بررسی کربن آلی، نیتروژن، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان

ابتسام حمید، خوشناز پاینده[1]، محمد تحسین کریمی نژاد و نغمه سعادتی

گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ **ebtessam_h@yahoo.com**

گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ **Payandeh426@gmail.com**

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد سنندج، دانشگاه آزاد اسلامی، سنندج، ایران؛ **tahsinkarimi@yahoo.com**

گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران؛ **Na_saadati@yahoo.com**

دریافت: **99/5/22** و پذیرش: **99/8/12**

چکیده

این تحقیق با هدف ارزیابی تغییرات غلظت آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز، کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر کل در دو فصل زمستان و تابستان در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان در سال 98-1397 انجام شد. در این تحقیق دو منطقه نمونه‌برداری شامل منطقه A تحت پوشش گیاهی غالب و منطقه B خاک‌های مرطوب بدون پوشش گیاهی انتخاب شدند. نمونه‌برداری خاک با استفاده از استاندارد ASTM شماره D2488 انجام شد. نتایج تجزیه و تحلیل واریانس داده‌ها نشان داد که تغییرات فصلی، پوشش گیاهی و عمق خاک به ترتیب بر مقدار نیتروژن کل، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی داری داشته است (P<0.001). تغییرات فصلی اثر معنی داری بر مقدار ماده آلی خاک نداشته در صورتی که پوشش گیاهی و عمق خاک به طور معنی داری مقدار کربن آلی خاک در خاک ساحلی تالاب شادگان را تحت تأثیر قرار داده اند (P<0.001). پروفایل عمقی عناصر و آنزیم‌های مورد مطالعه با تغییر فصل و پوشش گیاهی به این‌صورت بوده که عناصر غذایی و همچنین فعالیت آنزیم‌های بیرون سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های تحت پوشش گیاهی بیشتر از خاک‌های بدون پوشش بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده می توان چنین استباط کرد که فعالیت آنزیم های پروتئاز (2/69 µmol/gh) و آلکالین فسفاتاز (3/05 mgPNP/gh) در خاک های سطحی و عمق 15 سانتیمتری در مناطق دارای پوشش گیاهی در فصل تابستان بیشتر بوده که این موضوع ارتباط مستقیم و معنی‌دار با نیتروژن کل، فسفر و کربن آلی خاک داشت (P<0.05)، زیرا این عناصر غذایی در عمق 30-0 سانتیمتری خاک منطقه دارای پوشش گیاهی در فصل تابستان مقادیر بیشتری داشتند. در نهایت آنالیز مولفه اصلی و همبستگی اسپیرمن نیز ارتباط قوی و مثبت بین عناصر غذایی نیتروژن کل، فسفر کل و کربن آلی خاک (P<0.001) با فعالیت بیولوژیکی آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز را تأیید کردند.

واژه‌های کلیدی: پروتئاز، آلکالین فسفاتاز، ترکیبات معدنی، خاک های ساحلی، تالاب شادگان

---

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه خاکشناسی

مقدمه

تمامی موجودات زنده از جمله گیاهان برای رشد و نمو و ادامه حیات خود به عناصر ضوری نیاز دارند (فاسینلی و همکاران، 2001؛ گیلیان و دیک، 2010). در بیشتر خاک‌ها مقدار نسبی این عناصر، برابر نیازهای طبیعی گیاه نیست و مقدار عناصر در مناطق مختلف متفاوت است (لین و همکاران، 2010؛ هاله و همکاران، 2015). هر چند که عناصر معدنی مقدار کمی از وزن یک گیاه را تشکیل می‌دهد، اما هر کدام از این عناصر وظایفی را در انجام فعالیت‌های حیاتی گیاه و تعادل بین رشد رویشی و زایشی بر عهده دارند (اسوتلانا و اسلاوکووی، 2006؛ فائوکون و همکاران، 2009). نیتروژن جز اصلی پروتئین می‌باشد و برای رشد طبیعی گیاهان، به مقدار کافی مورد احتیاج است (خان و همکاران، 2004؛ ساتل، 2010). این عنصر برای تولید اسیدهای آمینه و پروتئین لازم است و مهمترین عامل رشد موجودات زنده محسوب می‌شود (کوی و همکاران، 2017؛ دای و همکاران، 2018). فسفر در خاک، بسته به ماهیت ترکیباتی که در آن یافت می‌شود، معمولاً به دو گروه معدنی و آلی تقسیم می‌شود. جزء آلی فسفر در هوموس و سایر مواد آلی که ممکن است با آن آمیخته شده یا نشده باشند، یافت می‌شود (وانگ و همکاران، 2018). فسفر آلی خاک-های معدنی، به دلیل انباشته شدن مواد آلی در قسمت فوقانی پروفیل خاک، معمولاً در افق‌های سطحی خاک بیش از خاک‌های زیرین است (ریدین و ژگلوم، 2013؛ کویزیمسکا و همکاران، 2020).

آنزیم‌ها یکی از ترکیبات مهم و حیاتی برای موجودات زنده هستند (باستیدا و همکاران، 2008؛ لی و همکاران، 2014) که در خاک ها نیز فعالیت می‌کنند و در دسترس گیاهان قرار می‌گیرند (سیکس و همکاران، 2000؛ لیو و همکاران، 2020). آنزیم‌ها به عنوان پروتئین‌های خارج سلولی فعالیت می کنند که به طور فعال به وسیله ریشه‌ها و قارچ‌ها وارد خاک می‌شوند (آلوارز و گوئررو، 2000؛ مورهد و همکاران، 2016). آنزیم‌های خاک نقش مهمی در باروری خاک و رشد و نمو گیاهان دارند (بارنس، 1983؛ سینسابو و همکاران، 1991). آن‌ها در فرآیندهای حیاتی میکروارگانیسم‌ها در خاک، تثبیت ساختار خاک، تجزیه مواد آلی، تشکیل ماده آلی و چرخه مواد غذایی اهمیت دارند (دیک و همکاران، 1994؛ ژینگ و همکاران، 2017)، بنابراین آنزیم‌ها نقش مهم در کشاورزی و به ویژه در چرخه مواد غذایی دارند (دیک، 1997؛ لاشرمز و همکاران، 2016).

فعالیت آنزیم‌ها در محیط خاک تحت تأثیر فرآیندهای بیوشیمیایی پیچیده متشکل از رفتار متقابل بوم‌شناسی و پایداری آنزیم‌ها در محیط خاک می‌باشد (خازیف و گولکه، 1991؛ دباروس و همکاران، 2020) که به خواص فیزیکی، شیمیایی، زیستی و بیوشیمیایی آن بستگی دارد (آلیسون و همکاران، 2007؛ سیلوا و همکاران، 2019). فعالیت‌های آنزیمی خاک اغلب به عنوان شاخص رشد گیاهان و فعالیت میکروبی در خاک استفاده می‌شود (مک‌لارن، 1975؛ متینی‌زاده و همکاران، 2008). اتصال آنزیم ها به سطوح خاک به ویژه مواد رس و خالص، می تواند از طریق واکنش-های یونی، پیوند کووالانسی، پیوند هیدروژنی، جذب آنزیم توسط کلوییدهای خاک انجام شود (باندیک و دیک، 1999؛ کویزیمسکا و همکاران، 2020).

پروتئازها در خاک نقش مهمی در تغییرات و تنظیم مقدار نیتروژن و رشد گیاه دارند. انواع آنزیم‌های پروتئاز را می توان با توجه به معیارهای مختلف از جمله نوع واکنش کاتالیز شده، نوع عملکردی، ساختار مولکولی پروتئازها طبقه‌بندی کرد (روتانوا و همکاران، 2004). پروتئازهای موجود در خاک از چندین منبع مختلف از جمله میکروارگانیسم‌ها، گیاهان، فضولات حیوانی (ادرار و مدفوع)، تجزیه و رسوب ساقه و برگ گیاهان منشا می-شوند (سینگ و همکاران ، 2011). فسفاتازها گروه وسیعی از آنزیم‌هایی هستند که می‌توانند کاتالیزوری هیدرولیز استرها و انیدریدهای اسید فسفریک را انجام داده و در اکوسیستم‌های خاکی نقش مهمی در چرخه فسفر ایفا می‌کنند که مطالعات نشان داده است که استرس و رشد گیاه با کاهش مقادیر فسفر همبستگی دارند (کالدول، 2005؛ کامنزیند و همکاران، 2018).

این تحقیق با هدف بررسی تغییرات غلظت عناصر فسفر کل و نیتروژن کل و نسبت آن‌ها در خاک-های هیدریک ساحلی، تعیین رابطه بین غلظت عناصر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز و ارزیابی تغییرات غلظت کربن آلی، نیتروژن کل و فسفر کل و استکیومتری این ترکیبات با عمق و فصول زمستان و تابستان در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان انجام شد. با توجه به تأثیر ریزوسفر گیاهان در فعالیت میکروبی و فرآیندهای بیوشیمیایی خاک، انتظار می رود که چرخه عناصر غذایی به ویژه عناصر کربن، نیتروژن و فسفر (غلظت و استکیومتری این عناصر) در خاک‌های ساحلی تحت پوشش و بدون پوشش گیاهی تفاوت معنی‌داری داشته باشند. تغییر عوامل محیطی به ویژه پارامترهای

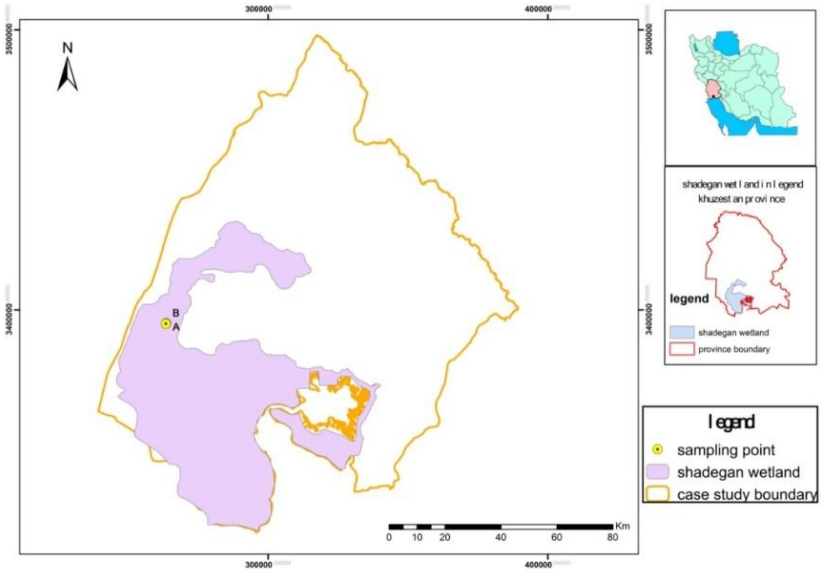
هواشناسی در قالب تغییر فصل بر فعالیت آنزیمی خاک‌های ساحلی تالاب و غلظت و استکیومتری ترکیبات معدنی معنی‌دار خواهد بود. تغییر فصل و تاثیر آن بر خصوصیات ژئوشیمیایی خاک سبب خواهد شد که عنصر محدود کننده فعالیت های بیوژئوشیمیایی فسفر و نیتروژن و نسبت استکیومتری این عناصر(N/P) در فصول سرد و مرطوب سال با فصل گرم و خشک سال متفاوت خواهد بود..

