-۹۴	۵/۰۰	۹۱/۵۰	۷۵/۰۰	۹۰/۲۵	۲۲/۶۱	۴۹/۳۰	۲۳۷/۹۲	۲۰/۵۳	۵
fev-۹۵	۴/۶۱	۷۲/۵۰	۹۱/۶۶	۸۹/۷۴	۳۳/۹۱	۷۸/۸۸	۲۵۸/۰۸	۲۷/۹۳	۷/۱
avr-۹۵	۵/۰۰	۵۹/۰۰	۵۲/۵۰	۶۰/۵۱	۳۶/۵۲	۴۵/۹۲	۱۶۶/۷۸	۱۲/۹۲	۳/۹۵
jun-۹۵	۴/۹۲	۸۳/۰۰	۹۶/۶۶	۱۱۸/۴۶	۳۳/۴۸	۱۰۰/۸۵	۱۹۳/۵۶	۲۶/۳۶	۴/۲۵
sep-۹۵	۵/۴۳	۶۶/۰۰	۶۴/۱۶	۲۴۰/۲۵	۲۹/۱۳	۹۰/۷۱	۱۶۴/۲۰	۴۷/۲۰	۵
dec-۹۵	۴/۲۷	۸۸/۰۰	/۶۶	۱۴۳/۵۸	۳۸/۷۰	۱۱۰/۹۹	۲۰۳/۰۸	۳۷/۷۲	۷/۳

تیمار	PH	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>	مقدار(لیتر)
۹۴-jul	۵/۴۰	۱۵۰/۰۰	۵۸/۳۳	۶۲/۸۲	۴۷/۸۳	۴۹/۳۰	۲۶۹/۳۷	۵۸/۰۴	۱/۹
sep-۹۴	۵/۰۰	۷۱/۰۰	۵۶/۶۶	۱۲۸/۲۰	۲۹/۱۳	۱۵۹/۴۴	۱۸۱/۱۴	۴۶/۸۹	۶/۱
oct-۹۴	۴/۸۵	۷۲/۰۰	۷۱/۶۶	۶۴/۳۶	۲۹/۱۳	۴۴/۵۱	۳۱۱/۴۷	۱۱/۴۶	۲/۸
nov-۹۴	۴/۸۸	۷۸/۵۰	۷۱/۶۶	۷۸/۷۱	۲۴/۷۸	۱۰۳/۹۵	۳۳۱/۹۶	۸/۲۴	۱/۹
dec-۹۴	۴/۶۵	۹۸/۰۰	۹۷/۵۰	۶۱/۷۹	۲۴/۷۸	۴۹/۳۰	۳۹۸/۲۵	۱۵/۶۳	۳
fev-۹۵	۵/۳۰	۴۲/۵۰	۴۵/۰۰	۱۲/۸۲	۴۰/۸۷	۳۵/۷۸	۱۲۳/۷۲	۲۰/۸۴	۲/۷
avr-۹۵	۵/۰۴	۵۹/۰۰	۴۰/۸۳	۱۷/۹۵	۳۲/۶۱	۳۹/۴۴	۱۲۵/۶۵	۱۶/۸۸	۲/۶
jun-۹۵	۴/۳۲	۶۸/۰۰	۶۵/۸۳	۳۵/۱۳	۲۶/۰۹	۴۱/۱۳	۲۰۶/۱۴	۳۳/۲۴	۳/۳
sep-۹۵	۴/۵۴	۱۴/۰۰	۱۹/۱۷	۵۴/۱۰	۱۶/۹۶	۵۳/۵۲	۴۶/۱۳	۳۰/۲۲	۱۰
dec-۹۵	۴/۵۷	۱۸/۰۰	۳۰/۰۰	۳۲/۰۵	۱۹/۵۷	۴۴/۲۳	۴۳/۰۷	۳۲/۳۰	۶/۸

ادامه جدول شماره ٤

تیمار	Ca Mg	PH	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	مقدار (لیتر)
jul-٩٤		٤/٥٨	١٢٥/٠٠	٨٣/٣٣	٧٩/٤٨	٤٧/٨٣	٤٠/٨٥	٢١٠/٨٢	٥٢/٩٣	٣
sep-٩٤		٤/٦٩	١٥٧/٠٠	٦٦/٦٦	٢٢٠/٥٠	٢٦/٥٢	١٤٦/٤٨	٢٣١/٤٧	٣٨/٥٥	٥
oct-٩٤		٤/٨٨	٧٥/٠٠	٧٨/٣٣	٧٤/٨٧	٤٦/٠٩	٤٥/٣٥	٣١٦/٤٧	٢٣/٥٥	٥
nov-٩٤		٤/٦٧	٩٨/٠٠	٨٣/٣٣	٧٧/٩٥	٢١/٧٤	٨٢/٨٢	٢٨٣/٠٨	٢٠/١١	٤/١٥
dec-٩٤		٥/٢٠	٩٥/٥٠	١٢٠/٨٣	٧٤/١٠	٢٤/٧٨	٦٣/٦٦	٢٠٥/٦٦	٢٢/٣٠	٥
fev-٩٥		٥/٣٧	٥٧/٥٠	٣٧/٥٠	٣٨/٤٦	٢٩/١٣	٤٢/٥٤	٩٦/١٣	٢٦/٠٥	١٠
avr-٩٥		٥/٢٦	٥٩/٠٠	٢٩/١٧	١٧/٩٥	٤٣/٠٥	٤٣/١٠	٨٤/٥٢	١٧/١٩	١/٩
jun-٩٥		٤/٢٢	٢٠٤/٠٠	٨٥/٠٠	٥٢/٨٢	٤١/٣١	٥٤/٦٥	٣٦٩/٠٥	٣٧/٦٢	١/٥
sep-٩٥		٤/٤٦	١٢١/٥٠	٦١/٦٦	٥٨/٢٠	٢٣/٩١	٥١/٢٧	٩١/٧٨	٤٢/٢٠	٤/٥
dec-٩٥		٤/٩٠	٦٨/٠٠	٤٣/٣٣	٢٥/٦٤	٣٨/٧٠	٩٣/٥٢	٦٠/٣٣	٥١/١٦	٧/٧

