

פיטופלנקטון זעירים: האורגניזמים החזקים ביותר באוקיינוסים!

Patricia M. Glibert*

מעבדת הורן פוינט, המרכז למדעי הסביבה אוניברסיטת מרילנד, קיימברידג', מרילנד, ארצות הברית

סוקרים צעירים

ARIA

גיל: 9



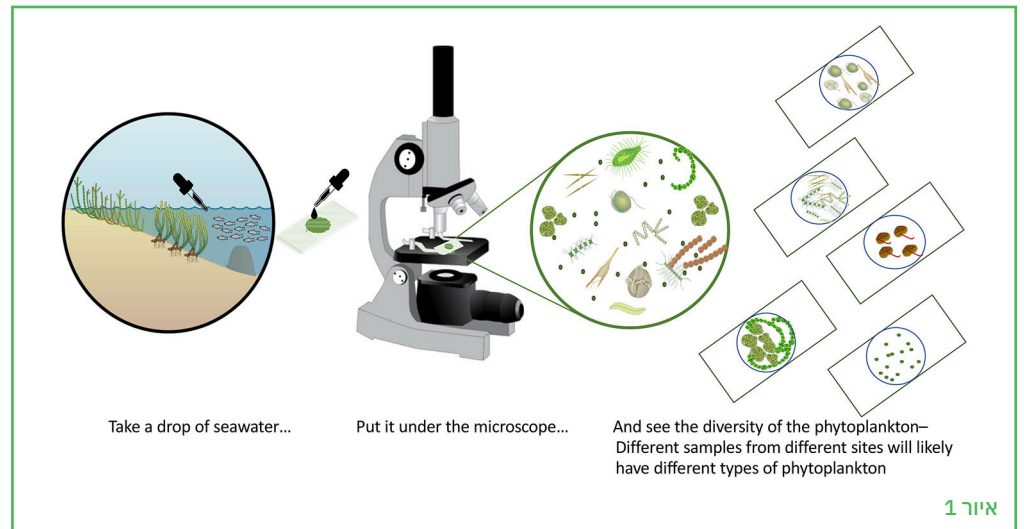
כשאנו חושבים על האורגניזמים החשובים ביותר בים, או החזקים ביותר בו, עולים בראשנו כרישים, לווייתנים ואורגניזמים גדולים אחרים. אולם בפועל, החזקים ביותר בים הם הפיטופלנקטון הזעירים. פיטופלנקטון, שהם אצות מיקרוסקופיות, מחזיקים בכוח הזה מאחר שהם אוספים אור מהשמש, ומייצרים מזון עבור כל האורגניזמים האחרים. פיטופלנקטון הם הבסיס למערכת האקולוגית של האוקיינוס. דרך תהליך הפוטוסינתזה הם גם מייצרים חמצן, ואחראים על כמעט מחצית החמצן בעולם. אולם, חלק מהפיטופלנקטון עלולים להיות גם מזיקים – להרוג דגים או לפגוע במערכות אקולוגיות. פיטופלנקטון מזיקים אלה אף עלולים לגרום לאנשים לחלות. הם אומנם זעירים בגודלם, אך רַב־י-עוצמה!

מהם האורגניזמים החזקים ביותר באוקיינוס?

כשאתם חושבים על האורגניזמים החזקים ביותר בים, האם עולה בראשכם כריש? או אולי לווייתן עצום מסוג קֶטָלִין? יצור חזק נוסף באוקיינוס הוא דג המֶפְרָשֵׁן המשתמש בלסתותיותיו כמו בֶּחַיִת כדי לתפוס את הֶטֶרֶף שלו, ולהחליק כמו טוֹרְפָדוּ (טיל תת-ימי נגד כלי שֵׁיט)!

אחרי הכול, זה הדג המהיר ביותר מבין כלל הדגים. כל האורגניזמים הללו מדהימים: חזקים, מהירים ואכזריים.