مواد و روش‌ها

تالاب شادگان یکی از تالاب‌های بین المللی کشور در جنوب غرب در جنوب شهرستان شادگان در استان خوزستان واقع شده است. این تالاب در 48 درجه و 20 دقیقه تا 49 درجه و 20 دقیقه طول شرقی و 30 درجه و 50 دقیقه تا 31 درجه عرض شمالی قرار دارد (خلفه نیل‌ساز و همکاران، 1395). در این تحقیق دو منطقه نمونه‌برداری با نوع پوشش گیاهی متفاوت شامل منطقه A تحت پوشش گیاهی غالب خط ساحلی تالاب و منطقه B خاک‌های مرطوب برهنه خط ساحلی تالاب انتخاب شدند (جدول 1). در منطقه A و B نمونه‌برداری (با پوشش و بدون پوشش گیاهی) نمونه‌های خاک از گوشه‌های یک پلات مثلث فرضی با اضلاع یک متری در سه عمق 15-0، 30-15 و 45-30 سانتیمتری در دو فصل زمستان و تابستان برداشت شدند. در هر سایت 3 مثلث فرضی با فواصل 200 متری در امتداد خط ساحلی برداشت شدند (شکل 1). تعداد نمونه‌های برداشت شده در قالب طرح کاملا تصادفی و آزمایش فاکتوریل به شرح زیر است: 3 تکرار × 3 عمق نمونه‌برداری× 2 فصل × 2 سطح پوشش گیاهی = 36 واحد آزمایشی.

جدول 1- مشخصات و موقعیت ایستگاه‌های محل نمونه‌برداری

منطقه	موقعیت محلی	ویژگی	مختصات جغرافیایی
A	عطیش	دارای پوشش گیاهی	30°39′56″ N, 48°31′56″ E
B	رگبه	بدون پوشش گیاهی	30°39′52″ N, 48°31′52″ E



شکل 1- موقعیت جغرافیایی نمونه برداری خاک های ساحلی شادگان

نمونه‌برداری خاک با استفاده از استاندارد American Society for Testing and Materials شماره D2488 تا عمق45 سانتیمتری بستر و در هر ایستگاه با سه تکرار در دو فصل تابستان و زمستان انجام شد. نمونه‌های خاک در سه عمق 15-0، 30-15 و 45-30 سانتیمتری برداشت شدند و درون پلاستیک‌های زیپ دار در کنار یخ به آزمایشگاه منتقل شدند (انجمن آزمایش و مواد آمریکا، 1991). برای هضم شیمیایی به نمونه‌های خاک، هفت میلی‌لیتر اسید کلریدریک (37 درصد) و اسید فلوئوریدریک (49 درصد) اضافه شد، سپس نمونه‌ها روی

حمام آب‌گرم در 100 درجه سانتیگراد تا مرحله نزدیک به خشک شدن حرارت داده شدند. پس از سرد شدن نمونه‌ها، به هر یک هفت میلی‌لیتر اسید نیتریک و اسید کلریدریک اضافه گردید و توسط اسید کلریدریک یک نرمال در بالن ژوژه به حجم 50 میلی‌لیتر رسانده و سپس به دستگاه تزریق شدند (آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا، 1996).

نوع بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری، اسیدیته خاک با استفاده از pH متر Metrohm مدل 691، قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه کنداکتومتر و مقدار کربن آلی از روش واکلی و بلاک تعیین شدند. فسفر کل با استفاده از روش جذب اتمی به کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Shimadzu 160A-UVS تعیین شد. برای سنجش نیتروژن کل از روش کجلدال استفاده شد (پرویزی و رونقی، 1381). فعالیت‌های آنزیمی آلکالین فسفاتاز نمونه‌های خاک از روش استاندارد طباطبایی (1994) اندازه‌گیری شد و پروتئاز به کمک روش مقدار تیروزین آزاد شده سنجش گردید (آشا و پلانیسوامی، 2018).

برای آنالیز آماری و بررسی میانگین‌ها در تیمارهای مختلف از نرم‌افزار SPSS 24 استفاده شد. رسم نمودارها و جداول با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. برای مقایسه و یافتن اختلاف معنی‌دار در گروه های در نظر گرفته شده از آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA) استفاده شد. برای تحلیل ارتباط داده های مورد مطالعه خاک از همبستگی اسپیرمن و آنالیز مولفه اصلی استفاده گردید.

نتایج

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول دو ارائه شده است. بافت خاک در خاک های ساحلی تالاب شادگان از نوع لومی، شنی ـ لومی و رسی ـ لومی ـ شنی تعیین شد. درصد ذرات شن در خاک های ساحلی بدون پوشش گیاهی و دارای پوشش گیاهی تالاب شادگان در عمق های مختلف مورد مطالعه بیشتر از درصد رس و سیلت بود (جدول 2).

نتایج تجزیه و تحلیل ANOVA نشان داد که تغییرات فصلی (S)، پوشش گیاهی (VC) و عمق خاک (D) به ترتیب بر مقدار نیتروژن کل، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در سطح اطمینان 99 تأثیر معنی‌داری داشته است ($P<0.001$). تغییرات فصلی اثر معنی‌داری بر مقدار ماده آلی خاک نداشته در صورتی که پوشش گیاهی و عمق خاک به طور معنی‌داری مقدار کربن آلی خاک در خاک ساحلی تالاب شادگان را تحت تأثیر قرار داده اند ($P<0.001$). لازم به ذکر است که اثرات متقابل فصل با عمق خاک ($P<0.05$)، سطح پوشش گیاهی با عمق خاک ($P<0.05$) و تغییرات فصل با پوشش گیاهی با عمق خاک ($P<0.05$) فقط برای نیتروژن کل و فسفر خاک (سطح پوشش گیاهی با عمق خاک) ($P<0.05$) معنی‌دار بوده است (جدول 3).

بین مقادیر فسفر، نیتروژن کل، آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان در فصل تابستان و فصل زمستان اختلاف معنی‌داری به دست آمد ($P<0.05$)، اما میزان کربن آلی خاک در دو فصل مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>0.05$). فسفر، نیتروژن کل، کربن آلی خاک، آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در نواحی دارای پوشش گیاهی با مناطق بدون پوشش گیاهی نیز اختلاف معنی‌داری داشتند ($P<0.05$). مقادیر فسفر، کربن آلی خاک، آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در اعماق مختلف خاک اختلاف معنی‌داری داشت ($P<0.05$) (شکل 2). پروفایل عمقی عناصر و آنزیم‌های مورد مطالعه با تغییر فصل و پوشش گیاهی نوسانات مختلفی نشان داده است، روند کلی تغییرات مقدار فسفر کل، نیتروژن کل و کربن آلی خاک و همچنین آنزیم‌ها به این‌صورت بوده که عناصر غذایی و همچنین فعالیت آنزیم‌های بیرون سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های تحت پوشش گیاهی بیشتر از خاک‌های بدون پوشش بوده است. همچنین ملاحظه می‌شود که روند کلی پروفایل عمقی عناصر و آنزیم‌ها با افزایش عمق خاک روندی کاهشی است. هرچند در شکل سه مشاهد می‌شود که بر خلاف روند کلی کاهشی عناصر و آنزیم‌ها، غلظت نیتروژن کل خاک در خاک‌های بدون پوشش و تحت پوشش گیاهی فصل زمستان و بدون پوشش فصل تابستان تا عمق میانی خاک (30-15 سانتی‌متری) افزایشی و سپس کاهشی است. اثر تغییرات فصلی بر روی پروفیل عمقی پارامترهای مورد مطالعه نیز مشهود است به نحوی که مقدار عناصر و فعالیت آنزیم‌ها در نمونه‌های فصل تابستان بیشتر از نمونه‌ای برداشت شده در فصل زمستان بوده است (شکل 3).

جدول 2- خصوصیات فیزیکی خاک‌های ساحلی تالاب شادگان در دو فصل زمستان و تابستان 98-1397

