שילוב היבטים ביואתיים בהוראת הביולוגיה

הנדסה גנטית בצמחים

נושא – אקולוגיה

אורית לם[1]

מאמר זה הוא שלישי בסדרת מאמרים שבה פתחנו בגיליון 179 (למאמרים גיליון 179, גיליון 180) של העלון למורי הביולוגיה.

לאורך כל תכנית הלימודים בביולוגיה לחטיבה העליונה (במהדורה הזמנית 2006), מודגשת החשיבות של שילוב ערכים וביואתיקה בלימודי הביולוגיה. למשל תחת הכותרת "מטרות ההוראה של הביולוגיה" מופיע הסעיף "פיתוח עמדות – טיפוח מודעות להיבטים ערכיים הקשורים למדע וחברה ולאחריות האדם לטבע". בהמשך בכל נושא ונושא מופיעים הערכים שאיתם יש להתמודד תוך כדי ההוראה. עם זאת אין להיבטים אלו התייחסות בבחינת הבגרות. האם אי הכללת היבטים אתיים בבחינת הבגרות היא אחד ההסברים לאחוז הנמוך של המורים העוסקים בנושאים אלו בצורה יסודית?

א. הקשר בין הדילמה הביואתית לבין נושא הלימוד

אחד משלושת נושאי הליבה בביולוגיה הוא "אקולוגיה". התכנים בנושא לימוד זה מוצגים בפירוט בעמודים 37 - 40 בחוברת "ביולוגיה – תכנית לימודים לחטיבה העליונה" (מהדורה זמנית 2006). בעמוד 38 כתוב:

"כיום ניכרת מאוד ההשפעה של מעורבות האדם בטבע, הנובעת מהגידול המהיר של אוכלוסיית העולם ומניצול בלתי מבוקר של המשאבים, ללא התחשבות מספקת ואחריות לגבי העתיד... **מעורבות האדם גורמת לשינויים בסביבה**, שחלק מהם בלתי הפיכים ועלולים לסכן את המשך קיומם של מינים רבים ובכלל זה קיומם של בני-אדם. בשנים האחרונות מעוררת מעורבות האדם בעיות ודילמות חברתיות ואתיות ומחייבת אימוץ התנהגויות שמבוססות על גילוי אחריות כלפי הסביבה וכלפי הדורות הבאים".

ב. רקע על הטכנולוגיה החדשה שבעקבותיה עולה הדילמה הביואתית

אחת התופעות המשמעותיות ביותר בתחום התערבות האדם בנושא הסביבה היא ההנדסה הגנטית בחקלאות. האפשרות לשנות גנטית כל אורגניזם מהווה ניצחון בולט של האדם – מדובר בפריצת מחסום המינים בטבע.

בצמחים קל יותר לבצע מניפולציות גנטיות משום שאפשר לשבט אותם בקלות יחסית מתא בודד. אם לתא צמחי מוחדר גן מיצור אחר, הגן עובר במהלך ההתחלקות לכל תאי הצמח המתפתח, וכך נוצר צמח המצטיין בתכונות נוספות שהושתלו לתוכו בדרך מלאכותית.

במסגרת ההתפתחות הביוטכנולוגית בתחום זה מתבצעים כיום יישומים מרחיקי לכת. כבר כיום מוקנית לצמחים עמידות לנגיפים, קוטלי עשבים או מזיקים אחרים באמצעות גנים שהוחדרו אליהם, למשל על-ידי פלסמידים של חיידקים. לדוגמה: רעלן מסוים המקודד על-ידי גן הוחדר לצמח ומשמש כקוטל חרקים. שיא המחקר עוסק בהחדרה של גנים שמקורם בבני אדם לצמחים (כמו הגן לאינסולין). כך רותמים את עולם הצמחים לצורכי האדם. להלן פיתוחים שהגיעו לשלב מסחרי (הירשברג, מעוז, 1999):

- תכונות עמידות: עמידות נגד מזיקים (חרקים ותולעים), עמידות למחלות (פטריות, חיידקים ונגיפים), עמידות לקוטלי עשבים ועמידות לעקות כמו מליחות, יובש וקור.
- תכונות יבול: הארכת חיי מדף של פירות, שינוי טיב היבול ואיכותו.
- ניצול הצמחים לייצור חומרים שונים, לדוגמה: פולימרים, סוכרים, חלבונים, נוגדנים ותרכיבי חיסון.

[1] אורית לם – אולפנת אורות עציון, ראש צורים adi.lam@nb013.com

"מבצע חיסון המוני נגד מגיפת השלשול - אחת מסיבות המוות העיקריות של ילדים במדינות המתפתחות - נערך לילדים בכמה ממדינות אלה. תרכיב החיסון היה מרוכז בתוך תפוח אדמה שאותו התבקשו הילדים לאכול. בצמחי תפוח האדמה הושתל גן המקודד לאחד מחלבוני המעטפת של החיידק קולי, האחראי על רוב מגיפות השלשול בעולם השלישי. אכילת תפוח האדמה המהונדס מביאה ליצירת נוגדנים נגד מעטפת החיידק, ואלה מחסלים את חיידקי הקולי שפולשים לגוף".

