

Μακροχρόνια μελέτη του κυπριακού λουβιού και επιπτώσεις στη στρατηγική διατήρησης των παραδοσιακών ποικιλιών

δρ Διονυσία Φασούλα
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών Α΄
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Το 2009 άρχισε στο Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών ένα ερευνητικό πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης με στόχο τη σε βάθος μελέτη προσαρμογής των παραδοσιακών ποικιλιών και των καλλιεργειών γενικότερα στην τότε αναδυόμενη, και τώρα απολύτως πραγματική, κατάσταση της κλιματικής αλλαγής. Το είδος-μοντέλο που επιλέχθηκε για τον σκοπό αυτό ήταν το παραδοσιακό κυπριακό λουβί.

Με τον όρο «παραδοσιακές ποικιλίες» αναφερόμαστε σε σπόρους που περνούν από γενιά σε γενιά και από παραγωγό σε παραγωγό και έχουν άρρηκτη σύνδεση με τη γεωγραφική περιοχή όπου καλλιεργούνται, καθώς είναι πολύ καλά προσαρμοσμένες στις συνθήκες του ειδικού περιβάλλοντος της περιοχής. Προέκυψαν μέσω φυσικής και ανθρώπινης επιλογής διαμέσου πολλών δεκαετιών ή και αιώνων και έχουν συνδεθεί με τις παραδόσεις και την ιστορία των τοπικών κοινωνιών. Ένα χαρακτηριστικό των παραδοσιακών ποικιλιών που διακρίνεται σχετικά εύκολα και με γυμνό μάτι είναι η απουσία παντελούς ομοιομορφίας μεταξύ των φυτών που τις απαρτίζουν.

Το κυπριακό λουβί ανήκει σε δύο κυρίως κατηγορίες: Υπάρχουν οι **παραδοσιακές ποικιλίες που σπέρνονται νωρίς την άνοιξη** ή ακόμη και τον Φεβρουάριο υπό κάλυψη, και από τις οποίες συγκομίζονται χλωροί λοβοί πολλές φορές μέσα στην καλλιεργητική περίοδο. Χαρακτηριστική είναι η προσωνομία «Επτακοίλι», δηλωτικό του ότι ο χλωρός λοβός μπορεί να συγκομιστεί μέχρι 7 φορές μέχρι να εξαντληθεί η φυτεία και να έρθει το τέλος του βιολογικού κύκλου, περίπου στο τέλος του καλοκαιριού. Οι λοβοί αυτών των ποικιλιών είναι τρυφεροί, λεπτοί και αρκετά μακριοί, ενώ οι σπόροι τους είναι σχετικά μικροί. Υπάρχουν, επίσης, οι **παραδοσιακές ποικιλίες κυπριακού λουβιού που σπέρνονται μέσα στο καλοκαίρι** και συγκομίζονται για σπόρο νωρίς το φθινόπωρο, συνήθως μία ή δύο φορές. Τόσο οι σπόροι όσο και οι λοβοί τους είναι μεγαλύτεροι και ξεχωρίζουν πιο εύκολα από τις προηγούμενες. Και οι δύο κατηγορίες έχουν χαρακτηριστικό γνώρισμα την έρπουσα ανάπτυξη, και μπορεί να απλωθούν σε έκταση μεγαλύτερη του 1-1,5 τετραγωνικού μέτρου ανά φυτό.

Η κεντρική ιδέα του προγράμματος βασίστηκε σε σημαντική προηγούμενη έρευνα σε πειράματα βελτίωσης σίτου (Fasoula, 1990), στην οποία αποδείχθηκε ότι ακόμη και αν όλα τα φυτά μιας εμπορικής ποικιλίας εμφανίζονται εξωτερικά ομοιομορφα, στην πραγματικότητα έχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ τους, αρκεί να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη μεθοδολογία εντοπισμού τους. Βρέθηκε μάλιστα ότι η παραγωγική ικανότητα είναι αρνητικά συσχετισμένη με την ανταγωνιστική ικανότητα. Οι διαφορές αυτές μπορεί να αξιοποιηθούν πολύ αποτελεσματικά για την αναβάθμιση του παραγωγικού δυναμικού και των ποιοτικών χαρακτηριστικών μιας ποικιλίας, και αυτό είναι καλό να γίνεται σε κάθε καλλιεργητική περίοδο ώστε να εξασφαλίζεται η διαρκής προσαρμογή σε κάθε μικροπερίβάλλον. Είναι η έννοια της «αένανης επιλογής» ή «nonstop selection» (Fasoula, 2012), η οποία έχει άμεση σχέση με την ικανότητα προσαρμογής των φυτών στην κλιματική αλλαγή και ισχύει τόσο για τις παραδοσιακές όσο και για τις πιο ομοιομορφες εμπορικές ποικιλίες. Επιπλέον, αν οι διαφορές μεταξύ των φυτών μιας ποικιλίας δεν εντοπιστούν ώστε να απομακρυνθούν τα λιγότερο παραγωγικά φυτά, η ποικιλία οδηγείται σε σταδιακό εκφυλισμό και μείωση της απόδοσης και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της.