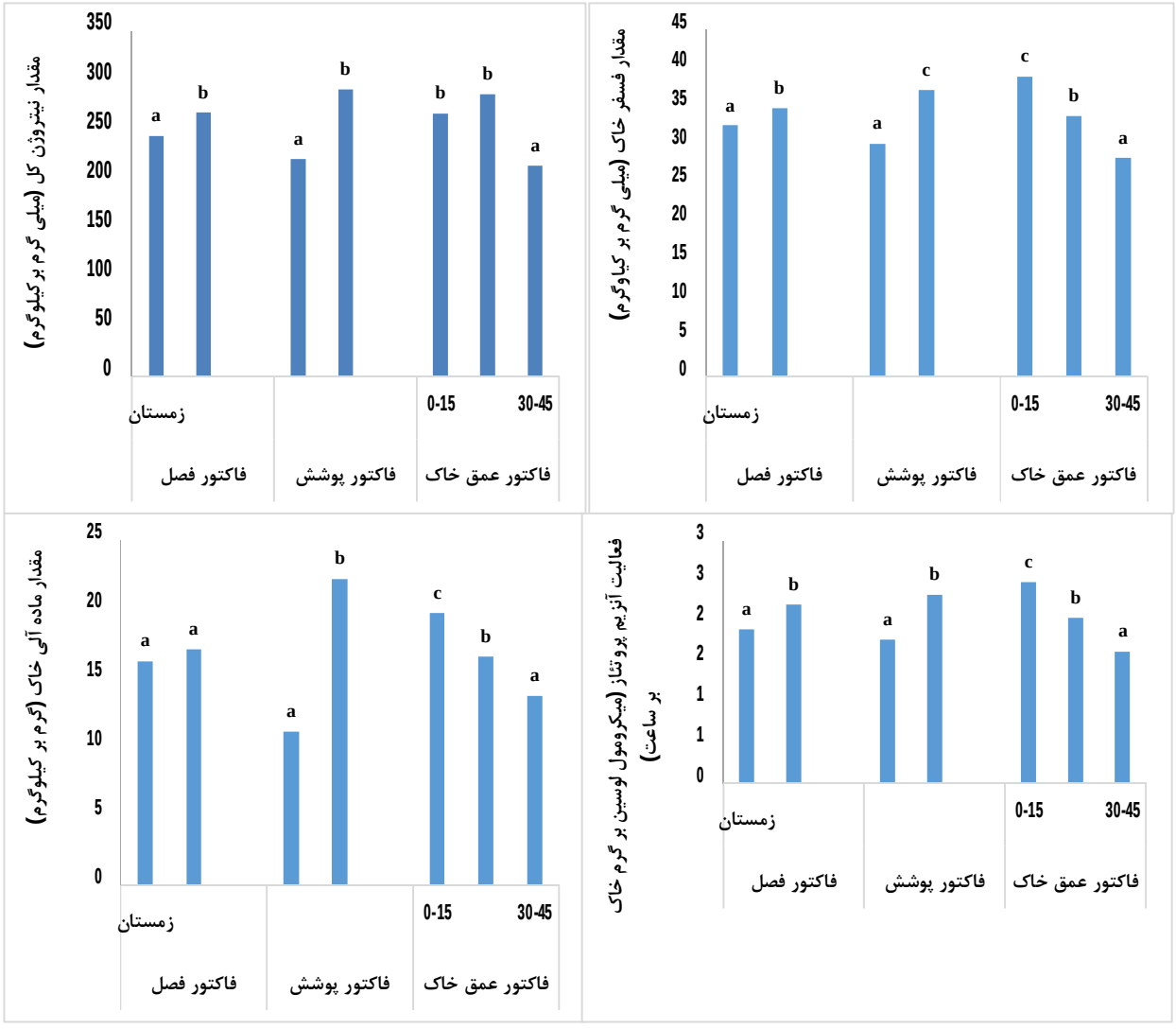
ناحیه	ایستگاه	عمق (سانتیمتر)	بافت خاک	درصد ذرات			اسیدیته	قابلیت هدایت الکتریکی (ds/m)
				شن	رس	سیلت		
بدون پوشش گیاهی	اول	0-15	شنی ـ لومی	64	8	28	7/24	11/39
		15-30	شنی ـ لومی	63	10	27	7/26	5/53
		30-45	شنی ـ لومی	60	8	32	7/40	5/03
	دوم	0-15	لومی	54	10	36	7/15	20/50
		15-30	رسی ـ لومی ـ شنی	58	21	21	7	8/23
		30-45	شنی ـ لومی	60	18	22	7/06	8/20
	سوم	0-15	لومی	56	10	34	6/86	29/80
		15-30	لومی	51	11	38	7/23	11/75
		30-45	شنی ـ لومی	70	18	12	7/18	7/09
دارای پوشش گیاهی	اول	0-15	لومی	50	12	38	7/06	8/92
		15-30	شنی ـ لومی	65	8	27	7/07	5/91
		30-45	شنی ـ رسی ـ لومی	70	22	8	7/03	9/35
	دوم	0-15	شنی ـ لومی	67	12	21	7/11	7/01
		15-30	شنی ـ لومی	69	20	11	7/14	7/26
		30-45	شنی ـ رسی ـ لومی	54	26	20	7/20	7/53
	سوم	0-15	شنی ـ لومی	62	10	28	7/08	2/38
		15-30	شنی ـ رسی ـ لومی	69	21	10	7/29	5/21
		30-45	شنی ـ لومی	70	16	14	7/36	1/88

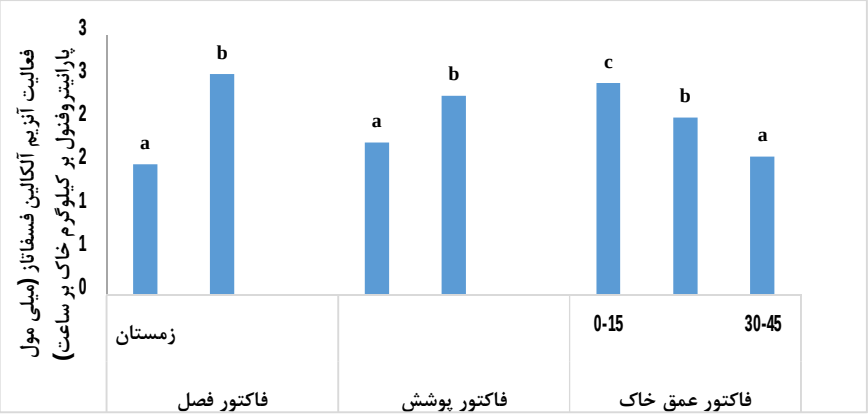
جدول 3- آنالیز واریانس مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، فسفر و همچنین فعالیت آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک های ساحلی تالاب شادگان

متغیر	منبع	مجموع مربعات نوع سوم	درجه آزادی	مجموع مربعات	F Value	P Value
نیتروژن کل	فصل	5402/25	1	5402/25	16/26	0/000***
	پوشش گیاهی	44591/36	1	44591/36	134/25	0/000***
	عمق	34286	2	17143	51/61	0/000***
	فصلxپوشش گیاهی	793/36	1	793/36	2/38	0/135ns
	فصلxعمق	2428/66	2	1214/33	3/65	0/041*
	پوشش گیاهیxعمق	2560/88	2	1280/44	3/85	0/035*
	فصلxپوشش گیاهیxعمق	3250/88	2	1625/44	4/89	0/016*
فسفر	فصل	45/72	1	45/720	6/06	0/021*
	پوشش گیاهی	427/31	1	427/31	56/70	0/000***
	عمق	34286	2	17143	51/61	0/000***
	فصلxپوشش گیاهی	7/81	1	7/81	1/03	0/319ns
	فصلxعمق	0/24	2	0/121	0/016	0/984ns
	پوشش گیاهیxعمق	79/39	2	39/69	5/26	0/013*
	فصلxپوشش گیاهیxعمق	0/016	2	0/008	0/001	0/999ns
کربن آلی	فصل	6/37	1	6/37	1/97	0/173ns
	پوشش گیاهی	1103/01	1	1103/01	341/60	0/000***
	عمق	217/42	2	108/71	33/66	0/000***
	فصلxپوشش گیاهی	0/703	1	0/703	0/218	0/645ns
	فصلxعمق	0/559	2	0/280	0/087	0/917ns
	پوشش گیاهیxعمق	12/37	2	6/18	1/91	0/169ns
	فصلxپوشش گیاهیxعمق	0/463	2	0/231	0/072	0/931ns
	فصل	0/862	1	0/862	24/88	0/000***

آنزیم پروتئاز	پوشش گیاهی	2/80	1	2/80	81/009	0/000***
	عمق	4/40	2	2/20	63/59	0/000***
	فصلxپوشش گیاهی	0/014	1	0/014	0/404	0/531ns
	فصلxعمق	0/027	2	0/013	0/38	0/683ns
	پوشش گیاهیxعمق	0/137	2	0/069	1/98	0/159ns
	فصلxپوشش گیاهیxعمق	0/026	2	0/013	0/371	0/694ns
	فصل	9/86	1	9/86	160/37	0/000***
	پوشش گیاهی	2/62	1	2/62	42/68	0/000***
	عمق	4/38	2	2/19	35/64	0/000***
آنزیم آلکالین فسفاتاز	فصلxپوشش گیاهی	0/021	1	0/021	0/334	0/569ns
	فصلxعمق	0/193	2	0/096	1/56	0/229ns
	پوشش گیاهیxعمق	0/073	2	0/037	0/594	0/560ns
	فصلxپوشش گیاهیxعمق	0/031	2	0/015	0/249	0/782ns

***: **P<0.001**، **: **P<0.01**، *: **P<0.05**، **ns**: عدم وجود اختلاف معنی‌دار.



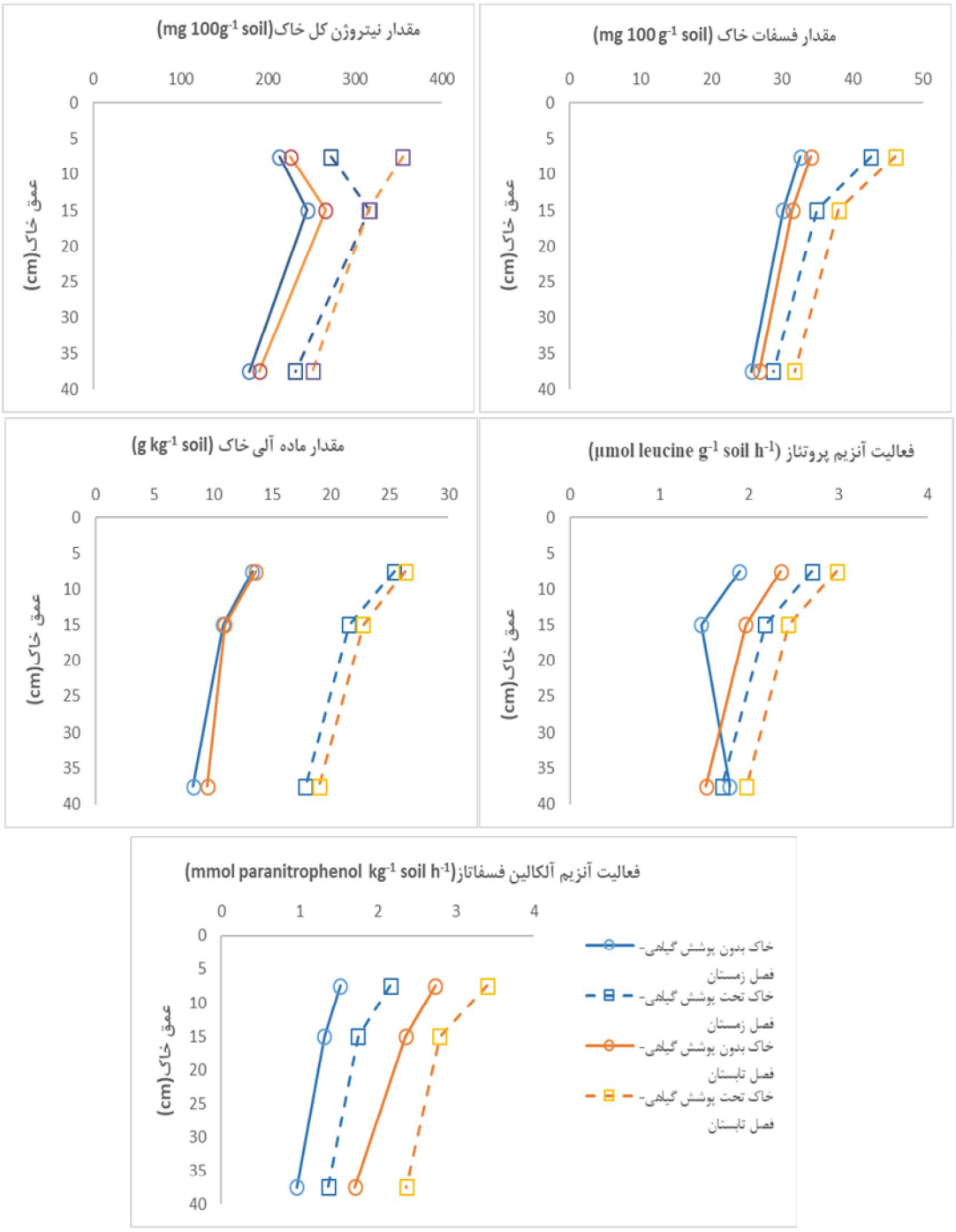


شکل 2- مقایسه مقادیر عناصر و فعالیت آنزیمی در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان در سطوح مختلف فاکتورهای محیطی (حروف متفاوت در هر ستون اختلاف معنی‌دار را در سطح 5 درصد نشان می دهد (P<0.05))

