نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۰، ص. ۱۳۸۵-۱۳۷۸

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 6, Jan-Feb 2012, p. 1378-1385

مطالعه و بررسی برهمکنش‌های متقابل سیانوباکتری‌های موجود در شالیزارهای درگز

مریم پورمندگاری مهرجردی[1*]- محمود ذکائی[2]- حمید اجتهادی[3]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۰

چکیده

در این مطالعه پس از شناسایی فلور سیانوباکتریایی شالیزارهای اطراف درگز، به بررسی روابط متقابل این سیانوباکتری‌ها در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از روش کشت بر روی محیط جامد $BG\text{-}11_0$ پرداخته شد. پس از انجام بررسی‌های لازم، گونه *Nostoc piscinale* به عنوان قوی‌ترین و *Nostoc spongiaeforme* به عنوان ضعیف‌ترین گونه از نظر تولید متابولیت‌های ثانویه (آللوکمیکال‌ها) شناخته شدند. تمامی جفت‌های مورد مطالعه، از نظر برهم‌کنش‌هایشان در مقابل هم در دو طبقه کلی قرار گرفتند. در نهایت درباره استفاده از آللوکمیکال‌های حاصل از این جلبک‌های سبز – آبی، جهت مبارزه با توده‌های مضر جلبکی و کاربرد آن‌ها در علوم کشاورزی مورد بحث قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: آللوکمیکال‌ها، آللوپاتی، جلبک‌های سبز – آبی، متابولیت‌های ثانویه

مقدمه

سیانوباکتری‌ها از میکروارگانیسم‌های فتوسنتزی پروکاریوتی هستند که منبع غنی از متابولیت‌های جدید چه از نظر ساختمانی و چه از نظر فعالیت‌های زیستی می‌باشند (۵). به همین دلیل بررسی روابط آللوپاتیک بین آن‌ها بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بنا به تعریف، آللوپاتی هر گونه فرآیند درگیر با متابولیت‌های ثانویه تولید شده به وسیله گیاهان، جلبک‌ها، باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشد (۱۶ و ۲۶) که بر رشد و نمو سیستم‌های زیستی و کشاورزی موثر است. این تعریف هم شامل اثرات بازدارنده و هم شامل اثرات محرک است (۱۶، ۲۶ و ۴۱) که به صورت مستقیم و غیر مستقیم باعث ایجاد واکنش‌های متقابل زیستی می‌گردد. اگرچه برخی از زیست شناسان تنها واکنش‌های متقابل منفی و مستقیم را مشمول آللوپاتی می‌دانند (۲۶). مولیش (۱۹۳۷) اولین کسی بود که واژه آللوپاتی را تعریف کرد و از آن جهت شرح واکنش‌های بیوشیمیایی مثبت و منفی بین همه انواع گیاهان استفاده نمود. ریک (۱۹۷۹) در تعاریفش آللوپاتی را اثرات منفی ناشی از تولید و دفع ترکیبات شیمیایی حاصل از گیاهان و میکروارگانیسم‌ها معرفی نمود. ایندرجت[4] و داکشینی[5] (۱۹۹۴) نیز فعالیت‌های آللوپاتیک را با تاکید بر جلبک‌ها در محیط‌های آبی بیان کردند (۳۷). در واقع می‌توان گفت که آللوپاتی بخش مهمی از واکنش‌های رقابتی بین گونه‌های جلبکی در هر دو سیستم آبی و خاکی است و حذف واکنش-های آللوپاتیک از رقابت امکان‌ناپذیر است. در حالی که رقابت را می‌توان به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار داد. علت آللوپاتی، آللوکمیکال‌ها یا همان متابولیت‌های ثانویه آزاد شده در محیط است و یک یا چند آللوکمیکال دارای اثرات محرک یا بازدارنده بر روی رشد جلبک‌ها هستند. رقابت به دلیل کاهش در یکی از منابع موجود در محیط زیست، همانند مواد غذایی رخ می‌دهد و عامل بروز واکنش‌های آللوپاتیک بین گونه‌های مختلف جلبکی از جمله سیانوباکتری‌هاست (۲۶).

اکثر متابولیت‌های حاصل از سیانوباکتری‌ها و نقش عملکردی این ترکیبات بر روی فیزیولوژی و اکولوژی آن‌ها، ناشناخته باقی مانده‌اند (۸). در حدود ۱۰ درصد از گونه‌های سیانوباکتریایی فعالیت ضد جلبکی از خود نشان می‌دهند (۱۳) که ناشی از آزادسازی متابولیت‌های ثانویه است.

نحوه عمل آللوکمیکال‌ها دامنه وسیعی دارد. بیشتر آللوکمیکال‌های جلبکی اگرچه مخرب نیستند ممکن است تنها باعث

۱،۲و۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m.pourmandegari@gmail.com)

4- Inderjet
5- Dakshini

مهار برخی از اعمال اکوفیزیولوژیک همانند فتوسنتز در گونه هدف گردند، اما باعث مرگ نمی‌شوند.

