



האלמוגים חולים: "מחלת הלהקה השחורה" מתקיפה אותם

Ghaida Hadaidi^{1*}, Christian R. Voolstra^{1,2}

¹המחלקה להנדסה ולמדעי הביולוגיה והסביבה, מרכז מחקר ים סוף, אוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה, ערב הסעודית
²המחלקה לביולוגיה, אוניברסיטת קונסנטץ, קונסנטץ, גרמניה

סוקרים צעירים

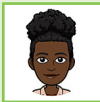
NOUF



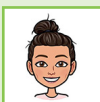
SAJA



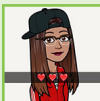
SHOMUKH



SUHA



TAFE



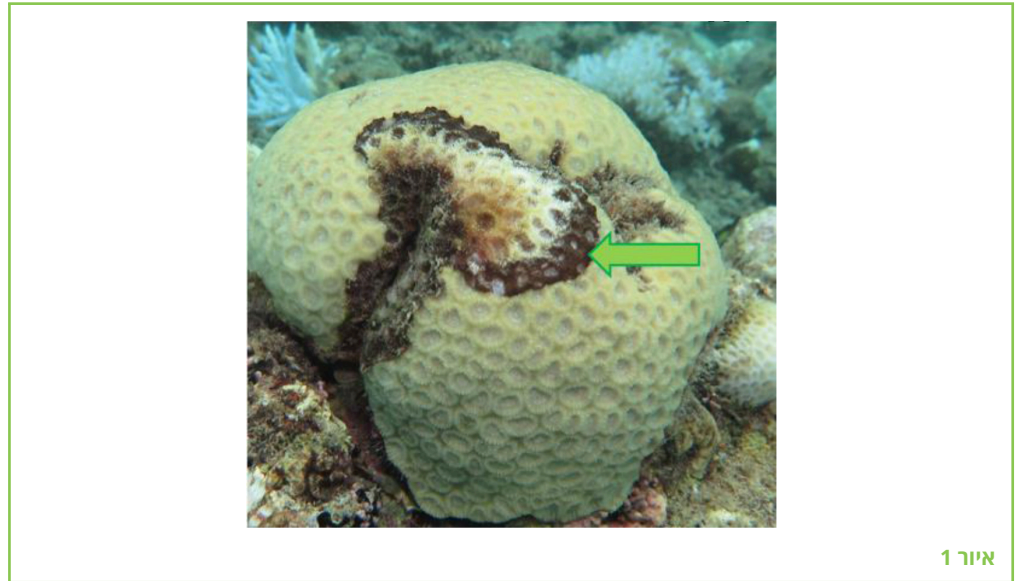
אם תצללו עם שנורקל או עם בלוני חמצן בים סוף, אתם תראו סלעים גדולים וצבעוניים שמוקפים בסוגי דגים שונים. המבנים המדהימים האלה למעשה אינם סלעים – הם חיות שנקראות אלמוגים, אשר יוצרות שוניות אלמוגים. כן, הם חיות! החיות האלה לא חיות לבד, אלא עם תאי צמחים זעירים בתוכן ועם הרבה מיקרובים אחרים, כמו חיידקים ווירוסים. חיות אלמוגים והחברים שלהן נמצאים בסכנה, מאחר שטמפרטורת המים מתחממת ומאחר שבני אדם משליכים את הפסולת שלהם לאוקיינוס. האם ידעתם שאלמוגים יכולים לחלות, ממש כמו בני אדם? מחלות אלמוגים רבות כבר תוארו. אחת המחלות האלה נקראת "מחלת הלהקה השחורה". המאמר הזה יסביר מהי "מחלת הלהקה השחורה", מה גורם לה, וכיצד אנו יכולים לסייע לאלמוגים להיות בריאים יותר.

כמו חיות אחרות, גם אלמוגים יכולים לחלות

אלמוגים הם חיות שבונות מבנים אשר נקראים שוניות אלמוגים. אלמוגים חיים עם אורגניזמים אחרים, כולל מיקרובים, כמו למשל תאי צמחים זעירים, חיידקים ווירוסים. השותפים האלה תלויים זה בזה עבור מזון ואנרגיה [1]. לרוע המזל, הקשר הזה רגיש ויכול להיפגע כשהאלמוגים נמצאים בסטרס. אם כל אחד מהשותפים נמצא בסטרס, האלמוגים עשויים להפוך רגישים יותר

איור 1

אלמוג חולה. הרקמה הירוקה הבריאה מופרדת מהרקמה הלבנה המתה על ידי פס שחור שמלא בחיידקים מזיקים (חץ ירוק). הפס השחור הוא סימן למחלת אלמוגים שנקראת black band disease.