تیمار	MAC	pH	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	مقدار (لیتر)
jul-٩٤		٥/٢٠	٤٠٥/٠٠	١٨٦/٦٦	١٣٠/٧٦	٥٦/٥٢	٩٠/٩٩	٨٨٠/٧٠	٥٣/٦٦	٢/٤٤
sep-٩٤		٤/٢٠	٣٤٩/٥٠	٢٤٨/٣٢	١٩٧/٤٣	٥١/٧٤	١٦٩/٠٢	١١٣٩/٩١	٣٦/٤٧	٦/١
oct-٩٤		٣/٦٥	١٦١/٠٠	١٣٠/٨٣	٨٧/٦٩	٤٢/٦١	١٠٧/٨٩	٥٧٢/٩٤	١٠٦/٩١	٤/٥
nov-٩٤		٤/٥٧	١٩١/٠٠	١٥٠/٨٣	١٤٥/٦٤	٤٣/٤٨	٢٧٨/٦٠	٧٦١/٦٦	٣١/٧٨	٢/١٢
dec-٩٤		٥/١٠	١٤٧/٠٠	١٤٦/٦٦	٨٢/٣٠	٢٤/٧٨	١٥٤/٠٩	٤٤٦/٩٦	٢٦/٦٨	٥
Fev-٩٥		٤/٨٨	٨٧/٥٠	١١٦/٦٦	٦٦/١٥	٣١/٣١	٥٦/٣٤	٤٠٦/٤٨	٣٤/٥٩	٧/١
avr-٩٥		٤/٨٢	١١٥/٠٠	١٣٤/٩٩	٥٨/٩٧	٥٨/٢٦	١٥/٧٨	٤٤١/٣٢	٣٣/٣٤	١/٨
Jun-٩٥		٤/٧٥	٤٠٠/٥٠	٢٩١/٦٦	١٣٦/١٥	٨٠/٨٧	١١٦/٣٤	١١٢٩/١٠	٣٨/١٤	٢/٥٧
sep-٩٥		٤/٤٨	٤٠/٠٠	٤٨/٣٣	٦٤/١٠	٢٩/١٣	٦٤/٥١	١٠٤/٢٠	٣٩/٧٠	١٠
dec-٩٥		٤/٩٠	٥٨/٠٠	٧٠/٠٠	٥٣/٨٤	٣١/٣١	١٣٨/٠٣	٧٠/١٧	٤٥/٣٣	٧/٨

جدول شماره ۵ - تغییرات ترکیب آب باران و آب لیسیمتر در طول سالهای ۱۹۹۴-۱۹۹۵ (Kg/ha)

باران	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>
jul-۹۴	۱/۰۶	۰/۱۹	۰/۷۳	۰/۷۵	۰/۳۹	۱/۱۴	۳/۰۳
sep-۹۴	۱/۹۰	۰/۸۸	۴/۷۵	۱/۷۴	۳/۰۹	۴۰/۵۰	۱۴/۶۷
oct-۹۴	۰/۳۸	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۴۲	۲/۹۴	۰/۸۱
nov-۹۴	۰/۴۰	۰/۲۱	۰/۸۶	۰/۵۴	۱/۰۳	۳/۹۰	۰/۷۵
dec-۹۴	۰/۳۶	۰/۰۵	۰/۵۶	۰/۰۰	۰/۵۹	۱/۷۲	۰/۲۵
fev-۹۵	۱/۲۲	۰/۳۸	۰/۳۸	۲/۹۷	۶/۸۵	۴/۵۷	۳/۲۷
avr-۹۵	۰/۸۱	۰/۱۹	۰/۵۶	۱/۰۹	۲/۲۵	۱/۶۸	۱/۰۹
jun-۹۵	۱/۰۰	۰/۳۱	۰/۴۸	۰/۱۵	۲/۳۸	۵/۷۹	۳/۵۴
sep-۹۵	۱/۰۸	۰/۶۹	۷/۱۹	۲/۱۲	۳/۶۹	۴۶/۰۰	۱۵/۱۵
dec-۹۵	۰/۶۵	۰/۴۰	۲/۰۲	۱/۵۸	۴/۲۴	۲۰/۸۰	۴/۴۰
جمع	۸/۸۵	۳/۴۵	۱۷/۶۹	۱۰/۹۴	۲۴/۹۵	۱۲۹/۰۴	۴۶/۹۷

شاهد	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>
jul-۹۴	۰/۱۱	۰/۰۵	۱/۲۰	۰/۱۱	۰/۵۴	۱/۳۸	۱/۳۰
sep-۹۴	۱/۰۷	۰/۴۴	۵/۷۵	۰/۳۰	۱/۷۵	۱۱/۴۳	۱/۳۲
oct-۹۴	۰/۷۷	۰/۴۲	۲/۱۳	۰/۳۵	۰/۵۰	۹/۴۵	۰/۸۵
nov-۹۴	۰/۷۸	۰/۳۲	۱/۷۷	۰/۲۰	۱/۲۳	۷/۸۷	۰/۵۵
dec-۹۴	۰/۶۹	۰/۳۴	۱/۳۲	۰/۲۰	۰/۶۶	۵/۵۵	۰/۷۴
fev-۹۵	۰/۷۷	۰/۵۹	۱/۸۷	۰/۴۲	۱/۴۹	۸/۵۴	۱/۴۳
avr-۹۵	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۷۰	۰/۲۵	۰/۴۸	۳/۰۷	۰/۳۷
jun-۹۵	۰/۵۳	۰/۳۷	۱/۴۸	۰/۲۵	۱/۱۴	۳/۲۰	۰/۸۱
sep-۹۵	۰/۵۰	۰/۲۹	۳/۵۲	۰/۲۵	۱/۲۱	۳/۰۸	۱/۲۰
dec-۹۵	۰/۹۷	۰/۶۷	۳/۰۷	۰/۴۹	۲/۱۶	۶/۹۱	۱/۹۹
جمع	۶/۵۴	۳/۶۷	۲۲/۸۲	۶/۸۱	۱۱/۱۴	۶۰/۴۶	۱۱/۰۵