"עם כניסת ההנדסה הגנטית לחקלאות תעלה מיד תפוקת החקלאות האירופית ב-7.8 מיליון טון בשנה, יידרש שימוש מופחת בכימיקלים קוטלי חרקים ומזהמי סביבה והכנסותיה של החקלאות יגדלו ב-1.22 מיליארד דולר".

"אין מנוס משינוי גנטי של מוצרי חקלאות. בלי הנדסה גנטית לא יהיה די אוכל לכולם. היום גודשים את כדור הארץ יותר משישה מיליארד בני אדם, בתוך עשרים שנה יגיע מספרם לעשרה מיליארד. הערים כובשות שטחים חקלאיים ובמקום שיוקצו יותר שטחים לחקלאות הם דווקא מצטמצמים".

תרחישים אלו נשמעים כלקוחים מספרי המדע הבדיוני, אולם לאמתו של דבר הם קרובים מאוד למציאות. במכוני המחקר של החברות הביוטכנולוגיות מייצרים כיום תרופות ומוצרים בכמויות גדולות ובמחיר זול באמצעות צמחים ובעלי חיים המשמשים בתי חרושת טבעיים. חברות טיפוח זרעים הצליחו לפתח זנים משופרים של תירס, לפתית, תפוח-אדמה, עגבניות, סויה, כותנה, טבק, קישוא, פפאיה ובננה, עם תנובת חלבונים גבוהה יותר, שומנים בריאים יותר, צמחים בעלי עמידות לתנאי יובש, לקוטלי עשבים וחרקים, וזו רק תחילת הדרך.



ג. הצגת הדילמה

לאור הכתוב לעיל נשאלת השאלה:

האם על החברה האנושית לאפשר הנדסה גנטית בצמחים?

אפשר לשאול את השאלה באמצעות סיפור:

בארצות העולם השלישי קיים עוני כבד, בעצמה שכמעט אינה נקלטת בסולם המושגים או הערכים של בני התרבות בארצות המפותחות. יש כיום בעולם 854 מיליון אנשים (כ-14% מכלל תושביו) החיים באורח קבע בתנאים של תת-תזונה, ואחוז הרעבים נמצא בהתמדה בעלייה. מטבע הדברים האזורים מוכי הרעב הם גם אלה החסרים טיפול והשגחה רפואיים, והדבר גורם לתמותה רבה מרעב וממחלות. בנוסף אוכלוסיית העולם גדלה בהתמדה ושטחי החקלאות מצטמצמים. הנדסה גנטית בצמחים תאפשר אספקת מזון מזין לכל אוכלוסיית העולם ותמנע מוות מרעב. האם לדעתך יש לאפשר הנדסה גנטית בצמחים?



ד. טבלה מסכמת של הנימוקים בעד ונגד השימוש בטכנולוגיה

להלן טבלה המביאה באופן מתומצת ביותר את עיקרי הנימוקים בעד ונגד שאלה זו. בעמודה של "הנימוק המנוגד" נרשם נימוק שנוגד את אחד הנימוקים הקודמים, והוא מופיע בדיוק מולו. הנימוקים ממוספרים לפי סדר עולה, ובסעיף הבא, מיד לאחר הטבלה, יש הרחבה של הנימוקים.

נימוקים בעד ונגד הנדסה גנטית בצמחים

סוג הנימוק	נגד	בעד	נימוק מנוגד
דתי - נוצרי	**1**. התערבות במעשה הבריאה		
דתי - יהודי		**2**. שכלול הטבע על-ידי האדם הוא מילוי תפקידו בעולם	
אידיאולוגי	**3**. התערבות האדם בטבע		
בריאותי	**4**. מעבר לא מכוון של גנים לחיידקים פתוגניים המקנים עמידות לאנטיביוטיקה **5**. ביטוי גן זר בצמח יביא לתגובה אלרגית **6**. גנים מהונדסים מהמזון יחדרו לתאי החיה שאוכלת את המזון	**7**. חיסונים דרך המזון	**8**. הסיכוי לכך נמוך וזניח **9**. הסיכוי לאלרגיות קטן וזניח. נערכות בדיקות אלרגניות כחלק מתהליך הפיתוח.
אקולוגי	**10**. "זיהום הסביבה" בגרגרי אבקה מצמחים מהונדסים עלול להקנות לגידולי החקלאות תכונות חדשות (כמו עמידות לקוטלי עשבים) **11**. פגיעת הרעלן בחרקים שאינם מזיקים		**15**. יש בנמצא מספר גדול של קוטלי עשבים ואין גן אחד שיכול להקנות עמידות לכולם. שימוש בקוטלי עשבים שונים הוא הפתרון לבעיה זו.
אקולוגי	**12**. צמצום השונות הגנטית **13**. הפרת האיזון האקולוגי	**14**. הקניית עמידות לחרקים בשיטות ההנדסה הגנטית מפחיתה את השימוש בכימיקלים קוטלי חרקים	
מסחרי – חברתי – כלכלי	**16**. מונופוליזציה של חברות מסחריות גדולות על טיפוח זנים חדשים (מהונדסים) בחקלאות **17**. המצאת פטנט על הזרעים וחיוב החקלאים לרכוש זרעים חדשים מדי שנה במחיר גבוה	**18**. בלי הנדסה גנטית לא יהיה די אוכל לכולם	**19**. לבעיות הרעב בסיס פוליטי וכלכלי ולא טכנולוגי