איור 1

חיידקים

(Bacteria)

אורגניזמים קטנים מאוד שחיים בכל מקום, ושיכולים להיות טובים או מזיקים; חלק מהחיידקים יכולים לגרום למחלות.

פולי-מיקרובי

(Polymicrobial)

מעורבות של סוגים רבים של מיקרובים.

חיידקים מחזרי סולפט

(SRB -

Sulfate-reducing

Bacteria)

קבוצת חיידקים ש"נושמים" סולפט, במקום חמצן.

חיידקים מחמצני סולפט

(SOB - Sulfate-

oxidizing Bacteria)

קבוצת חיידקים שמשמשת באנרגיה כימית כדי לייצר סוכרים.

למחלות. כן, כמו כל החיות, אלמוגים יכולים להיות מושפעים על ידי מחלות. מחלות אלמוגים הן תוצאה של שינויי אינטראקציות בין אלמוגים לבין המיקרובים שלהם ותנאי הסביבה, כמו למשל טמפרטורה גבוהה או נוכחות של חומרי מזון רבים מדי במי הים. במחקר שלנו, בחנו את אחת ממחלות האלמוגים הנחקרות ביותר, שנגרמת על ידי קבוצת מיקרובים מסוימת. המחלה הזו נקראת "מחלת הלהקה השחורה" (black band disease; או BBD בקיצור), וקל לזהות אותה בשל הפסים השחורים שמופיעים על פני השטח של האלמוגים (איור 1).

מה גורם ל-BBD בים סוף?

מאחר שהיא שכיחה בקרב אלמוגים ברחבי העולם, BBD היא מחלת האלמוגים הנחקרת ביותר, והיא גם הראשונה שתוארה [2]. המחלה הזו מהווה סכנה רצינית לשוניות אלמוגים ברחבי העולם, מאחר שהיא עשויה להוביל למותם של אלמוגים. מחקרים קודמים הראו שנוכחותה של BBD מתגברת במהלך חודשי קיץ חמים [3].

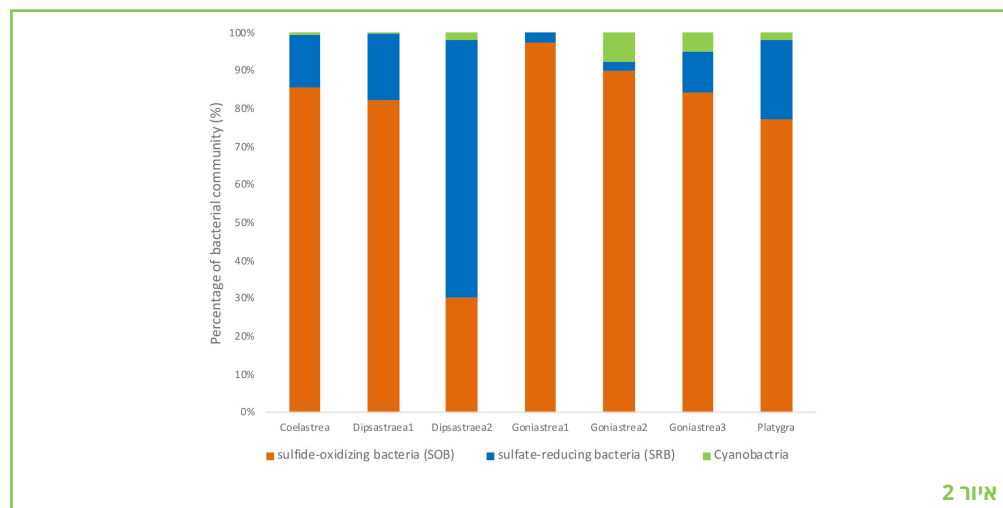
BBD ידועה כמחלה **פולי-מיקרובית**, מה שאומר שהרבה סוגי חיידקים גורמים לה. שלושת סוגי החיידקים שנמצאו כגורמים ל-BBD הם ציאנובקטריה (סוג חיידק כחול-ירוק), **חיידקים מחזרי סולפט וחיידקים מחמצני סולפט**. בדומה לצמחים, ציאנובקטריה יכולים להשתמש באור השמש כדי לייצר סוכרים וחמצן. באופן הפוך, חיידקים מחזרי סולפט חיים בסביבות שאינן מכילות חמצן. חיידקים מחמצני סולפט, בהשוואה לכך, יכולים להשתמש באנרגיה כימית כדי לייצר סוכרים. כשהם מתקבצים יחד, שלושת סוגי החיידקים האלה יוצרים פס שחור ברור על האלמוגים על ידי יצירת כימיקלים רעילים. כשאלמוג חולה ב-BBD, הפס השחור יכול לזוז על פני השטח של האלמוג. הפס הזה מכיל כימיקלים רעילים (סולפידיים) ולא מכיל חמצן, מה שבסופו של דבר גורם למוות של הרקמה.