تیمار Ca	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>
jul-۹۴	۰/۴۳	۰/۱۰	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۲۵	۲/۳۹	۰/۸۰
sep-۹۴	۰/۶۵	۰/۳۱	۲/۲۹	۰/۳۱	۲/۶۰	۵/۱۵	۲/۰۶
oct-۹۴	۰/۳۰	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۱۴	۰/۳۳	۴/۰۷	۰/۲۳
nov-۹۴	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۴۴	۰/۰۸	۰/۵۳	۲/۹۴	۰/۱۱
dec-۹۴	۰/۴۴	۰/۲۶	۰/۵۴	۰/۱۳	۰/۳۹	۵/۵۷	۰/۳۴
fev-۹۵	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۲۶	۱/۵۶	۰/۴۱
avr-۹۵	۰/۲۳	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۲۷	۱/۵۲	۰/۳۲
jun-۹۵	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۳۴	۰/۱۵	۰/۳۶	۳/۱۷	۰/۷۹
sep-۹۵	۰/۲۱	۰/۱۷	۱/۵۹	۰/۲۹	۱/۴۳	۲/۱۵	۲/۱۸
dec-۹۵	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۶۴	۰/۲۳	۰/۸۰	۱/۳۷	۱/۵۸
جمع	۳/۱۸	۱/۷۴	۶/۹۶	۱/۸۳	۷/۲۳	۲۹/۸۸	۸/۸۲

تیمار Ca Mg	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>
jul-۹۴	۰/۵۶	۰/۲۳	۰/۷۰	۰/۲۵	۰/۳۳	۲/۹۵	۱/۱۵
sep-۹۴	۱/۱۸	۰/۳۰	۳/۲۳	۰/۲۳	۱/۹۵	۵/۳۹	۱/۳۹
oct-۹۴	۰/۵۶	۰/۳۵	۱/۱۰	۰/۴۰	۰/۶۱	۷/۳۸	۰/۸۵
nov-۹۴	۰/۶۱	۰/۳۱	۰/۹۵	۰/۱۶	۰/۹۲	۵/۴۸	۰/۶۰
dec-۹۴	۰/۷۲	۰/۵۵	۱/۰۹	۰/۲۱	۰/۸۵	۴/۷۹	۰/۸۰
fev-۹۵	۰/۸۶	۰/۳۴	۱/۱۳	۰/۵۰	۱/۱۴	۴/۴۸	۱/۸۸
avr-۹۵	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۴	۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۲۴
jun-۹۵	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۲۲	۲/۵۸	۰/۴۱
sep-۹۵	۰/۸۲	۰/۲۵	۰/۷۷	۰/۱۹	۰/۶۲	۱/۹۳	۱/۳۷
dec-۹۵	۰/۷۹	۰/۳۰	۰/۵۸	۰/۵۲	۱/۹۲	۲/۱۷	۲/۸۴
جمع	۶/۷۴	۲/۷۹	۹/۸۷	۲/۷۰	۸/۷۶	۳۷/۸۹	۱۱/۵۳

تیمار MAC	Ca	Mg	K	Na	Cl	NO <sub>۳</sub>	SO <sub>۴</sub>
jul-۹۴	۱/۴۹	۰/۴۱	۰/۹۴	۰/۲۴	۰/۵۹	۱۰/۰۲	۰/۹۴
sep-۹۴	۳/۲۱	۱/۳۷	۳/۵۳	۰/۵۵	۲/۷۵	۳۲/۴۱	۱/۶۱
oct-۹۴	۱/۰۹	۰/۵۳	۱/۱۶	۰/۳۳	۱/۳۰	۱۲/۰۲	۳/۴۷
nov-۹۴	۰/۶۱	۰/۲۹	۰/۹۱	۰/۱۶	۱/۵۸	۷/۵۳	۰/۴۹
dec-۹۴	۱/۱۱	۰/۶۶	۱/۲۱	۰/۲۱	۲/۰۶	۱۰/۴۲	۰/۹۶
fev-۹۵	۰/۹۳	۰/۷۵	۱/۳۸	۰/۳۸	۱/۰۷	۱۳/۴۵	۰/۰۵
avr-۹۵	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۰۸	۳/۷۰	۰/۴۳
jun-۹۵	۱/۵۵	۰/۶۸	۱/۰۳	۰/۳۶	۰/۸۰	۱۳/۵۳	۰/۷۱
sep-۹۵	۰/۶۰	۰/۴۴	۱/۸۸	۰/۰۰	۱/۷۲	۴/۸۶	۲/۸۶
dec-۹۵	۰/۶۸	۰/۴۹	۱/۲۳	۰/۴۲	۲/۸۷	۲/۵۵	۲/۵۵
جمع	۱۱/۵۷	۵/۸۳	۱۳/۵۶	۳/۳۴	۱۴/۸۱	۱۱۰/۴۸	۱۴/۰۸



### بحث و نتیجه گیری

معدنی شدن مواد آلی، نیتراتی شدن آمونیوم، جذب توسط گیاه، تثبیت توسط موجودات زنده خاک، جذب و دفع سطحی در روی کلوئیدهای خاک و آزاد شدن عناصر از سنگ مادر پدیده‌هایی هستند که بر غلظت عناصر در آب لیسیمتر در یک اکوسیستم، تأثیر دارند (Mohamed ۱۹۹۲).

اگر غلظت عناصر در آب باران با توجه به کمیت باران در نظر گرفته شود معلوم می‌شود که در طول سال مقدار قابل توجهی از عناصر از طریق باران به خاک افزوده می‌شود. تجزیه شیمیایی آب لیسیمتر نشان می‌دهد که نترات یون غالب در طول سال بوده است که این اهمیت معدنی شدن و نیتراتی شدن را در اکوسیستم نشان می‌دهد. نترات که آنیونی قابل حل بوده و حرکت آن در خاک زیاد است به همراه خود کاتیونهای قابل دسترس را از افق سطحی خاک خارج می‌کند که نتیجه آن خاکی فقیر از نظر کاتیونهای تبادلپذیر خواهد بود. این شرایط ناپایدار در مورد زمین مورد آزمایش نیز که از نظر کاتیونهای تبادلپذیر ضعیف است به طور کامل صدق می‌کند، مقدار کلسیم تبادلپذیر خاک مورد بررسی ۰۲/ میلی‌اکی‌والان در صد گرم خاک بوده است.