جداسازی ترکیبات فعال زیستی از سیانوباکتری‌ها و بررسی روابط آللوپاتیک بین آن‌ها به منظور کشف ترکیبات جدید برای استفاده در داروسازی، کشاورزی و بیوتکنولوژی و درک بهتر واکنش‌های متقابل ارگانیسم‌های اختصاصی درون جمعیت‌های طبیعی آن‌ها و توالی جمعیت‌های جلبکی صورت می‌گیرد (۵، ۷، ۸، ۱۴ و ۲۶).

هدف از این مطالعه بررسی برهمکنش‌های متقابل بین گونه‌های سیانوباکتریایی موجود در شالیزارهای درگز، الگوی این برهمکنش‌ها و شناسایی قوی‌ترین گونه‌ها از نظر تولید متابولیت‌های ثانویه است. از نتایج حاصل از این مطالعه و همچنین پس از استخراج متابولیت‌های ثانویه حاصل از قوی‌ترین این گونه‌ها و شناسایی دقیق آن‌ها چه از نظر ساختمانی و چه از نظر عملکرد در مطالعات بعدی، می‌توان جهت ساخت بهترین و بی‌ضررترین علف‌کش‌ها و جلبک‌کش‌ها استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

در بهار و تابستان ۱۳۸۹ از آب و خاک شالیزارهای نمونه در چهار منطقه در حومه شهرستان درگز (شامل ابتدای دهانه زو، ۵۰ کیلومتری درگز منطقه درونگر سمت چپ و راست جاده و روستای سنگ سوراخ) نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌های آب پس از سانتریفوژ و نمونه‌های خاک پس از رقیق‌سازی و سانتریفوژ (۶) در محیط کشت جامد $BG\text{-}11_0$ (شامل محلول عناصر ماکرو: K_2HPO_4 :۰/۰۴ گرم، $MgSO_4.7H_2O$: ۰/۰۷۵ گرم، $CaCL_2.2H_2O$: ۰/۰۳۶ گرم، اسیدسیتریک: ۰/۰۰۶ گرم، فریک آمونیوم سیترات: ۰/۰۰۶ گرم، EDTA: ۰/۰۰۱ گرم، $NaCO_3$: ۰/۰۲ گرم در یک لیتر آب مقطر به همراه ۱ میلی‌لیتر از محلول عناصر کمیاب A5 (شامل H_3BO_3: ۲/۸۶ گرم، $MnCL_2.4H_2O$: ۱/۸۱ گرم، $ZnSO_4.7H_2O$: ۰/۲۲۲ گرم، $NaMoO_4.2H_2O$: ۰/۳۹ گرم، $CuSO_4.5H_2O$: ۰/۰۷۹ گرم، $CO(NO3)_2.6H_2O$: ۴۹/۴ میلی‌گرم در ۱ لیتر آب مقطر و ۱۰ گرم آگار) (۶) کشت داده شدند. pH محیط باید پس از اتوکلاو و سرد شدن در حدود ۷/۵-۷/۱ تنظیم شود (۲، ۳، ۴، ۶، ۱۵، ۲۲ و ۳۳). پتری‌دیش‌های حاوی تلقیح سیانوباکتریایی در داخل اتاقک رشد با شدت نوری ۲۰۰۰-۱۵۰۰ لوکس (۲، ۳ و ۴) و دمای ۲±۲۸ قرار داده شدند (۱۵). این اتاقک رشد، یک اتاقک چوبی با ۴ لامپ فلورسنت سفید ۲۰ وات در بخش بالایی آن است که در فاصله ۴۵ سانتی‌متری از سطح نمونه قرار دارند.

پس از دو تا سه هفته کلنی‌های سیانوباکتریایی در پتری‌ها ظاهر شدند. سپس این کلنی‌ها که دارای شکل، اندازه و رنگ‌های متفاوتی بودند جداسازی و از طریق کشت مجدد بر روی محیط جامد یاد شده، خالص‌سازی گردید. بخشی از نمونه‌های خالص سازی شده در محلول دی‌اکسان (۱) تثبیت گردیدند. از نمونه‌های سیانوباکتریایی خالص شده، لام موقت تهیه شد. به این ترتیب که ابتدا یک قطره آب مقطر روی لام گذاشته شد و نمونه مورد نظر با سوزن برداشته و روی این قطره قرار داده شد. آنگاه نمونه کاملاً با سوزن باز گردید تا در حد امکان رشته‌ها و یا سلول‌های سیانوباکتریایی از هم جدا شوند. سپس با استفاده از میکروسکوپ نوری (Olympus مدل BH-2) با درشت‌نمایی‌های مورد نیاز از این نمونه‌ها عکس‌برداری به‌عمل آمد و شناسایی بر اساس خصوصیت بیان شده در کلیدهای ونکاتارامان (۴۲)، اسمیت (۳۹)، سانترا (۳۶)، پرسکات (۳۱)، ناز و همکاران (۲۹،۲۸)، کومارک (۳۵)، کودهاری (۸)، دوودی (۱۱)، سانت آنا (۲۳) و لاشاری (۲۴) انجام گرفت.