האם אתם שלושה סוגי חיידקים גורמים ל-BBD בים סוף?

במטרה לחקור BBD באלמוגים בים סוף, אספנו חלקים מהפס השחור מפני השטח של אלמוגים שונים, והעברנו את הדגימות לכלים קטנים. כדי להבין אלה חיידקים היו נוכחים

איור 2

ההרכב החיידקי של מחלת הלהקה השחורה משבחה אלמוגים חולים. תרשים העמודות הזה מראה את האחוז של כל סוג חיידק (ציאנובקטריה, חיידקים מחזרי סולפט וחיידקים מחמצני סולפט) שנמצאים בפסים השחורים של שבע דגימות אלמוגים מים סוף. המיקומים שמהם הדגימות נלקחו רשומים בתחתית התרשים. ככל שאתם רואים יותר צבע מסוים בתרשים, כך סוג החיידק הזה היה נוכח יותר בדגימה, כאשר צבע כתום מייצג חיידקים מחמצני סולפט; צבע כחול מייצג חיידקים מחזרי סולפט וצבע ירוק מייצג ציאנובקטריה.



איור 2

בדגימות ולקבל מידע נוסף על החיידקים האלה, ניתחנו את הדנ"א של החיידקים. דנ"א חיידקי, כמו שלנו, מורכב מארבע מולקולות שנקראות נוקלאוטידים (A, אדנין; G, גואנין; C, ציטוסיין; T, טימין), שמתחברות יחד ליצירת סדר ייחודי עבור כל סוג של חיידק. אזור מסוים בדנ"א החיידקי יכול לשמש כברקוד, או טביעת אצבע, שמאפשרים למדענים להבחין בין סוגים שונים של חיידקים. הבחנה בין סוגי החיידקים מתבצעת בתהליך שנקרא **ריצוף דנ"א**, אשר "קורא" את הסדר של ארבעת הנוקלאוטידים של הדנ"א שנוכחים בטביעת האצבע של אזור הדנ"א החיידקי. משם, אנו יכולים להסתכל על סוגים רציפים שונים של חיידקים בדגימה שלנו, ולזהות אלה סוגי חיידקים נמצאים בה.

מצאנו ששלושת סוגי החיידקים העיקריים שגורמים ל-BBD – ציאנובקטריה, חיידקים מחזרי סולפט וחיידקים מחמצני סולפט, כולם נמצאים באלמוגים החולים בים סוף (איור 2) [4]. חישבנו גם את האחוז של כל סוג חיידק בדגימות השוניות שלנו (איור 2). לבסוף, השווינו את החיידקים מאלמוגי ה-BBD בים סוף לחיידקים שנמצאו באלמוגי BBD ברחבי העולם, ומצאנו שהם דומים מאוד.