אולם, ישנה קבוצה אחרת של אורגניזמים, חזקים כל כך שהאוקיינוס לא יכול היה לתפקד בלעדיהם. היות שהם כה זעירים, ככל הנראה לא ראיתם אותם מעולם! אלה הם הפְּלַנְקְטוֹן המיקרוסקופיים. הם נקראים כך מאחר שאינם נעים בכוחות עצמם, אלא רק נסחפים עם גלי הים (מקור השם מיוונית, שבה 'פְּלַנְקְטוֹס' משמעו נודד או נסחף). בפלנקטון הקטנים ביותר ניתן להתבונן רק באמצעות מיקרוסקופ. למרות שתראו באמצעותו מגוון סוגי פלנקטון, חלקם כל כך קטנים שהם עשויים להיראות כמו נקודות זעירות (איור 1). מה מקנה לאורגניזמים הזעירים האלה כוח כזה? מדוע בכלל אכפת לנו ממה שהו שאין באפשרותנו לראות? פיטופלנקטון אינם שחיינים דגולים; אין להם שיניים חזקות, ולמעשה אין להם שיניים כלל. חשיבותם רבה מאחר שהם המזון שבו תלויים כל החיים בים (איור 2). ללא פלנקטון לא היה מתאפשר קיומם בים של מגוון מיני חיים בהם דגים; לוויתנים; כרישים; צבי ים; צדפות וחלזונות ים.



איור 1

פיטופלנקטון הם סוג הפלנקטון החזק ביותר

ישנם סוגי פלנקטון רבים. פיטופְּלַנְקְטוֹן הם אורגניזמים מיקרוסקופיים דמויי צמח, שלעיתים קרובות מכונים גם אצות או מיקרו-אצות. מבין כל הפלנקטון, פיטופלנקטון הם האורגניזמים החזקים ביותר באוקיינוס מאחר שהם יכולים להשתמש באור שמש עבור אנרגיה, וגדלים בתהליך שמכונה פוטוסינתזה. פיטופלנקטון מהווים מזון עבור אורגניזמים אחרים באוקיינוס. הפיטופלנקטון אינם אחראיים ליצירת מזון באוקיינוסים בלבד, אלא גם לכמעט מחצית מכלל החמצן בעולם! על ידי ביצוע פוטוסינתזה, הם משתמשים בפחמן דו-חמצני מהמים ומייצרים חמצן, אשר מרבית האורגניזמים החיים, לרבות בני אדם, זקוקים לו כדי לנשום. אם כן, בפעם הבאה שתאכלו מזון ים או תיקחו נשימה-הודו לפיטופלנקטון!

זואופלנקטון הם פלנקטון זעירים דמויי חיות. תוכלו לזכור את שמם בקלות אם תחשבו כיצד אומרים באנגלית גן חיות (zoo)! זואופלנקטון אוכלים פיטופלנקטון (וגם כמה סוגים אחרים של פלנקטון), והם חשובים בשרשרת המזון של האוקיינוסים (איור 2). זואופלנקטון נאכלים

פלנקטון (Plankton)

אורגניזמים מיקרוסקופיים המצויים בים או במים מתוקים.

איור 1

בכל טיפה של מים יש אלפי פלנקטון מיקרוסקופיים.

משמאל לימין: אם ניקח טיפה של מים

(a drop of seawater) ונניח

אותה תחת מיקרוסקופ,

נראה מגוון (diversity) גדול

של פיטופלנקטון

(phytoplankton). אם נשווה

בין דגימות שנלקחו מאזורים

שונים או בזמנים שונים, סביר

שנבחין בסוגים שונים

(different types) של

פיטופלנקטון (קרדיט

לתמונות: ספריית הסקלים

של רשת האינטגרציה

והיישום

באוניברסיטת מרילנד).

פיטופלנקטון

(Phytoplankton)

פלנקטון דמויי-צמח

שמבצעים פוטוסינתזה

והופכים אור שמש, עם פחמן

דו-חמצני ומים, לחמצן

ולאנרגיה שנוצרת

עבורם לגדילה.

פוטוסינתזה

(Photosynthesis)

התהליך שבו צמחים ירוקים

ואצות דמויות-צמח

משתמשים באור שמש, עם

פחמן דו-חמצני ומים, כדי

לייצר את מזונם.

זואופלנקטון

(Zooplankton)

אורגניזמי פלנקטון דמויי-חיות

שאוכלים אורגניזמי פלנקטון

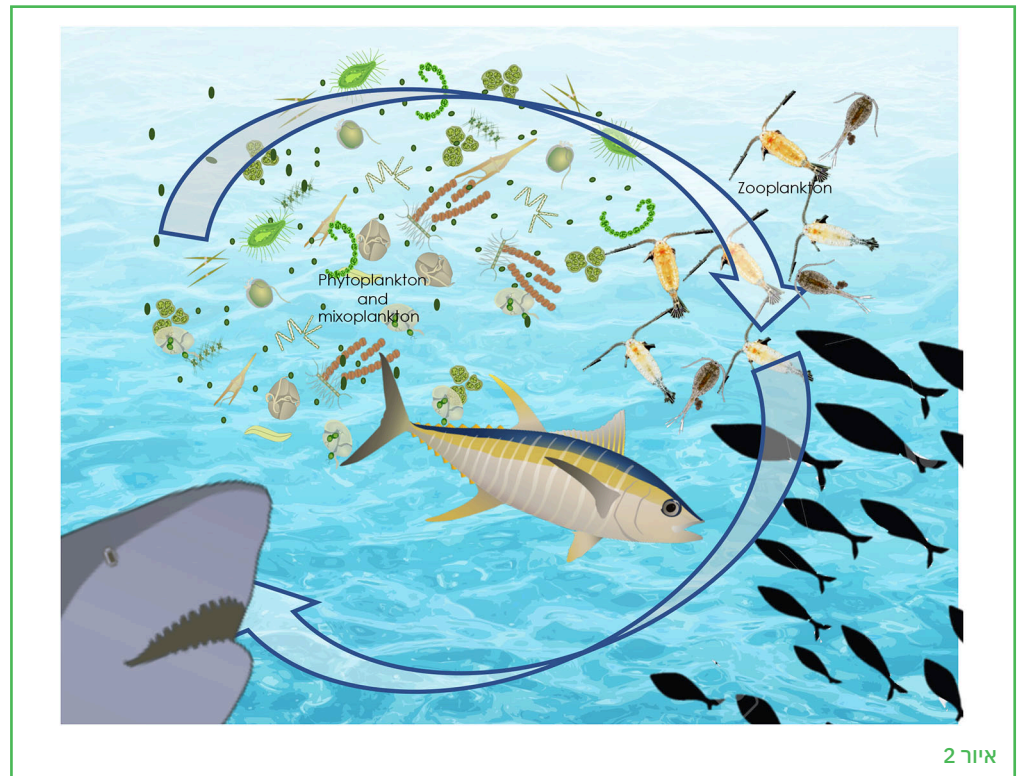
אחרים, כמו פיטופלנקטון,

בקטריופלנקטון,

או מיקסופלנקטון.

איור 2

שרשרת המזון באוקיינוס.
מזונם של דגים, כרישים ואורגניזמים אחרים באוקיינוס מתחיל עם גדילה של פִּיטוֹפְלַנְקטוֹן. פִּיטוֹפְלַנְקטוֹן עשויים להיכל על ידי זואופלנקטון (Zooplankton), שאז נאכלים על ידי דגים קטנים, וכן הלאה (קרדיטים לתמונה: ספריית הסמלים של רשת האינטגרציה והיישום באוניברסיטת מרילנד, וכן תמונות בגישה פתוחה).