۳ سال پس از افزودن کود و مواد اصلاحی، pH آب لیسیمتر تغییر قابل ملاحظه‌ای نداشته است. این نتایج با گزارشهای فقط Belkacem و Nys (۱۹۹۳) مطابقت دارد. به گزارش این محققان، که pH در مقدار زیاد آهک دهی (۱۰ تن در هکتار) تغییر می‌یابد این رقم ده برابر بیشتر از آهک مصرفی در این آزمایش است. آهک دهی شستشوی که نترات رابه شدت کاهش داده به جز در تیمار این MAC افزایش پیدا کرده است. علت افزایش شستشوی نترات در تیمار MAC است که در ترکیب این تیمار ازت وجود داشته و وجود ازت باعث شده که سیستم ازت بیشتری تولید کند و شستشوی آن نیز زیاد گردد. به نظر می‌رسد که آهک اثر منفی روی معدنی شدن و نیتراتی شدن دارد. و گزارشهای مشابهی در مورد افزایش شستشوی نترات در تیمار با CaMg آهک +

NPK وجود دارد (Mohamed, ۱۹۹۲) نظریه دیگری در مورد علت کاهش شستشوی نیترات در اثر آهک دهی این است که معدنی شدن و نیتراتی شدن کاهش پیدا نکرده است، بلکه نیترات تولیدی، توسط گیاه و میکروارگانیسمها جذب شده یا در خاک تثبیت شده است و بنابراین شستشوی آن کم شده است.

گزارشهای متفاوتی در مورد اثر آهک بر معدنی شدن و نیتراتی شدن وجود دارد. Marschner و همکاران (۱۹۹۲)؛ Persson و همکاران (۱۹۹۰)؛ Nys و Belkacem (۱۹۹۵) اثرات مثبت رایان نموده‌اند و Matzner و همکاران (۱۹۸۵) و Ranger و همکاران (۱۹۹۴) اثرات منفی آهک دهی را بر معدنی شدن و نیتراتی شدن گزارش نموده‌اند. اختلاف نظرها به علت اختلاف در شرایط کاری، خصوصیات خاک، آب و هوا و مقدار کوددهی بوده است. در همین زمینه Arnold و همکاران (۱۹۹۳) اظهار کرده‌اند که افزایش شستشوی نیترات بر اثر آهک دهی به علت تخریب فیزیکی خاک بوده و Ranger و همکاران (۱۹۹۳) گزارش نموده‌اند که اگر آب ثقلی تجزیه شود ممکن است نتیجه‌گیری شود که آهک دهی اثر منفی روی نیتراتی شدن دارد، ولی اگر آب کاپیلاری مد نظر قرار گیرد آهک دهی نیتراتی شدن را تشدید می‌کند.

رابطه آماری بین آنیونها و کاتیونها نشان می‌دهد که همبستگی زیادی بین نیترات و کاتیونها وجود دارد. در تیمار آهک به تنهایی همبستگی بین سولفات و کاتیونها زیاد است ( $r=0.95$ ). تغییرات فصلی عناصر در آب لیسیمتر نشان می‌دهد که در تابستان شستشوی عناصر زیاد است. علت آن ممکن است افزایش معدنی شدن و نیتراتی شدن و همچنین بارانهایی باشد که از نظر عناصر در تابستان غنی تر هستند؛ همچنین ممکن است کاهش جذب عناصر در تابستان به علت گرما (نسبت به بهار) یکی دیگر از دلایل افزایش شستشو در تابستان باشد.

### تراز عناصر معدنی

تراز عناصر معدنی در یک اکوسیستم از تفاضل مقدار ورود عناصر و مقدار خروج آنها حاصل می شود. ورود عناصر بیشتر از طریق باران، کود و آزاد سازی عناصر از خاک بوده و خروج عناصر از طریق شستشو و جذب توسط گیاه و خارج شدن گیاه از اکوسیستم صورت می گیرد. تراز یک اکوسیستم نشان دهنده وضعیت آن از نظر تغذیه ای است. در این مطالعه تراز داده شده برای دوره ای یکساله می باشد (از اکتبر ۱۹۹۴ تا سپتامبر ۱۹۹۵).

در این بررسی تراز عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ۳ تیمار Ca, Mg, Ca و MAC محاسبه شده است. لازم به یادآوری است که این تراز فقط در لایه سطحی خاک (تا عمق نفوذ ریشه) بر آورد شده است.

### محاسبه تراز

تراز یک اکوسیستم = (بارندگی + ورود مواد معدنی به صورتهای مختلف + ورود شاخ و برگ) - (تثبیت به وسیله بیوماس گیاهی + شستشوی عناصر)

### ورودها

بارندگی: ورود عناصر توسط باران با تجزیه آب باران و اندازه گیری مقدار باران (حجم کل بارش در سطح) محاسبه شده است.  
 ورود از خاک: عناصر معدنی که توسط اضافه کردن کود به خاک اضافه می شود از فرمول زیر، که توسط Belkacem (۱۹۹۳) ارائه شد، محاسبه شده است.

عناصر قابل تبادل خاک قبل از اعمال تیمارها - عناصر قابل تبادل در آخرین اندازه گیری  $\times 12$  (برای یکسال)

تعداد ماههای آزمایش

## بازگشت شاخ و برگ

در این آزمایش، منظور از بازگشت شاخ و برگ، ریختن برگها در زیر هر درخت در پایان سال بوده و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شده است.

## بازگشت بقایای گیاهی

با این تصور که ۹۰ درصد وزن خشک گیاهان علوفه‌ای در پاییز هر سال به خاک برمی‌گردد، (Nys ۱۹۸۷)، میزان بازگشت عناصر معدنی توسط گیاهان علوفه‌ای محاسبه شد.