נוכחות של BBD בים סוף

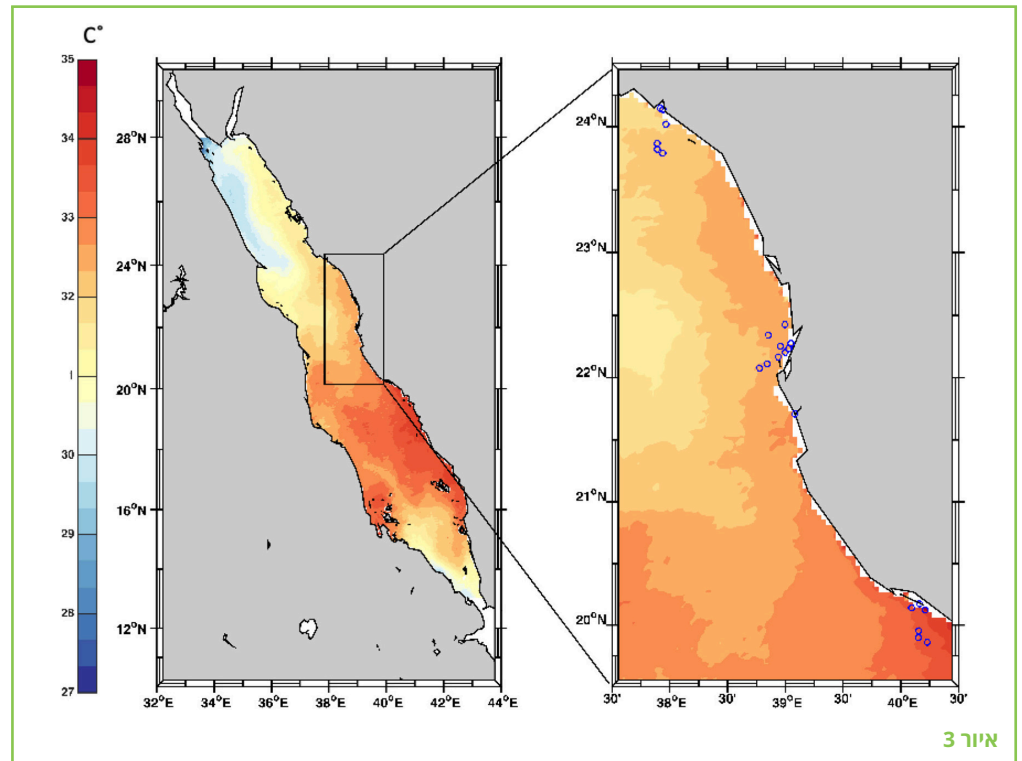
במטרה להבין כמה אלמוגים בים סוף חולים ב-BBD, אספנו דגימות ומידע מ-22 שוניות לאורך החוף של מרכז ים סוף (איור 3). ההופעה של BBD הייתה שונה בין שוניות, ורק אחוז קטן של אלמוגים היו חולים. אולם לקראת החלק הדרומי של ים סוף, מצאנו ריף עם הרבה אלמוגים חולים, והתעניינו בסיבה לכך שהיו כל כך הרבה אלמוגי BBD באתר הזה. אחרי שבחנו את הסביבה, הבנו שההופעה של BBD באתר הזה עשויה להיות קשורה לטמפרטורת המים הגבוהה סביב לשונית זו, ולאשפה שבני אדם משליכים לתוך הים. אם כן, התוצאות שלנו ותוצאות של קבוצות מחקר אחרות מציעות ששמירה על אוקיינוס נקי מסייעת לאלמוגים להיות חזקים יותר בלחימה במחלות.

מסקנות

המאמר הזה מתאר מחקר של מחלת BBD של סוגי אלמוגים שונים במרכז ים סוף. התוצאות שלנו מציעות ש-BBD בים סוף נגרם על ידי אינטארקציות בין אותן שלוש קבוצות חיידקים

איור 3

אתרי הדגימה של BBD
ביום סוף. הפאנל משמאל מראה את טמפרטורת פני השטח של הים האדום: כחול מייצג טמפרטורות נמוכות יותר בין 27 ל-30 מעלות צלזיוס, ואדום מייצג טמפרטורות גבוהות יותר בין 32 ל-35 מעלות צלזיוס (ראו בר טמפרטורה משמאל). כפי שאתם יכולים לראות, הטמפרטורות גבוהות יותר בחלק הדרומי, הנמוך יותר, של ים סוף. הפאנל הימני מציג עיגולים כחולים שמצביעים על 22 השוניות לאורך חוף ים סוף שמהן נלקחו הדגימות. 19-ה-3 באוקטובר 2015 לבין ה-3 בנובמבר 2015, ונתוני הטמפרטורה הם מאותו הזמן.



איור 3

שגורמות ל-BBD בשוניות אלמוגים אחרות ברחבי העולם. אף על פי שנוכחותה של המחלה הזו היא נדירה בסך הכול, תנאי סביבה מזיקים כמו למשל טמפרטורות מי ים גבוהות וזיהום של המים, הופכים אלמוגים פגיעים יותר ביחס למחלה זו. לסיכום, אוקיינוסים נקיים יוצרים אלמוגים בריאים יותר.

מאמר המקור

Hadaidi, G., Ziegler, M., Shore-Maggio, A., Jensen, T., Aeby, G., and Voolstra, C. R. 2018. Ecological and molecular characterization of a coral black band disease outbreak in the Red Sea during a bleaching event. *PeerJ* 6:e5169. doi: 10.7717/peerj.5169

מקורות

1. Rosenberg, E., Koren, O., Reshef, L., Efrony, R., and Zilber-Rosenberg, I. 2007. The role of microorganisms in coral health, disease and evolution. *Nat. Rev. Micro.* 5:355–62. doi: 10.1038/nrmicro1635
2. Richardson, L. L. 2004. "Black band disease," in *Coral Health and Disease*, eds E. Rosenberg and Y. Loya (Berlin; Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg). p. 325–36.
3. Richardson, L. L., and Kuta, K. G. 2003. Ecological physiology of the black band disease cyanobacterium *Phormidium corallyticum*. *FEMS Microbiol. Ecol.* 43:287–98. doi: 10.1016/S0168-6496(03)00025-4

4. Hadaidi, G., Ziegler, M., Shore-Maggio, A., Jensen, T., Aeby, G., and Voolstra, C. R. 2018. Ecological and molecular characterization of a coral black band disease outbreak in the Red Sea during a bleaching event. *PeerJ* 6:e5169. doi: 10.7717/peerj.5169

פורסם אונליין: 24 בפברואר 2022

נערך על ידי: Rúben Martins Costa

מנחה מדעי: Matthew Tietbohl

ציטוט: Hadaidi G and Voolstra CR (2022) האלמוגים חולים: "מחלת הלהקה השחורה" מתקיפה אותם. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2020.00006-he

Hadaidi G and Voolstra CR (2020) Corals Are Sick: Black Band Disease Is Attacking. *Front. Young Minds* 8:6. doi: 10.3389/frym.2020.00006

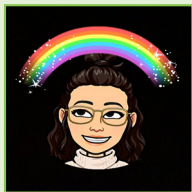
הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2020 © Hadaidi and Voolstra 2022. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה). השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

NOUF

אני אדם שמתעניין בהפצת מודעות במה שנוגע לסביבה שלנו, במיוחד לאוקיינוסים. כרישים הם חמודים בעיניי.



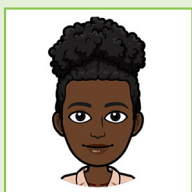
SAJA

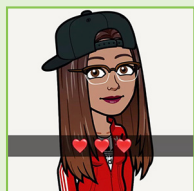
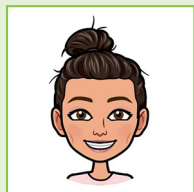
אני אוהבת ביולוגיה, אולם אני מתמחה במדעי המחשב. השירים של טופאק משמעותיים מאוד עבורי. אני אדם חברותי אשר קל לו ליצור חברויות. הצבע לבן תמיד גורם לי להרגיש בנוח. אני מנסה ללמוד לנגן בגיטרה.



SHOMUKH

אני אדם שאוהב להיות בבית, ושמעניין בלמידת ביולוגיה וביוכימיה. אני גם אוהבת לצבוע ולצייר.





SUHA

אני אוהבת חיים, חופש, את אימא שלי, ואת כל הדברים של בנות!

TAFE

אני אדם פשוט מאוד. אני אוהבת את הים, הצבעים המועדפים עליי הם צהוב ושחור, וכשאני משועממת אני אוהבת לבשל! אני אוהבת לשמוע מוזיקה כשאני עובדת, אוהבת לרקוד, ולא אוהבת לחכות... אני אוהבת להתנסות עם דברים חדשים.

הכותבים

GHAIDA HADAIDI

אני מדענית ועבדתי במעבדת גֵנומיקה של שוניות באוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה. התעניינתי בחקר שוניות אלמוגים בים סוף, ובאופן שבו גורמי סביבה קיצונית משפיעים על החיים שלהן. צפייה ביצורים המרהיבים האלה נמצאים תחת איום נרמה לי לכתוב את המאמר הזה ולחלוק אותו עם מוחות צעירים. המאמר היה חלק מפרויקט הדוקטורט שלי, שבו חקרתי את תפקידה של חברת מיקרובים בתנאי הסטרס הסביבתי של ים סוף. *ghaida.hadaidi@kaust.edu.sa

CHRISTIAN R. VOOLSTRA

התחלתי בחקר ההתפתחות של זבובי פירות ובאופן שבו עכברי בית מסתגלים לסוגי סביבה שונים, לפני שצללתי לתוך ביולוגיה של אלמוגים. כיום, אני והרבה חוקרים אחרים יחד, מתחילים להבין שכל החיות והצמחים מתקבצים עם אורגניזמים חיים זעירים שנקראים מיקרובים או חיידקים, כדי לעכל מזון, להישאר בריאים ולהילחם בסטרס. במעבדה שלי, אנו חוקרים את סוגי החיידקים השונים שחיים עם אלמוגים, ואת האופן שבו הם מסייעים לחיות המארחות שלהם לשרוד בתנאי סטרס. christian.voolstra@uni-konstanz.de

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK