



שונות גנטית - כלי לפיתוח התאמות בסביבה משתנה

המלצות עיקריות

- מניעה של הכחדת מינים נוספים והגנה על מערכות אקולוגיות דורשות פעולות מיידיות ומקיפות.
- * לשמר ולשקם את השונות הגנטית על מנת לאפשר את קיימותם של מינים ומערכות אקולוגיות, ולהגביר את עמידותם לשינויי אקלים.
- * ליישם שיטות גנטיות על מנת לנתח ולנטר את השונות הגנטית של מינים בעלי עניין לשירותי המערכת או ליציבות המערכת. כלי שימור חשובים אלו מספקים מידע מבוסס מדעית עבור מנהלים וקובעי מדיניות.
- * שיפור תוכניות לשימור מינים לטובת תיגבור ותחזוקת השונות הגנטית. צמחים ובעלי חיים מסתגלים לסביבתם על פני מאות שנים, וההתאמות הגנטיות שלהם מגבירות את סיכויי ההישרדות לנוכח שינויים בתנאי הסביבה.
- * לעדכן הנחיות באמנות אירופאיות אשר עוסקות בשימור בתי גידול ומינים בתחום בתי הגידול, העופות, הסביבה האקוויטית, כך שימליצו על ניטור והערכה של השונות הגנטית ותחלופתה בין בתי הגידול.

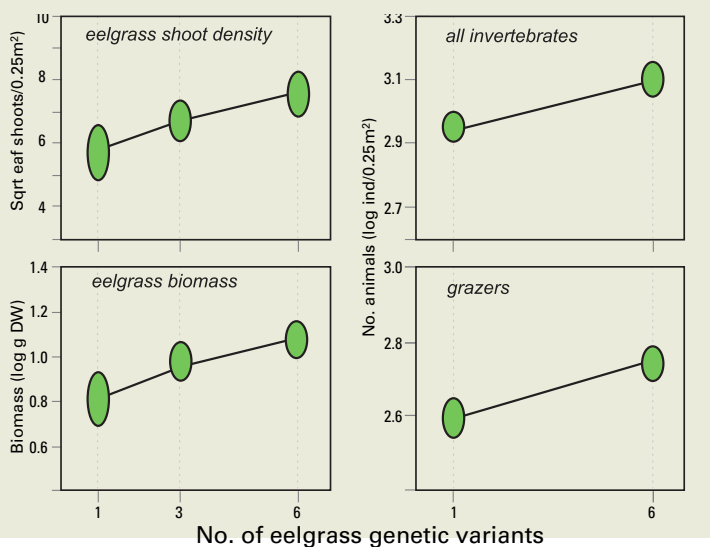
ממצאים עיקריים

- בני אדם תלויים במערכות אקולוגיות. עלינו לפעול ולהגן מפני אובדן המגוון הביולוגי שנגרם על ידי פעילויות אנושיות ושינויי האקלים, לטובתנו אנו.
- * שונות גנטית הנה שונות ברצפי ה-DNA. שונות גנטית היא הבסיס לכל ההבדלים הביולוגיים בין מינים שונים, ובין פרטים של מין מסוים.
- * הודות לשונות הגנטית, ישנם פרטים בעלי התאמה גבוהה יותר להישרדות ורבייה בתנאים מסוימים, מאשר פרטים אחרים. לפרטים אלו סיכוי גדול יותר לשרוד את הברירה הטבעית.
- * שונות גנטית מגדילה את סיכוייו של מין לשרוד, בעיקר לאור שינויים בתנאי הסביבה. שונות גנטית אם כך, היא חיונית לחוסן של מערכות אקולוגיות ולהגנה על שירותי המערכת לאדם.
- * אוכלוסיות קטנות ומבודדות לרוב מאבדות את השונות הגנטית במהרה. לכן על ממשקים לניהול המערכת האקולוגית להתמקד בהגדלת אוכלוסיות ושיפור הקשר ביניהן אל מעל ערכי סף קריטיים, כדי לשמר את יכולתם של מינים לפתח התאמות גנטיות לשינויים בתנאי הסביבה.
- * מדידה וניטור של המגוון הגנטי מאפשרים להעריך את בריאותם של המינים, את השונות הגנטית שלהם ואת מעברה בין אוכלוסיות, על מנת לשפר ממשקים לשמירת המגוון הביולוגי ומשאבי הטבע.

תמונה: שונות אדפטיבית בצבע העור של הצפרדע האירופית *Pelophylax lessonae*. פרטים כהים (בקצוות), שמקורם בצפון היבשת, מעלים את חום גופם בקלות רבה יותר מאשר פרטים בהירים (במרכז), שתפוצתם בדרום היבשת. הצבע הכהה מהווה התאמה לתנאי הסביבה הקרים (צילום: Per Sjögren-Gulve)

... וכך גם השונוות הגנטית

מחקר שעסק בעשב ים מסדרת כף-הצפרדע מצא ששונוות גנטית גבוהה הובילה לעלייה בשיעור הגדילה ובצפיפות, אפילו בתנאי חום קיצוני. השונוות הגנטית הגבוהה בעשב הים השפיעה באופן חיובי גם על חברת חסרי החוליות בבית הגידול, יחסית לחברות שנמצאו בסביבת עשב-ים בעל שונוות גנטית נמוכה יותר. בדומה לכך, **מחקר נוסף** הראה ששונוות גנטית ומגוון מינים גבוהים, תומכים בעמידות לבצורת ומגבירים את היצרנות של שטחי מרעה.



המאפיינים של פרטים באוכלוסייה והשונוות ביניהם טבועים ב-DNA. שונוות זאת גם משפיעה על הבדלים ביכולת של הפרטים להסתגל לשינויים בסביבה. הרכב גנים אשר מספק התאמות לתנאי הסביבה, ישפר את יכולתם של פרטים לשרוד ולהתמיד צאצאים. כל עוד האוכלוסייה אינה קטנה מידי ואינה מאבדת את השונוות הגנטית שלה, הרכב-גנים שמספק התאמות שכוללות יועבר לדורות הבאים. במקרים כאלו, מינים מקומיים שמהווים חלק טבעי מבית גידול מסויים ואשר פיתחו התאמות לתנאים ששוררים בו, צפויים להתמודד עם שינויים אקלים באופן טוב יותר. הגדלה נוספת של המגוון הגנטי בבית הגידול, תספק גמישות לאוכלוסייה במידה שיהיה צורך להסתגל לשינויים עתידיים בתנאי הסביבה, כיוון שהרכבי הגנים האפשריים יהיו רבים יותר. **סקירה ספרותית** עכשווית מצאה שמעבר גנים באמצעות הגירה של פרטים בין אוכלוסיות סייע למניעה של הכחדת אוכלוסיות בכמה מיני צמחים ובעלי חיים. אף על פי כן, אסטרטגיה שמטרתה הגדלת מעבר הגנים בין אוכלוסיות מיושמת רק לעיתים נדירות. כותבי הסקירה ממליצים למקד את ממשק הניהול של אוכלוסיות קטנות ומבודדות בשימור ושחזור תחלופת גנים רחבת היקף ביניהן.

מגוון מינים גבוה משפר את עמידותו של בית גידול

בעקבות התחזיות האקלימיות השונות, **שמירה על מערכות אקולוגיות בריאות** הינה חשובה ביותר על מנת להימנע מההשלכות הצפויות.

סקירה עכשווית אשר ריכזה את תוצאותיהם של 46 מחקרים בלתי תלויים הראתה **שמגוון ביולוגי גבוה מעלה את עמידות המערכת האקולוגית** כנגד תופעות אקלימיות הקשורות ביובש או לחות, בין שקצרות או ארוכות טווח ובין שמתונות או קיצוניות. ללא תלות בסוג האירוע האקלימי, הסקירה הראתה שחברות עם מגוון נמוך (מין אחד או שניים), עברו שינוי של כ-50% עקב התרחשות האירוע האקלימי, בעוד שחברות בעלות מגוון גבוה (16-23 מינים) עברו שינוי של כ-25%. סקירה נוספת של 85 מחקרים בלתי תלויים הראתה **עלייה בשירותי המערכת ובתנובה החקלאית**, כאשר מגוון המאביקים והמדבירים הביולוגיים הטבעיים היה גבוה. בנוגע לקשר בין מורכבות נמוכה של בתי גידול וירידה בשירותי מערכת, נמצא שבעד חצי מהמקרים, קשר זה תלוי במגוון הביולוגי הנמוך בקרב המינים שמספקים את שירותי המערכת. מגוון ביולוגי, אם כן, משפיע באופן חיובי על מערכות אקולוגיות ועל שירותי מערכת.



כיצד כלים גנטיים יכולים לקדם קיימות

סימולציות של גדילת יערות הראו כי ללא סלקציה גנטית, קצב הגדילה של יערות האלון (*Quercus lobata*) בקליפורניה עד סוף המאה יהיה בממוצע שלילי, בעוד ששימוש בעצים שנבחרו כחזקים גנטית ישנה את המגמה ויאפשר קצב צמיחה חיובי ליער.

טכניקות גנטיות איפשרו גם להגן על מינים בסכנת הכחדה, כגון פומת פלורידה, אשר אוכלוסייתה מנתה בתחילת שנות התשעים רק 20-25 פרטים ולרבים מהם היו בעיות לבביות ואיכות זרע נמוכה בשל מגוון גנטי נמוך ורביית קרובים. על בסיס סריקה גנטית, נבחרו והועברו מטקסס שמונה פרטים של פומת ההרים על מנת להוסיף מגוון גנטי חדש ומועדף ולהשיב את התחלופה הגנטית בין שני תתי המין הללו. הערכת מצב מדעית הראתה כי אכן התערבות גנטית זו יחד עם עוד פעולות ניהוליות בשטח [צמצמו את המומים הגנטיים ותרמו לעלייה בגודל האוכלוסייה של הפומות](#).

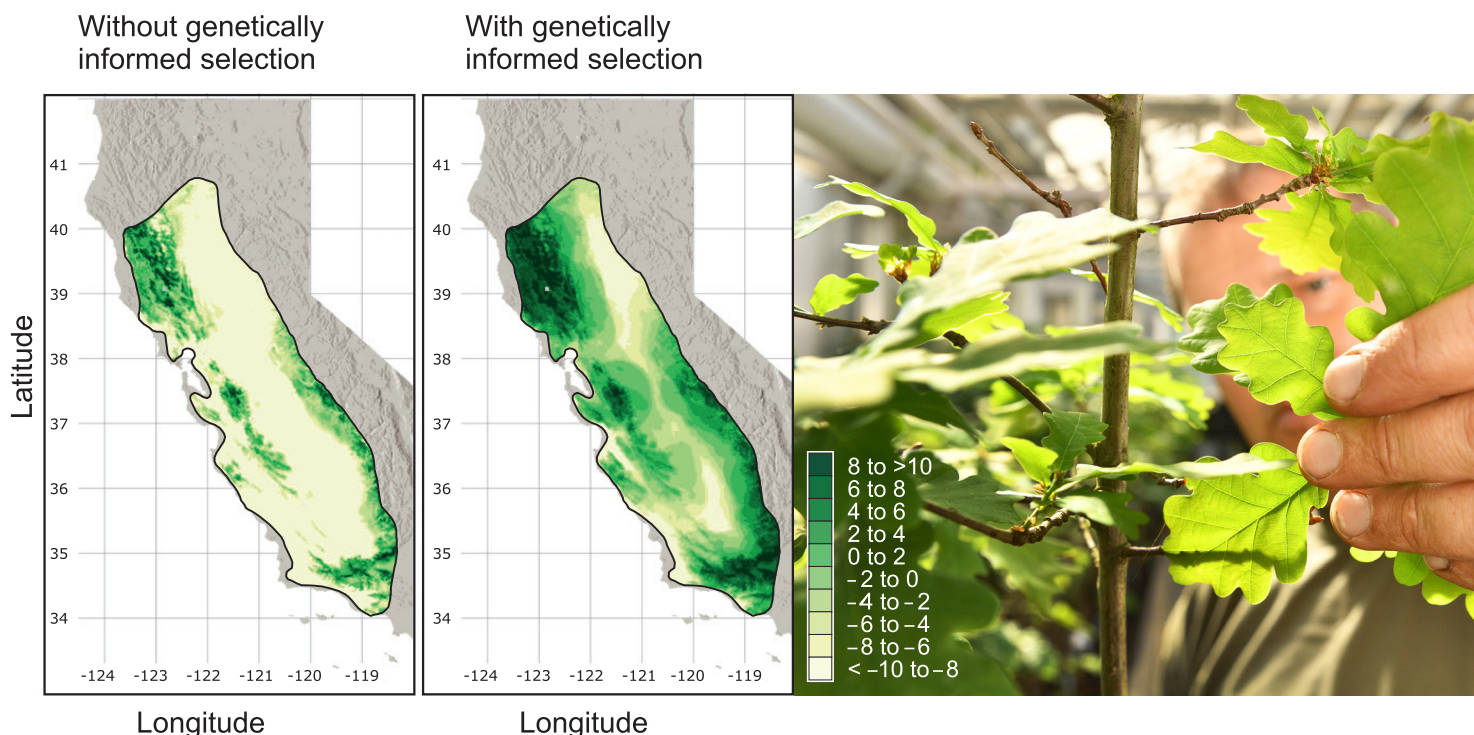
השימוש בכלים גנטיים עבור שימור טבע יכול לשפר את ממשקי הניהול ותוצאותיהם. לדוגמא, [אפיון גנטי של סלמנדרות טייגר מזרחיות](#) הראה כי לאוכלוסיות של מקורות מים בודדים יש מגוון גנטי נמוך בהתאם. ממצא זה הוביל להמלצות ממוקדות לשמירת דרכי הגישה של הסלמנדרות בין מקורות המים המבודדים לטובת שימור המין.

מידע גנטי עשוי לשפר את יעילות ההחלטות של גופים ניהוליים סביבתיים. לדוגמא, פטרייה אקזוטית גורמת למוות של עצי מילה אירופאיים בתוך פרק זמן של 15 שנים. [מחקר](#) הראה כי ניתן להעריך באמצעות מידע גנטי את הרגישות של עצי המילה לפתוגן זה, ובכך לאפשר לגופי ניהול יערות לבחור באופן סלקטיבי את העצים העמידים כצעד הגנטי מושכל. [מחקר](#) אחר השתמש בכלים גנטיים והראה כי ניתן לזהות עמידות של עצים ספציפיים לאקלים חם, מה שיכול לאפשר בעתיד להיערך ולמזער את ההשפעות השליליות של שינויי האקלים הגלובליים.

כמו כן, [מידע גנטי יכול לאפשר ליערנים לקבל החלטות מושכלות לגבי שתילת צמחים במרחב בהתאם לתרחישי שינויי האקלים](#) ובכך לשפר את החוסן העתידי של היערות.

איור: אחוז השינוי הצפוי בקצב הגידול של אלונים בקליפורניה ניה עד שנת 2080.

תמונה: ברירה גנטית של האלון הארופי (*Quercus robur*) שיפור עמידותו לשינויי אקלים.



המלצות בנוגע למדיניות וממשקי ניהול

התוכנית הסביבתית השביעית של האיחוד האירופי, לשנת 2020

עופים 2e, 2e ו-2i מגדירים את מטרות השימור החשובות ביותר; שימור משאבי טבע; הרחבת בסיס הראיות המדעיות עליהן מתבססת המדיניות הסביבתית; שיפור יעילותן של פעולות להגנה על הסביבה והתמודדות עם אירועי אקלים.

לבסיס הידע הגנטי ולשימוש בשיטות ניטור גנטיות יש תפקיד מפתח בייעול הפעולות למיתון השפעותיהם של שינויי האקלים והשינויים במערכת האקולוגית, במיוחד ככל הנוגע למינים ומערכות אקולוגיות שמספקים משאבי טבע חשובים.

תוכנית היערות של האיחוד האירופי (2019)

התוכנית עוסקת בשימור המגוון הביולוגי; שימור, שיקום וחילוץ העמידות של המערכת האקולוגית ביערות, ושל מגוון שירותי המערכת שהן מספקות; תשתיות ירוקות.

ההשפעות החיוביות של שונות גנטית גבוהה במיני עצים על יכולתם של יערות להסתגל לשינויים בסביבה ולפתח התאמות, מתוארות ב**מסמך המדיניות של BiodivERsA**, גם שם מסיקים הכותבים שיש להגביר את השונות הגנטית, ולהגן על מגוון גנטי שנתון בסכנת הכחדה.

מדיניות האיחוד האירופי בנוגע לדיג (2014)

המסמך עוסק בדיג וחקלאות מים ברי קיימא; ממשקים ושיטות עבודה שמשמרים את קצב הגידול של אוכלוסיות הדיג; נקטת זהירות שמתחשבת בהשפעות של הפעילות האנושית על כל חלקי המערכת האקולוגית.

אוכלוסיות דגים קטנות מדי, ובעלות שכיחות גבוהה של רביית שארים, הן בעלות עמידות נמוכה

מסמך מדיניות זה, וההמלצות הכלולות בו, רוכז במסגרת קבוצת שיתוף פעולה אירופאי בתחומי המדע והטכנולוגיה אשר בוחנת שאת השימוש בכלים גנטיים לצורך שמירת טבע ([G-BIKE COST action](#)). בקבוצה זו משתתפים 120 חוקרים ואנשי שמירת טבע מ-24 מדינות. מסקנות דומות לאלו המוצגות כאן בנוגע לשמירת הטבע בעשור הקרוב, נוסחו גם על ידי האיחוד הבינלאומי לשמירת טבע ([IUCN](#): International Union for Conservation of Nature). על מנת לשמר ולשקם את יכולת ההסתגלות של המערכות האקולוגיות לשינויי סביבה, ואת שירותי המערכת שהן מספקות, על מנהלי ממשקים לשמירת טבע וקובעי מדיניות להתייחס לשונות הגנטית בבתי הגידול וליכולת ההסתגלות של מינים בסביבה הטבעית. לשם כך דרוש שימוש רב יותר בכלים גנטיים למטרת שמירת טבע. ניטור השונות הגנטית בכל מדינות האיחוד יכול להשתפר על ידי עדכון ההנחיות על פיהן נקבע מצבם של מינים ([Habitats Directive](#), the [Birds Directive](#)), and the [Marine Strategy Framework Directive](#) and the [Water Framework Directive](#)

לא ניתן עוד להמנע מכימות השונות הגנטית והתחלופה הגנטית בין אוכלוסיות, או להניח הנחות לגבי קיומן ורמתן, כאשר מגבשים הנחיות שעוסקות בשימור המגוון הביולוגי תחת שינויי אקלים. התייחסות מפורשת למדידת השונות הגנטית והתחלופה הגנטית בין אוכלוסיות דרושה בכל עבודות השימור בעידן זה. להלן המלצות לשימוש בכלים גנטיים בתוכניות שימור קיימות.

יעדי אאיצ' ויעדי האו"ם לפיתוח בר-קיימא לשנת 2030

יעדי אאיצ' מספר 5, 6, 7, 12 ו-13 עוסקים במניעת אובדן, שחיקה או קיטוע של בתי גידול; חקלאות, חקלאות מים, דיג וזרימת עצים ברי-קיימא; 11, 13-15 לשימור השונות הגנטית UN SDGs מגוון ביולוגי; תוכנית האו"ם טיט: ערים וקהילות ברות קיימא; פעולות למניעת שינויי אקלים; החיים במים; החיים ביבשה.

שימוש בכלים גנטיים תוך שיתוף פעולה עם חוקרים בתחום יגביר את סיכויי ההצלחה של תוכניות אלו.

תוכנית המגוון הביולוגי של האיחוד האירופי לשנת 2020

המטרות הראשיות ופעולות מספר 9 ו-10: לשמר את המגוון הביולוגי; לשמר מערכות אקולוגיות; להגביר שונות גנטית בחקלאות; לשמר את המגוון הביולוגי במסגרת פרויקטים של פיתוח הכפר.

הערכות וניטור המתבססים על ידע גנטי תהיינה משמעותיות לשיפור יעילות השימור, השיקום והניהול של המגוון הביולוגי.

תוכנית התשתיות הירוקות של האיחוד האירופי

תוכנית זו שמה דגש על הצורך בנתונים עקביים ואמינים, אשר ישקפו את תפקודם של המסדרונות האקולוגיים שמקשרים בין שמורות הטבע, במערכת השמורות האירופית Natura 2000.

אנליזות גנטיות וניטור גנטי הנם קריטיים לביסוס ההערכות בנוגע להגירה של פרטים בין אוכלוסיות ושל תחלופת גנים ביניהן.

רשת החוקרים G-BiKE ממומנת על ידי רשות האיחוד האירופי פיתוח פעולה במדע ובטכנולוגיה (COST) תחת סעיף 18134AC. ברשת יותר מ-021 חוקרים מ-24 מדינות. מסמך מדיניות זה מפורסם על ידי G-BiKE, ומהווה חלק מסדרה שמטרתה לידע את קובעי המדיניות ומנהלי ממשקים לשמירת טבע בנוגע לתוצאות המחקר הגנטי העדכני של המגוון הביולוגי ושל עמידות המערכת האקולוגית.

פרטי קשר:
Cristiano.vernesi@fmach.it

אתר:
www.cost.eu/actions/CA18134

Facebook: www.facebook.com/gbikecost/

Twitter: @gbike_cost: twitter.com/gbike_cost

אתרים שותפים רלוונטיים:

ConGRESS congressgenetics.eu

Baltgene bambi.gu.se/baltgene