پس از شناسایی، گونه‌های مورد نظر، دو به دو و با فاصله ۱۵ میلی‌متر از یکدیگر به‌صورت یک خط راست و به یک اندازه در مقابل هم بر روی محیط جامد $BG\text{-}11_0$ کشت داده شد. سپس پلیت‌های حاوی نمونه‌ها در زیر اتاقک و در شرایط یکسان قرار داده شد. در طول مدت ۳۰ روز، هر ۱۰ روز یک‌بار از پلیت‌ها عکس‌برداری به‌عمل آمد. در پایان، واکنش‌های متقابل بین گونه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و با توجه به نوع الگوی برهم‌کنش، در دو طبقه کلی قرار داده شدند.

نتایج و بحث

مجموعا ۱۳ گونه سیانوباکتریایی از شالیزارهای اطراف درگز جمع‌آوری و شناسایی شدند (جدول ۱).

پس از بررسی برهم‌کنش‌های متقابل بین ۸ گونه از ۱۳ گونه شناسایی شده و مقایسه قدرت اثر آن‌ها بر روی یکدیگر، نتایج زیر به‌دست آمد:

بنابراین : ۱ > ۲ > ۳ > ۴ > ۵ > ۶ > ۷ > ۸

همانطور که مشاهده می‌شود در بین این ۸ گونه، *Nostoc piscinale* قوی‌ترین و *Nostoc spongiaeforme* ضعیف‌ترین گونه‌ها از نظر تولید متابولیت‌های ثانویه یا همان آللوکمیکال‌ها هستند. با توجه به نوع برهم‌کنش‌ها و نحوه رفتار هر کدام از این گونه‌ها در مقابل هم می‌توان الگوهای برهم‌کنش را در دو طبقه کلی قرار داد. این دو الگو شامل جایگزینی[1] و بن بستی[2] هستند (شکل ۱) (جدول ۳).

1- Replacement
2- Deadlock

جدول ۱- گونه‌های شناسایی شده در شالیزارهای درگز

راسته	خانواده	جنس	گونه
Chroococcales Wettstein	Chroococcaceae Nägeli	*Gloeocapsa* Kützing	
		Merismopedia Meyen	*G. calcarea* Tilden
	Oscillatoriaceae Kirchner	*Oscillatoria* Vaucher	*M. tenuissima* Lemm 1.*O. acuta* Bruhl et Biswas , Orth . mut .Geitler 2.*O. formosa* Bory ex Gomont 3.*O. limosa* Ag. ex Gom *4.O. raoi* De Toni
Nostocales Geitler	Nostocaceae Kütz	*Phormidium* Kütz	*P. jadinianum* Gomont
		Lyngbya Ag.	*Lyngbya birgei* Smith G. M.
		Cylindrospermum Kütz	*C. muscicola* Kütz et Born. et Flash.
		Nostoc Vaucher	1. *N. muscorum* Ag. ex Born. et Flash 2. *N. piscinale* Kützing ex Born. et Flash 3. *N. spongiaeforme* Agardh ex Born. et Flash
		Anabaena Bory	*A. variabilis* Kütz. ex Born. et Flash

جدول ۲- طبقه بندی گونه‌های سیانوباکتریایی مورد مطالعه، بر اساس قدرت اثرشان نسبت به یکدیگر