## خروجها

تثبیت عناصر توسط درختان: تفاوت بیوماس درختان در سال ۱۹۹۴ و ۱۹۹۵ نشان می‌دهد که ۷۰٪ بیوماس در سال ۱۹۹۵ مربوط به رشد سال جاری می‌باشد. بنابراین تثبیت سالانه توسط درختان بر اساس ۷۰٪ تثبیت کل درختان محاسبه شده است. برداشت توسط گیاهان علوفه‌ای: با توجه به اینکه گیاهان علوفه‌ای عمدتاً یکساله بوده و در پاییز هر سال به خاک برمی‌گردند، تصور بر این است که ۱۰٪ این گیاهان در سال اول معدنی نشده و به صورت آلی در خاک باقی می‌مانند.

## خروج توسط آبشویی:

غلظت عناصر در آب لیسیمتر تا عمق نفوذ ریشه اندازه‌گیری شد و با توجه به آب جمع آوری شده، میزان خروج عناصر محاسبه شد. محاسبه با توجه به سطح صفحات لیسیمتر (۳۵/۵×۳۷/۵ سانتیمتر) و حجم آب جمع آوری شده انجام گردید. تراز بر اساس تعداد پایه‌های نهال در هر تیمار یعنی ۹۰ نهال در هر کرت، که ۲۲۵۰ نهال در هکتار است محاسبه شد. جدول شماره ۶ نشان‌دهنده بیوماس قسمت‌های مختلف نهال می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد برگها حدود ۵۰٪ کل بیوماس نهالها را تشکیل می‌دهند. اعداد مربوط به بیوماس و غلظت عناصر در هر قسمت نهال مبنای محاسبه مینرالوماس گردید که در جدول شماره ۷ آورده شده است.

جدول شماره ۶ - بیوماس قسمتهای مختلف کاج چهار سال پس از کشت (گرم بر نهال)، اعداد میانگین ۵ نهال است.

نیمار	ریشه	ریشه	برگهای پکساله	برگهای مسن	چوب پکساله	چوب مسن	چوب تنه	پوست پکساله	پوست مسن	پوست تنه
شاهد	۸/۲۰	۱۶/۵۲	۷۵/۲۶	۲/۹۹	۱۵/۵۸	۶/۸۷	۲۴/۸۸	۱۸/۲۹	۶/۳۵	۲۱/۹۸
Ca	۹/۹۳	۱۷/۸۲	۸۸/۶۵	۳/۱۸	۱۸/۲۸	۱۰/۴۷	۲۶/۲۹	۲۱/۴۵	۹/۶۷	۲۳/۳۱
CaMg	۷/۸۲	۱۹/۶۴	۹۲/۳۷	۴/۹۶	۲۰/۰۵	۸/۵۱	۳۰/۹۶	۲۳/۵۳	۷/۸۶	۲۷/۴۶
MAC	۷/۵۰	۱۷/۷۷	۸۸/۰۷	۴/۳۳	۱۹/۱۱	۸/۱۲	۲۹/۵۳	۲۲/۴۴	۷/۴۹	۲۶/۱۸
COM	۸/۳۶	۲۰/۳۱	۱۰۰/۶	۷/۴۰	۲۱/۸۵	۹/۲۸	۳۳/۷۵	۲۵/۶۴	۸/۵۶	۲۹/۹۲

جدول شماره ۷ - مینرالوماس قسمتهای مختلف نهال در تیمارهای مختلف

(میلیگرم بر نهال)

تیمار	عناصر	تنه	شاخه یکساله	شاخه سن	برگهای یکساله	برگهای سن	ریشه باریک	ریشه قطور
شاهد	Ca	۲۵/۲۵	۱۷/۳۰	۲۴/۳۰	۱۲۸/۰	۹/۶۰	۵/۳۳	۷/۶۰
	Mg	۱۳/۱۰	۱۱/۹۰	۳/۲۰	۴۸/۱۹	۱/۳۸	۳/۶۱	۳/۹۶
	K	۱۱۲/۷	۹۵/۳۰	۲۰/۹۰	۳۳۷/۲	۸/۵۸	۲۴/۷۶	۳۲/۷
	Na	۱/۴۰	۱/۴۰	۰/۴۰	۱/۸۸	۰/۱۲	۰/۴۹	۰/۴۹
	Mn	۷/۰۲	۶/۱۰	۱/۷۰	۴۲/۹۰	۳/۹۰	۱/۵۶	۱/۴۹
	Fe	۲/۳۴	۱/۳۶	۰/۶۶	۷/۵۳	۰/۴۸	۴/۲۶	۲/۹۷
Ca	Ca	۲۶/۸۰	۲۱/۸۰	۳۸/۸۰	۱۹۵/۱	۱۰/۸۸	۷/۳۵	۹/۹۸
	Mg	۱۴/۴۰	۱۴/۳۰	۴/۸۰	۷۴/۵۰	۱/۹۵	۵/۲۶	۵/۵۲
	K	۱۲۶/۵	۹۲/۱۰	۳۰/۶۰	۳۷۷/۰	۹/۳۱	۳۰/۶۸	۳۵/۲۸
	Na	۱/۹۸	۱/۶۰	۰/۶۰	۲/۶۶	۰/۱۹	۰/۶۹	۰/۵۳
	Mn	۵/۹۵	۴/۸۰	۱/۶۰	۳۵/۵	۲/۲۱	۱/۲۹	۱/۴۲
	Fe	۲/۴۸	۱/۵۹	۱/۲۰	۸/۸۷	۰/۵۸	۵/۴۶	۳/۰۳
CaMg	Ca	۳۲/۸۰	۲۴/۸۵	۳۴/۱۰	۱۹۸/۷	۲۱/۷۵	۶/۴۹	۱۱/۰
	Mg	۱۶/۹۴	۱۵/۳۰	۳/۸۰	۷۹/۵	۳/۱۵	۴/۳۰	۵/۶۹
	K	۱۸۹/۸	۹۲/۹۰	۲۶/۷۰	۴۸۰/۵	۱۸/۷۵	۲۹/۶۴	۵۱/۶۵
	Na	۲/۳۴	۱/۷۴	۰/۶۵	۲/۳۰	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۹
	Mn	۵/۲۶	۴/۴۰	۱/۱۵	۳۳/۲۶	۴/۱۵	۰/۹۴	۱/۳۷
	Fe	۲/۹۰	۳/۵۰	۱/۱۵	۱۱/۰۸	۰/۶۵	۴/۴۶	۳/۷۳
MAC	Ca	۳۱/۷۵	۲۳/۶۵	۳۷/۳۰	۲۴۶/۷	۲۵/۷۱	۵/۹۲	۱۰/۱۳
	Mg	۲۰/۶۱	۱۷/۰۰	۴/۰۵	۸۶/۳۰	۴/۰۰	۴/۶۵	۵/۸۶
	K	۱۴۶/۵	۱۱۶/۲	۲۶/۵۰	۵۱۹/۸	۲۰/۵۰	۲۷/۱۵	۳۶/۴۳
	Na	۱/۶۷	۰/۸۳	۰/۵۰	۲/۶۰	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۵۳
	Mn	۳/۳۴	۳/۳۰	۰/۸۰	۲۴/۷۰	۳/۶۰	۰/۶۰	۱/۰۷
	Fe	۲/۸۰	۳/۳۰	۰/۸۰	۳/۲۴	۰/۴۷	۳/۹۰	۳/۵۵
COM	Ca	۴۰/۸۷	۳۰/۴۰	۴۲/۲۰	۲۵۲/۷	۳۳/۱۰	۵/۸۵	۱۱/۵۸
	Mg	۲۱/۶۶	۲۰/۴۰	۴/۴۵	۷۸/۵	۵/۳۰	۵/۰۲	۶/۰۹
	K	۲۱۰/۲	۱۱۴/۹	۲۸/۱۰	۵۳۳/۷	۲۸/۰۴	۳۶/۹۵	۵۳/۴۱
	Na	۱/۹۱	۱/۴۲	۰/۵۰	۲/۵۲	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۶۱
	Mn	۵/۸۳	۳/۸۰	۰/۷۰	۲۴/۲۰	۴/۶۶	۰/۸۴	۱/۴۲
	Fe	۳/۲۰	۲/۸۰	۰/۹۰	۱۰/۰۷	۱/۴۱	۴/۱۸	۴/۲۶