Ο σταδιακός εκφυλισμός μιας παραδοσιακής ποικιλίας είναι αόρατος στο γυμνό μάτι, και γι' αυτό είναι δύσκολο να κατανοηθεί η σοβαρότητά του. Όμως, η παραπάνω θεώρηση προσφέρει και την επιστημονική κατανόηση του φαινομένου της παραδοσιακής ανταλλαγής σπόρων μεταξύ γεωργών που έχει καταγραφεί από την αρχαιότητα και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Σύμφωνα με αυτή την αρχαία πρακτική, που καταγράφεται και από τον Θεόφραστο, ήταν συνηθισμένο να χρησιμοποιούνται για σπορά σπόροι που έφερναν οι γεωργοί



Εικόνα 1: Πειράματα αναβάθμισης παραδοσιακού κυπριακού λουβιού με βάση τα Κυψελωτά Σχέδια Επιλογής. Χαρακτηριστικές οι αραιές αποστάσεις μεταξύ φυτών που επιτρέπουν την πλήρη έκφραση του παραγωγικού δυναμικού κάθε φυτού για ακριβείς συγκρίσεις.



Εικόνα 2: Αυξημένη παραγωγή λοβών και σπόρων μετά από τις διαδικασίες βελτίωσης

από άλλες περιοχές, εκτός της δικής τους, χωρίς όμως να υπάρχει μέχρι τώρα ικανοποιητική εξήγηση σχετικά με τους λόγους για τους οποίους επιδιωκόταν η ανταλλαγή.

Με βάση τα παραπάνω, και προκειμένου να εντοπιστούν οι μικρές αλλά σημαντικές διαφορές μεταξύ των φυτών μιας παραδοσιακής ποικιλίας, είναι αναγκαίο τα φυτά να αναπτύσσονται σε αραιές αποστάσεις ώστε να αποκλείεται ο ανταγωνισμός μεταξύ τους και να δίνεται στο κάθε φυτό η δυνατότητα να εκφράσει χωρίς εμπόδια το γενετικό δυναμικό του σε κάθε συγκεκριμένο περιβάλλον. Στην περίπτωση του λουβιού, αυτές οι αποστάσεις μπορεί να ανέλθουν σε 1x1 μέχρι και 2x2 μέτρα (Εικόνα 1). Αν δεν υπάρχει η αναγκαία απόσταση μεταξύ φυτών, η ακίνητη φύση τους και ο τρόπος που αναπτύσσονται στο χωράφι σημαίνει ότι η πρόσβαση στους πόρους ανάπτυξης (θρεπτικά συστατικά, νερό, φως) θα επηρεάζεται άμεσα από τα γεινιάζοντα ριζικά συστήματα και υπέργεια φυτικά τμήματα τα οποία διεκδικούν για δικό τους λογαριασμό τους διαθέσιμους πόρους. Η πυκνοφυτεμένη διάταξη εμποδίζει τον ισότιμο καταμερισμό και άρα την ισότιμη ανάπτυξη και τις αντικειμενικές συγκρίσεις. Με τη χρήση κατάλληλης μεθοδολογίας βελτίωσης και κατάλληλων πειραματικών σχεδίων, που είναι γνωστά ως Κυψελωτά Σχέδια Επιλογής, γίνονται αξιόπιστες συγκρίσεις μεταξύ των φυτών και επιλογή των πραγματικά παραγωγικότερων σε κάθε περιβάλλον που μας ενδιαφέρει ώστε να παραμείνουν για διατήρηση της ποικιλίας μόνον τα υπέρτερα φυτά.

Αυτά τα υπέρτερα φυτά δίνουν τον σπόρο για την επόμενη καλλιεργητική περίοδο, οπότε η σπορά σε συνθήκες γεωργού, δηλαδή συνθήκες πυκνής σποράς, συνεχίζεται κανονικά (Εικόνα 2). Συνοψίζοντας τα εντυπωσιακά μέχρι τώρα ευρήματα της έρευνας, διαπιστώθηκε ότι ο σπόρος που χρησιμοποιούν οι γεωργοί είναι πολύ συχνά ένα μείγμα φυτών με πολύ διαφορετικές παραγωγικές δυνατότητες. Κάποια από αυτά μπορεί να είναι σχεδόν άγονα, σχηματίζοντας ελάχιστους λοβούς, κάποια είναι πολύ όψιμα και επηρεάζονται έντονα από τη φωτοπερίοδο,

κάποια δίνουν πολλή φυτομάζα και λίγους λοβούς, ενώ κάποια είναι εξαιρετικά φυτά, με πολύ καλή αναλογία λοβών-φυτομάζας. Η αύξηση της απόδοσης σε λοβούς που έχει επιτευχθεί μέχρι τώρα στο κυπριακό λουβί σε σχέση με το αρχικό υλικό υπερβαίνει το 20% και συνεχίζεται (Ομιρού et al., 2019). Στο πρόγραμμα περιλαμβάνονται και καινοτόμες δράσεις Συμμετοχικής Βελτίωσης στις οποίες συμμετέχουν παραγωγοί από διάφορες επαρχίες που εκπαιδεύονται κατάλληλα.

Επιπλέον, στο πλαίσιο της προσπάθειας μείωσης της χρήσης των αζωτούχων λιπασμάτων στην καλλιέργεια, έγινε απομόνωση μικροοργανισμών από τις ρίζες του κυπριακού λουβιού, οι οποίοι δεσμεύουν το άζωτο που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και το διαθέτουν στα φυτά. Αυτή η προσπάθεια γίνεται ταυτόχρονα με τη βελτίωση της παραγωγικότητας, και η ερευνητική μας ομάδα διαθέτει αρκετές απομονώσεις μικροοργανισμών οι οποίες παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την περαιτέρω χρήση τους στη γεωργία. Η ερευνητική ομάδα του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών περιλαμβάνει, επίσης, τους ερευνητές δρ Μιχάλη Ομήρου και δρ Ιωάννη Μ. Ιωαννίδη, και ένα μεγάλο μέρος των αποτελεσμάτων έχει ήδη δημοσιευθεί σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά. Όλες οι παραπάνω δράσεις στοχεύουν και πραγματοποιούνται σε ένα πλαίσιο ενίσχυσης των μικρών γεωργών και των τοπικών παραγωγών και κοινοτήτων.

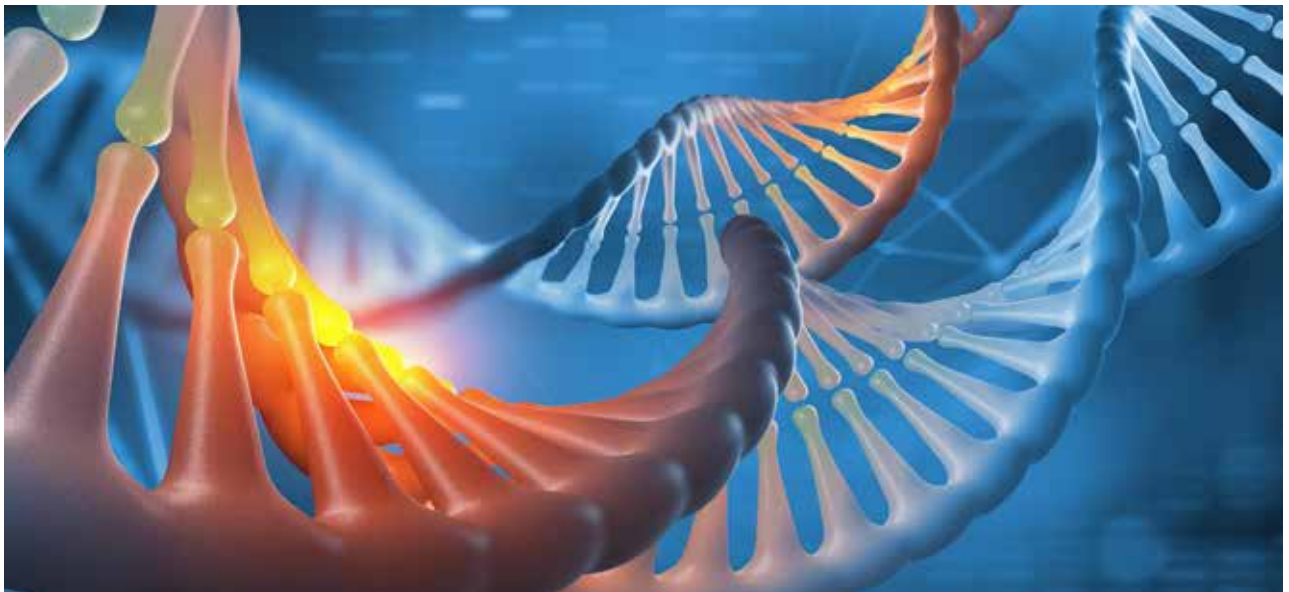
Βιβλιογραφία:

1. Fasoula, D.A. (1990). Correlations between auto-, allo-, and nil-competition and their implications in plant breeding. *Euphytica* 50:57-62.
2. Fasoula, D.A. (2012). Nonstop selection for high and stable crop yield by two prognostic equations to reduce yield losses. *Agriculture* 2012, 2, 211-227. (doi:10.3390/agriculture2030211).
3. Omirou, M., Ioannides M.I., Fasoula D. (2019). Optimizing Resource Allocation in a Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Landrace through Whole-Plant Field Phenotyping and Non-stop Selection to Sustain Increased Genetic Gain across a Decade. *Frontiers in Plant Science* (doi.org/10.3389/fpls.2019.00949).

Σύγχρονες μέθοδοι γενετικής αξιολόγησης και βελτίωσης αιγοπροβάτων

δρ Γεωργία Χατζηπαύλου
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών Α'
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Η γενετική μελέτη και η αξιολόγηση των ζώων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση των παραγωγικών και αναπαραγωγικών χαρακτηριστικών τους καθώς και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητάς τους σε ασθένειες. Έχει ως αποτέλεσμα την επιλογή για αναπαραγωγή των γενετικά ανώτερων ζώων. Όμως, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει γενετική αξιολόγηση είναι η γνώση κάποιων στοιχείων για το γενετικό υπόβαθρο του κάθε ζώου. Η γενετική ταυτότητα ενός ζώου αφορά το τι έχει κληρονομήσει από τους γονείς και τους προγόνους του και τυχόν ευνοϊκές (ή μη) γενετικές μεταλλαγές που έγιναν στο ίδιο από τη φύση. Η γενετική ταυτότητα κατευθύνει σε μεγάλο βαθμό τις δραστηριότητες ενός ζώου και, μαζί με τις περιβαλλοντικές και διαχειριστικές επιδράσεις, καθορίζει την απόδοσή του. Με βάση, λοιπόν, τις διαφορές στη γενετική ταυτότητα των ζώων, δίνεται η ευκαιρία να αξιολογηθούν και να επιλεγούν τα καλύτερα ώστε, με φυσικό τρόπο, να επιτευχθεί γενετική βελτίωση στην επόμενη γενιά.



Εδώ και δεκαετίες, επιστήμονες ανά το παγκόσμιο, αλλά και στο Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ) στην Κύπρο, διεξάγουν μελέτες στις οποίες χρησιμοποιούνται γενετικές μέθοδοι για τη βελτίωση των αγροτικών ζώων. Μέχρι και τη δεκαετία του '90, η έρευνα αποσκοπούσε στη συνολική αξιολόγηση της γενετικής ταυτότητας ενός ζώου με μεθόδους ποσοτικής γενετικής. Οι σύγχρονες ερευνητικές δραστηριότητες στοχεύουν στην ανίχνευση και περιγραφή τμημάτων του γενετικού υλικού (DNA) ή γονιδίων που επηρεάζουν συγκεκριμένες λειτουργίες των ζώων, όπως για παράδειγμα η γαλακτοπαραγωγή. Όσον αφορά τα αιγοπρόβατα βρίσκονται σε εξέλιξη ανά το παγκόσμιο διάφορες γενετικές και γονιδιωματικές μελέτες που αφορούν τη γαλακτοπαραγωγή, την αναπαραγωγή, την προσαρμοστικότητα στην κλιματική αλλαγή και άλλες παραμέτρους.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διεξαγωγή γονιδιωματικών αναλύσεων και γενετικής βελτίωσης σε ζώα, όπως και σε φυτά, δεν έχει καμία σχέση με τη γενετική τροποποίηση οργανισμών που καταναλώνονται ως τρόφιμα. Η γενετική τροποποίηση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται κυρίως στα φυτά και στην οποία γίνονται αλλαγές, επεμβάσεις δηλαδή στο DNA των φυτών που μελετώνται, συνήθως με αλλαγή ενός γονιδίου, με στόχο τη δημιουργία οργανισμών με αντοχή σε ασθένειες ή το να προσδώσουν κάποια άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά σε αυτούς. Οι γενετικές ή γονιδιωματικές αναλύσεις αλλά και η γενετική βελτίωση χωρίς επεμβατικές μεθόδους στα ζώα και τα φυτά δεν περιλαμβάνουν γενετική τροποποίηση των οργανισμών αυτών. Στο ΙΓΕ, στο πλαίσιο των διαφόρων

ερευνητικών δραστηριοτήτων, δεν γίνεται καμία επέμβαση στο γονιδίωμα, το DNA δηλαδή των ζώων ή φυτών που μελετώνται αλλά ούτε και σε πειράματα που θα διεξαχθούν στο εγγύς μέλλον προβλέπεται κάτι τέτοιο.

Οι γενετικές αναλύσεις έχουν ως στόχο να αποκαλύψουν τις υφιστάμενες διαφορές που έχουν μεταξύ τους οι οργανισμοί με βάση το γενετικό τους υπόβαθρο. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τόσο οι αγρότες όσο και οι κτηνοτρόφοι σε όλο τον κόσμο, εν αγνοία τους, κάνουν γενετική βελτίωση εδώ και χιλιάδες χρόνια σε φυτά και ζώα, με το να επιλέγουν χωρίς επιστημονικές μεθόδους τα καλύτερα, κατά τη γνώμη τους, φυτά για να καλλιεργήσουν ή ζώα για να αναπαράγουν. Η αποτελεσματικότητα της επιλογής με βάση τα χαρακτηριστικά των ζώων που προτιμώνται από τους κτηνοτρόφους διαφέρει ανάλογα με το χαρακτηριστικό και με βάση: α) τον συσχετισμό του φαινότυπου με τον γενότυπο του ζώου, και β) την κληρονομικότητα του εκάστοτε χαρακτηριστικού. Συγκεκριμένα, όταν ο φαινότυπος που καταγράφει ο κτηνοτρόφος αποδίδει απόλυτα τον γενότυπο που κουβαλά το ζώο, και όσο μεγαλύτερη είναι η κληρονομικότητα του εν λόγω χαρακτηριστικού, τόσο πιο εύκολο και άμεσο είναι να επιλεγούν απόγονοι με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Όμως, αυτό δεν είναι εφικτό για πλείστα από τα επιθυμητά παραγωγικά και άλλα χαρακτηριστικά των ζώων, λόγω του ότι ρυθμίζονται συνήθως από πολλά γονίδια, η κληρονομικότητα των οποίων χρειάζεται αρκετή ερευνητική εργασία για να υπολογιστεί. Για τον σκοπό αυτό, οι σύγχρονες μέθοδοι γενετικής αξιολόγησης και βελτίωσης λαμβάνουν υπόψη και συγκεκριμένες γενετικές πληροφορίες για τα ζώα υπό αξιολόγηση.

Συγκεκριμένα, η γενετική επιλογή ζώων βασίζεται τις τελευταίες δεκαετίες στη χρήση γενετικών δεικτών ή τη γενομική επιλογή. Οι γενετικοί δείκτες επιτρέπουν τον «άμεσο» συσχετισμό με χαρακτηριστικά οικονομικής ή άλλης σημασίας. Οι δείκτες μπορεί να αφορούν ομάδα γονιδίων ή συγκεκριμένο γονίδιο ή τμήμα γονιδίου ή πολυμορφισμό σε ένα ή περισσότερα νουκλεοτίδια εντός ενός γονιδίου. Προϋποθέσεις για επιτυχή χρήση ενός γενετικού δείκτη είναι αυτός να ταυτοποιηθεί τόσο ως πολυμορφισμός όσο και ως θέση εντός του γονιδιώματος του ζώου για να μπορεί να ανευρεθεί και σε άλλα ζώα, εάν υπάρχει.

Για να μπορέσει ο γενετικός δείκτης να τεθεί σε ευρεία χρήση εντός μιας φυλής ή πληθυσμού ζώων μοριακών δεικτών για επιλογή, πέραν της ανεύρεσης και ταυτοποίησης του πολυμορφισμού, συγκεκριμένες παραλλαγές του πρέπει να προκαλούν διαφοροποίηση στον φαινότυπο των ζώων και η διαφοροποίηση αυτή να ποσοτικοποιηθεί.



Επιπλέον, προτού η ταυτοποίηση του γενετικού δείκτη τεθεί σε ευρεία εφαρμογή σε πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης, θα πρέπει να εξεταστεί κατά πόσον έχει οποιαδήποτε αρνητική ή μη επιθυμητή επίδραση σε άλλα χαρακτηριστικά του ζώου, όπως η ικανότητα αναπαραγωγής του, η υγεία του και άλλα, ώστε να αξιολογηθεί το πραγματικό όφελος του πολυμορφισμού για το ζώο και τον κτηνοτρόφο. Επίσης, είναι σημαντικό να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη και η δράση του και σε άλλους πληθυσμούς, μη συγγενικούς με τον πληθυσμό στον οποίο ανακαλύφθηκε και ει δυνατόν και σε άλλες φυλές. Τέλος, είναι επιθυμητό να διερευνηθεί περαιτέρω ο μοριακός μηχανισμός δράσης ενός πολυμορφισμού που προσδίδει επιθυμητά χαρακτηριστικά στα ζώα που τον φέρουν ώστε να επαληθευθεί ότι ο συγκεκριμένος πολυμορφισμός δρα απευθείας στον υπό εξέταση φαινότυπο και όχι μέσω στενής, μη ανιχνευμένης γενετικής σύνδεσης με άγνωστο γονίδιο ή άλλο πολυμορφισμό.

Τα τελευταία χρόνια στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου έχει γίνει σχετική επαλήθευση και ευρύτερη εξέταση των ευρημάτων έρευνας σε συνεργασία με το ΙΓΕ, σχετικά με τη στατιστικά σημαντική συσχέτιση συγκεκριμένου πολυμορφισμού (g.2982T>C) στο γονίδιο ACAA2 με την ολική γαλακτοπαραγωγή των προβάτων, με την επίδραση να είναι εντονότερη κατά την πρώτη γαλακτική περίοδο. Η καινοτόμα αυτή ανακάλυψη έγινε αρχικά σε ζώα της πειραματικής Έπαυλης Αθαλάσσης του ΙΓΕ, με τη στατιστική ανάλυση να διενεργείται από λειτουργό του ΙΓΕ, και τα αποτελέσματα να δημοσιεύονται σε έγκριτο περιοδικό το 2012. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ότι οι προβατίνες-φορείς ενός αντίγραφου του «ευνοϊκού» αλληλόμορφου παράγουν 21 κιλά επιπλέον

γάλα σε σχέση με ζώα που δεν έχουν το εν λόγω αντίγραφο, ενώ προβατίνες με δύο αντίγραφα (ΤΤ) παράγουν 26,7 κιλά περισσότερο γάλα στην πρώτη γαλακτική περίοδο απ' ό,τι οι προβατίνες με τον γενότυπο CC.



Η πιο σύγχρονη μέθοδος συνολικής αξιολόγησης και επιλογής με εφαρμογή στα αιγοπρόβατα την τελευταία δεκαετία είναι η γενομική επιλογή. Με τη μέθοδο αυτή, οι ερευνητές και βελτιωτές διαφόρων φυλών αγροτικών ζώων (ή ειδών γεωργικών φυτών) επικεντρώνονται σε μεθόδους ευρείας γενετικής ταυτοποίησης του γονιδιώματος ενός πληθυσμού αναφοράς και στον υπολογισμό της συνολικής επίδρασης όλων των πολυμορφισμών που εντοπίζονται στα χαρακτηριστικά των ζώων που επιθυμούν να βελτιώσουν και για τα οποία έχουν καταγράψει μεγάλο αριθμό φαινοτύπων. Κάτι τέτοιο απαιτεί σημαντικά αυξημένο αριθμό γονοτυπήσεων και, επομένως, αυξημένο κόστος για να είναι αξιόπιστα τα αποτελέσματα. Το όφελος αυτής της προσέγγισης είναι το γεγονός ότι τα αποτελέσματα έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια και επισπεύδεται η γενετική πρόοδος στις επόμενες γενιές. Αυτήν την καινοτόμα προσέγγιση πρόκειται να ακολουθήσει το ΙΓΕ, συνεικουρούμενο από τους εμπειρογνώμονες συνεργάτες του από ερευνητικά ιδρύματα του εξωτερικού, στο πρόγραμμα AGRICYGEN, η υλοποίηση του οποίου αναμένεται να ξεκινήσει το 2021, με 100% κρατική χρηματοδότηση.