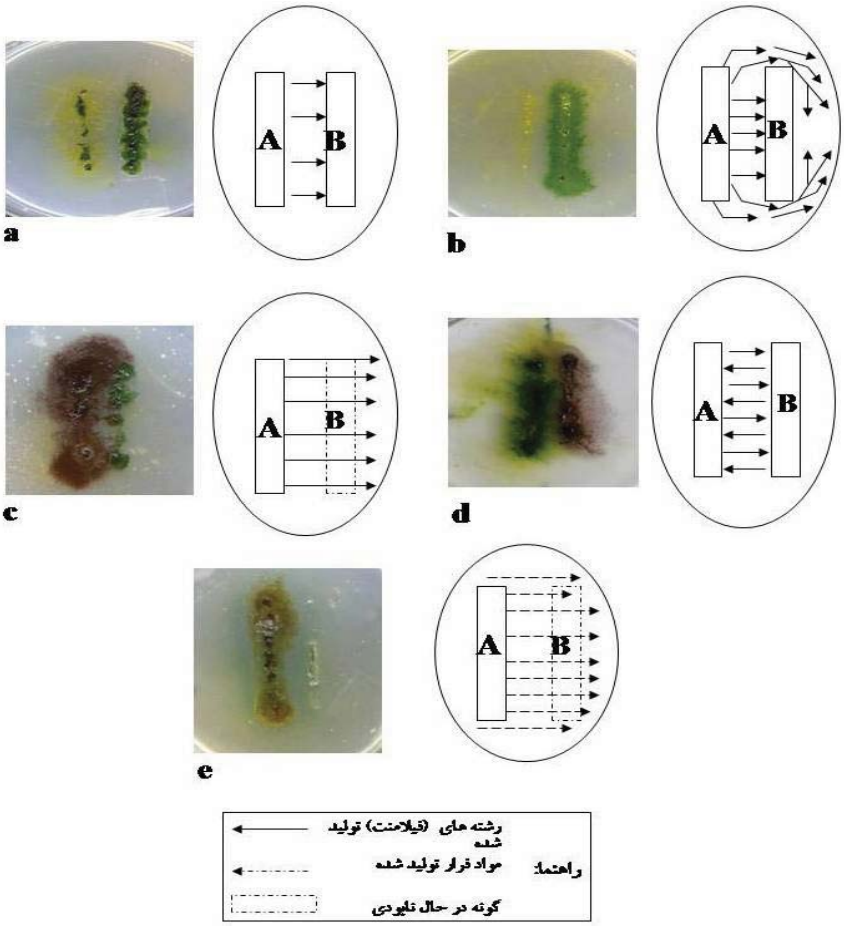
گونه‌های سیانوباکتریایی	طبقه‌بندی بر اساس قدرت اثر هر گونه
Nostcc piscinale	۱
Oscillatoria raoi	۲
Nostoc muscorum	۳
Oscillatoria acuta	۴
Oscillatoria limosa	۵
Oscilatoria formosa	۶
Anabaena variabilis	۷
Nostoc spongiaeforme	۸

فیکوتوکسین‌های تولید شده در گونه‌هایی که در راسته Nostocales قرار دارند از نوع پپتیدهای حلقوی، آلکالوئیدها و لیپوپلی‌ساکاریدها (LPS) هستند (۲۵ و ۳۲). متابولیت‌های ثانویه تولید شده توسط گونه‌های مختلف جنس *Nostoc* شامل سیانوباکترین[1]، نوستوسیکلامید[2]، نوستوسیکلامید M، نوستوسین A[3] (۱۰، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۲ و ۳۸) میکروسیستین[4] و نوستوکربولین[5] (۳۲) می‌باشند. در میان ترکیبات نام برده شده، نوستوسیکلامید به‌عنوان جداکننده زنجیره انتقال الکترون در فتوسنتز (۸)، مهارکننده رشد، مهارکننده سنتز کلروفیل، کاروتنوئید و پروتئین و تغییر دهنده مورفولوژی (۴۰)، نوستوسین A به‌عنوان مهار کننده رشد (۱۶)، نوستوکربولین به‌عنوان مهارکننده استیل، بوتیریل کولین استراز و تریپسین عمل می‌کنند (۳۲). از اعمال میکروسیستین‌ها خصوصاً میکروسیستین LR که توسط برخی از گونه‌های *Nostoc* تولید می‌شود (۳۰)، مهار رشد، لیز شدن سلول، آسیب رساندن به تکامل اکسیژن، کاهش جذب دی‌اکسیدکربن ۱۴ و آسیب به فعالیت آنزیم نیتروژناز است (۴۰). نوستوسیکلامید M نیز که از نظر ساختمانی بسیار مشابه نوستوسیکلامید است، عملکردهایی مشابه با آن نیز دارد و یک ترکیب آللوپاتیک بالقوه می‌باشد (۷).

در بین سه گونه *Nostoc piscinale*، *N. spongiaeforme* و *N. muscorum*، *N. spongiaeforme* تنها نوستوسین A و *N. muscorum* تنها میکروسیستین LR (۳۰) و موسکارید A[6] که یک پپتید آلکالوئیدی اگزازول است (۱۹ و ۲۶)، را تولید می‌کنند.

1- Cyanobacterin
2- Nostocyclamide
3- Nostocin A
4- Microcystin
5- Nostocarboline

6- Muscaride A



شکل۱ - شکل شماتیک الگوهای برهم‌کنش بین گونه‌های سیانوباکتریایی مورد مطالعه به‌همراه تصاویری از نحوه این برهم‌کنش‌ها در محیط کشت. a) جایگزینی B (*Nostoc spongiaeforme*) توسط A (*Oscillatoria formosa*) از طریق ایجاد رشته‌هایی که از طرف گونه A به سمت B فرستاده شده‌اند. b) جایگزینی B (*Anabaena variabilis*) توسط A (*Oscillatoria acuta*) با رشد رشته‌های طبیعی حاصل از A و دربرگیری و احاطه B توسط این رشته‌ها و ایجاد حالت در هم آمیختگی[1] . c) جایگزینی B (*Nostoc spongiaeforme*) توسط A (*Nostoc piscinale*) از طریق نزدیک شدن رشته‌های طبیعی تولید شده توسط گونه دیگر . d) حالت بن بستی بین دو گونه A (*Anabaena variabilis*) و B (*Nostoc piscinale*) از طریق تداخل رشته‌های هر دو گونه یا در هم آمیختگی در ناحیه برهم‌کنش. e) جایگزینی B (*Oscillatoria acuta*) توسط (*Nostoc piscinale*) با تولید مواد آنتی بیوتیکی فرار و قابل انتشار.

