*Το παρόν κείμενο βασίζεται σε ανασκόπηση της ακαδημαϊκής βιβλιογραφίας από τον Chris Warburton Brown του οργανισμού Permaculture Association (Βρετανία) στο πλαίσιο του συνεργατικού μας έργου στο Παρατηρητήριο GROW.*

*Το Παρατηρητήριο GROW έχει λάβει χρηματοδότηση από το πρόγραμμα έρευνας και καινοτομίας Ορίζοντας 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπό την συμφωνία επιχορήγησης αριθ. 690199.*

**Βιβλιογραφική ανασκόπηση των πρακτικών καλλιέργειας χωρίς σκάψιμο και χωρίς όργωμα (και της γεωργίας συντήρησης)**

*Δρ. Chris Warburton Brown, Μάιος 2019*

Παραδοσιακά, οι παραγωγοί αρόσιμων καλλιεργειών όργωναν με το άροτρο, ενώ οι κηπουροί έσκαβαν το έδαφός τους με το φτυάρι. Αυτό γινόταν προκειμένου να γίνεται καλά το όργωμα, να απομακρύνουν τα ζιζάνια, να διαλύουν το βαρύ χώμα, να ξετρυπώνουν παθογόνους μικροοργανισμούς, να ενσωματώνουν την κοπριά, να αυξάνουν τη διείσδυση του νερού και να κάνουν πιο εύκολα την σπορά. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, σε όλα τα μέρη του πλανήτη έχει αυξηθεί η δημοτικότητα των αγροτικών συστημάτων χωρίς όργωμα (μη άροσης). Πολύ απλά, η καλλιέργεια χωρίς όργωμα είναι ένας τρόπος ανάπτυξης καλλιεργειών ή βοσκοτόπων χωρίς να διαταράσσεται το έδαφος.

Η επιστημονική βιβλιογραφία σχετικά με τα συστήματα μη άροσης είναι πλέον τεράστια. Η παρούσα ανασκόπηση ξεκινά με ορισμό των βασικών όρων. Μετά από αυτό, θα παρουσιάσω τα ισχυρισθέντα οφέλη της μη άροσης, και στη συνέχεια θα εξετάσω το καθένα διεξοδικά. Όπου αυτό είναι δυνατόν, η εστίαση θα βρίσκεται στα πειράματα πεδίου. Η ανασκόπηση θα στραφεί στη συνέχεια στα αποδεικτικά στοιχεία για την πρακτική μη άροσης σε οικιακή κλίμακα, η οποία ονομάζεται κηπουρική χωρίς σκάψιμο.

Ορισμός της καλλιέργειας χωρίς όργωμα (μη άροσης)

*Επικεφαλίδα: Υφίσταται κάποια σύγχυση όσον αφορά τη χρήση των όρων, καθώς αυτοί μπορούν να καλύπτουν πολύ διαφορετικές πρακτικές. Το γεγονός αυτό προκάλεσε ορισμένες ασυνέπειες στα συμπεράσματα των ερευνών. Ο FAO παρέχει σαφή ορισμό της Γεωργίας Συντήρησης: γεωργία χωρίς όργωμα που συνδυάζεται με συνεχή φυτοκάλυψη του εδάφους και ποικιλία / εναλλαγή των καλλιεργειών.*

Οι όροι «χωρίς όργωμα / άροση» και «χωρίς σκάψιμο» φαίνονται αυτονόητοι. Ωστόσο, ο Derpsch και οι συνεργάτες του (2014) εξέφρασαν την ανησυχία ότι «εάν πάνω από το 50% της επιφάνειας του εδάφους είναι διαταραγμένο ... τότε το σύστημα δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλλιέργεια χωρίς όργωμα και πρέπει να οριστεί ως καλλιέργεια με όργωμα και εδαφοκάλυμμα ή καλλιέργεια κάποιας άλλης μορφής» (17). Η σύγχυση αυτή έχει προκαλέσει ασυνέπειες και αντιφάσεις στα διάφορα ερευνητικά συμπεράσματα. Ο Reicosky (2015) ισχυρίστηκε ότι εξίσου μεγάλη σύγχυση προκαλεί ο όρος «άροση συντήρησης». Αναφέρει τους Baker et al. (2002), οι οποίοι εντόπισαν 14 διαφορετικές ονομασίες για την καλλιέργεια μειωμένης άροσης. Οι Mannering και Fenster (1983) ορίζουν την άροση συντήρησης ως ευρύ όρο που χρησιμοποιείται για «οποιοδήποτε» σύστημα αρόσεως και συμφωνούν ότι αυτό έχει προκαλέσει σύγχυση.