ה. פירוט והרחבה לנימוקים

דתי נוצרי

1. התערבות במעשה הבריאה. (נימוק נגד)

התערבות במעשה הבריאה מנוגדת לערכים דתיים נוצריים. הנימוקים נגד שימוש בהנדסה גנטית נפוצים בעיקר בחוגים דתיים שרואים בה התערבות במעשה הבריאה המנוגדת לערכים דתיים. "את המניפולציות הגנטיות מן הסוג הזה יש להשאיר לאלוהים לבדו", כתב הנסיך צ'ארלס במאמר בדיילי טלגרף.

דתי – יהודי

2. שכלול הטבע על-ידי האדם הוא מילוי תפקידו בעולם (נימוק בעד)

לאחר בריאת האדם ברך אותו אלוקים: "ויברך אותם אלוקים ויאמר להם אלוקים פרו ורבו ומלאו את הארץ וכבשוה ורדו בדגת הים ובעוף השמים ובכל חיה הרומשת על הארץ" (בראשית א', כ"ח). ופירש הרמב"ן: "וכבשוה – נתן להם כח וממשלה בארץ לעשות כרצונם בבהמות ובשרצים וכל זוחלי עפר. ולבנות, ולעקור נטוע, ומהרריה לחצוב נחושת...". לפי השקפת היהדות יש היתר וחובה לבנות ולשכלל את העולם בכל דרך וכיוון לתועלת בני האדם, אך ההתערבות בבריאה מותרת בשלושה תנאים:

א. כאשר אין איסור הלכתי מהותי בעצם פעולת השכלול
ב. כאשר אין לפעולת השכלול תוצאה הכרחית אסורה שאין אפשרות למנוע או לתקן אותה
ג. כאשר יש תועלת לבני האדם בפעולת השכלול, ובלבד שהתועלת עולה על הנזק

בתי ספר שמעוניינים להעמיק בנימוק הדתי – יהודי יכולים להיעזר במאמר של גולדשמידט א. מעוז א.(1999). **הנדסה גנטית בצמחים – רקע מדעי והיבטים הלכתיים**. אסי"א ס"ה ס"ו.
להלן נקודות עיקריות מתוך המאמר:
את החששות העלולים להתעורר בקשר להנדסה גנטית בצמחים אפשר למיין לשלושה סוגים:

א. האם אין במעשה ההנדסה הגנטית משום עבירה על איסור כלאיים, הכולל איסור על הרכבת צמחים של "מין שאנו במינו"?
ב. אם מדובר על החדרה של DNA שמקורו בבע"ח לצמח, האם יש להתייחס לצמח הטרנסגני כתערובת המכילה חומר מן החי, על כל ההיבטים הכשרותיים המשתמעים מכך?
ג. באיזו מידה יש בטכנולוגיה של הנדסה גנטית משום התערבות אנושית בלתי נאותה במעשי בראשית?

בהמשך המאמר מתקיים דיון מעמיק ומבוסס העוסק בשלוש הנקודות הללו, ומסקנתו הסופית היא כי מבחינה ההלכה היהודית בתנאים הרשומים לעיל (א'-ג') מותרת הנדסה גנטית בצמחים.

אידיאולוגי

3. התערבות האדם בטבע (נימוק נגד)

ארגונים אקולוגיים וטבעוניים מיליטנטים חרטו על דגלם התנגדות עקרונית גורפת להנדסה גנטית מהטעם האידיאולוגי של התערבות האדם בטבע. בנוסף להתערבות עצמה, עולה גם קושי עקב חוסר יכולת לשלוט בתוצאות הבלתי צפויות של התערבות זו.

בריאותי

4. מעבר לא מכוון של גנים המקנים לחיידקים פתוגניים עמידות לאנטיביוטיקה (נימוק נגד)
בהנדסה גנטית משתמשים בגן בורר, שבתנאים סלקטיביים בודק לאילו פרטים הוכנס הגן הרצוי. גן בורר נפוץ הינו הגן המקנה עמידות לאנטיביוטיקה. קיים חשש שגנים המקנים עמידות לחומרים אנטיביוטיים שונים עלולים "לברוח" ולהגיע לחיידקים פתוגניים מחוללי מחלות באדם ובבעלי חיים ובכך לבטל את יכולתנו להתגונן מפניהם.
5. ביטוי גן זר בצמח יביא לתגובה אלרגית (נימוק נגד)
קיים חשש שביטוי גן זר בצמח יביא לייצור חלבון או חומר אחר שעשוי לחולל תגובה אלרגית אצל אדם שניזון מצמח זה.