نتایج ضریب همبستگی اسپیرمن بین عناصر، فعالیت آنزیمی و خصوصیات خاک (درصد ذرات شن، سیلت و رس، اسیدیته، کربن آلی خاک و قابلیت هدایت الکتریکی) در مجموعه داده‌های خاک برداشت شده در فصل زمستان در جدول چهار نشان داده شده است. هیچ ارتباط معنی‌داری بین ذرات خاک و فسفر، نیتروژن کل و ماده آلی خاک مشاهده نشد. کربن آلی خاک همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با نیتروژن، فسفر و آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز خاک‌های ساحلی نشان داد (P<0.001). اسیدیته خاک با قابلیت هدایت الکتریکی همبستگی منفی معنی دار داشته است (P<0.05). روابط بین عناصر و خصوصیات خاک می‌تواند نتایج آموزنده‌ای در مورد رفتار ژئوشیمیایی عناصر ارائه دهد. ارتباط بسیار قوی و معنی‌دار بین نیتروژن و فسفر با ماده آلی خاک و همچنین فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز نشان دهنده ذخیره بخش اعظم نیتروژن و فسفر به صورت آلی در خاک‌های مورد مطالعه بوده که غلظت کل این عناصر به نوبه خود تحت تأثیر فعالیت آنزیم‌های میکروبی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز خاک است. درمورد داده‌های خاک برداشت شده در فصل تابستان (جدول 5)، تقریباً نتایج مشابهی با داده‌های فصل زمستان (جدول 4) به دست آمد. ارتباط معنی‌داری بین عناصر مورد مطالعه و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز با ذرات شن، سیلت و رس خاک وجود نداشته است. همچنین همبستگی مثبت و بسیار قوی بین بخش آلی خاک و عناصر نیتروژن و فسفر و آنزیم‌های برون سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز وجود داشت (P<0.001). تفاوت عمده نتایج آنالیز همبستگی داده های فصل تابستان با فصل زمستان، تأثیر منفی و معنی‌دار اسیدیته خاک بر روی ماده آلی خاک (P<0.001)، آنزیم‌های پروتئاز، آلکالین فسفاتاز، علاوه بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک است (P<0.05).

آنالیز چند متغیره آنالیز مولفه اصلی (Principal Component Analysis/PCA) برای درک بیشتر روابط بین عناصر غذایی و خصوصیات خاک در خاک‌های تحت بررسی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج آنالیز مؤلفه اصلی برای عناصر و خصوصیات خاک برداشت شده در فصول زمستان و تابستان در جدول شش ارائه شده است.

در مجموعه داده‌های زمستان، مؤلفه اول (PC1) که 44/54 درصد از واریانس کل داده‌ها ر اتوضیح می‌دهد، شامل نیتروژن، فسفر، ماده آلی خاک و آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز است. ارزش بارگذاری (Loading value) قوی و مثبت نیتروژن (0/832)، فسفر (0/978)، کربن آلی خاک (0/951) و آنزیم‌های پروتئاز (0/952) و آلکالین فسفاتاز (0/971) ارتباط قوی عناصر نیتروژن و فسفر با ماده آلی و فعالیت بیولوژیک خاک را نشان می‌دهد. مؤلفه دوم (PC2) دومین عامل قوی است که25/33 درصد از کل واریانس داده ها را نشان می‌دهد.



شکل 3- پروفایل عمقی مقادیر نیتروژن کل، فسفات، ماده آلی خاک و فعالیت آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در دو فصل (زمستان و تابستان)، سه عمق خاک و دو سطح پوشش گیاهی در خاک‌های ساحلی تالاب شادگان

جدول 4- نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن (Spearman rank correlation) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک های ساحلی تالاب شادگان برداشت شده در فصل زمستان

متغیرها	فسفر	سیلت	رس	شن	اسیدیته (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی	کربن آلی	پروتئاز	آلکالین فسفاتاز
نیتروژن	0/690**	-0/086	0/065	0/077	-0/011	-0/323	0/725***	0/725***	0/731***
فسفر		0/265	-0/400	-0/016	-0/161	-0/061	0/820***	0/880***	0/978***
سیلت			-0/718***	-0/792***	-0/062	0/377	-0/080	0/104	0/132
رس				0/215	-0/191	0/027	-0/005	-0/183	-0/299
شن					0/210	-0/502*	0/150	0/051	0/097
اسیدیته						-0/495*	-0/159	-0/187	-0/126
قابلیت هدایت الکتریکی							-0/230	-0/104	-0/144
کربن آلی								0/905***	0/901***
پروتئاز									0/915***

***: P<0.001، **: P<0.01، *: P<0.05.

جدول 5- نتایج آنالیز همبستگی اسپیرمن (Spearman rank correlation) خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک های ساحلی تالاب شادگان برداشت شده در فصل تابستان

متغیرها	فسفر	سیلت	رس	شن	اسیدیته (pH)	قابلیت هدایت الکتریکی	کربن آلی	پروتئاز	آلکالین فسفاتاز
نیتروژن	0/812***	0/124	0/151	-0/298	-0/488*	0/215	0/829***	0/761***	0/719***
فسفر		0/241	0/010	-0/214	-0/652**	0/456	0/893***	0/938***	0/961***
سیلت			0/237	-0/475*	-0/205	0/090	0/400	0/221	0/286
رس				-0/792***	-0/108	0/042	0/190	-0/142	-0/071
شن					0/379	-0/121	-0/363	0/001	-0/113
اسیدیته (pH)						-0/505	-0/743***	-0/521*	-0/531*
قابلیت هدایت الکتریکی							0/432	0/317	-0/491*
کربن آلی								0/851***	0/808***
پروتئاز									0/909***

***: P<0.001، **: P<0.01، *: P<0.05.

این مؤلفه شامل شن (0/665-)، سیلت (0/957) و رس (0/852-) است. مؤلفه سوم (PC3) که 15/44 درصد از واریانس داده‌ها را توضیح می‌دهد خصوصیات قابلیت هدایت الکتریکی (0/824-) و اسیدیته (pH) خاک (0/843) را به هم مرتبط می‌کند. نتایج آنالیز مولفه اصلی برای فصل تابستان متفاوت از فصل زمستان بوده به نحوی که 73 درصد واریانس کل داده‌ها توسط دو مولفه بیان شد. مولفه اول (PC1) که 52/81 درصد وارانس داده‌ها را بیان می‌کند شامل مولفه بیوشمیایی خاک است که پارامترهای نیتروژن، فسفر، کربن آلی خاک، آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز، اسیدیته (pH) و قابلیت هدایت الکتریکی را شامل می‌شود. مولفه دوم (PC2) که 20/15 درصد واریانس داده‌ها را توضیح می‌دهد شامل ذرات شن (0/950-)، سیلت (0/550) و رس (0/888) می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز مولفه اصلی با نتایج آنالیز همبستگی مطابقت دارد.

جدول 6- ماتریس آنالیز مولفه اصلی به کمک روش چرخش یافته خاک های ساحلی تالاب شادگان

داده‌های فصل زمستان			
متغیرها	**PC1**	**PC2**	**PC3**
نیتروژن	0/832	-0/138	0/104
فسفر	0/933	0/265	-0/016
سیلت	0/035	0/957	-0/226
رس	-0/156	-0/852	-0/288
شن	0/115	-0/665	0/518
اسیدیته (pH)	-0/183	0/142	0/843
قابلیت هدایت الکتریکی	-0/194	0/254	-0/824
کربن آلی	0/951	-0/129	0/000
آنزیم پروتئاز	0/952	0/063	-0/055
آنزیم آلکالین فسفاتاز	0/971	0/132	0/038
مقدار ویژه*	4/45	2/53	1/54
درصد واریانس	44/53	25/33	15/43
درصد تجمعی	44/53	69/86	85/30
داده‌های فصل تابستان			
متغیرها	PC1	PC2	-
نیتروژن	0/814	0/178	-
فسفر	0/978	0/076	-
سیلت	0/238	0/550	-
رس	-0/087	0/888	-
شن	-0/123	-0/950	-
اسیدیته (pH)	-0/693	-0/290	-
قابلیت هدایت الکتریکی	0/515	0/082	-
کربن آلی	0/917	0/301	-
آنزیم پروتئاز	0/946	-0/106	-
آنزیم آلکالین فسفاتاز	0/944	-0/010	-
مقدار ویژه*	5/28	2/01	-
درصد واریانس	52/80	20/15	-
درصد تجمعی	52/80	72/95	-

