

לגדול בלי אדמה - מערכות גידול הידרופוניות

הקדמה:

רוב הצמחים גדלים באופן טבעי באדמה, ומתבססים באופן משמעותי על התכונות של האדמה כדי להשיג את צורכי הקיום השונים שלהם: סביבה מגנה, עיגון, חומרי מזון, מים ואפילו חמצן. אך האדמה היא רק כלי להשגת צרכים אלה, וכל עוד הצרכים מסופקים, הצמחים לא באמת זקוקים לאדמה עצמה. כאן נכנסת לתמונה ההידרופוניקה (hydro-מים, ponics - עבודה), שיטת גידול המבוססת על מצע מים במקום על אדמה, לרוב במערכות סגורות ומוגנות. במים ניתן לערבב חומרי מזון, חמצן, ואפילו חיידקים ופטטריות סימביוטיים המאפשרים למזון להיספג טוב יותר, ומגנים על הצמח. שליטה מדויקת על ריכוזי התוספים במים מאפשרת אספקה מדויקת יותר של צרכי הצמח, ללא איבוד של מים וחומרי הזנה. כך מתקבל גידול יעיל יותר, המאפשר לבזבז פחות משאבים מחד, ולקבל יכול מהיר ובריא מאידך. לאורך השנים פותחו מערכות טכנולוגיות שונות המאפשרות גידול הידרופוני. בפרק זה נעמיק ונבין מה נדרש ממערכות אלה, מהם היתרונות שלהן ומהם האתגרים שהן מציבות.

מטרות:

- התלמידים יתארו את תפקיד האדמה בהשגת צרכי הקיום של צמחים.
- התלמידים יתנסו בתכנון ובנייה של מערכת הידרופונית פשוטה מחומרים זמינים, כפתרון לגידול ללא אדמה.
- התלמידים יזהו כיצד מערכות גידול הידרופוניות מספקות לצמח את הצרכים שלו
- התלמידים יחקרו מאפיינים של מערכת גידול הידרופונית ויתארו את יתרונותיה בפני הכיתה בפיץ' מעלית.
- התלמידים יבינו את היתרונות ואת האתגרים במערכות גידול הידרופוניות.

משך זמן



4 שיעורים של 45 דקות (רצוי שני שיעורים כפולים)

ידע מוקדם



צרכים של צמחים

מושגים מרכזיים



הידרופוניקה, מערכת הידרופונית

מיומנויות נלמדות



פתרון בעיות, יצירתיות, העברת מסר ממוקד, הצגה בפני קהל, עבודת צוות

להכין מראש

לכל קבוצה: מיכלי גבינה או יוגורט ריקים, בקבוק פלסטיק ריק בנפח חצי ליטר עם הפקק, מספרים. (מומלץ לבקש מהתלמידים להביא את הציוד).

מומלץ שתיל של חסה לכל קבוצה. **לכל הכיתה:** חוט כותנה עבה (חוט מקרמה) או שרוכים, אקדח דבק חם, כוסות חד פעמיות מסוגים שונים, סלוטייפ עבה.

בנוסף לכל קבוצה:

דף פעילות מודפס - [נספח 1](#)
דף עזר מודפס - [נספח 3](#) - לכל קבוצה
דף עזר למערכת שונה.

דגם הוראה - לגדול בלי אדמה

שלב	תיאור הפעילות	זמן דק'	סוג פעילות	עזרים
חלק ראשון (90 דקות): חשיפה להידרופוניקה				
1.	מה זה הידרופוניקה? הגדרה של הידרופוניקה, אחת השיטות לחקלאות אורבנית.	5	 הקנייה	לכל השיעור: מצגת מלווה מחשב מחובר למקרן
2.	למה בכלל צריך אדמה? מהם תפקידי האדמה בגידול הצמח? אפשרות לפעילות מתוקשבת "מהם תפקידי האדמה?"	15	 דיון  פעילות מתוקשבת	
3.	מתכננים ובונים מערכת הידרופונית פשוטה בקבוצות - תכנון ובנייה של מערכת הידרופונית בסיסית פשוטה. ציוד שיש להכין מראש: לכל קבוצה: מיכלי גבינה ויוגורט ריקים, בקבוק פלסטיק ריק בנפח חצי ליטר עם הפקק, מספריים. מומלץ שתיל של חסה לכל קבוצה. לכל הכיתה: חוט כותנה עבה (חוט מקרמה) או שרוכים, אקדח דבק חם, כוסות חד פעמיות מסוגים שונים, סלולייפ עבה.	35	 עבודה בקבוצות  יצירתיות	לכל קבוצה: דף פעילות מודפס - נספח 1 בנוסף, ציוד לכל קבוצה וציוד כיתתי כמפורט בעמודה תיאור הפעילות. (מומלץ לבקש מהתלמידים להביא את הציוד)
4.	הצגת המערכות שלנו ודיון כל קבוצה תציג את המערכת שבנתה. נבדוק האם המערכות שנבנו מאפשרות לצמח לקבל את צורכי הקיום שלו, ואיזה שיפורים ניתן לבצע בהן.	35	 תלמידים מציגים  דיון	
חלק שני (90 דקות): חוקרים מערכות הידרופוניות בדרך למאדים				
5.	הקדמה סיפורית הצגת סיפור הרקע - תוצג הבעיה של גידול ירקות ופירות טריים בחלל, ובפרט במושבה במאדים.	10	 הקנייה	
6.	חוקרים וממליצים על מערכות גידול בפיץ' מעלית כל קבוצת תלמידים תחקור מערכת הידרופונית מסוג שונה, ותציג למנהלי	35	 עבודה בקבוצות	לכל קבוצה: דף עזר מודפס - נספח 3 . יש לתת לכל קבוצה דף עזר למערכת שונה.

שלב	תיאור הפעילות	זמן דק'	סוג פעילות	עזרים
	המשלחת למאדים את מאפייני ויתרונות המערכת, בעזרת פיץ' מעלית. החלק הזה כולל המלצות מפורטות איך ליצור פיץ' מעלית.			
7.	הצגה והצבעה כל קבוצה מציגה את הפיץ' על המערכת שלה במשך דקה. הכיתה בוחרת את הפיץ' המשכנע ביותר.	20	 תלמידים מציגים	
8.	דמיון ושוני בין מערכות הידרופוניות מה משותף לכל המערכות ההידרופוניות שהיכרנו ומה ההבדלים ביניהן?	15	 דיון  הקניה	
9.	סיכום יתרונות ואתגרים בהידרופוניקה	10	 דיון	

חלק ראשון: חשיפה להידרופוניקה

מה זה הידרופוניקה? [5 דקות]

בפרק "[חקלאות אורבנית - למה ואיך](#)" הכרנו את החקלאות האורבנית - גידול חקלאי באזורים עירוניים בסמוך לאוכלוסייה. למדנו גם מהם יתרונות החקלאות האורבנית בהשוואה לחקלאות התעשייתית: תוצרת טרייה, הגברת הביטחון התזונתי והקטנת הפגיעה בסביבה. המשותף לשיטות השונות של גידול אורבני הוא ניצול של שטחים קטנים או של אזורים שאין בהם כלל אדמה (למשל גג או מרפסת). גידול אורבני יכול להתבצע, למשל, בשטחי אדמה קטנים, או במצע מנותק - גידול במיכלים של אדמה.

אחת השיטות המקובלות כיום בחקלאות אורבנית היא **הידרופוניקה** (hydro- מים, ponik - עבודה). שיטה זאת מציעה גישה שונה לגידול צמחים - גידול ללא אדמה המבוסס על מצע של מים בהם מומסים חומרי הזנה, לרוב במערכות סגורות, כלומר מערכות בהן יש סחרור של התמיסה. צורת גידול זאת היא לא חדשה, ניתן למצוא תיאורים של מערכות הידרופוניות שנבנו לפני כ- 400 שנה. אולם, התקדמות המדע והטכנולוגיה איפשרה לשפר מאד את מערכות הגידול, וכיום ניתן להשתמש בהידרופוניקה לגידול יעיל של מגוון צמחים כמעט בכל מקום.

למה בכלל צריך אדמה? [15 דקות]

רוב הצמחים גדלים באופן טבעי באדמה, ולכן סביר להניח שיש לאדמה תפקיד משמעותי בגידול של צמחים. ניזכר מהם צורכי הקיום של הצמח, ונבדוק האם לאדמה יש תפקיד בהשגת צורכי הקיום השונים. בנושא זה קיימת אפשרות לפעילות מתוקשבת באתר "[מהם תפקידי האדמה?](#)".

צורך הקיום	האם יש לאדמה תפקיד?	מה תפקיד האדמה בהשגת צורך זה?
אור	לא	אין. (האדמה מכסה את השורשים והאור אינו מגיע אליהם. לשורשים אין צורך באור, האור נחוץ רק לחלקים הירוקים של הצמח המשתתפים בתהליך הפוטוסינתזה)
מים	כן	האדמה סופחת מים, וכך המים הנחוצים לצמח נמצאים באדמה לאורך זמן. השורשים יכולים לקלוט מים מהאדמה כאשר הצמח צריך אותם.
אוויר	כן	כל עוד האדמה לא רוויה לגמרי במים, יש בה כיסי אוויר שמאפשרים לשורשים לקבל חמצן כך שיוכלו לבצע תהליך נשימה ולא יירקבו.
חומרי מזון	כן	המים שבאדמה מכילים מומסים רבים, באופן טבעי או בעקבות דישון. האדמה סופחת את המים עם המומסים וכך מהווה מאגר של חומרי דשן הנחוצים לצמח. השורשים יכולים לקלוט את חומרי ההזנה השונים מהאדמה בהתאם לצורך של הצמח. בנוסף, האדמה היא בית גידול לחיידקים שעוזרים לצמח (מפרקי מזון, מפרקי חומרים רעילים לצמח) ולמיקוריה - פטרייה שנמצאת בסימביוזה עם הצמח ומשפרת מאד את היכולת שלו לקלוט מינרלים מהאדמה.
מקום עיגון	כן	הצמח מעוגן באדמה. התחפרות השורשים באדמה מאפשרת לייצב את הצמח, כך שלא ייפול ברוח ולא ייפול כשהוא גדל לגובה.
הגנה ממזיקים	לא	אין (להפך - האדמה היא מקור למזיקים רבים לצמח: עשבים שוטים, חרקים ומחלות)
טמפרטורה מתאימה	כן	האדמה מבודדת את השורשים (כמו שמיכה), ומגנה על השורשים גם מהתחממות יתר מהשמש וגם מהתקררות יתר מרוח ואוויר קר.

בהידרופוניקה גידול הצמחים נעשה ללא אדמה. בחלק מהמערכות קיים בתוך כלי השתילה **מצע** - זהו חומר נטול ערך תזונתי שתפקידו לתמוך בשורשים ולעיתים גם לספוח אליו כמות מסוימת של מים. מצעים לדוגמה הם סיבי קוקוס, כדורי חימר (הידרוטרון) או חומרים אווריריים אחרים (פרלייט, ורמיקוליט). נרחיב עוד על תכונות המצע בפרק הקמת הגינה.

מתכננים ובונים מערכת הידרופונית פשוטה [35 דקות]

ככל שהמערכת ההידרופונית מצליחה למלא יותר תפקידים של האדמה, כך המערכת מאפשרת לצמח לגדול בצורה טובה ויעילה יותר. לפני שגכר מערכות הידרופוניות מסחריות, ננסה לתכנן בעצמנו מערכת פשוטה שתאפשר גידול של צמח ללא אדמה, על בסיס מים בלבד. נתנסה בחשיבה טכנולוגית - מציאת פתרון כתגובה לבעיה או צורך: כיצד המערכת שנתכנן יכולה לתת מענה לצרכים השונים של הצמח?

משימה בקבוצות:

- כל קבוצה תקבל את דף הפעילות ([נספח 1](#)) ואת הציוד הדרוש.
- על כל קבוצה **לתכנן ולשרטט** מערכת הידרופונית פשוטה שאפשר לגדל בה לפחות צמח אחד.
- המערכת יכולה להכיל מים, אבל אסור לשים בה אדמה.
- המערכת צריכה לאפשר לצמח לקבל כמה שיותר מצורכי הקיום שלו.
- הציוד שאפשר להשתמש בו לבניית המערכת הוא: מיכלי פלסטיק ריקים של מוצרי חלב, בקבוק משקה מפלסטיק, כוסות חד-פעמיות מסוגים שונים, חוט כותנה או שרוך, מספרים, סלוטייפ, דבק חם.
- לאחר התכנן יש **לבנות** את המערכת
- בטבלה בדף הפעילות יש **לענות**: איזה מצרכי הקיום של הצמח מספקת המערכת?
- מומלץ **לשתול** במערכת שתיל, למשל חסה, ולעקוב אחרי גידול הצמח והשינויים במערכת.
- מומלץ **להציג** בפני הכיתה את המערכת שבניתם.

הערות למורה:

- ❖ מומלץ לבקש מהתלמידים להביא מיכלים ריקים ושטופים של מוצרי חלב רצוי עם מכסה, ובקבוקי משקה ריקים ושטופים בנפח חצי ליטר רצוי עם פקק.
- ❖ מומלץ לתת לכל קבוצה שתיל קטן של צמח עלים, למשל חסה.
- ❖ רצוי למקם את המערכות של כל הקבוצות עם השתילים במקום מואר, ולעקוב במשך כשבועיים אחרי גידול הצמח ואחר השינויים שחלים בכל מערכת.
- ❖ מומלץ לתעד את התפתחות הצמח (רישום של מדד מתאים בטבלה, למשל גובה או מספר עלים, צילום וכד')
- ❖ ייתכן שיהיה צורך להוסיף מים לחלק מהמערכות.
- ❖ **בנספח 2** יש דוגמאות של מערכות הידרופוניות פשוטות שניתן לבנות מהציוד הקיים. מומלץ **מאד לא להציג את התמונות האלו לתלמידים** ולתת להם לתכנן בעצמם, גם אם המערכות שיבנו לא יפעלו טוב - יש חשיבות לחשיבה היצירתית וללמידה מהשגיאות.

הצגת המערכות שלנו ודין [35 דקות]

כל קבוצה תציג בפני הכיתה את המערכת שבנתה ותסביר בקצרה כיצד היא מספקת את צורכי הצמח השונים.
במהלך הצגת המערכות או בדין מסכם, ניתן להיעזר בשאלות הבאות:

שאלות לדין:

- האם המערכות השונות שנבנו מאפשרות לצמח להשיג כל אחד מצרכי הקיום: אור, מים, אוויר (גם לשורשים), חומרי מזון, מקום עיגון, הגנה ממזיקים, טמפרטורה מתאימה?
 - כיצד ובאיזו מידה?
 - אילו שיפורים ניתן לבצע במערכות השונות כדי לייעל את גידול הצמחים?
- תשובות אפשריות ונקודות לשים לב אליהן:
- אור - אינו קשור לסוג המערכת, אלא למיקום שלה.
 - מים - המערכת תוכל לספק במידה והשורשים יהיו טבולים במים או שהמים יובלו אל השורשים למשל באמצעות פתיל משרוך או חוט.
 - אוויר - קיים בחדר או בחוץ לחלקים שנמצאים מעל המים. אולם גם השורשים צריכים חמצן לנשימה. כמות החמצן המומס במים נמוכה מאד, אם השורשים טבולים לגמרי במים לא יהיה להם מספיק חמצן. אם הם נוגעים במים רק חלקית בעוד חלק מהם חשוף לאוויר, אז תהיה להם אספקת חמצן.
 - חומרי מזון (מינרלים) קיימים בכמות נמוכה במי ברז. אפשר להחליף את המים מדי פעם אולם גם אז כמות המינרלים במים כנראה לא תספיק לגידול יעיל. מקום עיגון תלוי במבנה המערכת, האם היא תומכת ביציבות של השתיל.
 - הגנה ממזיקים לא תסופק על ידי המערכות, זה כנראה לא נחוץ מכיוון שצפוי כי ללא אדמה כמעט שלא יהיו מזיקים.
 - טמפרטורת המערכת - תושפע מטמפרטורת הסביבה, המים עשויים לתרום מעט לצינון המערכת בימים חמים, בשל אידוי.
 - שיפורים אפשריים: הוספת אוורור לשורשים על ידי ערבול או הזרמת אוויר בעזרת משאבה, החלפה נוחה יותר של המים, בדיקת ריכוז מינרלים במים והוספת דשן בהתאם לצורך, מקום ליותר שתילים במערכת, החשכה של אזור השורשים למניעת גידול אצות, ייצוב טוב יותר של הצמחים כך שלא יתהפכו כשהם גדלים.

חלק שני: חוקרים מערכות הידרופוניות בדרך למאדים

המערכות שבנינו בכיתה מוגבלות יחסית ביכולת לגדל בהן צמחים בצורה יעילה ולאורך זמן. לשם כך, קיימות מערכות אשר נותנות מענה טכנולוגי לצורך לגדל צמחים ללא אדמה. קיימים כיום סוגים רבים של מערכות הידרופוניות, ממערכות קטנות המאפשרות גידול של מספר צמחים בבית ועד מערכות ענק המשמשות לגידול מסחרי. ניתן לרכוש מערכות מוכנות או לבנות אותן בבנייה עצמית. בפעילויות הבאות נעזר בסיפור רקע אשר יוביל למשימה בה התלמידים יתבקשו לחקור מערכות הידרופוניות מסוגים שונים ולהציג את יתרונותיהן.