6. גנים מהונדסים מהמזון יחדרו לתאי החיה שאוכלת אותו (נימוק נגד)
ייתכן שלא כל המזון יתעכל וחלק מהגנים לא יעבור פירוק. הוכחה לכך נמצאה בעכבר שקיבל מזון מהונדס גנטית, וחלק גדול מהגנים המהונדסים נמצא בצואה שלו. בנוסף לכך התגלה בתאיו של העכבר הרצף המהונדס, שנשאר בתאי העכבר במשך 18 שעות ואחר כך נפלט מהתא. הימצאות של גנום זר בתאי החיה יכולה לגרום נזקים לא צפויים ובלתי ניתנים לוויסות ולבקרה, וכן למעבר של הגנים המהונדסים הלאה בשרשרת המזון.

7. חיסונים דרך המזון (נימוק בעד)
הנדוס פירות וירקות באופן שיכילו חיסונים נגד מחלות שונות יחסוך מאתנו את הצורך לקבל זריקות לא נעימות, ויאפשר חיסון מהיר ויעיל של אוכלוסיות חלשות. אפשר למשל להשתיל בצמחי תפוח האדמה גן המקודד לאחד מחלבוני המעטפת של חיידק קולי, האחראי על רוב מגיפות השלשול בעולם השלישי. אכילת תפוח האדמה המהונדס, תביא ליצירת נוגדנים נגד מעטפת החיידק, שיחסלו את חיידקי הקולי שפלשו לגוף. חיידקי הקולי חיים במעיים וכנראה עמידים לאנזימי העיכול שלנו, ולכן זו דרך טובה לחיסון. גם אם מדובר על חלבוני מעטפת של חיידק אחר ולא של קולי (שאולי יתפרק כשיגיע למערכת העיכול) ייתכן שכמות גדולה שלו תביא ליצירת נוגדנים עוד בטרם יתפרק כל החלבון במערכת העיכול (כנראה בדומה לחיסון הפוליו שתינוקות מקבלים דרך הפה).

8. הסיכוי למקרה כזה נמוך וזניח (נימוק מנוגד לנימוק 4)
הסיכוי התאורטי שיתרחש מעבר של גנים המקנים עמידות לאנטיביוטיקה מצמח מהונדס לחיידקים פתוגניים הינו נמוך מאוד, ולמעשה זניח לעומת קצב התפשטות עמידויות לאנטיביוטיקה בחיידקים עקב תהליכים "טבעיים" של מוטציות וברירה טבעית שאינם קשורים כלל להנדסה גנטית.

9. הסיכוי לאלרגיות קטן וזניח, בדיקות אלרגניות מתקיימות כחלק מתהליך הפיתוח (נימוק מנוגד לנימוק 5)
הסיכוי שגן זר בצמח המהונדס יביא לתגובה אלרגית באדם שניזון מצמח זה הוא קטן ואינו משנה באופן משמעותי את מספר מקרי התגובות האלרגיות עקב חשיפת בני אדם לכימיקלים חדשים שנכנסים לשימוש יום יומי בכל תחומי חיינו. כמו כן כל מזון תעשייתי (בלי קשר להנדסה גנטית) עובר במהלך פיתוחו בדיקות אלרגניות.

אקולוגי

10. "זיהום" בגרגרי אבקה מצמחים מהונדסים יקנה לגידולי החקלאות האורגנית תכונות חדשות, כמו עמידות לקוטלי עשבים) (נימוק נגד)
"בריחת" גנים מצמחים מהונדסים אל הטבע תגרום לבעיות אקולוגיות שונות. למשל צמח שבו נשתל גן המקנה עמידות לקוטל עשבים, עלול להפוך לעשב מזיק בגידולים חקלאיים אחרים ולא יהיה אפשרי לחסלו בשל תכונת העמידות הזו. בדומה לכך אם הגן המקנה את העמידות יעבור לצמחי בר קרובים גנטית בעקבות האבקה הדדית (מדובר במינים קרובים כמו לפתית וחרדל בר), הוא עלול להפוך את צמח הבר לעשב רע שאינו בר-הדברה.

11. פגיעת הרעלן בחרקים שאינם מזיקים (נימוק נגד)
גנים לרעלנים מדבירי חרקים שהוחדרו לצמחים כמו תירס וסויה עלולים לפגוע גם בחרקים שאינם היעד המתוכנן.