جدول شماره ۸ تراز محاسبه شده در مورد عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم را در تیمار های شاهد، Ca، MAC و CaMg نشان می دهد.

در شاهد تراز برای عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم منفی است. تراز پتاسیم بسیار منفی است (۱۷۲/۳۸-) که برای این اکوسیستم قابل تأمل است. در مورد منیزیم هم تراز منفی است (۱۷/۹۵-). تراز منفی این عناصر خطر کمبود شدید این عناصر را در آینده هشدار می دهد.

در تیمار Ca، آهک دهی سبب افزایش تراز برای تمام عناصر شده، ولی با وجود این تراز منیزیم و پتاسیم هنوز منفی باقی مانده، ولی خروج پتاسیم ۴ برابر و منیزیم ۲ برابر نسبت به شاهد کمتر شده است.

افزایش عناصر تبدلی خاک و کاهش آبشویی عناصر دو دلیل افزایش تراز در این تیمار می باشند. افزایش آهک به خاک سبب اصلاح معدنی شدن (کاهش و  $\frac{C}{N}$ ) و در نتیجه در دسترس قرار گرفتن آسان عناصر برای گیاهان شده است (Picard همکاران، ۱۹۹۳؛ Laudelout، ۱۹۹۳).

در تیمار CaMg هم تراز عناصر نسبت به شاهد بهبود یافته و برای عناصر کلسیم و منیزیم تراز مثبت شده است. در این تیمار تثبیت عناصر توسط درختان با نسبت ۳۲٪ برای پتاسیم و ۴۰٪ برای کلسیم و منیزیم افزایش داشته است.

تأثیر مثبت کودهای حاوی منیزیم بر ترکیب معدنی درختان جنگلی در قبل نیز توسط، Bonneau (۱۹۹۳)؛ Weissen و Nys (۱۹۹۳) گزارش شده است. در تیمار CaMg میزان آبشویی نسبت به شاهد کمتر است، ولی نسبت به تیمار کلسیم بیشتر است.

در تیمار MAC نیز تراز نسبت به شاهد افزایش داشته ولی برای عناصر منیزیم و پتاسیم تراز هنوز منفی است. اضافه شدن عناصر به خصوص ازت به کود سبب آبشویی بیشتر کلسیم و منیزیم شده است. در این تیمار تثبیت عناصر توسط درختان، حد واسط تیمار Ca و CaMg است.

جدول شماره ۸ - تراز سالانه بعضی عناصر در فاصله زمانی اکتبر ۹۴ تا سپتامر ۹۵ در تیمارهای مختلف، بر حسب کیلوگرم بر هکتار بر سال.

کلسیم	شامد	Ca	CaMg	MAC
ورودی				
باران	۵/۲۵	۵/۲۵	۵/۲۵	۵/۲۵
خاک	-۰/۷۳	۱۰/۸	۴۸/۲۴	۲۸/۲۷
بازگشت شاخ و برگ (درختان)	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۲۸
بازگشت پوشش علوفه ای	۹/۵۲	۷/۱۶	۸/۵	۸/۳۶
خروجی				
تثیبت (درختان)	۰/۳۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵۶
جذب توسط پوشش گیاهی	۱۰/۵۸	۹/۳۲	۱۱/۰۷	۱۰/۸۸
شستشو (لیسیمتر)	۴/۳۹	۱/۹۱	۴/۲	۶/۲
تراز سالانه (۹۴-۹۵)	-۱/۲۸	۱۱/۶۴	۴۶/۱۵	۲۴/۲۷



ادامه جدول شماره ۸

منیزیم	شماره	Ca	CaMg	MAC
<b>ورودی</b>				
باران	۱/۹۷	۱/۹۷	۱/۹۷	۱/۹۷
خاک	-۱۶/۸۳	-۹/۷۵	۱۷/۸۵	-۱/۲۶
بازگشت شاخ و برگ (درختان)	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۳۷
بازگشت پوشش علوفه ای	۳/۹	۳/۲۸	۳/۴۳	۳/۹۳
<b>خروجی</b>				
تثبیت (درختان)	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۲۴
جذب توسط پوشش گیاهی	۴/۳۲	۳/۶۴	۳/۸۱	۴/۳۷
شستشو (لیپیمتر)	۲/۵۲	۱/۱۴	۱/۹۷	۳/۵۷
تراز سالانه (۹۴-۹۵)	-۱۷/۹۵	-۹/۵	۱۷/۲۲	-۳/۵۴