הקדמה סיפורית [10 דקות]



תארו לעצמכם, השנה היא 2035 ואתם נשלחים לעבוד במושב החלל במאדים. המסע למאדים (וגם המסע בחזרה) אורך חצי שנה בחללית, והשהות שלכם במאדים מתוכננת להיות כמה שנים. מה בעצם אתם ושאר הצוות תאכלו? אין ספק שחשוב, גם מבחינה פסיכולוגית וגם מבחינה בריאותית, לצרוך ירקות ופירות טריים. יחד עם זאת, לא ניתן לספק אספקה טרייה מכדור הארץ לא לחללית ולא למאדים. האם תוכלו לגדל ירקות ופירות בחלל?

מסתבר שכן! כבר כיום הצוות בתחנת החלל הבינלאומית מגדל ירקות ופירות בחלל, כפי שניתן לראות בתמונה (קרדיט: **ESA/Alexander Gerst**). האסטרונוטים

הצליחו לגדל חסה וקיל. הם הכינו לעצמם סלט עם חומץ בלסמי ודיווחו שהסלט היה טעים. בתחנת החלל הצליחו גם לגדל במסגרת ניסוי חיטה מיניאטורית. בנוסף, סין כבר הצליחה להנביט צמחים על הירח בסביבה סגורה ומוגנת בתוך החללית שהביאה לשם את הזרעים.

אך האדמה במאדים אינה מתאימה לגידול צמחים מכיוון שחסרים בה מינרלים חשובים ונמצאים בה חומרים המזיקים לצמחים, ובחללית נרצה לקחת דברים מינימום משקל, ולכן עדיף להסתדר עם הצרכים המינימליים המאפשרים. לשמחתנו, אנחנו כבר יודעים שלא חייבים אדמה כדי שצמחים יגדלו. וכאן ההידרופוניקה מגיעה לעזרתנו.

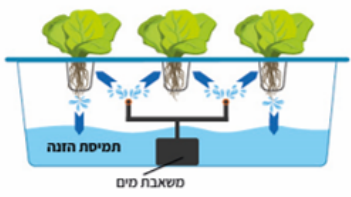
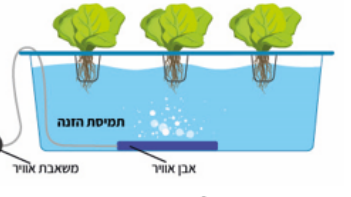
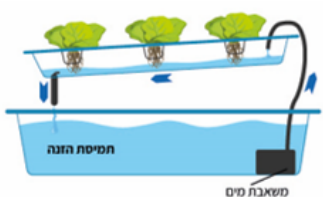
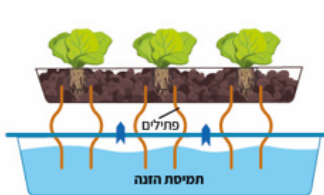
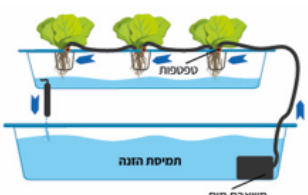
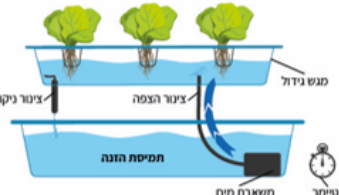
לקריאה נוספת:

- [צמח ראשון על הירח](#) - כתבה באתר מכון דוידסון
- [צמחים מצליחים לנבט באדמת הירח. אך מתקשים לגדול בה](#) - כתבה באתר YNET.

חוקרים מערכות גידול הידרופוניות וממליצים עליהן בפיץ' מעלית [35 דקות]

במשימה זאת התפקיד של כל קבוצה הוא לייצג את הצוות שאחראי על גידול האוכל בחלל, וספציפית אחראי על מערכות גידול הידרופוניות. כל קבוצה צריכה לחקור מערכת הידרופונית שונה, ולהכין פיץ' מעלית (נאום של דקה - כזמן הנסיעה במעלית), בעזרתו תוכל להמליץ למנהלי המשלחת על המערכת אותה חקרה ולשכנע את מנהלי המשלחת למאדים להשתמש במערכת זאת.

סוגי המערכות ההידרופוניות אותן נחקר בכיתה הן:

 אירופוניקה	 DWC - גידול במים עמוקים או רפסודות צפות	 NFT - הזנה מינימלית בשכבה דקה
 פתיל	 טפטוף	 הצפה וריקון

משימה בקבוצות:

כל צוות (קבוצה) מקבל דף עזר ([נספח 3](#)) לסוג שונה של מערכת הידרופונית. דף העזר כולל תרשים של המערכת, מידע בסיסי וקישורים למקורות מידע נוספים. על חברי הצוות להבין כיצד פועלת המערכת ולבדוק מהם יתרונותיה של המערכת: לאיזה סוג גידול היא מתאימה, מהם סוגי הצמחים שהיא הכי מתאימה להם, כיצד היא מספקת פתרון טכנולוגי לצרכי הצמחים, לכמה צמחים היא מתאימה, עד כמה נוח להפעיל מערכת כזאת, עד כמה היא דורשת משאבים (חשמל, טיפול), ומה הגודל האופייני שלה. על הצוות להכין **פיץ' מעלית** המתאר את יתרונות המערכת שלו. בזמן הנאום אין להשתמש במצגת, תוצג רק תמונת המערכת שקיבלה הקבוצה. לכל קבוצה יש **דקה אחת** להציג את המערכת שקיבלה, ולשכנע את הקהל שזו המערכת המוצלחת ביותר למשלחת למאדים.