איור 2

על ידי דגים קטנים. כמו חוליה בשרשרת, אורגניזם מסוים אוכל אורגניזם קטן ממנו, ואז נאכל על ידי אורגניזם גדול ממנו, וכן הלאה. אולם במציאות, השרשרת היא יותר כמו קורי עכביש, מאחר שכל כך הרבה סוגי אורגניזמים שונים אוכלים מגוון רחב כל כך של מיני דברים שונים. זואופלנקטון אינם מְבַצְעִים את קָסֶם הפוטוסינתזה שמאפיין את הפיטופלנקטון. לכן, בעוד שהם מהווים חוליות חשובות בשרשרת המזון, הם אינם מייצרים חמצן באופן שפיטופלנקטון עושים זאת.

מיקסופלנקטון (Mixoplankton)

פלנקטון שיכולים לשלב פוטוסינתזה (כמו צמח) וְהֶזְנָה (כמו חיה) עבור תזונתם.

בקטריופלנקטון (Bacterioplankton)

חיידקים ימיים שמסייעים לפרק נשפכת ואורגניזמים מתים, ולמחזר את חומרי המזון שלהם.

וירופלנקטון (או וירופלנקטון) (Viroplankton or viroplankton)

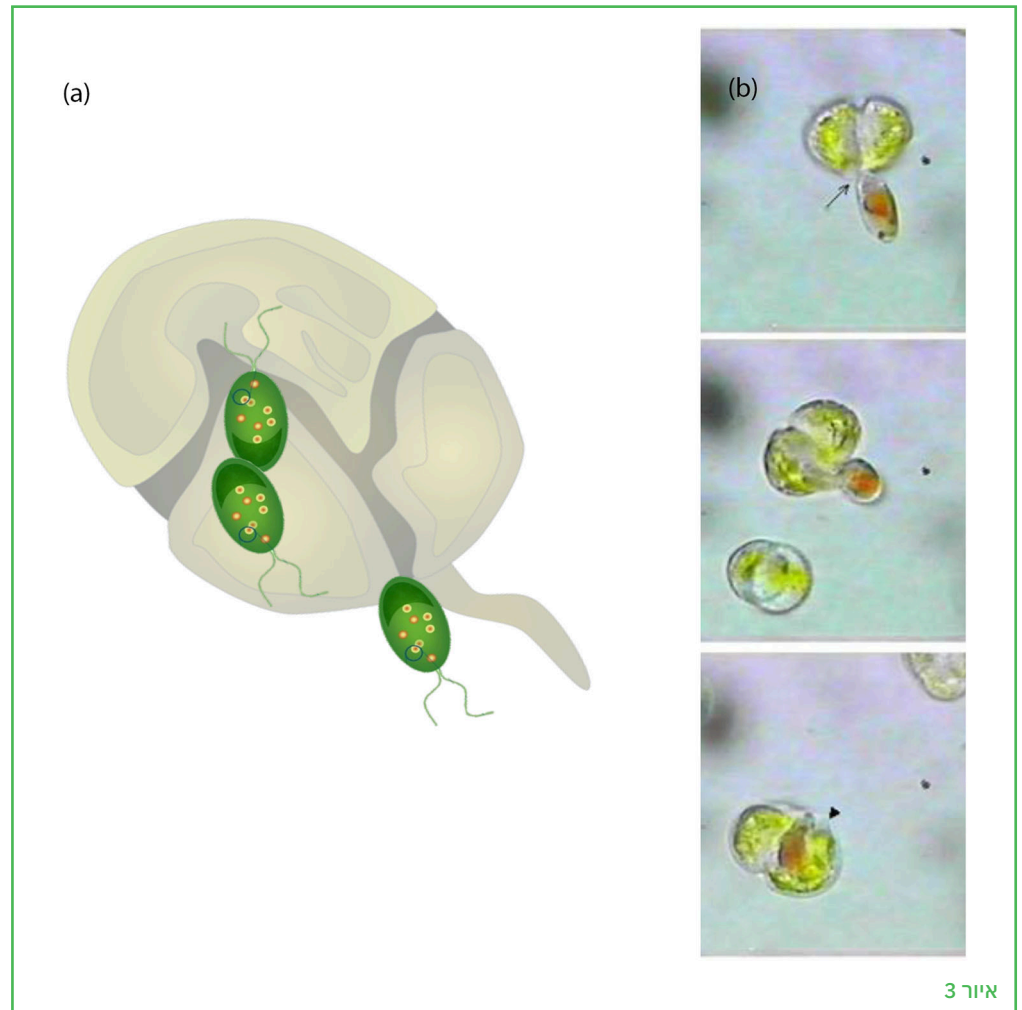
וירוסים (נגיפים) שעלולים להדביק סוגים אחרים של פלנקטון או אורגניזמים אחרים.

חלק מהפלנקטון הם תערובת של פיטופלנקטון וזואופלנקטון בגוף אחד קטן! אורגניזמים אלה יכולים לבצע פוטוסינתזה, אך בו בזמן ביכולתם גם לאכול פלנקטון אחרים [1] (איור 3). אורגניזמים מסוג זה נקראים מִיקְסוֹפְלַנְקטוֹן, מאחר שהם 'תערובת' (mix) של סוגי פלנקטון שונים [3]. למיקסופלנקטון אין פִּיֹת, אך הם יכולים לבלוע אורגניזמים שלמים. חלק מהמיקסופלנקטון משתמשים בסוג של קִשִּׁית שתייה שהם משחררים כדי לשאוב החוצה את הקרביים של הטרף שלהם. חלקם יכולים לגרום לטרף שלהם להתפוצץ, ולהשאיר ממנו מרק מזין שהם מסוגלים לספוג. סוגים אחרים של מיקסופלנקטון אפילו יכולים לאכול אורגניזמים אחרים, שהרבה יותר גדולים מהם.

ישנם גם חיידקים שהם פלנקטון, הנקראים בְּקֶטֶרְיוֹפְלַנְקטוֹן. חיידקים אלה מְבַצְעִים את מְחֻזְר הים, ולכן גם הם חשובים במיוחד באוקיינוסים. בְּקֶטֶרְיוֹפְלַנְקטוֹן מסייעים לפרק את גופם של אורגניזמים אחרים, ובעשותם זאת הרכיבים החשובים נהיים זמינים עבור אורגניזמים חדשים. אולם, בְּקֶטֶרְיוֹפְלַנְקטוֹן אינם מסוגלים לבצע פוטוסינתזה. בנוסף, ישנם פלנקטון מסוימים שהם וירוסים (נגיפים), הנקראים וִירוֹפְלַנְקטוֹן (או וִירוֹפְלַנְקטוֹן). וירוסים אלה יכולים להדביק סוגי פלנקטון אחרים, כמו גם אורגניזמים אחרים.

איור 3

פעילות המיקסופלנקטון. (a)
 תא מיקסופלנקטון אוכל תא
 פיטופלנקטון קטן. **(b)** תמונות
 מיקרוסקופיות המראות תא
 מיקסופלנקטון תופס תא קטן,
 ואז בולע אותו [קרדיטים
 לתמונות: **(a)** ספריית
 הסמלים של רשת
 האינטגרציה והיישום
 באוניברסיטת מרילנד, ו-**(b)**
 Stoecker ואחרים [2];
 שוחזר באישור
 של Springer-Verlag].



כל סוגי הפלנקטון השונים הללו מתקשרים זה עם זה בדרכים מורכבות. יחד, הפלנקטון מייצרים מזון וחמצן, וממחזרים חומרים עבור גדילה חדשה. כך או אחרת, הפיטופלנקטון הם האורגניזמים החזקים ביותר בים, כיוון שהם הדלק אשר גורם לכל המערכת האקולוגית לתפקד, והם מניחים את היסודות למערכת האקולוגית של האוקיינוס. כאשר מיקסופלנקטון פועלים כמו פיטופלנקטון, ומבצעים פוטוסינתזה, אף הם יכולים להיחשב כחזקים ביותר. אך, כמו היסודות של בניין, אם הם נחלשים, או שנעשה שימוש ביסודות הלאי נכונים, הבניין עלול להתמוטט. באופן דומה, כאשר אין מספיק פיטופלנקטון כדי לייצר מזון, או אם נדלים סוגי פיטופלנקטון הלא מתאימים, שרשרת המזון של הים עלולה לקרוס, ולהפוך את האוקיינוס למדבר מימי שומם. שרשראות מזון – או רשתות מזון – של אגמים ושל מים מתוקים אחרים, תלויות אף הן בפיטופלנקטון עבור מזונן. אם כן, פיטופלנקטון הם החזקים ביותר בכל מימי העולם.

כוח הפיטופלנקטון עלול להזיק לפעמים

סוגי פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון שונים מצויים במים בעלי סביבות מתקיה שונות. חלק מהפיטופלנקטון אוהבים לחיות במים רדודים, ליד החוף, ואחרים מעדיפים לחיות במים עמוקים יותר, או רחוק מהחוף. חלקם אוהבים מים חמים כמו אלה שיש בשלהי הקיץ, וחלקם

מעדיפים מים קרים יותר כמו אלה שמאפיינים את עונת החורף, או מצויים באזורי קוטב. לכל מין ישנה סביבת מחיה המועדפת עליו. ממש כמו מגוון הצמחים על פני האדמה, קיים מגוון עצום של פיטופלנקטון, וחלקם מזיקים. בעולם המיקרוסקופי הזה ישנם רשעים כמו גם גיבורי-על!

דרך אחת שבה פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון עלולים להיות מזיקים היא כאשר יותר מדי מהם גדלים בבת אחת. תופעה זו מכונה 'פְּרִיחָה' (כמו פריחת פרח), ובהתרחשותה היא עשויה לשנות את צבע המים כשהם מצטברים, לעיתים באופן מרהיב. מונח אחר עבור אירועים אלה הוא 'פְּרִיחוֹת אצות מזיקות'. פריחות מסוימות עשויות להפוך את המים לאדומים, וזה המקור למונח 'גְּאֹת אדומה' שלעיתים קרובות משמש לתיאור התופעה [4]. לא כל פריחות האצות הן אדומות; חלקן ירוקות או חומות, כתלות בפיגמנטציה של המינים שגורמים לפריחה.

כאשר פריחות אלה מתחילות למות, הירקבותן (על ידי חיידקים) עושה שימוש בחמצן. אם יותר מדי חמצן מצוי בשימוש, הדבר עלול לגרום להיווצרות אזורים המכונים **אזורים מתים**. אלה הם אזורים באוקיינוס שבהם יש כל כך מעט חמצן, שמרבית האורגניזמים – פרט לסוגים מסוימים של חיידקים – אינם יכולים לשרוד. התרחשויות כלל-עולמיות של אזורים מתים שכאלה מתרחבות [5] מאחר שיותר ויותר פריחות מתרחשות ביותר ויותר אזורים באוקיינוסים.

דרך אחרת שבה פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון עלולים להיות מזיקים היא כאשר הם מייצרים רעלים. ממש כפי שחלק מצמחי הקרקע עלולים להיות רעילים, גם חלק מהפיטופלנקטון והמיקסופלנקטון עשויים להיות רעילים. מין מיקסופלנקטון שנקרא *Karlodinium* יכול לשחרר את הרעלים שלו למים, להרוס את זימי הדגים ולהרוג את הדגים באופן כמעט מיידי. לאחר מכן, פלנקטון ה-*Karlodinium* אוכלים את פיסות הדגים האלה לארוחת הערב שלהם. מין מיקסופלנקטון אחר שנקרא *Karenia brevis* שכיח ליד חוף פלורידה. מין זה יכול לייצר תרכובת רעילה חזקה מספיק כדי להרוג לא רק דגים אלא אפילו פְּרוֹת ים (המכונות גם 'תַּחַש הנהרות') עצומות וצבי ים ענקיים [4]!

גם אנשים עלולים לחלות מרעלי הפלנקטון האלה. סוגים שונים של פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון מייצרים סוגי רעלים שונים [6]. לעיתים אנשים מפתחים פריחות על עורם אם הם שוחים כאשר הפלנקטון הרעילים הללו נמצאים במים. מדאיגים עוד יותר הם הרעלים שעלולים להיכנס למאכלי ים, ואז להיאכל על ידי אנשים. צדפות ומולים אוכלים פיטופלנקטון, אך כשהם ניזונים מהסוגים הרעילים מבין הפיטופלנקטון, הרעלים עלולים להישאר בגוף שלהם. כאשר אנו אוכלים את הצדפות או המולים האלה, אנו צורכים גם את הרעלים. חלק מהרעלים עשויים לגרום לקיבה רגיזה או לשלשול, אך ישנם רעלי פיטופלנקטון חזקים יותר. אלה עשויים לגרום לנו להיות חולים הרבה יותר אם אנו צורכים מאכלי ים שמזוהמים על ידם. חלק מהרעלים עלולים לגרום להפסקת הנשימה. צריכת כמות גדולה של רעלים אלה, עלולה לגרום למוות. חשיפה ממושכת של אנשים לרעלים אחרים שמייצרים פיטופלנקטון כאלה, עלולה לגרום למחלת הסרטן. מדענים מגלים עניין רב בהבנה לגבי מה ביכולתנו לעשות כדי לעצור את האורגניזמים הזעירים והרעילים האלה מְגִדִּילָה באופן בלתי נשלט, וכיצד באפשרותנו להגן על אנשים מפני מחלות.

פריחת אצות מזיקה (Harmful algal bloom)

גדילה של אצות (פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון) שעלולה לגרום לתמותת דגים, או לזיהום מזון ימי באמצעות רעלים. כמו כן פריחה זו עלולה לשנות מערכות אקולוגיות בדרכים שליליות.

אזורים מתים (Dead zones)

אזורי אוקיינוסים ונהרות שבהם רמות החמצן נמוכות מדי מכדי לתמוך במרבית החיים הימיים.

פיטופלנקטון: זעירים אך אדירים!

פיטופלנקטון הם אורגניזמים זעירים בעלי כוח רב! הם משמשים כדלק למערכת האקולוגית של האוקיינוס כולו, ולצד זה יש להם את הכוח להזיק או להרוג. בפעם הבאה שתראו תמונה של כריש, לוויתן, או דג ענקי, חשבו מהיכן מגיע מזונן של החיות: הפיטופלנקטון האדיר. קחו נשימה עמוקה והודו לפיטופלנקטון עבור החמצן שהם מייצרים. ובפעם הבאה שתהיו בחוף, ותראו שם שֶׁלֶט או סימן המזהירים מפני שחייה או אכילת דגים בֶּשֶׁל אצות רעילות או מזיקות, שֶׁמָרוּ מרחק! כִּבְדוּ את כוחם של הפיטופלנקטון והמיקסופלנקטון, וזָכְרוּ שגם באגמים עשויות להיות מיקרו-אצות רעילות. למרבה הצער, אנו מזהמים את האגמים והאוקיינוסים שלנו עם חומרי מזון שגורמים לפריחת האלה לגדול, עֶקֶב שימושנו במְדַשְׁנִים ליבולים. מדשנים אלה מחלחלים לאגמים, לנהרות ולאוקיינוסים. לכן ישנם הרבה יותר פיטופלנקטון ומיקסופלנקטון מזיקים ורעילים שגדלים כיום, מאשר לפני שנים. שינויי האקלים מחמירים את המצב מאחר שרבות מהפריחות המזיקות גדלות היטב במים חמים [7].

מה ביכולתנו לעשות?