ادامه جدول شماره ۸

پتاسیم	شاهد	Ca	CaMg	MAC
<b>ورودی</b>				
باران	۱۰/۱۹	۱۰/۱۹	۱۰/۱۹	۱۰/۱۹
خاک	-۱۶۷/۴۸	-۴۹/۴۸	-۹۹/۴۴	-۷۸/۷۲
بازگشت شاخ و برگ (درختان)	۰/۱۵	۰/۰۱۶	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲
بازگشت پوشش علوفه ای	۱۰/۹۳	۱۱/۲۶	۱۳/۸۱	۱۴/۱۷
<b>خروجی</b>				
تثبیت (درختان)	۱/۱۱	۱/۲۴	۱/۶۲	۱/۴۸
جذب توسط پوشش گیاهی	۱۲/۱۴	۱۲/۵۱	۱۵/۳۴	۱۵/۷۴
شستشو (لیسمتر)	۱۲/۷۹	۳/۶۸	۵/۳۷	۷/۸۸
تراز سالانه (۹۴-۹۵)	-۱۷۲/۳۸	-۴۵/۴۴	-۹۷/۷۵	-۷۹/۴۴

### خلاصه تراز

به طور کلی کوددهی سبب افزایش تراز عناصر کلسیم، منیزیم و پتاسیم شده است. به نظر می رسد که نقش تیمار آهک که مقدار کلسیم آن دو برابر سایر تیمارهاست مؤثرتر از سایر تیمارها بوده است.

گیاهان علوفه‌ای با تثبیت بیش از ۹۰٪ عناصر معدنی در بخش هوایی خود، در توزیع مجدد عناصر در خاک نقش مهمی را ایفا می‌کنند.

تثبیت عناصر به وسیله درختان و گیاهان علوفه‌ای در تمام تیمارها افزایش نشان می‌دهد. تثبیت مقدار زیادی از عناصر در گیاهان علوفه‌ای نشان‌دهنده رقابت زیاد بین گیاهان علوفه‌ای و نهالها است. این مطلب وقتی اهمیت پیدا می‌کند که نهالها که سیستم ریشه‌ای آنها هنوز گسترش زیادی پیدا نکرده با کمبود عناصر مواجه باشند.

### نتیجه‌گیری نهایی

زمان ۳ سال برای برآورد تأثیر مواد اصلاح کننده و کودها بر خاک جنگل کوتاه است و نمی‌توان در این مدت تمام نتایج حاصل را بر خاک، گیاه و آب ارزیابی نمود. با این وجود نتایج زیادی که از این آزمایش بدست آمده به طور مختصر بیان می‌گردد.

خاک مورد آزمایش به علت کمبود زیاد مواد غذایی در آن، واکنش سریعی به کود نشان داده و تأثیر کود به خصوص در لایه سطحی خاک چشمگیر بوده است. نهالها کلسیم و منیزیم بیشتری جذب کرده و تا حدودی کمبود این عناصر مرتفع شده است. دومین تأثیر قابل ذکر، کاهش مقدار منگنز در خاک در تیمارهای اعمال شده بود. به طور کلی تیمار COM بیشترین تأثیر را در اصلاح خاک و تغذیه نهالها داشته است.

در مورد این سؤال که آیا کود دهی توانسته است کمبودهای عناصر را به طور کامل و رفع نماید می‌توان به موارد زیر توجه نمود. بر اساس اظهارات Bonneau همکاران (۱۹۹۲) و خصوصیات Bonneau (۱۹۹۳) در موقع کاشت نهال در صورتی که پاره‌ای از

شیمیایی خاک دچار مشکل و کمبود باشد باید به خاک کود اضافه شود. این نویسندگان حد کمبود در لایه سطحی خاک را برای کلسیم و منیزیم به شرح زیر اعلام کرده‌اند:

$$\text{Ca/Al} < 1 \quad \text{Ca} < 20 \mu\text{eqg}^{-1}$$

$$\text{Mg/Al} < 0.4 \quad \text{Mg} < 8 \mu\text{eqg}^{-1}$$

در مورد زمین مورد آزمایش قبل از کود دهی، میزان کلسیم و منیزیم به شرح زیر بوده است:

$$\text{Ca/Al} = 0.06 \quad \text{Ca} = 0.2 \mu\text{eqg}^{-1}$$

$$\text{Mg/Al} = 0.07 \quad \text{Mg} = 2.2 \mu\text{eqg}^{-1}$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود این خاک بسیار فقیر بوده و دادن کود در موقع جنگلکاری در آن ضرورت دارد. پس از ۳ سال میزان دو عنصر کلسیم و منیزیم در تیمارهای مختلف به شکل زیر اصلاح گردید:

جدول شماره ۹- تأثیر تیمارهای مختلف کوددهی بر عناصر معدنی خاک در آزمایش

(میکرواکی‌والان برگرم)

	Ca	Mg	Ca/Al	Mg/Al
شاهد	۰/۵۵	۱/۴۰	۰/۰۱	۰/۰۷
Ca	۱/۳۰	۱/۸۰	۰/۰۳	۰/۰۴
CaMg	۲/۳۰	۳/۳۰	۰/۰۸	۰/۱۲
MAC	۲/۶۵	۲/۴۵	۰/۰۶	۰/۰۵
COM	۹/۴۰	۶/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۳

اگر چه در تیمارهای اعمال شده مقدار منیزیم و کلسیم افزایش داشته، ولی تنها در تیمار COM مقدار به حد مناسب نزدیک شده است. مقدار کلسیم هنوز به حد بهینه نرسیده است و به نظر می‌رسد که مقدار یک تن آهک برای این خاک کافی نبوده است. برتری تیمار COM نسبت به سایر تیمارها نشان می‌دهد که افزودن عناصر میکرو به کود سبب می‌شود که سایر عناصر (کاتیونهای بازی) به مقدار بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرند. واکنش گیاهان در این تیمار مؤید مطلب فوق است.

## منابع

- Adams F., 1984. Crop response to lime in the southern United States. In : Soil Acidity and Liming (2nd ed), F. Adams, ed., Am. Soc. Agr. Inc., Crop Sci. Soc. Am. Inc., Soil Sci.Soc. Am. Inc., Madison, U S A, 211-265.
- Andersson F. et Persson T., 1988. Liming as a measure to improve soil and tree condition in areas affected by air pollution. National Swedish Environmental Protection Board, Report n° 3518, 131p.
- Arnold G., Sweers I.L. et Vandiest A., 1993. Response of a Scots pine (*pinus sylvestris*) stand to application of phosphorus, potassium, magnesium and lime. 2. Soil solution composition. Netherlands J. Agr. Sci. 41: 267-289.
- Belkacem S., 1993. Etude de la resaturation des sols acides soumis à de forts apports acides : effet des formes et doses d'amendements sur le fonctionnement d'un sol acide forestier. Thèse. Doct.Univ. Nancy I. 188 p.
- Belkacem S. et Nys C., 1993. Effets des différentes formes d'amendements calcaires et du gypse sur les caractéristiques chimiques d'un sol acide forestier. Forêts et Amendements calcaires, INRA-CRF Nancy, 113-126.
- Belkacem S. et Nys C., 1995. Consequence of liming and gypsum top - dressing on nitrogen and carbon dynamic in acid forest soils with different humus forms. Plant and soil. 173: 79-88.
- Bonneau M., Landman A. et Adrina A., 1992. La fertilisation comme remède au dépérissement des forêts en sol acide : essais dans les Vosges. Rev. For. Fr. 3: 207-222.
- Bonneau M., 1993. Fertilisation sur résineux adultes (*Picea abies* Karst et *Abies alba* Mill) dans les vosges : composition foliaire en relation avec la défoliation et le jaunissement. Ann. Sci. For. 50: 159-175.

- Bonneau, M., 1993. Chaulage en forêt : Justification et problèmes posés. Forêts et Amendements calcaires, INRA-CRF Nancy. 17-25.
- Devisser P.H.B. et Keltjens W.G., 1993. Growth and nutrient uptake of Douglas fir seedlings at different rates of ammonium supply, with or without additional nitrate and other nutrients. Netherlands J. Agr. Sci. 41: 327-341.
- DeWalle D.R., Ribblett G.C., Helvery J.D. et Kochenderfer J., 1985. Laboratory investigation of leachate chemistry from six application forest floor type subjected to simulated acid rain. J. Environ. Qual. 14: 234-240.
- Laudelout H., 1993. La pratique du chaulage : historique et philosophie. Forêts et Amendements calcaires, INRA-CRF Nancy, 5-17.
- Marschner B., Stahr K. et Renger M., 1992. Lime effects on Pine forest floor leachate chemistry and element fluxes. J. Environ. Qual. 21: 410-419.
- Matzner E., Khanna P.K., Meiwes K.J. et Ulrich B., 1985., Effects of fertilization and liming on the chemical soil conditions and element distribution in forest soils. Plant and Soil. 87: 405-415.
- Mohamed A.D., 1992. Rôle du facteur édaphique dans le fonctionnement biogéochimique et l'état de santé de deux pessières vosgiennes. Effet d'un amendement calci-magnésien. Thèse Doct. 3ème cycle, Univ. Nancy I, 206 p.
- Nys C., 1987. Fonctionnement du sol d'un écosystème forestier : Etude des modifications dues à la substitution d'une plantation d'épicéas commun (*Picea abies*) à une forêt feuillue mélangée des Ardennes. Thèse. Doct. Univ. Nancy I. 207 p.
- Nys C., 1989. Fertilisation déperissement et production de l'épicéa commun dans les Ardennes. Rev. For. Fr. 61 (4) : 336-347.
- Persson T., Wirén A. et Andersson S., 1990-1991. Effects of liming on carbon and nitrogen mineralisation in conifers forests. Water, air, and soil pollution. 54: 351-364.

- Picard J.F., Becker M. et Lebourgeois F., 1993. Modifications de la flore et de l'humus induites par un apport de calcium dans différents écosystèmes forestiers du Nord- Est de la France. Forêts et Amendements calcaires, INRA-CRF Nancy, 61-74.
- Ranger J., Discours D., Mohamed Ahmed D., Moares C., Dambrine E., Merlet D. et Rouiller J., 1993. Comparaison des eaux liées et des eaux libres des sols de 3 peuplements d'épicéa (*Picea abies* Karst) des Vosges; Application à l'étude du fonctionnement actuel des sols et conséquences pour l'état sanitaire des peuplements. Ann. Sci. For. 50: 425-444.
- Ranger J., Daldoum M.A. et Gelhaye D., 1994. Effet d'un amendement calco-magnésien associé ou non à une fertilisation, sur le cycle biogéochimique des éléments nutritifs dans une plantation d'épicéa commun (*Picea abies* Karst) dépérissante dans les vosges. Ann. Sci. For. 51: 455-475.
- Ulrich B., 1983. A concept of ecosystem stability and of acid deposition as driving force for destabilization. In : Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. B. Ulrich and J. Pankrath, eds., Reidel, Dordrecht, 1-29
- Ulrich B., 1986. Die Rolle der Bodenversauerung beim Waldsterben: Langfristige Konsequenzen und forstliche Möglichkeiten. Forstwiss. Central bl. 105: 421-435.
- Van Breemen N., Burrough P.A., Velthorst E.J., Van Dobben H., De Wit T., Ridder T.B. et Reijnder H.F.R., 1982. Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy throughfall. Nature. 299: 548-550.
- Van Breemen N., Mulder J. et Driscoll C.T., 1983. Acidification and alkanization of soils. Plant and Soil 75: 283-305.
- Weissen F. et Nys C., 1993. Rôle des amendements dans la lutte contre le dépérissement des peuplements forestiers. Forêt et Amendements calcaires. INRA. Centre de Nancy 75-80.