12. צמצום השונות הגנטית (נימוק נגד)
טיפוח צמחים מהונדסים על-ידי מספר קטן של חברות יגרום לאחידות רבה של החומר הגנטי בחקלאות, והשונות הגנטית שנובעת משימוש בזנים שונים תקטן. לאחידות גנטית יש חיסרון מוכח בטווח הארוך: במשך הזמן עלולים להופיע מזיקים ומחלות שישמידו צמחים מזן מסוים, וללא שונות - כל הפרטים של צמחים אלו ייכחדו.

13. הפרת האיזון האקולוגי (נימוק נגד)
במחקר שנערך בסין נמצא כי מדד השונות בקרב חרקים בשדות של כותנה מהזן -BT (כותנה מהונדסת שהוחדר אליה גן המייצר את הרעל BT, הפוגע בחרקים שאוכלים את עלי הכותנה) נמוך מהמקובל בשדות כותנה מסורתית, ולעומת זאת - מגוון המזיקים גבוה יותר. המחקר מציע שחיסול אוכלוסיית תולעים מזיקות גרם לחיסול אוכלוסיית האויבים הטבעיים שלהן, שגרם להפרת האיזון האקולוגי. עוד התגלה שאוכלוסיות מזיקים משניות (כנימות, קרדיות, זחלי פרפרים) התרבו בקצב מהיר.

14. הקניית עמידות לחרקים בשיטות ההנדסה הגנטית מפחיתה את השימוש בכימיקלים קוטלי חרקים ובכך מופחת הנזק לסביבה (נימוק בעד)

15. יש בנמצא מספר גדול של קוטלי עשבים ואין גן אחד שיכול להקנות עמידות לכולם. שימוש בקוטלי עשבים מסוגים שונים הוא הפתרון לבעיה זו. (נימוק מנוגד לנימוק 10)



מסחרי – חברתי – כלכלי

16. מונופוליזציה של חברות גדולות על טיפוח זנים חדשים בחקלאות (נימוק נגד)
הנדסה גנטית היא טכנולוגיה מתוחכמת ויקרה, ורק חברות ענק מסוגלות לפתח אותה ולהשתמש בה. שיווק של זנים מהונדסים על ידי חברות אלו ידחק את שאר מטפחי הצמחים מהשוק וישעבד את החקלאים לחברות הענק.

17. המצאת פטנט על הזרעים וחיוב החקלאים לרכוש זרעים חדשים מדי שנה במחיר גבוה (נימוק נגד)
כדי להרוויח ממכירת הזרעים המהונדסים, חברות הביוטכנולוגיה רושמות פטנטים על הזרעים. כך הן מונעות באופן חוקי מחקלאים להשתמש בזרעי יבול ממחזור אחד לזריעה במחזור שאחריו ('שמירת זרעים'), ומחייבות את החקלאים לקנות מחדש בכל שנה את הזרעים המהונדסים. חקלאים שהתפתו לגדל כותנה מהונדסת קרסו כלכלית עקב מחיר הזרעים הגבוה. המחקר מזהיר מהפצת זרעים מהונדסים במדינות מתפתחות לפני שיבוצע מחקר מקיף על ההשפעות הכלכליות והחברתיות של המהלך.
בקנדה תבעה חברת זרעים חקלאי שבשדהו נמצאו גידולים מהונדסים - לטענתו מזרעים שנסחפו ברוח - בתואנה של הפרת פטנט.
כדי למנוע אפשרות של 'גניבת' זרעים, החלו חברות הביוטכנולוגיה להשתיל גן הגורם לזרעים בדור הבא להיות עקרים. כך החברות מבטיחות שלא תהיה אפשרות להשתמש ביבול לזריעה חוזרת.

18. בלי הנדסה גנטית לא יהיה די מזון לכולם (נימוק בעד)
היום גודשים את כדור הארץ יותר משישה מיליארד בני אדם, בתוך עשרים שנה יגיע מספרם לעשרה מיליארד. הערים כובשות שטחים חקלאיים ובמקום שיהיו שטחים נוספים לחקלאות - הם דווקא מצטמצמים. לא יהיה מנוס משינוי גנטי של מוצרי חקלאות. בלי הנדסה גנטית לא יהיה די מזון לכולם. בנוסף, החלבון הצמחי, בניגוד לחלבון

מן החי, עני בחומצות אמיניות מסוימות. גוף האדם זקוק לכ- 20 חומצות אמיניות חיוניות ואם אלה אינן מסופקות לו דרך המזון הצמחי, יש להעשיר את התפריט בחלבון שמקורו בחי. אפשרות זו אינה ישימה בכל מקום על פני כדור הארץ. אוכלוסיות רבות בעולם אינן יכולות ליהנות ממנת מזון מספקת מן החי. אילו אפשר היה להעשיר את חלבוני התשמורת של גידולים בחומצות האמיניות החסרות, אפשר היה להקל על מצוקת הרעב של האוכלוסיות בארצות המתפתחות.