*** مقدار ویژه که عددی بزرگتر از واحد (یک) می باشد و تعیین کننده تعداد مولفه های اصلی در آنالیز چند متغییره PCA است.**

بحث

در این پژوهش مقادیر فسفر، نیتروژن کل و کربن آلی خاک در خاک های ساحلی تالاب شادگان در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان به دست آمد. همچنین مقادیر فسفر و کربن آلی خاک در عمق 15-0 سانتیمتری خاک بالاتر از عمق های 30-15 و 45-30 سانتیمتری بود، اما میزان نیتروژن کل در عمق 30- 15 سانتیمتری بالاتر از سایر عمق های مورد مطالعه به دست آمد. همانند سایر اکوسیستم‌های تالابی، در خاک‌های تحت پوشش گیاهی، غلظت مواد آلی، نیتروژن کل و فسفات در خاک‌های سطحی بیشتر بوده که با افزایش عمق مقدار این عناصر روندی کاهشی دارد که می‌تواند در اثر برگشت بقایای گیاهی به خاک سطحی باشد (گائو و همکاران، 2007، مائو و همکاران، 2007، پراستی و همکاران، 2009، شیلینگ و همکاران، 2009). پوشش گیاهی می‌تواند پروفایل عمقی توزیع عناصر را در نتیجه تغییر محیط خاک توسط پوشش گیاهی (رطوبت خاک، اسیدیته (pH) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک) تحت تأثیر قرار دهد (وو و همکاران، 2010). معمولاً فسفر آلی در سطح خاک بیشتر از لایه‌های زیرین خاک است، به طور کلی فسفر و نیتروژن خاک در ارتباط با مواد

آلی خاک است و خاک‌هایی که مواد آلی بیشتری دارند، در این خاک‌ها فسفر آلی نیز بیشتر است (سالار دینی، 1391؛ حسین پور، 1387؛ کامنزیند و همکاران، 2018). در تحقیقی تأثیر نوع خاک و عمق بر روی برخی از خصوصیات شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه شامل کربن آلی و نیتروژن کل بررسی شده است که در خاک‌های سطحی مقادیر آن ها بالاتر از افق‌های پایینی خاک بود (عباسیان و همکاران، 1394) که با نتایج این تحقیق همخوانی داد.

مقدار مواد آلی خاک تابعی از عوامل مختلف از جمله اقلیم، خصوصیات خاک و مدیریت زراعی می‌باشد. واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک سبب گردیده تا بخش قابل توجهی از اراضی کشور از نظر مواد آلی وضعیت مطلوبی نداشته باشند. میزان مواد آلی خاک-های ساحلی تالاب شادگان نیز پایین می‌باشد. در بسیاری از تحقیقات میزان مواد آلی خاک‌های کشور بسیار پایین بوده به‌طوری که بیش از 63 درصد خاک‌های ایران مقادیر کمتر از یک درصد مواد آلی دارند (علی احیایی، 1380؛ شهبازی، 1386؛ شهبازی و بشارتی، 1392؛ طهرانی و همکاران، 1390). تجزیه خاک منطقه شادگان کمبود معنی‌دار مواد آلی، فسفات، شوری زیاد و خاصیت قلیایی متوسط تا نسبتاً بالایی را نشان داده است (مصطفی طهرانی و حسینی، 1394). بنابراین به‌نظر می‌رسد محتوای عناصر غذایی خاک و میزان کربن آلی آن به‌وسیله عوامل مختلف داخلی و خارجی مانند نوع اثرات متقابل، اسیدیته، سنگ مادری، غلظت عناصر در محیط یون‌ها، دما، رطوبت و شدت بهره‌برداری تحت تأثیر قرار می‌گیرد (ولی‌زاده یونجالی و همکاران، 1394؛ حسن، 1996).

فسفر، نیتروژن کل و کربن آلی خاک در نواحی دارای پوشش گیاهی بالاتر از خاک های بدون پوشش گیاهی به دست آمد ($P>0.05$). به‌طورکلی فسفر در خاک-های سنگین بیشتر از خاک‌های سبک بوده و به‌صورت فعال و غیرفعال (تبادل یونی) به وسیله گیاه جذب می‌شود (تمرتاش و همکاران، 1392؛ هراسک و همکاران، 2000). گونه های گیاهان و پوشش گیاهی منطقه و اسیدیته نیز می توانند بر میزان ترکیبات معدنی خاک مؤثر باشند (شوکلا و همکاران، 2004؛ گیلیام و دیک، 2010). میزان اسیدیته موجود در خاک بر مقادیر ترکیبات معدنی خاک مؤثر می‌باشد. بر اساس گزارش‌های موجود عناصر فسفات و نیتروژن کل در اسیدیته خنثی خاک می-توانند دست یافتنی‌تر باشند (همیلتون، 1972؛ هوو و همکاران، 1998)، که نتایج تحقیق حاضر را تأیید می-کنند و در این پژوهش نیز میزان اسیدیته خاک در محدوده هفت و خنثی می‌باشد.

از جمله عوامل مؤثر بر غلظت عناصر غذایی در خاک شرایط محیطی مانند سنگ مادری، وضعیت توپوگرافی، ارتفاع از سطح دریا، آب و هوا می‌باشند (فاسینلی و همکاران، 2001؛ کویین و ژانگ، 2002؛ گورلیر و همکاران، 2012). به عبارت دیگر خاک مناطق مرتفع به دلیل افزایش میزان نزولات دارای رطوبت بیشتری بوده و دارای ارزش غذایی بالاتری برای رویش گیاهان می‌باشند (ولی‌زاده یونجالی و همکاران، 1394؛ حسن، 1996).

اندازه‌گیری آنزیم‌های خاک یک شاخص معمول و برجسته برای بیان فعالیت میکروبی و سرعت تغییر واکنش‌های بیوشیمیایی خاک و در نهایت کیفیت آن است، زیرا اولاً با سایر شاخص‌های کیفیت خاک در ارتباط است و ثانیاً سریع‌تر از بقیه خصوصیات خاک اثر تغییرات مدیریتی و اقلیمی را نشان می‌دهد (وود و همکاران، 1990؛ دیک و همکاران، 1997).

در این پژوهش آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در عمق 15-0 سانتیمتری خاک بالاتر از عمق های 30-15 و 45-30 سانتیمتری به دست آمد. بهشتی و همکاران (1390) نیز به روند توزیع مشابهی برای میزان فعالیت آنزیم‌ها نسبت به عمق رسیدند. در این زمینه نیز کاهش میزان آنزیم ها در عمق خاک توسط برخی محققان دیگر گزارش شده است. آن‌ها نسبت های بالای آنزیم هایی مانند اوره‌آز، فسفاتاز، آریل سولفاتاز، بتاگلوکوسیداز و دهیدروژناز را در افق سطحی گزارش کردند (برگ-استروم و همکاران، 1998؛ واسکوئز- موریتا و همکاران، 2007) که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارند. بررسی توزیع فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در دو نوع خاک و شش عمق مختلف نشان داد که در هر دو نوع خاک، با افزایش عمق نمونه‌برداری میزان فعالیت این آنزیم کاهش یافت (عباسیان و همکاران، 1394).

آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در نواحی دارای پوشش گیاهی بالاتر از خاک‌های بدون پوشش گیاهی به دست آمد ($P>0.05$). آنزیم‌های فسفاتاز با تسریع هیدرولیز پیوندهای استر ـ فسفات، سبب آزاد شدن فسفات در خاک شده که می‌تواند توسط گیاهان یا میکروارگانیسم ها جذب شود (آکوستا ـ مارتینز و همکاران، 2003؛ کالدول، 2005). این آنزیم‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسیدیته خاک قرار دارند و محتوای ماده آلی یا میزان اختلال و دستکاری در خاک، نیز سطح در دسترس بودن فسفات را کنترل می‌کنند (آکوستا ـ

مارتینز و همکاران، 2007؛ اهلرس و همکاران، 2010). به دلیل اهمیت آنزیم فسفاتاز در تغذیه گیاهان، این آنزیم بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر وجود مقادیر زیاد ترکیبات آلی در خاک سبب افزایش مقدار ترکیبات استری فسفات شده و در نتیجه باعث القای تولید آنزیم آلکالین فسفاتاز در خاک می‌گردد (عباسیان و همکاران، 1393؛ اوداواتا و همکاران، 2009). میزان آنزیم‌های خاک تحت تأثیر نوع خاک، نوع کاربری، پوشش گیاهی و طرح مدیریتی خاک قرار دارد (سیلوا و همکاران، 2019؛ لیو و همکاران، 2020). یکی از دلایل عمده تفاوت در میزان فعالیت آنزیم ها در خاک‌های مختلف، نوع خاک است، زیرا این عامل به نوعی بر سطح مواد آلی خاک، ترکیب و فعالیت میکرواورگانیسم‌ها تأثیر دارد (دباروس و همکاران، 2020؛ کویزمسکا و همکاران، 2020).

آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک-های ساحلی تالاب شادگان در فصل تابستان بالاتر از فصل زمستان به دست آمد. در تحقیقی میزان آنزیم اسید و آلکالین فسفاتاز در فصل بهار بالاتر از فصل پاییز گزارش شده است (متینی زاده و همکاران، 1394) که نتایج این تحقیق را مبنی بر بالاتر بودن مقادیر آنزیم‌ها در فصل تابستان سال تأیید می‌کند. در مطالعات و تحقیقات دیگر نیز بالا بودن فعالیت آنزیمی در فصول بهار و تابستان نسبت به فصول پاییز و زمستان تأیید شده است (مقیمیان و همکاران، 1398؛ چتان‌کومار و همکاران، 2008؛ متینی-زاده و همکاران، 2008؛ فیدرمان و همکاران، 2010؛ کوتروکزو و همکاران، 2014) که احتمالاً دلیل این مسئله رشد و نمو گیاهان در فصول بهار و تابستان می‌باشد (متینی زاده و همکاران، 1394)، البته باید توجه داشت که برخی مطالعات نیز پایین بودن فعالیت آنزیم ها در فصل تابستان نسبت به فصل زمستان گزارش کردند (شریف پور و همکاران، 1397). تفاوت فعالیت آنزیمی در خاک در فصول مختلف سال به دلیل تغییرات شرایط اقلیمی نظیر دما و رطوبت می‌باشد (کوتروکزو و همکاران، 2014؛ هوو و همکاران، 2015؛ هندریکسن و همکاران، 2016). همچنین تغییرات فصلی در فعالیت آنزیمی را می‌توان به جمعیت زیاد میکروبی ریزوسفر ریشه گیاهان در طول دوره رشد نسبت داد (ریچاردسون و همکاران، 2009)، بنابراین مقادیر آنزیم ها با پوشش گیاهی موجود در خاک منطقه ارتباط مستقیم دارد (پیوتروسکا ـ دلوگوسزل و ویلزوسکی، 2014).

نتایج همبستگی اسپیرمن نشان داد کربن آلی خاک همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری با نیتروژن، فسفر و آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز خاک‌های ساحلی داشت ($P<0.001$). درمورد داده های خاک برداشت شده در فصل تابستان، تقریباً نتایج مشابهی با داده‌های فصل زمستان به دست آمد. ارتباط معنی‌داری بین عناصر مورد مطالعه و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز با ذرات شن، سیلت و رس خاک وجود نداشته است. همچنین همبستگی مثبت و بسیار قوی بین بخش آلی خاک و عناصر نیتروژن و فسفر و آنزیم‌های برون سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز وجود داشت ($P<0.001$). تفاوت عمده نتایج آنالیز همبستگی داده های فصل تابستان با فصل زمستان، تأثیر منفی و معنی‌دار اسیدیته خاک (pH) بر روی ماده آلی خاک ($P<0.001$)، آنزیم‌های پروتئاز، آلکالین فسفاتاز، علاوه بر قابلیت هدایت الکتریکی خاک است ($P<0.05$). در تحقیقی گزارش شده که ضریب همبستگی مثبت بین کربن آلی، نیتروژن کل، فسفات و آنزیم‌ها در سطح یک درصد آماری در خاک-های کرمان و شهرکرد وجود داشته است (عباسیان و همکاران، 1393).

در مطالعات و تحقیقات دیگر نیز ارتباط مثبت و معنی‌دار بین کربن آلی، نیتروژن کل و فسفات با مقادیر و فعالیت آنزیم‌ها گزارش شده است (متینی زاده و همکاران، 1394؛ اسمیت و رید، 2008؛ شرما و همکاران، 2010؛ ژئوو و همکاران، 2012؛ کوجور و همکاران، 2012؛ وانگ و همکاران، 2013) که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کنند. بررسی توزیع فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در دو نوع خاک و شش عمق مختلف نشان داد که در هر دو نوع خاک، با افزایش عمق نمونه برداری میزان فعالیت این آنزیم کاهش یافت (عباسیان و همکاران، 1394). در تحقیقی بر روی تالاب‌های ساحلی دریاچه بزرگ لائورنتیان[1] گزارش شده است که فعالیت آنزیمی خاک-های ساحلی آن علاوه بر اینکه به مقادیر عناصر نیتروژن، فسفر و کربن بستگی دارد به سایر شرایط محیطی نظیر پوشش گیاهی، شیمی آب و رسوبات تالاب، شرایط اکولوژی و فیزیولوژیکی مجموعه میکروبی (باکتری‌ها و قارچ‌ها) و وضعیت متابولیکی آن‌ها نیز وابسته می‌باشد (هیل و همکاران، 2006). این مسئله در مطالعات و تحقیقات توسط پژوهشگران دیگر نیز تأیید شده است (وتزل، 1991؛ فورمان و همکاران، 1998؛ سینسابائو و فورمان، 2003).

آنالیز مولفه اصلی داده‌های مورد مطالعه نشان داد که ارتباط قوی و مثبت بین عناصر غذایی نیتروژن کل، فسفر کل و کربن آلی خاک با فعالیت بیولوژیکی آنزیم-

[1] Laurentian

های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در دو فصل زمستان و تابستان وجود داشت. همچنین یافته‌های آنالیز مولفه اصلی، نتایج همبستگی اسپیرمن را درمورد عناصر غذایی و فعالیت آنزیمی تأیید می‌کند. وجود مواد مغذی در زیست توده گیاهان و انتقال به خاک می‌تواند سبب افزایش فعالیت آنزیمی شود (توراپ ـ کریستنسن و همکاران، 2003) که درمورد آنزیم آلکالین فسفاتاز اثبات شده است (توراپ ـ کریستنسن و درسبول، 2010). همچنین در تحقیق دیگری گزارش شده است که فعالیت آلکالین فسفاتاز در طول فصول مختلف سال به گیاهان موجود بستگی دارد (نانیپیری و همکاران، 2011). معمولا کاهش کربن آلی خاک موجب کاهش فعالیت آنزیمی می شود که نتیجه کاهش زیست توده میکروبی و تغییر در ترکیب رشد و توسعه ریشه و میکروفلور خاک می‌باشد. بنابراین افزایش مواد آلی نه تنها از طریق افزایش فعالیت میکروبی، بلکه از طریق پایدارسازی آنزیم فسفاتاز در خاک باعث افزایش فعالیت این آنزیم می ود. افزایش فعالیت آنزیمی با افزایش مواد آلی به علت وابستگی فعالیت میکروبی و آنزیم تولید شده به عرضه سوبسترای کربن می‌باشد (شیخلو و همکاران، 1395؛ خادمی و همکاران، 2006).

نتیجه‌گیری

تغییرات غلظت ماده آلی، نیتروژن کل، فسفات خاک و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز همراه با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (درصد ذرات شن، سیلت و رس، اسیدیته و قابلیت هدایت الکتریکی) در دو فصل زمستان 97 و تابستان 98 در سه عمق 15-0 ، 30-15 و 45-30 سانتی متری در خاک‌های ساحلی بدون پوشش و تحت پوشش گیاهی تالاب شادگان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج مطالعه نشان داد که تغییرات فصلی، پوشش گیاهی و عمق خاک به ترتیب بر مقدار نیتروژن کل، فسفر و فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز تأثیر معنی‌داری داشته است ($P<0.001$). تغییرات فصلی اثر معنی‌داری بر مقدار ماده آلی خاک نداشته در صورتی که پوشش گیاهی و عمق خاک به طور معنی‌داری مقدارکربن آلی خاک در خاک ساحلی تالاب شادگان را تحت تأثیر قرار داده‌اند ($P<0.001$). نتایج بررسی تغییرات پروفایل عمقی عناصر و آنزیم‌های مورد مطالعه نشان داد که غلظت عناصر غذایی و همچنین فعالیت آنزیم‌های بیرون سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌های تحت پوشش گیاهی بیشتر از خاک‌های بدون پوشش بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان چنین استنباط کرد که فعالیت آنزیم‌های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در خاک‌ها سطحی و میانی (30-15 سانتیمتری) در مناطق دارای پوشش گیاهی در فصل تابستان بیشتر بوده که این موضوع ارتباط مستقیم و معنی-دار با نیتروژن کل، فسفر و کربن آلی خاک داشت، زیرا این عناصر غذایی در عمق 30-0 سانتیمتری خاک منطقه دارای پوشش گیاهی در فصل تابستان مقادیر بیشتری داشتند. در نهایت آنالیز مولفه اصلی و همبستگی اسپیرمن نیز ارتباط قوی و مثبت بین عناصر غذایی نیتروژن کل، فسفر کل و کربن آلی خاک با فعالیت زیستی آنزیم های پروتئاز و آلکالین فسفاتاز را تأیید کردند.

فهرست منابع:

1. بهشتی، ع.، رئیسی، ف. و گلچین، ا. 1390. اثرات آشفتگی ناشی از تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی بر برخی شاخص های بیولوژیک کیفیت خاک در اکوسیستم های جنگلی شمال ایران. نشریه بوم شناسی کشاورزی، 3، 453-439.
2. پرویزی، ی. و رونقی، ع. 1381. تأثیر نیتروژن کل و منگنز بر قابلیت استفاده برخی عناصر غذایی خاک تحت کشت گیاهان مختلف. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، 6 (1)، 103-93.
3. تمرتاش، ر.، جعفری، م.، حیدری شریف آباد، ح.، زاهدی امیری، ق. و زهتابیان، غ.ر. 1392. تعیین رابطه عناصر تغذیه‌ای در برخی گونه‌های مرتعی و خاک اکوسیستم‌های مرتعی منطقه طالقان. نشریه حفاظت زیست بوم گیاهان، 1 (3)، 30-15.
4. حسین‌پور، ع.ر. 1387. شیمی و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه پیام نور، 220 صفحه.
5. خلفه نیل ساز، م.، اسماعیلی، ف.، سبز علیزاده، س.، اسکندری، غ.ر.، انصاری، ه. و آلبوعبید، ص. 1395. پایش اکولوژی تالاب شادگان. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور -پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور، 116 صفحه.

6. سالار دینی، ع. 1391. کودها و حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ نهم. 434 صفحه.
7. شریف پور، ی.، حبشی، ه. و علی‌عرب، ع.ر. 1397. تغییرات فصلی فعالیت مطلق و ویژه اسید فسفاتاز در رقابت ریزوسفری نهال‌های لندمازو و پلت در کشت خالص و آمیخته. مجله زیست شناسی خاک، 6 (1)، 75-65.
8. شهبازی، ک. 1386. گزارش نهایی تهیه بانک اطلاعات مکان‌دار حاصلخیزی خاک در کشور. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، ایران. شماره 1354.
9. شهبازی، ک. و بشارتی، ح. 1392. بررسی اجمالی وضعیت حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی ایران. نشریه مدیریت اراضی، 1 (1)، 15-1.
10. شیخلو، ف. و رسولی صدقیانی، م.ح. 1395. تأثیر کاربری های زراعی و جنگلی بر فعالیت برخی آنزیم‌های خاک. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، 47 (1)، 216-205.
11. طهرانی، م.م.، پسندیده، م. و داودی، م.ح. 1390. گزارش نهایی تعیین پراکنش و توصیه عناصر کم مصرف در اراضی تحت کشت آبی استان‌های گیلان، مازندران، همدان، کرمانشاه، آذربایجان و اصفهان. موسسه تحقیقات خاک و آب ایران. شماره 1618.
12. عباسیان، ا.، گلچین، ا. و شکل آبادی، م. 1393. بررسی برخی از فعالیت های آنزیمی دو خاک هیستوسول و ارتباط آن‌ها با خصوصیات بیولوژیکی و شیمیایی خاک. نشریه زیست شناسی خاک، 2 (2)، 124-111.
13. عباسیان، ا.، گلچین، ا. و شکل آبادی، م. 1394. بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی و فعالیت‌های آنزیمی خاک تحت تأثیر نوع خاک و عمق نمونه‌برداری. نشریه زیست شناسی خاک، 3 (1)، 43-31.
14. علی احیایی، م. 1380. تهیه نقشه عناصر ریز مغذی در خاک‌های زراعی استان‌های کرمانشاه، تهران، قم و گرگان. موسسه تحقیقات خاک و آب، ایران. شماره 1265.
15. متینی زاده، م.، خوشنویس، م.، آرمند، ن.، علی زاده، ط. و شمس آبادی، ف. 1394. رابطهٔ همزیستی میکوریزی با عناصر غذایی نیتروژن کل، فسفات و پتاسیم و آنزیم‌های خاک ریزوسفر شن (*Lonicera nummulariifolia*) در رویشگاه چهارطاق اردل. مجله جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران، 7 (3)، 340-329.
16. مصطفی طهرانی، ع. و حسینی، س.م. 1394. بررسی وضعیت برخی عناصر معدنی در خاک، علوفه و خون دام‌های منطقه شادگان در استان خوزستان. فصلنامه تحقیقات کاربردی در علوم دامی، 4 (15)، 90-81.
17. مقیمیان، ن.، حسینی، س.م.، کوچ، ی. و زارعی دارکی، ب. 1398. پویایی مشخصه‌های بیوشیمی و میکروبیولوژی خاک در مدیریت های مختلف اراضی ناحیه هیرکانی غربی. تحقیقات آب و خاک ایران، 50 (4)، 1021-1009.
18. ولی‌زاده یونجالی، ر.، میرزایی آقجه قشلاق، ف. و قربانی، ا. 1394. مقایسه عناصر غذایی خاک و گیاهان مرتعی بر اساس طبقات ارتفاعی و مراحل زیستگرد در دامنه‌های شمالی سبلان. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، 19 (73)، 246-233.
19. Acosta-Martinez, V., Klose, S. and Zobeck, T.M. 2003. Enzyme activities in semiarid soils under conservation reserve program, native rangeland, and cropland. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 166: 699-707.
20. Acosta-Martinez, V., Cruz, L., Sotomayor-Ramirez, D. and Perez-Alegria, L. 2007. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. Applied Soil Ecology, 35: 35–45.
21. Allison, V.J., Condron, L.M., Peltzer, D.A., Richardson, S.J., and Turner, B.L. 2007. Changes in enzyme activities and soil microbial community composition along carbon and