Προς επίλυση αυτής της σύγχυσης, το 2013 ο FAO παρήγαγε σαφή ορισμό της «Γεωργίας Συντήρησης», ο οποίος υπερβαίνει τα όρια του ορισμού της μη άροσης: (FAO,2013)

1. **Ελάχιστη μηχανική διατάραξη εδάφους:** Λιγότερο από το 25% της καλλιεργούμενης περιοχής.
2. **Μόνιμη οργανική κάλυψη εδάφους:** Διακρίνονται τρεις κατηγορίες: Κάλυψη εδάφους σε ποσοστό 30-60%, >60-90% και >90%.
3. **Διαφοροποίηση ειδών:** Η εναλλαγή/ σύνδεση πρέπει να περιλαμβάνει τουλάχιστον 3 διαφορετικές καλλιέργειες.

Η προσέγγιση αυτή θεωρεί τα οφέλη από τη μη άροση, τη μόνιμη φυτοκάλυψη και τη διαφοροποίηση των ειδών αμοιβαία ενισχυτικά.

Στην παρούσα ανασκόπηση θα χρησιμοποιηθούν τρεις βασικοί όροι: Καλλιέργεια χωρίς άροση (ΚΧΑ), Γεωργία Συντήρησης (ΓΣ) και Συμβατική Καλλιέργεια / Καλλιέργεια με όργωμα (ΣΚ).

Η παγκόσμια έκταση της γεωργίας μη άροσης και τα οφέλη της

*Επικεφαλίδα: Το 2009 καλλιεργήθηκαν 111 εκατομμύρια εκτάρια ΚΧΑ παγκοσμίως, σημειώνοντας ετήσια αύξηση 6 εκατομμυρίων εκταρίων. Τα επτά βασικά οφέλη για τα οποία αναφέρονται ισχυρισμοί είναι η μείωση της διάβρωσης του εδάφους, η αύξηση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία, η αύξηση του πληθυσμού των γαιοσκωλήκων, η αύξηση του πληθυσμού της άγριας πανίδας, η αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άνθρακα, η βελτίωση της απόδοσης και η βελτίωση των ιδιοτήτων και της αναπαραγωγικής ικανότητας του εδάφους.*

Το 2010, οι Derpsch et al κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι καλλιεργήθηκαν παγκοσμίως με συστήματα ΚΧΑ 111 εκατομμύρια εκτάρια γης, με ρυθμό ανάπτυξης 6 εκατομμυρίων εκταρίων ετησίως. Τα ταχύτερα ποσοστά υιοθέτησης σημείωσε η Νότια Αμερική. Οι Lindwall και Sonntag (2010) παρουσίασαν μια μελέτη περίπτωσης σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η ΚΧΑ αντικατέστησε την ΣΚ ως βασική τεχνική καλλιέργειας σιταριού στον Καναδά. Ο Derpsch και οι συνάδελφοί του (2017) ισχυρίστηκαν ότι «η γεωργία μη άροσης προσφέρει... ευρύ φάσμα οικονομικών, περιβαλλοντικών και κοινωνικών οφελών... [και] δίνει στη γεωργία τη δυνατότητα να αντιδρά σε ορισμένες παγκόσμιες προκλήσεις». Η ανασκόπηση πάνω από 200 μελετών από τον Holland (2004) κατέδειξε ότι η ΚΧΑ μειώνει την κατανάλωση ενέργειας, αυξάνει την παγίδευση άνθρακα, βελτιώνει τη βιοποικιλότητα, μειώνει τον κορεσμό με νερό, την ξηρασία, την απορροή και τη ρύπανση, αναπτύσσει έδαφος πλούσιο σε ζώντες οργανισμούς και βελτιώνει την ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών. Ωστόσο, ο Holland τόνισε ότι ορισμένα ευρήματα πρέπει να αντιμετωπίζονται με προσοχή μέχρι να μπορέσουν να επαληθευτούν σε μεγαλύτερη κλίμακα. Οι Grandy et al (2006) παρουσίασαν ερευνητικά επιχειρήματα προκειμένου για την ευρύτερη υιοθέτηση της μόνιμης ΚΧΑ, υποστηρίζοντας ότι οι μακροπρόθεσμες αποδόσεις μπορούν να είναι ίσες ή μεγαλύτερες από αυτές της ΣΚ και ότι με την πάροδο του χρόνου αυξάνεται η διαθεσιμότητα αζώτου και άνθρακα στα φυτά.