با توجه به اینکه *N. piscinale* قوی‌ترین گونه‌ها در بین این ۸ گونه است، بنابراین می‌توان گفت که احتمالاً این گونه قادر به تولید تمام آللوکمیکال‌های یاد شده در جنس *Nostoc* می‌باشد.

در مورد *Oscillatoria* باید گفت که نوع و ساختمان متابولیت-های ثانویه تولید شده توسط گونه‌های مختلف این جنس هنوز ناشناخته باقی مانده است. اما تمامی این ترکیبات باعث مهار رشد، مهار فتوسنتز و در نهایت مرگ سیانوباکتری‌هایی می‌شوند که احتمالاً از نظر تولید آللوکمیکال‌ها از آن‌ها ضعیف‌ترند (۱۶).

گونه‌های مختلف *Anabaena*، ترکیباتی را تولید می‌کنند که بیشتر از نوع لیپوپپتیدازها بوده و دارای فعالیت-های زیستی مختلفی از جمله فعالیت‌های ضد جلبکی، آنتی بیوتیکی و اثرات مهار آنزیمی هستند (۲۱). علاوه بر لیپوپپتیدازها، کلیندروسپرموپسین[2] را نیز تولید می‌کنند که مهار بیوسنتز پروتئین‌ها را به دنبال دارد و ممکن است به دلیل تخریب DNA باشد (۳۲ و ۴۰). علاوه بر ترکیبات فیکوتوکسیک تولید توسط راسته مورد نظر، متابولیت‌های ثانویه دیگری نیز توسط سیانوباکتری‌ها تولید می‌شوند که بین آن‌ها عمومیت دارند. این ترکیبات شامل سیانوپپتولین‌ها[3] ، میکروپپتین‌ها[4] و میکروویریدین‌ها[5] هستند که پروتئازهای مشابه تریپسین را مهار

1- Intermingling

2- Cylindrospermopsin
3- Cyanopeptolins
4- Micropeptins
5- Microviridins

می‌کنند (۸) (جدول ۴).

جدول ۳- الگوهای برهم‌کنش بین گونه‌ها. در این جدول ۸ گونه سیانوباکتریایی بر اساس نحوه اثرشان بر روی هم و نیز نوع الگوی برهم‌کنش مرتب شده‌اند.

(Oa) Oscillatoria acuta, (Of) O. formosa, (Ol) O. limosa, (Or) O. raoi, (Nm) Nostoc muscorum, (Np) N. piscinale, (Ns) N. spongiaeforme, (Av) Anabaena variabilis.

ردیف	جایگزینی	بن بستی
۱	Or > Of	Av = Nm
۲	Or >Ol	Av = Np
۳	Of < Ns	Np > Ns
۴	Of > Av	Np > Of
۵	Or >Ns	Np > Or
۶	Ol > Ns	Nm > Or
۷	Ol >Av	Np > Ol
۸	Av > Ns	Np >Nm
۹	Oa > Ol	
۱۰	Ol < Nm	
۱۱	Or >Av	
۱۲	Oa > Nm	
۱۳	Oa > Av	
۱۴	Ol > Of	
۱۵	Oa < Or	
۱۶	Oa > Of	
۱۷	Oa > Ol	
۱۸	Np > Oa	
۱۹	Nm > Ns	
۲۰	Ns > Oa	

با توجه به تنوع ترکیبات فعال زیستی تولید شده توسط سیانوباکتری‌ها، این ترکیبات دارای کاربرد بسیار وسیعی در زمینه‌های کشاورزی، بیوتکنولوژی، داروسازی، تولید انواع ترکیبات علف‌کش و جلبک‌کش و به‌طور کلی انواع عوامل کنترل‌کننده زیستی که به محیط زیست آسیب نمی‌رسانند، هستند (۵، ۸، ۱۳ و ۲۶). ترکیبات حاصل از سیانوباکتری‌ها علاوه بر ویژگی ضد جلبکی، دارای خصوصیات آنتی بیوتیکی، ضد قارچی، ضد ویروسی، ضد باکتریایی و ضد پلاستیک‌های جدید[1] نیز می‌باشند (۵ و ۲۶). در زمینه کشاورزی باید گفت که در برخی از کشورها همانند استرالیا، از عوامل آللوپاتیک حاصل از این جلبک‌ها برای تولید کود سبز جهت مبارزه با بیماری‌های خاک استفاده شده است (۲۶).