חשוב שכולנו נתרום את חלקנו להפחתת זיהום המים ולהאט שינויי האקלים, כך שהפיטופלנקטון והמיקסופלנקטון הטובים יוכלו להמשיך לגדול, להזין דגים ולספק לנו חמצן. על ידי כך שנהיה אזרחים אחראיים ומסורים לכדור הארץ שלנו ונפחית את הזיהום, נוכל כולנו לפעול לשמירה על הפלנקטון הרעילים תחת שליטה!

מקורות

1. Glibert, P. M., Mitra, A., Flynn, K., Hansen, P. J., Jeong, H. J., and Stoecker, D. 2019. Plants are not animals and animals are not plants, right? Wrong! Tiny creatures in the sea can be both at once! *Front. Young Minds*. 7:48. doi: 10.3389/frym.2019.00048
2. Stoecker, D., Tillmann, U., and Granéli, 2006. "Phagotrophy in harmful algae," in *Ecology of Harmful Algae*, eds E. Granéli, J. Berlin: Turner (Springer). p. 177–87.
3. Flynn, K. J., Mitra, A., Anestis, K., Anschütz, A. A., Calbet, A., Duarte Ferreira, G., et al. 2019. Mixotrophic protists and a new paradigm for marine ecology: where does plankton research go now? *J. Plankton Res.* 41:375–91. doi: 10.1093/plankt/fbz026
4. Glibert, P. M. 2019. Why were the water and beaches in west Florida so gross in summer 2018? Red tides! *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2019.00010
5. Diaz, R. J., and Rosenberg, R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*. 321:926–9. doi: 10.1126/science.1156401
6. Basti, L., Hégaret, H., Shumway, S. E. 2018. "Harmful algal blooms and shellfish," in *Harmful Algal Blooms: A Compendium Desk Reference*, eds S. E. Shumway, J. M. Burkholder, and S. L. Morton (John Wiley and Sons Ltd). p. 135–90. doi: 10.1002/9781118994672.ch4
7. Glibert, P. M. 2020. Harmful algal at the complex nexus of eutrophication and climate change. *Harmful Algae* 91:101583. doi: 10.1016/j.hal.2019.03.001

פורסם אונליין: 27 בנובמבר 2023

נערך על ידי: Emily King

מנחים מדעיים: Yang Song

ציטוט: Glibert PM (2023) פיטופלנקטון זעירים: האורגניזמים החזקים ביותר באוקיינוסים!
Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.600102-he

תורגם והתאם מ: Glibert PM (2021) Tiny Phytoplankton: The Most Powerful Organisms of the Oceans!
Front. Young Minds 9:600102. doi: 10.3389/frym.2021.600102

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

זכויות יוצרים © 2021 © 2023 Glibert. 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

ARIA, גיל: 9

Aria אוהבת לשחק עם שני השרקנים שלה, ולהאכיל ציפורים וסנאים בחצר האחורית של ביתה. היא נתנה לכל סנאי שם ייחודי והרבה בוטנים. Aria תמיד סקרנית לגבי מדע, ויש לה שאלות רבות לגבי הטבע, חיות והיקום. בזמנה הפנוי היא אוהבת לשיר ולצייר.

הכותבים

PATRICIA M. GLIBERT

אני חוקרת אצות מאחר שאני סבורה כי הן יפהפיות וחשובות עבור העולם. פריחות פיטופלנקטון מתרחשות יותר ויותר בכל מקום, וגורמות נזק במים רבים יותר ברחבי העולם. בעבר היה קשה להסביר לחבריי ולקרוביי שאינם מדענים את מה שחקרתי; כיום, הם קוראים את הכותרות העוסקות בבעיות באיכות מים ופריחות אצות, לעיתים תכופות. אני חוקרת אצות בכל רחבי העולם, ממפרץ צ'ספיק (המפרץ הגדול ביותר בארצות הברית המצוי בשפך נהר) ועד לפלורידה; מאירופה ועד לסין!

* glibert@umces.edu



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