המלצות לבניית פיץ' מעלית:

- היכנסו לקישורים שקיבלתם וחפשו מקורות מידע נוספים בעזרת מילות החיפוש.
 - קראו את המידע הרלוונטי למערכת אותה אתם חוקרים.
 - כתבו את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין. מומלץ לעבוד על קובץ שיתופי של הקבוצה.
 - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
 - קראו את מה שכתבתם, האם יש פרטים חשובים פחות או כלל לא חשובים? מחקו אותם.
 - בחרו מתוך המידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
 - גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
- מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח

- יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלוי בחשמל.
- גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה)
- משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל
- מספר הצמחים שניתן לגדל
- סוג הצמחים שניתן לגדל
- קלות התפעול של המערכת
- התחילו לבנות את הפיץ: הציגו בקצרה את הבעיה (הצורך), הציגו את הפתרון (המערכת ההידרופונית) שלכם באופן כללי בכמה מילים. רוב הפיץ צריך להתמקד ביתרונות של המערכת שלכם ובהתאמתה לצורך. לבסוף שפרו את המעברים בין המרכיבים של הנאום שלכם, כך שהוא יזרום.
- התאימו את השפה לקהל היעד: אל תשתמשו במילים מקצועיות או מפוצצות מדי, אך אל תשמעו לא מקצועיים. לשם כך, בדקו אם יש מונחים מקצועיים לא מוכרים, החליפו אותם במילים מוכרות. בדקו גם לכיוון ההפוך, האם יש מונחים מקצועיים שהקהל שלכם מכיר ועדיף להשתמש בהם?
- בדקו כמה מילים כולל הנאום שלכם: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים, אחרת תדברו מהר מדי.

הצגה והצבעה [20 דקות]

לאחר שכל קבוצה תציג את הפיץ שלה במשך דקה, הכיתה תצביע: מהי המערכת שהקבוצה האחראית עליה הכי שכנעה אותם, אסור כמובן להצביע עבור המערכת של הקבוצה שלך.

דמיון ושוני בין מערכות ההידרופוניות [15 דקות]

בפעילות החקר ראינו כי קיימים סוגים שונים של מערכות ההידרופוניות, לכל סוג מאפיינים ויתרונות שונים. מה משותף לכל המערכות שהיכרנו?

- מספקות לצמחים את צרכי הקיום שלהם
- שימוש בתמיסת הזנה המורכבת ממים ודשן
- אפשרות למדוד ולבקר את התנאים בתמיסת ההזנה
- מיכל מרכזי (מאגר) של תמיסת הזנה
- כלי שתילה (סלסלה או כלי עם חורים)

מהם ההבדלים בין המערכות השונות?

- אופן אספקת החמצן לשורשים: שימוש במשאבת אוויר ואבן אוויר, הזרמה של המים, שמירת חלק מהשורשים מחוץ למים
- נפח מאגר תמיסת ההזנה
- תחלופה או אי תחלופה של תמיסת ההזנה
- מיקום הצמח עם או ללא מצע גידול.

מקובל לחלק את המערכות ההידרופוניות לשני סוגים:

- פסיבי : לא דורש אנרגיה
- אקטיבי: דורש אנרגיה (לצורך הפעלת משאבת מים ו/או משאבת אוויר)

בהתאם להבדלים אלו, יש גם הבדל בסוג הצמחים שניתן לגדל ובגודלם, במספר הצמחים, במיקום האפשרי למערכת, ביציבות של המערכות, בעלויות ובנוחות התפעול.

לא ניתן להגדיר איזו מערכת טובה יותר. צריך לבדוק איזו מערכת מתאימה יותר לצרכים ולמגבלות של המגדל ושל מקום הגידול.

סיכום: יתרונות ואתגרים בהידרופוניקה [10 דקות]

יתרונות של גידול הידרופוני:

- חוות הידרופוניות יוצרות מרחב גידול בסביבות שלכאורה לא מתאימות לגידול חקלאי. מקומות שבהם אין אדמה כלל או שאין בהם אדמה איכותית: אזורים עירוניים מרוצפי בטון, במרפסות או בתוך בתים, מדבריות מכוסי חול ואף בחלל.
- ניתן לעצב את המערכת בגדלים שונים ובצורות שונות בהתאם לשטח הפנוי.
- אפשרות לשליטה רבה יותר על זמינות חומרי הזנה. במערכות הידרופוניות, חומרים מזינים מוספים למים ולאחר מכן מסופקים באופן ישיר לשורשי הצמח. באדמה לעומת זאת, השורשים חייבים לחפש את חומרי הזנה המאוחסנים באדמה ויש הרבה גורמים גם אורגניים ואנאורגניים וגם כאלה הקשורים למזג האוויר, הקובעים את זמינות החומרים התזונתיים.
- מערכות פנימיות מאפשרות למגדלים שליטה רבה יותר על סביבת הצמחים. למערכות אין מגבלות עונתיות. ניתן להקים מערכות בחוץ או בתוך בית. כולל שליטה באור ובטמפרטורה, מה שמאפשר למגדלים גמישות רבה יותר בעיתוי השתילה וקצירת היבולים.
- ניתן למקסם את קצב הצמיחה של צמחים. מכיוון שמספקים לצמחים כמות אופטימלית של חומרים מזינים, מים ואור, הם יכולים לגדול מהר יותר מגידולים שגדלים באמצעות טכניקות גננות מסורתיות.
- ברוב המקרים, גידולים הידרופוניים דורשים פחות מים מאשר גידולים מסורתיים. ניתן לתכנן את הגידול כך שיחסוך במים. עודפי מים ניתן ללכוד מחדש ונעשה שימוש חוזר, המאפשר שימוש יעיל יותר במשאב היקר הזה.
- מערכות הידרופוניות כמעט שאינן סובלות מעשבים מזיקים, חרקים ומחלות. בניגוד לאדמה, את המערכת ההידרופונית ניתן לנקות ביסודיות כדי להיפטר ממזיקים פוטנציאליים. כך קל יותר לגדל יבולים באופן אורגני ללא קוטלי עשבים וחומרי הדברה.
- צמחים שגדלים במערכת הידרופונית הם נקיים יותר מאשר צמחים שגדלים באדמה. כך נדרש פחות ניקוי של התוצרת ויש חסכון במים ובזמן.
- מערכת הידרופונית היא אחד הפתרונות האפשריים לגידול צמחים בשנת שמיטה.

אתגרים ומגבלות בגידול הידרופוני:

- לרוב נדרשת השקעה ראשונית גבוהה.
- הצמחים לא בנויים לגדול במים, ולכן בחלק מהמערכות תלויים לגמרי באספקת חשמל סדירה.
- נדרש ידע כדי לטפל בצמחים נכון ולאזן את תמיסת ההזנה.
- צריכת חשמל לרוב גבוהה יותר מאשר גידול חקלאי רגיל.
- לא מתאים לכל סוגי הצמחים.

נספח 1 - מתכננים ובונים מערכת הידרופונית פשוטה

משימה בקבוצות

לפני שנקיר מערכות הידרופוניות מסחריות, ננסה לתכנן בעצמנו מערכת פשוטה שתאפשר גידול של צמח ללא אדמה, על בסיס מים בלבד.

המשימה:

1. תכננו ושרטטנו מערכת הידרופונית פשוטה שאפשר לגדל בה לפחות צמח אחד:
 - המערכת יכולה להכיל מים, אבל אסור לשים בה אדמה.
 - המערכת צריכה לאפשר לצמח לקבל כמה שיותר מצורכי הקיום שלו.
 - הציוד שאפשר להשתמש בו לבניית המערכת הוא: מיכלי פלסטיק ריקים של מוצרי חלב, בקבוק משקה מפלסטיק, כוסות חד-פעמיות מסוגים שונים, חוט כותנה או שרוך, מספריים, סלולטייפ, דבק חם.
2. בנו את המערכת שתיכננתם מהציוד שלרשותכם.
3. שיתלו במערכת שתיל, למשל של חסה, ומלאו מים כנדרש.
 - מקמו את המערכת במקום מתאים.
4. עיקבו במשך כשבועיים אחרי גידול הצמח ואחר השינויים שחלים בכל מערכת.
 - מומלץ לתעד את התפתחות הצמח (רישום של מדד מתאים בטבלה, למשל גובה או מספר עלים, צילום וכד')
 - ייתכן שיהיה צורך להוסיף מים לחלק מהמערכות.
5. התכוננו להציג בפני הכיתה את המערכת שבניתם.
6. איזה מצרכי הקיום של הצמח מספקת המערכת שלכם? ענו בטבלה:

צורך הקיום	האם האם המערכת שלכם מספקת צורך זה? ○ אם כן - הסבירו כיצד ○ אם לא - חישבו כיצד ניתן לשפר את המערכת
אור	
מים	
אוויר	
חומרי מזון	
מקום עיגון	
הגנה ממזיקים	
טמפרטורה מתאימה	

נספח 2 - למורה: דוגמאות למערכות הידרופוניות פשוטות

מומלץ מאד לא להציג את התמונות האלו לתלמידים ולתת להם לתכנן בעצמם את המערכות שלהם.
גם אם המערכות שיבנו לא יפעלו טוב - יש חשיבות לחשיבה היצירתית וללמידה מהשגיאות.



<https://tinyurl.com/2y2lsdhc>



<https://tinyurl.com/2azny9s5>



<https://tinyurl.com/24f2w4gl>



<https://tinyurl.com/2xrzkwn6>



<https://tinyurl.com/29ro6un7>

נספח 3 - דפי עזר לחקר מערכות הידרופוניות והכנת פיץ' מעלית להמלצה

הקדמה למורה:

במשימה זאת התפקיד של כל קבוצה הוא לייצג את הצוות שאחראי על גידול האוכל בחלל, וספציפית אחראי על מערכות גידול הידרופוניות. כל קבוצה צריכה להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על סוג שונה של מערכת גידול הידרופונית ולשכנע את מנהלי המשלחת למאדים להשתמש במערכת זאת.

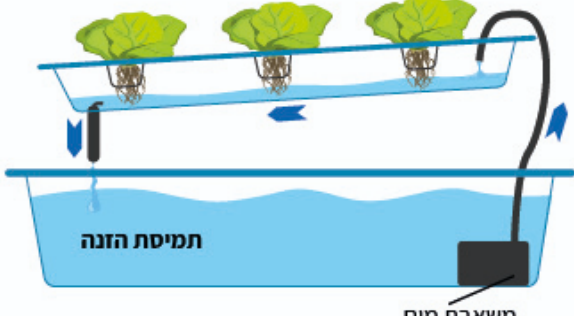
סוגי המערכות ההידרופוניות אותן נחקור בכיתה הן:

1. NFT - הזנה מינימאלית בשכבה דקה
2. DWC - גידול במים עמוקים או רפסודות צפות
3. הצפה וריקון
4. טפטוף
5. אירופוניקה
6. פתיל

בהמשך מופיעים דפי העזר. יש לחלק את הכיתה לקבוצות ולתת לכל קבוצה את דף עזר שונה.

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג NFT

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג NFT. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלו ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת NFT: NFT - Nutrient Film Technique. בעברית שיטת הזנה בשכבה דקה או שיטת הזנה מינימאלית. תמיסת ההזנה (מים + דשן) מוזרמת על ידי משאבה ממיכל מרכזי (מאגר) לתעלות הגידול המשופעות, התמיסה זורמת בשכבה דקה וחוזרת למאגר. בתעלות מונחות כוסות גידול מחוררות. החלק התחתון של השורשים טבול בתמיסת ההזנה, וחלקם העליון חשוף לאוויר ולחמצן.
---	---

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:

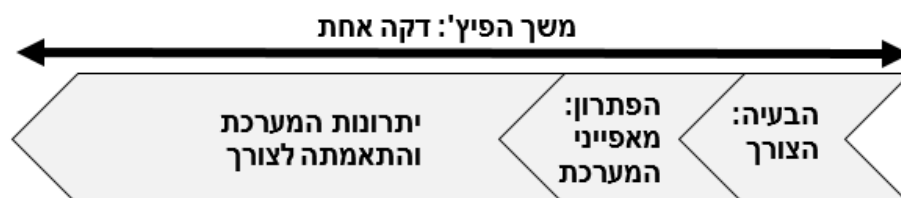


<https://tinyurl.com/2ynv8uzf>



<https://tinyurl.com/286nc4er>

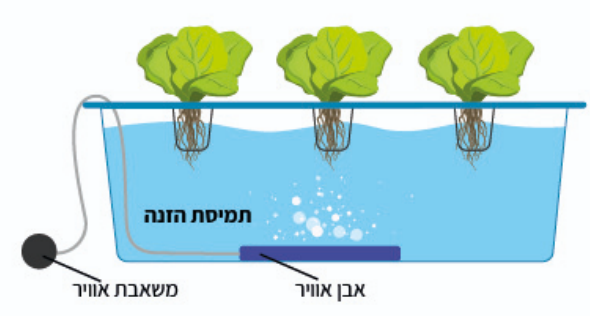
- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: NFT hydroponics, מערכת הידרופונית NFT, שיטות גידול הידרופוניקה.
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
 - מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
 - יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
 - משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל; קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג DWC

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג DWC. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלו ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת DWC: DWC - Deep Water Culture. בעברית גידול במים עמוקים או רפסודות צפות. השתילים נמצאים בתוך מיכל (מאגר) המכיל תמיסת הזנה (מים + דשן). הנוזל במאגר עמוק יחסית. לתמיסת ההזנה מוזרם אוויר (חמצן). השתילים נמצאים בתוך כוסיות רשת המונחות במכסה של מיכל תמיסת ההזנה או ברפסודות הצפות על התמיסה.
---	--

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:

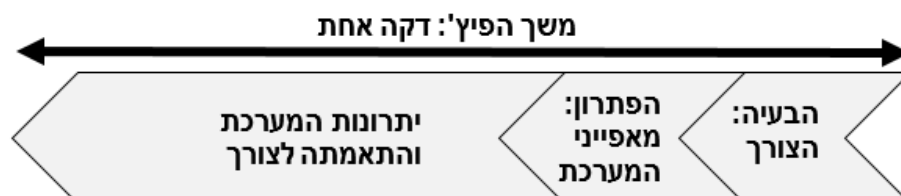


<https://tinyurl.com/2dkjif7y>



<https://tinyurl.com/2ynv8uzf>

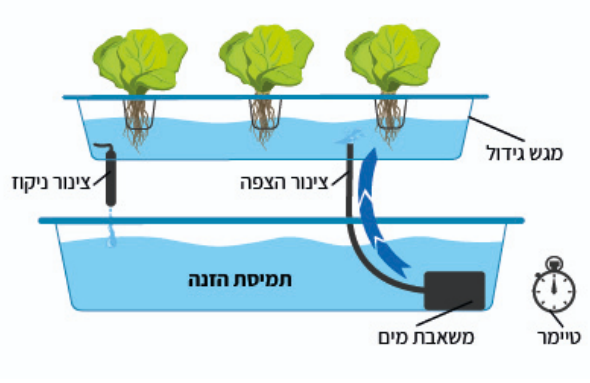
- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: DWC hydroponics, מערכת הידרופונית DWC, רפסודות צפות, שיטות גידול הידרופוניה.
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
- מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
- יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
- משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל; קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג הצפה וריקון

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג הצפה וריקון. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלו ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת הצפה וריקון: מערכת הצפה וריקון או הצפה וניקוז (Flood and Drain או Ebb and flow). הצמחים נמצאים במגש גידול שמכיל לרוב מצע, למשל טוף. מתקיים מחזור קבוע של הצפת מגש הגידול בתמיסת הזנה (מים + דשן) מתוך מיכל, מרכזי (מאגר) וריקון מהיר ממגש הגידול בחזרה אל המאגר. ההצפה והריקון יכולים להתבצע באמצעות טיימר חשמלי אשר מפעיל ומפסיק משאבה, או בעזרת מנגנון ריקון מסוג סיפון.
---	---

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:

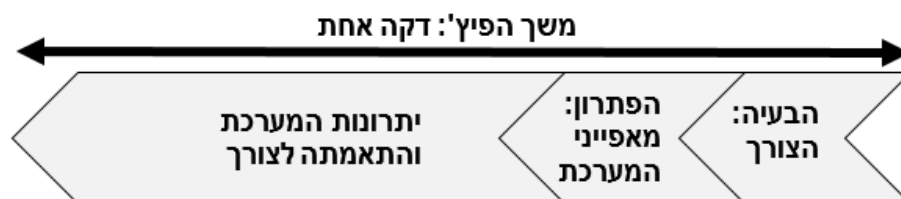


<https://tinyurl.com/24496xrc>



<https://tinyurl.com/257h47tp>

- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: הידרופוניקה הצפה וריקון, הידרופוניקה הצפה וניקוז, Flood and Drain, Ebb and flow, שיטות גידול הידרופוניות
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
 - מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
 - יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
 - משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל;
 - קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג טפטוף