همان‌طور که می‌دانیم اکوسیستم آب‌های کم‌عمق در شالیزارهای برنج، مناسب‌ترین مکان برای رشد جلبک‌ها خصوصا سیانوباکتری‌ها هستند (۱۲). علاوه بر اثرات مفیدی که سیانوباکتری‌ها به‌عنوان تثبیت‌کنندگان نیتروژن برای زمین و محصولات زراعی دارند و همین امر باعث شده که از آن‌ها به‌عنوان کود زیستی[2] استفاده شود (۲ و ۳)، این جلبک‌ها دارای اثرات مضری نیز هستند. از جمله این صدمات و اثرات مضر به ویژه برای گیاه برنج می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) پیدایش توده‌های جلبکی قبل از مرحله جوانه‌زنی که حساس‌ترین مرحله رشد برنج است، با ایجاد مانع فیزیکی از تشکیل جوانه جلوگیری می‌کند.

۲) تشکیل یک پوشش ضخیم از جلبک پس از نشاکاری، با محصور کردن گیاه مانع از دسترسی آن به آب می‌شود.

۳) نشاهای جوان هنوز دارای ریشه‌های قوی در خاک نیستند. زمانی که این گیاهان جوان توسط توده‌های جلبکی محصور می‌شوند، وزش باد با حرکت دادن این توده‌ها باعث ریشه‌کن شدن این نشاها می‌گردد.

۴) در هنگام آبیاری دوباره زمین، توده‌های جلبکی که پس از خشک شدن زمین و قبل از غرقاب شدن آن به‌صورت یک لایه روی سطح زمین و دور تا دور گیاه برنج را پوشش داده‌اند، حرکت کرده و نشاهای جوانی را که ریشه عمقی ندارند، از خاک بیرون می‌کشند (۳۴).

بنابراین با توجه به آنچه گفته شد کنترل و مدیریت جلبک‌ها از جمله سیانوباکتری‌ها، امری ضروری است. برای از بین بردن این جلبک‌ها به‌جای استفاده از ترکیبات صنعتی- با توجه به روابط متقابل بین آن‌ها- می‌توان از آللوکمیکال‌های استخراج شده از همین ارگانیسم‌ها به‌عنوان جلبک‌کش استفاده کرد. همچنین می‌توان از این ترکیبات برای ساخت انواع آفت‌کش، علف‌کش و حشره‌کش استفاده نمود. نباید از نظر دور داشت که استفاده بیش از حد از ترکیبات مصنوعی و شیمیایی نه تنها ممکن است به خود محصول زراعی آسیب برساند، بلکه می‌تواند بر سایر بخش‌های موجود در یک زنجیره غذایی اثر گذاشته و از طریق روش‌های فیزیکی در بخش‌های مختلف محیط زیست پراکنده و باعث آلودگی گردند (۲۷).

بنابراین استفاده از ترکیبات حاصل از سیانوباکتری‌ها در سطح تجاری نه تنها از لحاظ اقتصادی به‌صرفه است، بلکه حتی‌الامکان از آسیب رسیدن به محیط نیز جلوگیری به‌عمل خواهد آورد (۷).

1- Antineoplastics

2- Biofertilizer

جدول ٤- متابولیت‌های ثانویه سیانوباکتریایی و منابع تولید کننده آن‌ها

منابع	متابولیت‌های ثانویه سیانوباکتریایی	منبع تولید کننده
Legrand et al. (2003)	Cyanobacterin	*Nostoc spp.*
Suikkanen (2008)	Cylindrospermopsin	*Anabaena spp.*
Legrand et al. (2003)	Nostocyclamide	*Nostoc spp.*
Legrand et al. (2003)	Nostocyclamide M	*Nostoc spp.*
Rasrogi and Sinha (2009)	Nostocarboline	
Hirata et al. (2003), Graneli et al. (2008)	Nostocin A	*Nostoc sopngiaeforme*
Humpage (1999), Legrand et al. (2003)	Muscaride A	*Nostoc muscorum*
Oudra et al. (2009)	Microcystin LR	*Nostoc muscorum*
Khairy and El-Kassas(2010)	Lipopeptidases	*Anabaena spp.*
Graneli et al. (2008)	Unknow	*Oscillatoria spp.*
Berry et al. (2008)	Cyanopeptolins	Cyanobacteria
Berry et al. (2008)	Micropeptins	Cyanobacteria
Berry et al. (2008)	Microviridins	Cyanobacteria

منابع

۱- کیان مهر ه. ۱۳۸۴. بیولوژی جلبک‌ها. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۳۴ صفحه.

۲- نوروزی ب. و احمدی مقدم ع. ۱۳۸۵. تعیین زمان دوتا شدن (Doubling time) و رسم منحنی رشد دو گونه *Nostoc muscorum* و *Nostoc ellipsosporum* بااستفاده از تکنیک اندازه‌گیری کلروفیل در محیط کشت آلن. مجله زیست شناسی ایران، ۱۹: ۳۶۷-۳۶۳.

۳- نوروزی ب. و احمدی مقدم ع. ۱۳۸۶. گزارش جدیدی از روابط بین ماکروالمان‌های خاک و پراکنش سیانوباکتری‌های هتروسیست‌دار در شالیزار، گندمزار، و جنگل استان گلستان. مجله زیست شناسی ایران، ۲۰ :۹۷-۸۹.

۴- نوروزی ب. و احمدی مقدم ع.۱۳۸۶. گزارش جدیدی از بررسی تغییرات مورفولوژیک دو گونه *Nostoc ellipsosporum* و *Nostoc muscorum* در دو محیط کشت Allen´s و Benecks در طی سیکل زندگی. مجله زیست شناسی ایران، ۲۰ : ۲۵۲-۲۴۲.

5- Abedin R.M.A., and Taha H.M. 2008. Antibacterial and antifungal activity of cyanobacteria and green microalgae. Evalution of medium components by Plackett –Burman design for antimicrobial activity of *Spirulina platensis*. Global Journal of Biotechnology and Biochemistry, 3: 22-31.

6- Anderson R.A. 2005. Algal culturing techniques. Elsevier academic press, p:578.

7- Berry J.P., Gantar M., Gawley R.E., Wang M., and Rein K.S. 2004. Pharmacology and toxicology of pahayokolide A, a bioactive metabolite from a freshwater species of *Lyngbya* isolated from the Florida Everglades. NIH Public Access Author Manuscript, 70: 730-735.

8- Berry J.P., Gantar M., Perez H.M., Berry G., and Noriega F.G. 2008. Cyanobacterial toxins as allelochemicals with potential applications as algaecides, herbicides and insecticides. Marine Drugs, 6: 117-146.

9- Choudhary K.K. 2009. Occurrence of Chroococcaceae during rice cultivation in north Bihar, India. Bangladesh Journal plant taxon, 16: 57-63.

10- Dahms H.U., Ying X., and Pfeiffer C. 2006. Antifouling potential of cyanobacteria: a mini-review. Biofouling, 22: 317-327.

11- Dembitsky V.M., and Rezanka T. 2005. Metabolites produced by nitrogen-fixing *Nostoc* species. Folia Microbiology, 50: 363-391.

12- Dwivedi R.K., Shukla S.K., Shukla C.P., Misra P.K., and Seth M.K. 2008. Cyanophycean floa of southern Himanchal Pradesh, India. Ecoprint, 15: 29-36.

13- Fernández-Valiente E., and Quesada A. 2004. A shallow water ecosystem: rice-fields (The relevance of cyanobacteria in the ecosystem). Limnetica, 23: 95-108.

14- Gantar M., Berry J.P., Thomas S., Wang M., Perez R., Rein K.S., and King G. 2008. Allelopathic activity among cyanobacteria and microalgae isolated from Florida freshwater habitats. NIH Public Access Author Manuscript, 64: 55-64.

15- Ghasemi1 Y., Tabatabaei Yazdi M., Shokravi S., Soltani N., and Zarrini G. 2003. Antifungal and antibacterial activity of paddy-fields cyanobacterial from the north of Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 14: 203-220.

16- Graneli E., Weberg M., and Salomon P.S. 2008. Harmful algal blooms of allelopathic microalgal species: The role of eutrophication. Harmful Algae, 8: 94-102.

17- Hirata K., Takashina J., Nakagami H., Ueyama S., Murakami K., Kanamori T., and Miamoto K. 1996. Growth inhibition of various organisms by a violet pigment, nostocin A, produced by *Nostoc spongiaeforme*. Journal of

Biosociology, Biotechlogy, Biochemistry, 60: 1905-1906.
18- Hirata K., Yoshitomi S., Dwi S., Iwabe O., Mahakhant A., Polchai J., and Miyamoto K. 2003. Bioactivities of nostocine A produced by a freshwater cyanobacterium *Nostoc spongiaeforme* TISTR 8 169. Journal of Bioscience and Bioenginehung, 95: 512-517.
19- Humpage A. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management. Edited by Ingrid Chorus and Jamie Bartram.
20- Juttner F., Todorova A.K., Walch N., and Philipsborn W.V. 2000. Nostocyclamide M: a cyanobacterial cyclic peptide with allopathic activity from *Nostoc* 31. Phytochemistry, 57: 613-619.
21- Khairy H.M., and El-Kassas H.Y. 2010. Active substance from some blue green algal species used as antimicrobial agents. African Journal of Biotechnology, 9: 2789-2800.
22- Kim J.D., and Lee C.G. 2006. Diversity of heterocystous filamentous cyanobacteria (blue-green algae) from rice paddy fields and their differential susceptibility to ten fungicides used in Korea. Journal of Microbiology and Biotechnology, 16: 240–246.
23- Komarek J. 2005. Studies on the cyanophytes (*Cyanobacteria*, *Cyanoprokaryota*) of Cuba 11. freshwater *Anabaena* species. Preslia, Paraha, 77: 211-234.
24- Lashari K.H., Sahato G.A., Korai A.L., and Kazi T.G. 2008. Taxonomic study of *Chroocophyceae* (*cyanophyta*) in Keenjhar lake, Distt: Thatta, Sindh, Pakistan. (2008). Research Journal of Fisheries and Hydrobiology, 3: 11-21.
25- Leflaive J., and Ten-Hage L. 2007. Algal and cyanobacterial secondary metabolites in freshwaters: a comparison of allelopathic compounds and toxins. Freshwater Biology, 52:199-214.
26- Legrand C., Rengefors K., Fistarol G.O., and Graneli E. 2003. Allelopathy in phytoplankton – biochemical, ecological and evolutionary aspects. Phycology, 42: 406-419.
27- Ma J., Zheng R., Xu J., and Wang S. 2002. Diferential sensitivity of two green algae, scenedesmus obliqnus and chlorella pyrenoidosa, to12 pesticides. Ecotoxicology and Environmental Safety, 52:57-61.
28- Naz S., Hasan M.U., and Shameel M. 2004. Taxonomic study of *Anabaena* Bory (nostocophyceae, cyanophyta) from northern areas of Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 36: 283-295.
29- Naz S., Hasan M.U., and Shameel M. 2004. Biodiversity of *Oscilatoria* (nostocophyceae,cyanophyceae) from northern areas of Pakistan. Pakistan Journal of Botany., 36: 503-530.
30- Oudra B., Andaloussi M.D., and Vasconcelos V.M. 2009. Identification and quantification of microcystins from a *Nostoc muscorum* bloom occurring in Oukaïmeden River (High-Atlas mountains of Marrakech, Morocco). Environment Monitor Assess, 149: 437-444.
31- Prescott G.W. 1970. How to know the freshwater algae. WM. C. Brown Company Publishers, p: 348.
32- Rastogi R.P., and Sinha R.P. 2009. Biotechnological and industrial significance of cyanobacterial secondary metabolites. Biotechnology Advances, 27: 521-539.
33- Reddy P.M., Roger P.A., Vevtura W., and Watanabe I. 1986. Blue-green algal treatment and inoculation had no significant effect on rice yield in an acidic wetland soil. Phillippian Agriculture, 69: 629-632.
34- Roger P.A., and Kulasooriya S.A. 1980. Blue-green algae and rice. The International Rice Research Institute, p: 112.
35- Sant'Anna C.L., De Paiva Azevedo M.T., Zanini Branco L.H., and Komárek J. 2007. New aerophytic morphospecies of *Nostoc* (cyanobacteria) from São Paulo State, Brazil. Hoehnea, 34: 95-101.
36- Santra S.C. 1993. Biology of rice-fields blue-green algae. Daya Publishing House, p: 184.
37- Schagerl M., Unterrieder I., and Angeler D.G. 2002. Allelopathy among cyanoprokaryota and other algae originating from lake Neusiedlersee (Austria). Internatianal Review Hydrobiol., 87: 365-374.
38- Smith G.D., and Doan N.T. 1999. Cyanobacterial metabolites with bioactivity against photosynthesis in cyanobacteria, algae and higher plants. Journal of Applied Phycology, 11: 337-344.
39- Smith G.M. 1950. The freshwater algae of the United States. Mcgraw-Hill Book Companany, p: 719.
40- Suikkanen S. 2008. Allelopathic effects of filamentous cyanobacteria on phytoplankton in the Baltic Sea. FIinnishi Institute of Marine Research –Contributions.
41- Suikkanen S., Fistarol G.O., and Graneli E. 2005. Effects of cyanobacterial allelochemicals on a natural plankton community. Marine Ecology Progress Series, 287: 1-9.
42- Venkataraman G.S. 1981. Blue-green algae for rice production. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p: 102.

Journal of Water and Soil
Vol. 25, No. 6, Jan-Feb 2012, p. 1378-1385

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۵، شماره ۶، بهمن - اسفند ۱۳۹۰، ص. ۱۳۸۵-۱۳۷۸

Study of Interaction between Cyanobacteria of Rice-Fields in Dargaz

M. Pourmandegari Mehrjardi[1]*- M. Zokaii[2]- H. Ejtehadi[3]

Received:9-2-2011
Accepted:2-10-2011

Abstract

The aim of this study was the identify cyanobacterial flora of rice–fields in Dargaz, to interaction between cyanobacteria by culturing in solid medium $BG\text{-}11_0$ in laboratory was investigated. *Nostoc piscinale* and *Nostoc spongiaeforme* were identified as strongest and weakness species, respectively, regarding secondary metabolits producing (allelochemicals).The algal pairs were classified in two groups based on their interactions. Possibility of using blue-green algae allelochemicals to combat harmful algae blooms (HABs) and agriculture science was discussed.

Keywords: Blue-green algae, Secondary metabolites, Allelochemicals, Allelopathy

1,2,3- MSc Student and Professors, Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(*- Corresponding Author Email: m.pourmandegari@gmail.com)