nutrient gradients at the Franz Joseph chronosequence, New Zealand. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1770–1781.
22. Alvarez, S., and Guerrero, M.C. 2000. Enzymatic activities associated with decomposition of particulate organic matter in two shallow ponds. Soil Biology Biochemistry, 32: 1941–1951.
23. Asha, B. and Palaniswamy, M. 2018. Optimization of alkaline protease production by Bacillus cereus FT 1 isolated from soil. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 8 (2): 119-127.
24. ASTM, 1991. Standard guide for collection, storage, characterization and manipulation of sediments for toxicological testing. Philadelphia, 1391-90.
25. Bandick, A.K. and Dick, R.P. 1999. Field management effects on soil enzyme activities. Soil Biology and Biochemistry, 31:1471–1479.
26. Bastida, F., Zsolnay, A., Hernandez T. and Garcia, C. 2008. Past present and future of soil quality indices: A biological perspective. Geoderma, 160-167.
27. Bergstrom, D.W, Monreal, C.M. and King, D.J. 1998. Sensitivity of soil enzyme activities to conservation practices. Soil Science Society of America Journal, 62: 1286–1295.
28. Burns, R.G. 1983. Extra cellular enzyme–substrate interactions in soil. In: Slater JH, Wittenbury R, Wimpenny JWT (eds) Microbes in their natural environment. Cambridge University Press, London, pp 249–298.
29. Caldwell, B.A. 2005. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: a review. Pedobiologia, 49: 637–644.
30. Camenzind, T., Hattenschwiler, S., Treseder, K.K., Lehmann, A. and Rillig, M.C. 2018. Nutrient limitation of soil microbial processes in tropical forests. Ecological Monographs, 88 (1): 4–21.
31. Chethan Kumar, K.V., K.R. Chandrashekar, and R. Lakshmipathy, 2008. Variation in arbuscular mycorrhizal fungi and phosphatase activity associated with *Sida cardifolia* in Karnataka. World Journal of Agricultural Sciences, 4: 770-774.
32. Cui, J., Wang, J.J., Xu, J., Xu, C.H. and Xu, X. N. 2017. Changes in soil bacterial communities in an evergreen broad-leaved forest in east China following 4 years of nitrogen addition. Journal Soils Sediments, 17: 2156.
33. Dai, Z.M., Su, W.Q., Chen, H.H., Barberan, A., Zhao, H.C., Yu, M.J., et al. 2018. Long-term nitrogen fertilization decreases bacterial diversity and favors the growth of Actinobacteria and Proteobacteria in agro-ecosystems across the globe. doi: 10.1111/gcb.14163.
34. De Barros, J.A., De Medeiros, E.V., Da Costa, D.P., Duda, G.P., De Sousa Lima, J.R., Dos Santos, U.J., Dantas Antonino, A.C. and Hammecker, C. 2020. Human disturbance affects enzyme activity, microbial biomass and organic carbon in tropical dry sub-humid pasture and forest soils. Archives of Agronomy and Soil Science, 66 (4): 458-477.
35. Dick, R.P., Sandor, J.A. and Eash, N.S. 1994. Soil enzyme activities after 1500 years of terrace agriculture in the Colca Valley, Peru. Agriculture, Ecosystems & Environment, 50: 123–131.
36. Dick RP, Breakwell DP. and Turco, R.F. 1997. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America. Madison, WI, pp 9–17.
37. Dick, R.P. 1997. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: Pankhurst CE, Doube BM, Gupta VVSR (eds) Biological indicators of soil health. CAB International, Wellingford, pp 121–156.
38. Ehlers, K., Bakken, L.R., Frostegard, A., Frossard, E. and Bunemann, E.K. 2010. Phosphorus limitation in a Ferralsol: impact on microbial activity and cell internal P pools. Soil Biology and Biochemistry, 42: 558-566.

39. Facchinelli, A., Sachi E. and Mallen, L. 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environment Pollution, 114: 313-324.
40. Faucon, M.P., Colinet, G., Mahy, G., Ngongo Luhembwe, M., Verbruggen, N. and Meerts P. 2009. Soil influence on Cu and Co uptake and plant size in the cuprophytes *Crepidorhopalon perennis* and *C. tenuis* (Scrophulariaceae) in SC Africa. Plant Soil, 317: 201–212.
41. Feddermann, N., Finaly, R., Boller, T. and Elfstrand, M. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza – the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. Fungal Ecology, 3 (1): 1-8.
42. Foreman, C.M., Franchini, P. and Sinsabaugh, R.L. 1998. The trophic dynamics of riverine bacterioplankton: relationships among substrate availability, ectoenzyme kinetics and growth. Limnology and Oceanography, 43: 1344–1352.
43. Gao, J., Bai, F., Yang, G. and Ou, W. 2007. Distribution characteristics of organic carbon, nitrogen, and phosphor in sediments from differentecologic zones of tidal flats in north Jiangsu province. Quarter Science, 27: 756–765.
44. Gilliam, F.S. and Dick, D.A. 2010. Spatial heterogeneity of soil nutrients and plant species in herb-dominated communities of contrasting land use. Plant Ecology, 209: 83–94.
45. Gorlier, A., M. Lonatti, M. Renna, C. Lussiana, G. Lombardi and L. M. Battaglini. 2012. Changes in pasture and cow milk compositions during a summer transhumance in the western Italian Alps. Journal of Applied Botany and Food Quality, 85 (2): 216 -223.
46. Guo, H., X. He, and Y. Li, 2012. Spatial distribution of arbuscular mycorrhiza and glomalin in the rhizosphere of *Caragana korshinskii* Kom. in the Otindag sandy land, China, African Journal of Microbiology Research, 6 (28): 5745-5753.
47. Hale, R.L., Grimm, N.B., Vorosmarty, C.J. and Fekete, B. 2015. Nitrogen and phosphorus fluxes from watersheds of the northeast US from 1930 to 2000: role of anthropogenic nutrient inputs, infrastructure, and runo. Glob. Biogeochemistry Cycles, 29: 341-356.
48. Hamilton J.W. and Gilbert C.S. 1972. Composition of Wyoming range plant and soil. Agricultural Experiment Station. University of Wyoming. Research Journal, 55:1-14.
49. Hasan, R.1996. Phosphorus status of soils in India. Better Crops International, 10 (2): 1-4.
50. Hendriksen, N.B., Creamer, R.E., Stone, D.and Winding, A. 2016. Soil exo-enzyme activities across Europe the influence of climate, land-use and soil properties. Applied Soil Ecology 97: 44–48.
51. Hill, B.H., Elong, C. M., Jicha, T. M., Cotter, A. M., Trebitz, A. S., and Danz, N. P. 2006. Sediment microbial enzyme activity as an indicator of nutrient limitation in Great Lakes coastal wetlands. Freshwater Biology, 51 (9): 1670–1683.
52. Hou, E., Chen, C., Wen, D. and Liub, X. 2015. Phosphatase activity in relation to key litter and soil properties in mature subtropical forests in China. Science of the Total Environment, 515–516: 83–91.
53. Hrask J., Fugas M. and Vadjic V. 2000. Soil contamination by Pb, Zn and Cd from lead smeltery. Environmental Monitoring and Assessment, 60: 359–36.
54. Hue N.V., Uchida R., Ho M.C. 1998. Empirical models for the uptake of inorganic chemicals from soil by plants. U.S Department of Energy Office of Environmental Management. 120p.
55. Jing X, Chen X, Tang M, Ding Z, Jiang L, Li P, et al. 2017. Nitrogen deposition has minor affect on soil extracellular enzyme activities in six Chinese forests. Science of the Total Environment, 607–608: 806–815..
56. Khademi, H., mohammadi, J. and Nael, M. 2006. Comparison of selected soil quality indicators in different land use management systems in Boroojen, Chaharmahal Bakhtiari province, The Scientific Journal of Agriculture. 29: 111-124.

57. Khan, Z.I., Hussain, A., Ashraf, M., Ashraf, M.Y. and Yousaf, M. 2004. A review on mineral imbalance in grazing livestock and usefulness of soil, dietary components, animal tissue and fluid analysis in the assessment of these imbalances. Journal of Animal Veterinary advances, 3: 394-412.
58. Khaziyev, F.K. and Gulke, A.Y. 1991. Enzymatic activity of soils under agrocenosesa: status and problems. Pochvovedenie, 8: 88–103.
59. Kotroczo Z., Veres Z., Fekete I., Krakomperger Z., Toth J.A., Lajtha K., Tothmeresz B. 2014. Soil enzyme activity in response to long-term organic matter manipulation. Soil Biology and Biochemistry, 70: 237–243.
60. Kujur, M., Gartia, S.K. and Patel, A.K. 2012. Quantifying the contribution of different soil properties on enzyme activities in dry tropical ecosystems. Journal of Agricultural and Biological Science, 7: 763-772.
61. Kuziemska, B., Wysokinski, A. and Trebicka, J. 2020. The effect of different copper doses and organic fertilisation on soil's enzymatic activity. Plant, Soil and Environment, 66 (2): 93–98.
62. Lashermes G, Gainvors-Claisse A, Recous S, Bertrand I. 2016. Enzymatic Strategies and Carbon Use Efficiency of a Litter-Decomposing Fungus Grown on Maize Leaves, Stems, and Roots. Frontiers in Microbiology, p 7.
63. Li, Q., Liang, J.H., He, Y.Y., Hu, Q.J. and Yu, S. 2014. Effect of land use on soil enzyme activities at karst area in Nanchuan, Chongqing, Southwest China. Plant, Soil and Environment, 60 (1): 15–20.
64. Lin C., Zhu T., Liu L. and Wang D. 2010. Influences of major nutrient elements on Pb accumulation of two crops from a Pb-contaminated soil. Journal of Hazardous Materials, 174: 202–208.
65. Liu, J., Chen, J., Chen, G., Guo, J. and Li, Y. 2020. Enzyme stoichiometry indicates the variation of microbial nutrient requirements at different soil depths in subtropical forests. PLoS ONE 15 (2): e0220599.
66. Mao, Z., Wang, G., Liu, J. and Ren, L. 2009. Influence of salt marsh vegetation on spatial distribution of soil carbon and nitrogen in Yanchengcoastal wetland. Chinese Journal of Applied Ecology, 20, 293–297.
67. Matinizadeh, M. S.A.A. Korori, M. Teimouri and W. Praznik. 2008. Enzyme Activities in Undisturbed and Disturbed Forest Soils Under Oak (*Quercus brantii* var. *persica*) as Affected by Soil Depth and Seasonal Varriation. Asian Journal of Plant Sciences, 7 (4): 368-374.
68. McLaren, A.D. 1975. Soil as a system of humus and clay immobilized enzymes. Chemica Scripta, 8: 97–99.
69. Moorhead, D.L., Sinsabaugh, R.L., Hill, B.H. and Weintraub, MN. 2016. Vector analysis of ecoenzyme activities reveal constraints on coupled C, N and P dynamics. Soil Biology and Biochemistry, 93: 1–7.
70. Nannipieri, P., Giagnoni, L., Landi, L. and Renella, G. 2011. Role of Phosphatase Enzymes in Soil. Soil Biology, 26: 215-243.
71. Piotrowska-Dlugosz, A. and Wilczewski, E. 2014. Soil Phosphatase Activity and Phosphorus Content as Influenced by Catch Crops Cultivated as Green Manure. Polish Journal Environmental Studies, 23 (1): 157-165.
72. Prusty, B. A. K., Chandra, R. and Azeez, P. A. 2009. Distribution of carbon, nitrogen, phosphorus, and sulfur in the soil in a multiple habitatsystem in India. Australian Journal of Soil Research, 47, 177–189.
73. Quine T.A. and Zhang Y. 2002. An investigation of spatial variation in soil erosion, soil properties and crop production within an agricultural field in Devon, U.K. J. Soil and Water Conserversation, 57: 50-60.

74. Richardson, A.E., Barea J.M., McNeill, A.M., Prigent-Combaret, C. 2009. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by Microorganisms. Plant Soil, 321: 305.
75. Rotanova, T.V., Melnikov, E.E., Khalatova, A.G., Makhovskaya, O.V., Botos, I., Wlodawer, A., Gustchina, A. 2004. Classification of ATP-dependent proteases Lonand comparison of the active sites of their proteolytic domains. European Journal of Biochemistry, 271: 4865–4871.
76. Rydin, H. and Jeglum, J.K., 2013. The Biology of Peatlands. 2nd ed. Oxford University Press.
77. Schilling, K. E. et al. Vertical distribution of total carbon, nitrogen and phosphorus in riparian soils of Walnut Creek, southern Iowa.CATENA. 77, 266–273 (2009).
78. Sharma, C.M., Baduni, N.P., Gairola, S., Ghildiyal, S.K. and Suyal, S. 2010. Tree diversity and carbon stocks of some major forest types of Garhwal Himalaya, India. Forest Ecology and Management, 260: 2170-2179.
79. Shukla, M.K., Lal R. and Ebinger, M. 2004. Principal component analysis for predicting corn biomass and grian yield. Soil Science, 169: 215-224.
80. Silva, E.O., Medeiros, E.V., Duda, G.P., Lira-Junior, M.A, Brossard, M., Oliveira J.B., Santos, U.J. and Hammecker, C. 2019. Seasonal effect of land use type on soil absolute and specific enzyme activities in a Brazilian semi-arid region. Catena, 172:397–407.
81. Singh, S.K., Singh, S.K., Tripathi, V.R., Khare, S.K., Garg, S.K., 2011. A novel psychrotrophic, solvent tolerant Pseudomonas putida SKG-1 and solvent stabilityof its psychro-thermoalkalistable protease. Process Biochemistry, 46, 1430–1435.
82. Sinsabaugh, R.L., Antibus, R.K. and Linkins, A.E. 1991. An enzymic approach to the analysis of microbial activity during plant litter decomposition. Agriculture, Ecosystems and Environment, 34: 43–54.
83. Sinsabaugh, R.L. and Foreman, C.M. 2003. Integrating dissolved organic matter metabolism and microbial diversity: an overview of conceptual models. In: Aquatic Ecosystems: Interactivity of Dissolved Organic Matter (Eds S.G. Findlay & R.L. Sinsabaugh), pp. 425–454. Academic Press, New York.
84. Six, J., Elliot, E.T. and Paustian, K. 2000. Soil macroaggregate turn over and microaggregate formation for C sequestration under no-tillage agriculture. Soil Biology and Biochemistry, 32: 2099-2103.
85. Smith, S.E., and D.J. Read, 2008. Mycorrhizal Symbiosis, Academic Press, London, 800 pp.
86. Svetlana, L. and Slavkovi, L. 2006. Inorganic analysis of herbal drugs. Part II. Plant and soil analysis–diverse bioavailability and uptake of essential and toxic elements. Journal of the Serbian Chemical Society, 71 (10): 1095-1105.
87. Suttle, F.N. 2010. Mineral nutrition of livestock, 4th Edition. Midlothian CABI International, Wallingford, UK.
88. Tabatabai, M.A. 1994. Soil enzymes. PP: 775–833. In: R.W. Weaver, J.S. Angle and P.J. Bottomley (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties. SSSA, Madison.
89. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen L.S. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. Advance Agronomy, 79: 227.
90. Thorup-Kristensen, K., Dresboll, D.B. 2010. Incorporation time of nitrogen catch crops influences the N effect for the succeeding crop. Soil Use Manage. 26: 27.
91. Udawatta, R.P., Kremer, R.J., Garrett, H.E. and Anderson, S.H. 2009. Soil enzyme activities and physical properties in a watershed managed under agroforestry and row-crop systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 131: 98-104.

92. United States Environmental Protection Agency (USEPA), 1996. Method 3050B: Acid digestion of sediments sludges and soils (revision 2).
93. Vasquez-Murrieta, M.S., Govaerts, B. and Dendooven, L. 2007. Microbial biomass C measurements in soil of the central highlands of Mexico. Applied Soil Ecology 35: 432-444.
94. Wang, Q., Xiao, F., He, T. and Wang, S. 2013. Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the subtropics. Annals of Forest Science 70: 579-587.
95. Wang, Q., Wang, C., Yu, W., Turak, A., Chen, D., Huang, Y., Ao, J., Jiangm, Y. and Huang, Z. 2018. Effects of Nitrogen and Phosphorus Inputs on Soil Bacterial Abundance, Diversity, and Community Composition in Chinese Fir Plantations. Front. Microbiol. 9: 1543.
96. Wetzel R.G. 1991. Extracellular enzymatic interactions: storage, redistribution, and interspecific communication. In: Chrost RJ (ed) Microbial enzymes in aquatic environments. Springer-Verlag, New York, p 6–28.
97. Wood C. W. Westfall D. G. Peterson G. A. and Bruke I. C. 1990. Impacts of cropping intensity on carbon and nitrogen mineralization under no-till dryland agro-ecosystems. Agronomy Journal, 82(6): 1115-1120.
98. Wu, G., Liu, Z. H., Zhang, L., Hu, T. and Chen, J. 2010. Effects of artificial grassland establishment on soil nutrients and carbon properties in a black-soil-type degraded grassland. Plant Soil, 333: 469–479.

Investigation of protease and alkaline phosphatase activities, organic carbon, nitrogen and phosphorus of Shadegan coastal soils

E. Hamid, K .N. Payandeh[1], M. T. Kariminejad, and N. Saadati

Department of Soil, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: ebtessam_h@yahoo.com
Department of Soil, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: Payandeh426@gmail.com
Department of Agriculture and Plant Breeding, Sanandaj Branch, Islamic Azad University, Sanandaj;
E-mail: Iran; tahsinkarimi@yahoo.com
Department of Soil, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;
E-mail: Na_saadati@yahoo.com

Received: Aujust, 2020 & Accepted: December, 2020

Abstract

The aim of this study was to evaluate the changes in proteases and alkaline phosphatase activities, organic carbon content, total nitrogen and phosphorus in winter and summer time in the coastal soils of Shadegan wetland in 2019-2020. Two sampling sites including site A with dominant vegetation and site B wetlands without vegetation were selected. Soil samples were colected using ASTM standard number D2488. The results of analysis of variance showed that seasonal changes, vegetation and soil depth had a significant effect on total nitrogen, phosphorus and protease and alkaline phosphatase activity ($P<0.001$). Seasonal changes did not have a significant effect on the amount of soil organic matter, while vegetation and soil depth significantly affected the amount of soil organic carbon in the coastal soil of Shadegan wetland ($P<0.001$). Nutrient elements and activity of extracellular enzymes (protease and alkaline phosphatase) in vegetated soils were higher than bare soils. According to the results, the activity of protease (2.69 µmol/gh) and alkaline phosphatase (3.5 mg/PNP/gh) enzymes in topsoil (0-15 cm) with vegetation was higher in summer time compare to the bare soils. These results can be related to total nitrogen, phosphorus and soil organic carbon ($P<0.05$) which had higher values in the summer time. Finally, principal component analysis and Spearman correlation confirmed a strong and positive relationship between total nitrogen, total phosphorus and soil organic carbon ($P<0.001$) with the biological activity of protease and alkaline phosphatase enzymes.

Keywords: Protease, akaline phosphatase, mineral compounds, coastal soils, shadegan wetland

[1]. Corresponding author: Department of Soil, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran;