تاثیر پوسته‌های بیولوژیکی گلسنگی بر افزایش غلظت کربوهیدرات و پایداری خاکدانه‌های خاک‌های لسی

محسن سلیمان‌زاده[۱]، فرهاد خرمالی[۲]، محمد سهرابی[۳]، رضا قربانی نصرآبادی[۴] و مارتین کهل[۵]
۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۳- استادیار سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، ۵- استاد موسسه جغرافیا دانشگاه کلن

چکیده

پژوهشی با هدف بررسی تولید کربوهیدرات توسط گونه‌های مختلف گلسنگ و در نتیجه پایداری لس‌ها در منطقه مراوه تپه استان گلستان انجام شد. تعدادی از گونه‌های مختلف گلسنگ خاکزی بعد از جمع آوری از صحرا برای شناسایی به آزمایشگاه انتقال داده شد. بعد از شناسایی نمونه‌برداری از خاک زیر پوشش گونه‌های مختلف گلسنگ و بدون پوشش گلسنگ انجام شد. نمونه‌های خاک از عمق‌های ۲-۰ و ۵-۲ سانتی‌متری گرفته شدند. غلظت کربوهیدارت و میانگین قطر خاکدانه در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که حضور گونه‌های مختلف گلسنگ باعث افزایش غلظت کربوهیدارت در سطح لس‌ها شد، این افزایش غلظت در سطح بیشتر از عمق خاک می‌باشد. همچین حضور گونه‌های مختلف گلسنگ سبب افزایش پایداری خاکدانه‌ها در سطح خاک‌های لسی شده است. کربوهیدرات تولید شده توسط این گونه‌های گلسنگ باعث چسبیدن ذرات خاک بهم و درنتیجه باعث افزایش پایداری خاک سطحی این منطقه در مقابل فرسایش ابی و بادی می‌شوند.

کلمات کلیدی: پوسته‌های بیولوژیکی خاک، میانگین وزنی قطر خاکدانه، کربوهیدرات، خاک‌های لسی

مقدمه

مناطق خشک و نیمه‌خشک که سطح گسترده‌ای از سطح زمین را پوشانده‌اند، بدلیل کمبود مقدار بارندگی و در نتیجه تراکم کم پوشش گیاهی و کمبود ماده آلی در خطر فرسایش آبی و بادی هستند (Lal 2004, Sivakumar 2007). فاصله بین این پوشش‌ها تنک، پوسته‌های بیولوژیک خاک[1] (شامل سیانوباکتری‌ها، جلبک‌ها، گلسنگ‌ها و خزه‌ها) گسترش پیدا کرده‌اند. پوسته‌های بیولوژیکی خاک با انجام فتوسنتز منبع اصلی ورود کربن به خاک در اکوسیتم‌های مناطق خشک و نیمه خشک از طریق تولید کربوهیدرات می‌باشند (Mager.2010). سیانوباکتری موجود در پوسته‌های بیولوژیک با ترشح کردن پلی ساکارید خارج سلولی حالت چسبنده‌ای در شرایط مرطوب بوجود می‌آورد و باعث چسبیدن ذرات خاک به همدیگر می‌شود و در نتیجه باعث تشکیل خاکدانه در سطح خاک می‌شوند. گلسنگ‌ها با پوشش زبری که در روی سطح خاک بوجود می‌آوردند و همچین تولید ترشحات خارج سلولی سیانوباکتری همزیست با آن‌ها باعث به انداختن ذرات معلق گرد و غبار اتمسفر می‌شوند (Belnap and Lange 2001). رینولز و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند که پوسته‌های بیولوژیکی غالب گلسنگ-خزه می‌توانند گرد و غبار را به دام بیندازند و برای چندین دهه نگهداری کنند (Reynolds et al. 2001). همچین مانسونت و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند گلسنگ و خزه می‌توانند به طور معنی‌داری فرسایش آبی و بادی را کاهش دهند حتی زمانی که پوشش گیاهی قابل توجهی در روی سطح خاک وجود نداشته باشد ((Munson et al. (2011a, b). نیو و همکاران (۲۰۱۷) نتیجه گرفتند که هر چه سطح زمین پایدارتر باشد و پوسته‌های بیولوژیکی خاک به توالی انتهایی خود یعنی گلسنگ و خزه برسند بیشتر باعث بهبودی شرایط فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک سطحی می‌شوند (Niu et al. 2017). ژی و همکارن ۲۰۰۷ بیان داشتند کربوهیدارت که بخشی از ذخیره کربن خاک است می‌تواند باعث کاهش فرسایش خاک سطحی بشود (Xie et al. 2007).

[1] Biological Soil Crust

نوع خاصی از پوسته‌های زیستی در سطح لس‌ها وجود دارند که پوسته‌های زیستی لسی[1] نامیده می‌شوند، که در حال حاظر زیست توده قابل توجهی در سطح لس‌ها دارند. نتایج مطالعات مقدماتی از نمونه‌های لس صربستان، حضور ۹۰ درصد زیست توده سیانوباکتری‌ها و ۱۰ درصد بقیه پوسته‌های زیستی را نشان می‌دهد (Smalley et al. 2011). زوریکا و همکاران (۲۰۱۳) مدلی را برای به دام انداختن گرد و غبار توسط پلی‌ساکارید خارج سلولی و ترشحات سیانوباکتری‌ها در فصل خشک و مرطوب انتهای دوران یخچالی[2] و شروع فصلی شدن ارائه کرده‌اند که نشان می‌دهد پوسته‌های زیستی نقش مهمی در تشکیل لس‌ها، بویژه در مناطق نیمه‌خشک دارند (Svircev et al. 2013). پوسته‌های بیولوژیک خاک، پوشش اصلی سطح خاک در لس‌های شمال استان گلستان را تشکیل می‌دهند. اقلیم این منطقه خشک و نیمه‌خشک است و پوشش گیاهی در این منطقه مخصوصاً در شیب‌های رو به جنوب کم می‌باشد، در این شیب‌ها پوسته‌های بیولوژیک غالب می‌باشند. با توجه به اینکه لس‌ها به فرسایش آبی و بادی حساس می‌باشند مطالعات به طور جدی بروی نقش‌های این گلسنگ‌ها برروی پایداری لس‌ها و جلوگیری از تخریب خاک این مناطق انجام نشده است. این مطالعه به منظور بررسی توانایی گونه‌های مختلف گلسنگ‌ها بر ترشح کربوهیدرات و در نتیجه افزایش پایداری لس‌ها انجام شد.

مواد و روش‌ها

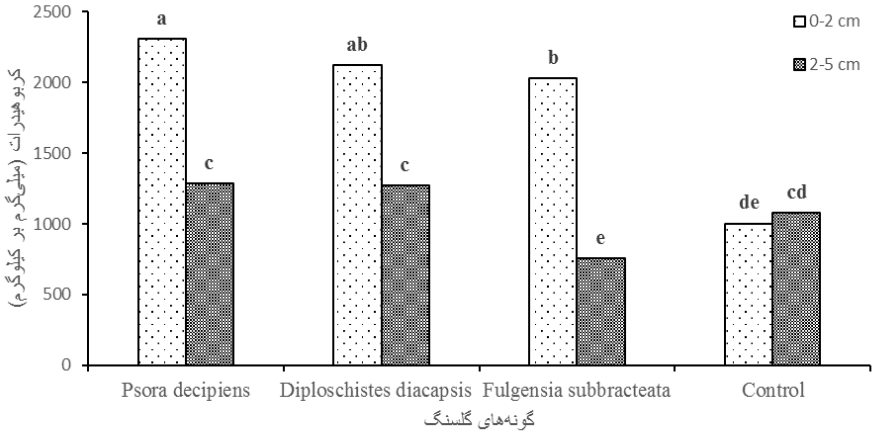
منطقه نمونه‌برداری، مراوه تپه با مواد مادری عمده رسوبات لسی در شمال استان گلستان واقع شده است. مقدار بارندگی در این منطقه در حدود ۳۰۰ میلی‌متر و رژیم رطوبتی و حرارتی منطقه به تربیب زریک (زریک خشک) و ترمیک می‌باشد. بعد از انجام بازدیدهای صحرایی تعدادی از گونه‌های مختلف گلسنگ جمع‌آوری و بعد از انتقال به آزمایشگاه، شناسایی شدند. گونه‌های *Diploschistes diacapsis* (Ach.) Lumbsch, *Fulgensia subbracteata* (Nyl.) Poelt و *Psora decipiens* (Hedw.) Hoffm شناسایی شدند. بعد از شناسایی عناصر گلسنگی بیولوژیکی، نمونه برداری از خاک زیر گونه‌های مختلف گلسنگ‌ها از عمق ۲-۰ و ۵-۲ سانتی‌متر انجام شد. برای این کار ابتدا پوسته‌های بیولوژیکی گلسنگی از سطح خاک جدا شدنند و سپس نمونه‌برداری کاملاً استریل (ضدعفونی وسایل نمونه‌برداری و دست با الکل) از خاک زیرین این پوسته‌ها انجام پذیرفت. نمونه‌ها برای اندازه‌گیری کربوهیدرات و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها به آزمایشگاه انتقال داده شد.

به منظور اندازه‌گیری غلظت کربوهیدرات، نمونه‌های خاک از الک ۲ میلی‌متر و نمونه‌های خاک دست‌نخورده برای اندازه-گیری میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها از الک ۴/۶ میلی‌متر عبور داده شدند. برای اندازه‌گیری کربوهیدرات و میانگین قطر خاکدانه‌ها به ترتیب از روش اسید سولفوریک-فنل و الک‌تر استفاده شد (Adesodun et al. 2001, Dubois et al. 1956, Kemper and Rosenau 1986).

نتایج و بحث

غلظت کربوهیدارت تولید شده توسط گونه‌های مختلف گلسنگ در شکل ۱ نشان داده شده است. بیشترین غلظت کربوهیدارت خاک مربوط به گونه *Psora decipiens* در عمق ۲-۰ سانتی‌متر است، که دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با بقیه گونه‌های گلسنگ و شاهد در هر دو عمق می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد عمق‌های ۲-۰ سانتی‌متر در همه نمونه‌ها به جزء شاهد حاوی بیشترین غلظت کربوهیدارت می‌باشند، با افزایش عمق خاک از ۲-۰ به ۵- ۲ سانتی‌متر غلظت کربوهیدرات کاهش پیدا کرده است. کاهش غلظت کربوهیدرات با افزایش عمق خاک بدلیل حضور باکتری‌ها و جلبک‌های فتوسنتز کننده موجود در گلسنگ است، این ریزجانداران فتوسنتز کننده در شرایط رطوبت و دمایی کافی عمدتاً در قسمت‌های بالایی و نزدیک سطح خاک فعالیت می‌کنند (Belnap and Lange 2001). میجر و همکاران (۲۰۱۰)گزارش کردند که با افزایش عمق خاک در زیر پوسته‌های بیولوژیک غالب سیانوباکتری غلظت کربوهیدارت کاهش پیدا می‌کند (Mager.2010).

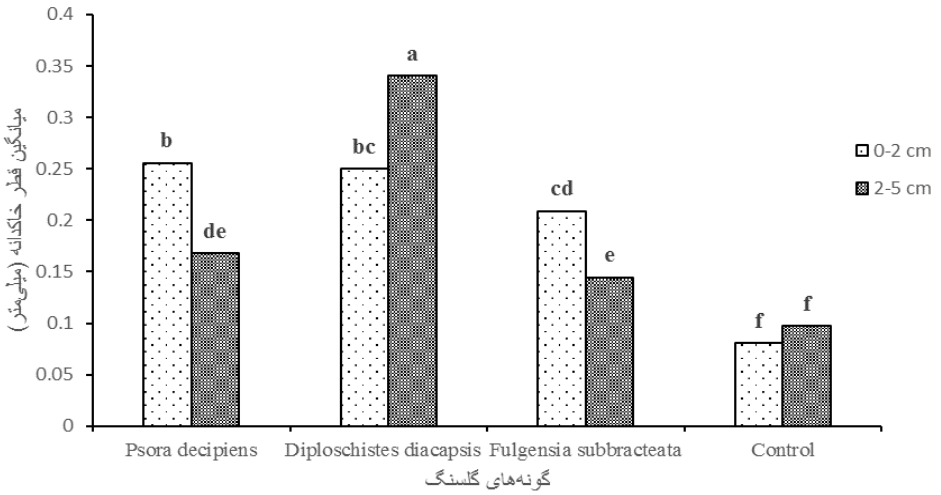
[1] Biological Loess Crust
[2] Glacial



شکل ۱- غلظت کربوهیدرات در خاک‌های، زیر گونه‌های مختلف گلسنگ. میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

میانگین قطر خاکدانه‌ها در دو عمق ۲-۰ و ۵-۲ سانتی‌متر زیر پوسته‌های بیولوژیکی گلسنگی در شکل ۲ نشان داده شده است. بیشترین اندازه میانگین قطر خاکدانه مربوط به گونه *Diploschistes diacapsis* در عمق ۵-۲ سانتی‌متر است که دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ با بقیه گونه‌های گلسنگ و شاهد می‌باشد. اندازه بیشتر خاکدانه‌ها در عمق ۵-۲ احتمالا می‌تواند به دلیل انبساط و انقباض گونه گلسنگ *Diploschistes diacapsis* در شرایط خشک و مرطوب شدن و ایجاد ساختمان لایه‌ای در سطح لس‌ها و ایجاد ساختمان بلوکی در عمق پایینی باشد. ساختمان لایه‌ای بوجود آمده در سطح دارای مقاومت کمتری نسبت به ساختمان بلوکی زیر سطح خاک می‌باشد. ویلیامز و همکارن (۲۰۱۱) بوجود آمدن ساختمان لایه‌ای در خاک سطحی، زیر پوسته‌های بیولوژیک خاک (در نتیجه انبساط و انقباض پوسته‌ها) در صحرای موهاوی[1] گزارش کردند (Williams et al. 2011). پوسته‌های بیولوژیک با دریافت رطوبت می‌توانند ۱۳ برابر افزایش حجم بدهند (Svircev et al. 2013). نتایج نشان می‌دهد که حضور گونه‌های گلسنگی در سطح خاک باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها در هر دو عمق نسبت به خاک بدون پوشش گلسنگی شده است و دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ درصد می‌باشند. چیمیزو و همکاران (۲۰۱۲) بیان داشتند که پوسته‌های بیولوژیک باعث افزایش پایداری خاکدانه‌ها تا عمق ۵ سانتی‌متری سطح خاک می‌شوند (Chamizo et al. 2012).

[1] Mojave Desert



شکل ۱- میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها در خاک‌های، زیر گونه‌های مختلف گلسنگ. میانگین‌های دارای حروف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

به طوری کلی نتایج شکل۱و۲ نشان می‌دهد با افزاش غلظت کربوهیدات در سطح خاک پایداری خاکدانه‌ها افزایش پیدا می‌کند. ترشحات سیانوباکتری همزیست گونه‌های گلسنگ در شرایط فراهم بودن رطوبت با حالت لجزی که ایجاد می‌کنند می‌توانند باعث چسبیدن ذرات خاک به همدیگر شوند و در نتیجه باعث تشکیل خاکدانه شوند. امباوو و همکاران ۱۹۹۸ گزارش کردند با افزایش مقدار کربوهیدرات خاک پایداری خاکدانه‌ها افزایش پیدا می‌کند. زوریکا و همکاران (۲۰۱۳) در مدلی که برای پوسته‌های بیولوژیک لسی صربستان ارائه کرده‌اند نشان دادند که پوسته‌های بیولوژیک غالب سیانوباکتری با تولید پلی‌ساکاریدهای خارج از سلولی باعث چسبیدن ذرات خاک و همچنین به دام انداختن ذرات گرد و غبار اتسفر می‌شوند و در نتیجه باعث افزایش پایداری و تشکلیل لس‌ها می‌شوند (Svircev et al. 2013). به طور کلی دو گونه *Diploschistes diacapsis* و *Psora decipiens* نسبت به گونه *Fulgensia subbracteata* کربوهیدرات بیشتری تولید کرده‌اند و در نتیجه بیشترین تاثیر را در افزایش پایداری خاکدانه‌ها داشته‌اند. با توجه به حضور ماده مادری لسی در منطقه مراوه تپه و حساسیت این لس‌ها به فرسایش آبی و بادی و تخریب (Smalley et al. 2011)، حفظ و جلوگیری از تخریب این گونه‌های گلسنگ توسط انسان و دام می‌تواند عاملی برای جلوگیری از فرسایش آبی و بادی و در نتیجه کاهش مقدارت ریزگردها در این منطقه شوند.

منابع

Adesodun, J.K., Mbagwu J.S.C. and Oti N. 2001. Structural stability and carbohydrate contents of an Ultisol under different management systems. soil tillage research, 60: 135–142.

Belnap J., and Lange O.L. 2001. Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management. Springer-Verlag, Berlin.

Chamizo S., Canton Y., Miralles I. and Domingo F. 2012. Biological soil crust development affects physicochemical characteristics of soil surface in semiarid ecosystems. Soil Biology and Biochemistry, 49: 96-105.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F. 1956. Colorimetric method of determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350–356.

Kemper W.D. and Rosenau K. 1986. Size distribution of aggregates. In: Klute, A. (Ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1. ASA, Madison, WI, pp. 425–442.

Lal R. 2004. Carbon sequestration in dryland ecosystems. Environmental Management, 33: 528-544.

Mager D.M. 2010. Carbohydrates in cyanobacterial soil crusts as a source of carbon in the southwest Kalahari, Botswana. Soil Biology and Biochemistry, 42(2): 313-318.

Mbagwu J.S.C. and Piccolo A. 1998. Water-dispersible clay in aggregates of forest and cultivated soils in southern Nigeria in relation to organic matter constituents. Carbon and Nutrient Dynamic in Tropical Agricultural Ecosystems, CAB International, Wallingford, UK, pp.71-83.

Munson S.M., Belnap J, Okin G.S. 2011a. Responses of wind erosion to climate-induced vegetation changes on the Colorado Plateau. Proceedings of the National Academy of Sciences, 108:3854–3859

Munson S.M., Belnap J., Schelz C.D., Moran M., Carolin T.W. 2011b. On the brink of change: plant responses to climate on the Colorado Plateau. Ecosphere, 2(6):1–15.

Niu J., Yang K., Tang Z. and Wang Y. 2017. Relationships between soil crust development and soil properties in the desert region of north china. Sustainability, 9(5): 725.

Reynolds R., Belnap J., Reheis M., Lamothe P., Luiszer F. 2001. Aeolian dust in Colorado Plateau soils: nutrient inputs and recent change in source. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98:7123–7127

Sivakumar M.V.K. 2007. Interactions between climate and desertification. Agricultural and Forest Meteorology 142:143–155

Smalley I., Marković S.B. and Svirčev Z. 2011. Loess is [almost totally formed by] the accumulation of dust. Quaternary International, *240*(1): 4-11.

Svirčev Z., Marković S.B., Stevens T., Codd G.A., Smalley I., Simeunović J., Obreht I., Dulić T., Pantelić D., Hambach U. 2013. Importance of biological loess crusts for loess formation in semi-arid environments. Quaternary International, *296*:206-215.

Williams A.J. 2011. Co-development of biological soil crusts, soil-geomorphology, and landscape biogeochemistry in the Mojave Desert, Nevada, USA–Implications for ecological management.

Xie Z., Liu Y., Hu C., Chen L., Li D. 2007. Relationships between the biomass of algal crusts in field and their compressive strength. Soil Biology and Biochemistry, 39:567-572.

Impact of biological lichen crusts on increase of carbohydrate concentration and aggregates stability in loessial soils

M. Soleimanzadeh[1], F. Khormali[2], Mohammad Sohrabi[3], R. Ghorbani Nasrabadi[4] and M. Kehl[5]

1, 2 and 4- Ph.D. Student, Professor and Assistant Professor respectively, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, 3- Assistant Professor of Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, 5- Professor of Institute of Geography at Cologne University.

Abstract

A study aiming to investigate carbohydrates produced by various species of lichen and their association with the stability of loess was conducted in Marave-Tappeh, Golestan province. Several terricolous lichens were collected from the study sites and identified taxonomically. Samples were taken from soil with species of lichen on top and from lichen-free soil at depths of 0-2 and 2-5 cm. Carbohydrate concentration and mean weight diameter of aggregate were measured in the laboratory. The results showed that the presence of different species of lichen in surface loess led to an increase in carbohydrate concentration, this being more pronounced in surface loess soils in comparison to deeper ones. Additionally, different species of lichen caused an in increase in the stability of aggregates in surface loess soils. Carbohydrates produced by various species of lichen result in attachment of soil particles and eventually lead to increased stability of surface soils in this area against water and wind erosion.

Keywords: Biological soil crusts, Mean weight diameter of aggregate, Carbohydrate, loess soils