כמו כן לאור תהליך המידבור חל צמצום ניכר בשטחים שראויים לחקלאות. הנדסה גנטית שמקנה לגידולים עמידות לתנאי יובש תביא לגידול ניכר בכמות היבול ולאפשרות לנצל גם שטחים יבשים לגידולים חקלאיים.

19. לבעיות הרעב בסיס פוליטי וכלכלי ולא טכנולוגי (נימוק מנוגד לנימוק 18)

כלל לא בטוח שההנדסה הגנטית תעמוד בהבטחה הגדולה שלה, - קרי :פתרון בעיות הרעב בעולם. אם ניקח לדוגמה את אתיופיה נראה כי בעיות הרעב נובעות מחוסר תשתית, חינוך ומשאבים בסיסיים. כל אלו, בצירוף מלחמה מתמדת עם אריתריאה, מונעים אפשרות לאיזון השוק ולחלוקה הוגנת של מזון. כך בשנות ה-90 הוחדרו שיטות חקלאות מערביות לאתיופיה כמענה לרעב של שנות ה-80, תוך כדי לחץ של הבנק העולמי להפריט את החקלאות, לבטל את הסובסידיות לחקלאים ולהנהיג שיטות כלכליות של שוק חופשי. בלחץ הממשלה נזרעו השדות בתירס ודגנים בשיטות מודרניות (ללא הנדסה גנטית). התוצאה הראשונית הייתה עליית התנובה עד כי אתיופיה הפכה יצואנית מזון, אך התהליך גרם להפרת האיזון החברתי, התפרקות הסדר הכלכלי ולבסוף קריסת רוב החוות החקלאיות. התוצאה היא שבשנת 2003 שוב שמענו על רעב באתיופיה. במדינות אפריקה נוספות ,כמו גם בהודו וכעת גם בדרום אמריקה, התיאור הכללי דומה. מכל האמור לעיל אפשר לקבוע שלבעיות הרעב בסיס פוליטי וכלכלי ולא טכנולוגי. פתרון הבעיות הפוליטיות כיום יוכל להביא מזור לרעבים, בעוד משלוחי מזון או הצפה של החקלאים בגידולים מהונדסים רק יערערו עוד יותר את האיזון החברתי והאקולוגי, אך את בעיות הרעב לא יפתרו.

סיכום

לסיכום אצטט את דבריו של מאיר (2002) בסוף מאמרו: "אין ספק שהסיכוי להגדיל את כמות המזון העומד לרשותנו הינו בין היתרונות החשובים של ההנדסה הגנטית. בסופו של הדבר השיקולים יהיו מורכבים מאד – בעד או נגד הנדסה גנטית של צמחים.

ולבסוף: אין צורך לעצור את הביוטכנולוגיה וההנדסה הגנטית. אך מצד שני אין גם כל סיבה למה לא ניתן לווסת אותם ובעת הצורך אפילו להגביל אותם. הקהל הרחב, בחברה דמוקרטית, רשאי להביע את דעתו ואף להכריע בין עמדות שונות. למדע אין גבולות, אך ליישום של ממצאי המדע – חייבים להיות גבולות".

בתחילת המאה ה-21 הטכנולוגיה רצה קדימה והדילמות שוחרות לפתחה. מטרת עבודתי זו היא לפתח בתלמידים רוחב אופקים, פתיחות ואחריות בקבלת ההחלטות הנוגעות לדילמות ביואתיות בפרט ולדילמות ערכיות בכלל. מניסיוני האישי בהפעלת תלמידים באחת מהדילמות המוצעות בעבודה, הם הביעו הפתעה ממגוון הנימוקים הקיימים לדילמה מסוימת, ולא מעט תלמידים שינו את דעתם בעקבות הפעילות. תלמידים שלא שינו את דעתם העידו על ביסוס חזק יותר לעמדתם שנבע מעצם הפעילות בכיתה.

להלן דילמות ביואתיות נוספות שאפשר לפתח באופן עצמאי על-סמך אותם עקרונות. הדילמות הובאו בקיצור נמרץ כדי לבחור מתוכן את אלו שנראה כי יש מקום להעמיק בהן ולהכין אותן בצורה ברורה ומובנית ללימוד בכיתה. לשם כך יש למצוא מאמרים שונים בנושא ולתקוף כל דילמה מכמה זוויות: מוסרית, חברתית, כלכלית, משפטית, רפואית, פסיכולוגית ודתית ולהביא בצורה מסודרת נימוקים בעד ונגד.

דילמות נוספות בביואתיקה

1. **הפריה חוץ גופית- מי האם, מי האב, מהו ייחוסו ומעמדו של העובר?**
2. **"היולדת בהירת העור היא אמם של התאומים כהי העור אבל בעלה אינו האב".**

זוג עבר הפריה חוץ גופית עם ביצית וזרע של עצמם. בזמן ההפריה חלה טעות וביצית האישה הופרתה על-ידי זרע של גבר אחר. האישה ילדה תאומים שהיא אמם, אך בעלה אינו אביהם. למי שייכים הילדים? לאם (היולדת ובעלת הביצית) או לאב (תורם הזרע)?

3. **האם יש לאפשר תרומת זרע לנשים רווקות?**
4. **האם יש לאפשר לילד שנולד מתרומת זרע או ביצית לברר את זהות התורם או התורמת בהגיעם לבגרות?**

בדילמה זו עומדת הזכות לפרטיות של התורם לעומת זכות בסיסית של הצאצא לדעת את זהות הוריו.

5. **האם יש להתיר לאישה לעשות שימוש בזרעו המוקפא של בעלה המנוח כדי להביא ילד לעולם?**

זוג הגיע לארץ כדי לעבור טיפולי פוריות. במהלך הטיפולים נהרג הבעל בתאונה. אשתו מבקשת להפרותה מזרעו המוקפא.

6. **האם נכון לאפשר שיבוט עובר לצורך השתלת כליה ממנו לאחיו החולה בן ה- 8?**
7. **כאשר נוצר עובר בעזרת אם פונדקאית – מי תיחשב אימו – האם תורמת הביצית או זו הנושאת את העובר ברחמה? מי הם אחיו של העובר? מהי דתו – אם דת האם הגנטית שונה מדתה של האם הביולוגית?**
8. **פרשת נחמני - האם יכול אחד מהצדדים לחזור בו מהסכמתו לאחר שנעשתה ההפריה החוץ גופית?**

משנת 1993 ועד לשנת 1997 התרחש סיפור שהסעיר את המדינה, סיפורם של בני הזוג רותי ודני נחמני. בני הזוג עשו הפריה חוץ גופית ולאחריה חיפשו אם פונדקאית שתישא את הביציות המופרות. במהלך החיפוש החליט דני להיפרד מרותי, עבר לגור עם חברתו ונולדה לו בת. במצב זה סירב דני לתת את הסכמתו להמשך התהליך ולהשתלת הביציות המופרות. חמש פעמים התאספו השופטים בבית-המשפט כדי להכריע בדילמה זו.

9. **הפלות, מתי והאם מותר לבצען?**

האם מומים קלים בעובר, מחלות תורשתיות קלות, מצב כלכלי, אונס, מספר ילדים וכדו', הינם נימוקים מוסריים להתרת הפלות? למי הזכות להחליט על הפלה? לאם? לאב? לחברה?

10. **מכירת עוברים כדי לקיים את האם ושאר ילדיה**

האם יש לאפשר מכירת עובר כדי שהאם תוכל לקיים את עצמה ואת ילדיה או לעשות הפלה של העובר כי אין ביכולתה של האם לגדלו?

11. **מכירת איברים להשתלה**

האם נכון לאפשר קבלת איברים תמורת תשלום?

12. **השתלת איברים מן המת ומן החי – מותר, אסור או חובה?**

השתלת איברים מצילה חיים. האם חובה עלינו לתרום איבר כדי להציל חיים? בחיינו? במותנו?

13. **מיהם הוריו של אדם שנולד כתוצאה משיבוט גנטי?**

בתהליך השיבוט ביצית מרוקנת מתוכנה ומחדירים אליה מטען גנטי של 46 כרומוזומים. מכיוון שעובר כזה מתפתח מתרומה גנטית של אדם אחד, עולה השאלה מיהם אביו ואימו. אם המטען הגנטי הוא של נקבה - האם תורמת הגרעין היא אימו של העובר? ומיהו אביו? ואם המטען הגנטי הוא של זכר - מיהי אז אימו של העובר?

14. **בדיקות גנטיות**

האם יש לאפשר בדיקה גנטית של עוברים כשקיים חשש שמחלה תפרוץ בגיל מאוחר (אלצהיימר או הנטינגטון)? בדיקה כזו מעמידה את ההורים בפני התלבטות מצפונית קשה: האם להפיל את העובר? האם יש לאפשר בדיקה גנטית כזו לאנשים בני 20? בדיקה כזו מעמידה את המתייעצים בפני שנים של דאגה שהייתה נחסכת מהם לולא ידעו זאת, במיוחד בהתחשב בחוסר התועלת שבאבחון ללא ריפוי במקרים אלו.

15. **למי שייך המידע הנובע מניתוח פרופיל גנטי?**

אם אדם עשה פרופיל גנטי ל- DNA שלו והוא יודע על מחלה שתפרוץ אצלו בגיל מאוחר, האם חובה עליו לידע בכך את אשתו לעתיד? חברת הביטוח שלו? מקום העבודה שלו?

16. **הנדסה גנטית בבני-אדם**

להנדסה גנטית בבני-אדם פוטנציאל לשיפור ולתיקון תכונות, למשל: מניעת מחלות תורשתיות. השאלות העולות בהקשר זה: אילו תכונות הינן תכונות שראוי לתקנן ואילו לא? מי יקבע מה ראוי לתיקון ומה לא? מהו גבול ההתערבות? האם התערבות שכזו אינה התערבות בטבע? האם כל התערבות אנושית אינה נחשבת להתערבות בטבע? מה יקרה לשונות במין האנושי לאור ההתערבות הגנטית? מה תהיינה ההשלכות של שינויים אלה?

17. **הנדסה גנטית בחקלאות**

בעזרת הנדסה גנטית אפשר להתערב בגנוטיפ של צמחים ובעלי-חיים. ההתערבות מאפשרת ליצור פירות גדולים יותר, עמידים, שיבשילו בזמן מסוים ועוד. להתערבות זאת תיתכנה השלכות אקולוגיות והשפעה על שרשרת המזון, השפעות שקשה לצפות אותן. על כן עולות השאלות: האם נכון להשתמש בגידולים חקלאיים מהונדסים גנטית? מה עשויות להיות ההשלכות האקולוגיות של שימוש זה? ועוד.

18. **המתת חסד**

האם נכון להתחשב בבקשתו של חולה שלא להאריך את חייו באופן מלאכותי לכשידרדר מצבו הרפואי?

19. **האם יש להגיד לחולה את האמת על מצבו?**

ערך האמת הוא ערך בסיסי בחברה שלנו, אך האם בכל מחיר? האם יש לומר לחולה את האמת על מצבו, כמו למשל לידע אותו אם מצבו הרפואי חמור? או האם יש למנוע זאת ממנו ובכך להשאירו במצב מוראלי גבוה שייתכן כי יאט את התקדמות מחלתו?

20. **על מי האחריות לחיי הפרט?**

אדם רוצה להתאבד ומנסים למנוע ממנו לקפוץ אל מותו. אדם בלע כדורים בכמות גדולה ומנתחים אותו כדי להצילו. אדם מסרב לקבל טיפול רפואי אך הרופאים מתעקשים להציל את חייו. למי יש את "המילה האחרונה" בנוגע לחייו של אדם? האם לו עצמו? לקרוביו? לרופאים?

21. **האם יש לאפשר לזוג חולה בתסמונת דאון להינשא ולהביא ילדים לעולם?**

22. **בבית-חולים מסוים נולד ילד עם בעיה חמורה במערכת העיכול. כדי לדעת האם הבעיה גנטית בדקו את הפרופיל הגנטי של זוג ההורים והתברר כי ה"אב" איננו אביו הביולוגי של הילד. כדי לדעת אם להכניס את הילד לניתוח מסוכן הרופאים חייבים לדעת מי אביו האמתי. מה נכון לעשות? האם מותר לחשוף את ה"אב" למציאות העגומה, או לסכן את חיי הילד?**

מקורות מידע

לנוחיות המורים: מקורות מידע נוספים קיימים בשני המאמרים הקודמים בסדרה.

הביסוס לנימוקים בעד ונגד לקוחים בעיקר משלושה המאמרים הראשונים.

1. בליזובסקי, א, (2003) צמחים מהונדסים: החשש והכורח, גלילאו 60.
http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=10139

2. דולב, ש. (2003). צמחים מהונדסים: הכורח והחשש, גלילאו 63.
http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=10166

3. הירשברג, י. מעוז, א. (1999). מי מפחד מצמחים מהונדסים? גלילאו 34.
http://lib.cet.ac.il/pages/item.asp?item=9533

4. גולדשמידט, א. מעוז, א. (1999). הנדסה גנטית בצמחים - רקע מדעי והיבטים הלכתיים, אסיא, חוברת ס"ה-ס"ו.
http://daat.ac.il/daat/kitveyet/assia/goldshmit.htm

5. גפני, י. (1995). צמחים מהונדסים, גלילאו 13, 16-21.
http://www.snunit.k12.il/heb_journals/galileo/013016.html

6. מאיר, א. מ. (2002). חומרי מזון מצמחים שעברו הנדסה גנטית – כן או לא? עלון למורי הביולוגיה 166.
http://bioteach.snunit.k12.il/upload/.hebet/genin.html

7. שטיינברג, א. (1998). אנציקלופדיה הלכתית רפואית, ערך "תורשה" 545-624, המכון ע"ש ד"ר פלק שלזינגר ז"ל לחקר הרפואה על פי התורה ליד המרכז הרפואי שערי צדק.

8. הנדסה גנטית וחקלאות – עמלנט http://www.amalnet.k12.il/meida/biolog/bioi0186.htm

9. גנאתיקה - האתר של מט"ח http://science.cet.ac.il/science/genetics/gene3.asp

10. על העוני: המחלה שמפילה בעולם יותר קורבנות מאשר כל מחלה אחרת - פרופ` בן-עמי סלע, מנהל המכון לכימיה פתולוגית, מרכז רפואי שיבא, תל-השומר; החוג לביוכימיה קלינית, פקולטה לרפואה, אוניברסיטת תל-אביב.
http://www.tevalife.com/article.asp?id=2695