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג טפטוף. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלו ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת טפטוף: מערכת טפטוף, Drip System. הצמחים שתולים במצע גידול בעל יכולת מוגבלת של ספיחת מים. תמיסת ההזנה (מים + דשן) מוזרמת בעזרת משאבה ממכל מרכזי (מאגר) אל מערכת צינורות עם טפטפות. תמיסת ההזנה מטפטפת סמול לשורשי הצמחים, מתנקזת לתחתית מיכל הגידול וחוזרת למאגר תמיסת ההזנה.
--	---

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:

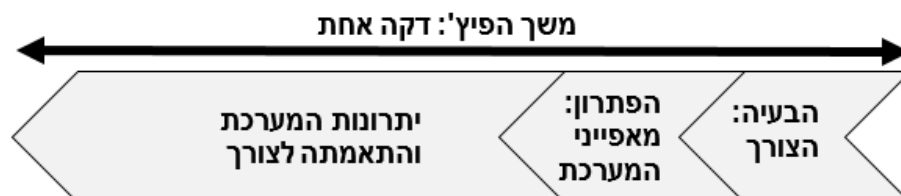


<https://tinyurl.com/28tauymq>



<https://tinyurl.com/25aztwck>

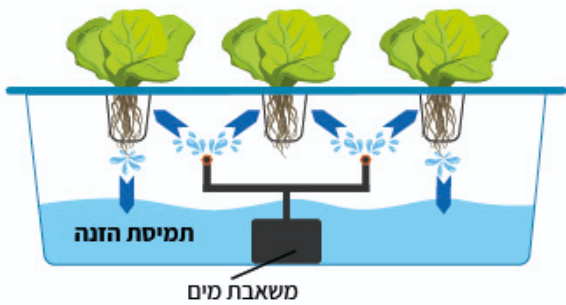
- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: הידרופוניקה טפטוף, מערכת הידרופונית טפטוף, Drip hydroponics, שיטות גידול הידרופוניות.
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - ודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
- מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
- יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
- משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל;
- קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג אירופוניה

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג אירופוניה. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלכם ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת אירופוניה: מערכת אירופוניה או מערכת התזה, Aeroponics. שורשי הצמחים נמצאים כל הזמן באוויר. תמיסת ההזנה (מים+דשן) מוזרמת ממכל מרכזי (מאגר) וההשקיה נעשית בהתזה ישירה לשורשי הצמח.
---	---

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:

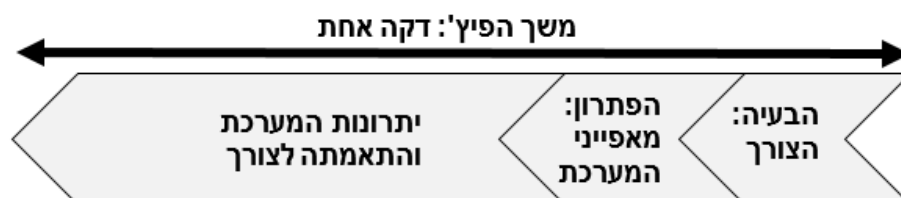


<https://tinyurl.com/28tauymq>



<https://tinyurl.com/2btft85t>

- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: אירופוניה, Aeroponics, שיטות גידול הידרופוניות.
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
 - מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
 - יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
 - משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל;
 - קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים

דף עזר - מערכת הידרופונית מסוג פתיל

המשימה של הצוות שלכם היא להמליץ למנהלי המשלחת למאדים על מערכת גידול הידרופונית מסוג NFT. עליכם להיעזר במקורות מידע ולהכין פיצ' (נאום) מעלית המתאר בקצרה (דקה אחת) את המערכת שלו ואת יתרונותיה.

	מידע ראשוני - מערכת פתיל: מערכת פתיל, Wick hydroponics, הצמחים שתולים במצע גידול, שמונח מעל למיכל המרכזי של תמיסת ההזנה (מים+דשן). תמיסת ההזנה עולה לשורשים דרך פתיל או מספר פתילים עשויים חבל או בד. תמיסת ההזנה נספגת בפתיל, עולה בכוח הנימיות ומגיעה אל שורשי הצמח.
--	--

- קראו את המידע הרלוונטי במקורות המידע שבקישורים הבאים:



<https://tinyurl.com/2da2mfkc>
(תרגום אוטומטי לעברית)



<https://tinyurl.com/27q8y54b>
(באנגלית, ניתן לעשות תרגום אוטומטי)

- חפשו מקורות מידע נוספים. מילות חיפוש לדוגמה: הידרופוניקה פתיל, מערכת הידרופונית פתיל, Wick hydroponics, שיטות גידול הידרופוניות.
- כתבו על דף או בקובץ שיתופי את כל מה שעולה במהלך הקריאה, בלי למיין.
- דונו בקבוצה - וודאו שאתם מבינים את מאפייני המערכת ואת יתרונותיה.
- בחרו מהמידע שכתבתם את המידע הרלוונטי והחשוב ביותר.
- גורמים רלוונטיים לדוגמה אליהם כדאי להתייחס בנאום שתכינו:
מתן פתרון טכנולוגי לצורכי הקיום של הצמח, כלומר יכולת שמירה על תנאי הסביבה של הצמח;
יציבות הפעולה של המערכת - למשל, האם תלויה בחשמל; גודל וסוג המקום הנחוץ (שטח וגובה);
משקל - כמות מים הם גורם מרכזי במשקל; מספר הצמחים שניתן לגדל; סוג הצמחים שניתן לגדל;
קלות התפעול של המערכת.
- הכינו פיצ' המיועד לדקה אחת, על פי המבנה והחלוקה המתוארים באיור:



- התאימו את השפה לקהל היעד.
- בדקו התאמה לזמן: נאום של דקה צריך לכלול כ 100-120 מילים.