Τα πολλά ισχυρισθέντα οφέλη της ΚΧΑ όπως αυτά αναφέρονται στη βιβλιογραφία κατηγοριοποιούνται σε 7 τομείς:

1. Μείωση της διάβρωσης του εδάφους
2. Αύξηση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία
3. Αύξηση των πληθυσμών γαιοσκωλήκων
4. Αύξηση των πληθυσμών άγριας πανίδας
5. Αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άνθρακα
6. Βελτίωση των αποδόσεων
7. Βελτίωση των ιδιοτήτων και της αναπαραγωγικής ικανότητας του εδάφους

Μείωση της διάβρωσης του εδάφους

*Επικεφαλίδα: Πειραματικές μελέτες έδειξαν σε σταθερή βάση ότι τα εδάφη που δεν υφίστανται άροση σε συνδυασμό με συνεχή φυτοκάλυψη παρουσιάζουν πολύ χαμηλή ευαισθησία τόσο στη διάβρωση του νερού όσο και στην αιολική διάβρωση σε όλες τις κλιματικές ζώνες.*

Ο Keesstraa και οι συνάδελφοί του (2016) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η διάβρωση του εδάφους σε οπωρώνες με βερικοκιές στην Βαλένθια της Ισπανίας ήταν 45,5 φορές μεγαλύτερη σε εδάφη στα οποία γίνεται χρήση ζιζανιοκτόνων σε σχέση με μόνιμα καλυμμένα εδάφη που δεν υφίστανται άροση. Οι Mendez και Buschiazzo (2010) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η αιολική διάβρωση ήταν χαμηλότερη στις καλλιέργειες σιταριού χωρίς όργωμα και με εδαφοκάλυμμα από υπολείμματα φυτών, οι οποίες βρίσκονται στις ημιάνυδρες περιοχές των πάμπας στην Αργεντινή. Το πείραμα του Prasuhn (2010) στην κεντρική Ελβετία ήταν ασυνήθιστο, καθώς κάλυπτε μια πλήρη λεκάνη απορροής: η μέση απώλεια εδάφους στα χωράφια ΚΧΑ ήταν μια τάξη μεγέθους μικρότερη από αυτή των οργωμένων χωραφιών. Οι Mchunu et al (2010) αξιολόγησαν τις απώλειες εδάφους στα παραδοσιακά χωράφια αραβοσίτου μικρής κλίμακας στη Νότια Αφρική με ΚΧΑ και ΣΚ, με 10% κάλυψη από υλικό υπολειμμάτων καλλιεργειών: στις ΚΧΑ ο οργανικός άνθρακας του άνω τμήματος του εδάφους ήταν 26% υψηλότερος και οι απώλειες εδάφους κατά 68% χαμηλότερες. Οι Labrière et al (2015) εξέτασαν μελέτες από 21 τροπικές χώρες με υγρασία για να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι από μόνη της η ΚΧΑ δεν επαρκεί για την πρόληψη της βαριάς διάβρωσης, ωστόσο σε συνδυασμό με κλιμακωτές και εναλλασσόμενες καλλιέργειες μπορεί να επιφέρει σημαντικές μειώσεις στην απώλεια εδάφους.

Αύξηση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία

*Επικεφαλίδα: Υπάρχουν αρκετά πειραματικά αποδεικτικά στοιχεία σχετικά με τη δυνατότητα της γεωργίας συντήρησης να σταθεροποιεί τις αποδόσεις των ημιάνυδρων περιοχών κατά τα έτη ξηρασίας. Ωστόσο, η βάση τεκμηρίωσης και ο βαθμός στον οποίο τέτοιες πρακτικές έχουν πράγματι υιοθετηθεί από μικροκαλλιεργητές στην Αφρική αμφισβητούνται.*

Μια ανασκόπηση του Mazvimavi (2016) εξέτασε 100 έγγραφα που κάλυπταν τη συμβολή της ΓΣ στην ανθεκτικότητα στην ξηρασία στην υποσαχάρια Αφρική. Φαίνεται ότι η ΓΣ παρέχει βελτιωμένη ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή και την ξηρασία. Ωστόσο, τα δεδομένα σχετικά με τα οφέλη της ΓΣ υπό μη πειραματικές συνθήκες είναι περιορισμένα. Οι Bescansa et al (2006) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι στην ημιάνυδρη βόρεια Ισπανία η διαθέσιμη χωρητικότητα ύδατος ήταν μεγαλύτερη στις ΚΧΑ, με γενικά παρόμοιες αποδόσεις, εκτός από τα ξηρότερα έτη κατά τα οποία η παραγωγή των ΚΧΑ ήταν μεγαλύτερη. Η ισοδυναμία αυτή μεταξύ των αποδόσεων των ΣΚ και των ΚΧΑ, με καλύτερες ωστόσο αποδόσεις της ΚΧΑ κατά τα έτη ξηρασίας, διαπιστώθηκε και σε πειράματα που έγιναν σε καλλιέργειες σκληρού σίτου στην Ιταλία (Devita et al 2007) και αραβόσιτου στην Κίνα (He et al 2011).

Τα συμπεράσματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με εκείνα των Materechera et al (1997), οι οποίοι εξέτασαν την ανάπτυξη του αραβοσίτου σε συστήματα καλλιέργειας στις κορυφογραμμές του Μαλάουι, όπου στις ΣΚ η αντίσταση διείσδυσης ήταν μικρότερη και οι αποδόσεις 5% υψηλότερες. Ωστόσο, η χρήση της ΚΧΑ είχε ως αποτέλεσμα την αξιοσημείωτη μείωση του χρόνου εργασίας ενώ οι αποδόσεις του καλαμποκιού συνέχισαν να υπερβαίνουν τους 4 τόνους ανά εκτάριο. Το 2013 η Διακήρυξη της Νεμπράσκα για τη Γεωργία Συντήρησης, η οποία υπογράφηκε από 43 επιστήμονες από ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων, παρείχε μια σκεπτικιστική εκτίμηση της τρέχουσας βάσης τεκμηρίωσης για την ΓΣ στην υποσαχάρια Αφρική και απεύθυνε έκκληση για περισσότερη έρευνα. Ισχυρίστηκαν ότι η τεκμηρίωση σχετικά με την ευρεία υιοθέτηση της ΓΣ από μικροκαλλιεργητές ήταν ελάχιστη.

Αύξηση των πληθυσμών γαιοσκωλήκων

*Επικεφαλίδα: Ένα πεδίο με αρκετά εκτεταμένη έρευνα, με πειραματικές μελέτες που επιβεβαιώνουν την ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της ΚΧΑ και της αύξησης των πληθυσμών γαιοσκωλήκων, ειδικά όταν η ΚΧΑ συνδυάζεται με τακτική ενίσχυση με κοπριά και συνεχή φυτοκάλυψη.*

Οι γαιοσκώληκες επιδρούν θετικά στην ανάπτυξη της δομής του εδάφους, τη ρύθμιση των υδάτων, την κυκλοφορία των θρεπτικών συστατικών, την πρωτογενή παραγωγή, τη ρύθμιση του κλίματος, την αποκατάστασης της ρύπανσης και τις καλλιεργητικές υπηρεσίες (Bertrand et al. 2015). Μετά από ανασκόπηση 28 μελετών πεδίου κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η άροση τείνει να μειώνει τους πληθυσμούς των γαιοσκωλήκων. Τα ευρήματα αυτά επιβεβαιώθηκαν και από πειράματα πεδίου στη Γαλλία, το Οντάριο και το Τενεσί. Η γαλλική μελέτη (Pelosi et al 2009) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η βιομάζα γαιοσκωλήκων σε σύστημα ζωντανού εδαφοκαλύμματος (σε ΚΧΑ) ήταν 3 έως 12 φορές μεγαλύτερη από ότι στις ΣΚ. Η μελέτη του Οντάριο (Fox et al 2017) έδειξε ότι η μετατροπή των ΣΚ σε ΚΧΑ είχε ως αποτέλεσμα συνεχείς ετήσιες αυξήσεις των πληθυσμών γαιοσκωλήκων. Η μελέτη του Τενεσί (Ashworth et al. 2017) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι ΚΧΑ με χρήση κοπριάς πουλερικών και υπολειμμάτων των καλλιεργειών υπήρξαν ιδιαίτερα ωφέλιμες για τα σκουλήκια, ωστόσο με έναν πρόσθετο περιορισμό: σε συνεχή καλλιέργεια βαμβακιού, στην οποία γίνεται έντονη χρήση φυτοφαρμάκων, οι πληθυσμοί σκουληκιών μειώθηκαν κατά το ήμισυ.

Αύξηση των πληθυσμών άγριας πανίδας

*Επικεφαλίδα: Στον τομέα αυτόν έχει πραγματοποιηθεί εξαιρετικά ελάχιστη πειραματική εργασία. Ωστόσο, μελέτες υποδηλώνουν σημαντική αύξηση των πληθυσμών άγριας πανίδας στα συστήματα ΚΧΑ σε σύγκριση με συστήματα ΣΚ.*

Οι Van Beek et al (2014) συνέκριναν τις κοινότητες πτηνών σε καλλιέργειες ΣΚ και ΚΧΑ σε χωράφια σόγιας στο Ιλινόις των ΗΠΑ: Στις ΚΧΑ παρατηρήθηκε μεγαλύτερη πυκνότητα πτηνών, φωλεοποίησης και συντήρησης. Οι Witmer et al (2007) καταμέτρησαν τους πληθυσμούς τρωκτικών και εξέτασαν διαφορετικές μεθόδους ελέγχου στην Ουάσινγκτον των ΗΠΑ: οι πληθυσμοί των ποντικιών ήταν πολύ μεγαλύτεροι στα χωράφια ΚΧΑ και μπορούν να καταστρέψουν το 5-15% των καλλιεργειών μπιζελιού. Όλες οι μέθοδοι ελέγχου οι οποίες δοκιμάστηκαν αποδείχθηκαν ανεπιτυχείς. Οι Santlema et al (2006) μοντελοποίησαν τα αποτελέσματα της βιοποικιλότητας σε πέντε διαφορετικά σενάρια σε γεωργικές καλλιέργειες στην Αϊόβα των Η.Π.Α. Το «σενάριο βιοποικιλότητας» περιλάμβανε 32% άροση συντήρησης και παρήγαγε υψηλότερους πληθυσμούς γηγενών πτηνών, αμφιβίων, θηλαστικών και σπάνιων ειδών από το προ-γεωργικό άγριο τοπίο. Αυτό δείχνει ότι η ΚΧΑ είναι συμβατή με τοπία υψηλής βιοποικιλότητας.

Αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άνθρακα

*Επικεφαλίδα: Έχουν αναφερθεί ισχυρισμοί για σημαντικές αυξήσεις όσον αφορά την αποθήκευση άνθρακα στο έδαφος σε ΚΧΑ, με μεγάλες επιπλοκές όσον αφορά την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, οι αριθμοί αυτοί αμφισβητούνται εξαιτίας των υποδεικνυόμενων μεθοδολογικών σφαλμάτων και των απογοητευτικών αποτελεσμάτων των πειραματικών μελετών.*

Μεγάλη σημασία στην αύξηση της περιεκτικότητας του εδάφους σε άνθρακα με τη χρήση ΚΧΑ καθώς και στο ενδεχόμενο μετριασμού της κλιματικής αλλαγής δόθηκε στην *Έκθεση του 2013 σχετικά με το χάσμα στις εκπομπές* του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP, 2013). Στην έκθεση αναφέρεται ότι οι ΚΧΑ μπορούν να συνεισφέρουν επιπλέον 500 κιλά εδαφικού οργανικού άνθρακα ανά εκτάριο, ενώ αναφέρονται και υφιστάμενα εθνικά σχέδια δράσης για το κλίμα στη Βραζιλία (MMA 2016), την Κένυα (Stiebert et al., 2012) και την Κίνα (Cheng et al., 2013a), γεγονός που υποδηλώνει ότι η ΚΧΑ μπορεί πλέον να παγιδεύσει εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα παγκοσμίως ανά έτος. Ωστόσο, τα αισιόδοξα αυτά αποτελέσματα αμφισβητήθηκαν από τους Powlson et al (2014), οι οποίοι παραθέτουν μεγάλο σύνολο πειραματικών αποδεικτικών στοιχείων που δείχνουν ότι η πρόσθετη ποσότητα οργανικού άνθρακα στο έδαφος των ΚΧΑ είναι σχετικά μικρή και περιορίζεται στα άνω 10 εκ. Συμφωνούν ότι η ΚΧΑ είναι επωφελής για την ποιότητα του εδάφους και την κλιματική αλλαγή, ωστόσο υποστηρίζουν ότι ο ρόλος της στον μετριασμό των εκπομπών είναι υπερτιμημένος. Οι Luo et al (2010) συμφωνούν: η μεταανάλυση που πραγματοποίησαν σε 69 συνδυασμένα πειράματα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η μετατροπή από ΣΚ σε ΚΧΑ άλλαξε μεν την κατανομή του άνθρακα στο προφίλ του εδάφους, ωστόσο δεν αύξησε την συνολική περιεκτικότητα του εδάφους σε άνθρακα.

Αποδόσεις των καλλιεργειών

*Επικεφαλίδα: Οι πειραματικές μελέτες δείχνουν ότι οι αποδόσεις των ΚΧΑ είναι γενικά συγκρίσιμες ή ελαφρώς καλύτερες από τις αποδόσεις των ΣΚ. Ο ισχυρισμός ότι οι αποδόσεις των ΚΧΑ είναι σταθερά υψηλότερες είναι αστήρικτος. Οι αποδόσεις των ΚΧΑ τείνουν να είναι υψηλότερες σε έτη ξηρασίας.*

Σε συνεχές σύστημα σκληρού σίτου στη Foggia και το Vasto της Ιταλίας, οι Devita et al (2007) διαπίστωσαν ότι στη Foggia η απόδοση και η ποιότητα ήταν σταθερά υψηλότερες στις ΚΧΑ παρά στις ΣΚ, ενώ οι αποδόσεις στο Vasto ήταν συγκρίσιμες, εκτός από αυτές του τρίτου έτους, κατά το οποίο η παραγωγή των ΣΚ ήταν μεγαλύτερη. Στο Gaocheng, στο βόρειο τμήμα της Κίνας, οι He et al (2011) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι ΚΧΑ αύξησαν σημαντικά την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ύλη και τη διαθεσιμότητα σε άζωτο και φώσφορο, ενώ οι αποδόσεις σίτου και αραβοσίτου ήταν κατά μέσο όρο 3,5% και 1,4% μεγαλύτερες στις ΚΧΑ, ιδιαίτερα κατά τα έτη ξηρασίας. Ο Silici και οι συνεργάτες του (2011) παρακολούθησαν 229 αγρότες στο Λεσότο. Οι αγρότες που παρήγαν αραβόσιτο με likoti (μια τοπική πρακτική που χρησιμοποιεί λάκκους ΚΧΑ) έβγαλαν κέρδος, ενώ εκείνοι που όργωσαν υπέστησαν ζημία. Οι Naudin et al (2010) καταμέτρησαν 662 αγροτεμάχια στο Καμερούν που παρουσίασαν αποδόσεις αραβοσίτου / σόργου ισοδύναμες ή υψηλότερες σε συστήματα ΓΣ, ωστόσο οι αποδόσεις του βαμβακιού ήταν χαμηλότερες, εκτός από τις περιπτώσεις στις οποίες στα συστήματα ΚΧΑ πραγματοποιήθηκε στρώση εδαφοκαλύμματος. Ο He και οι συνεργάτες του (2009) διεξήγαγαν 10ετές πείραμα πεδίου στην ενδοχώρα της Μογγολίας στην Κίνα, συγκρίνοντας τέσσερα συστήματα καλλιέργειας εαρινού σιταριού / βρώμης. Οι μεγαλύτερες βελτιώσεις απόδοσης (+ 14%) σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη απόδοση χρήσης νερού (+ 13,5%) επιτεύχθηκαν σε ΚΧΑ με κάλυψη από άχυρο. Οι Calonego et al (2017) διεξήγαγαν 14ετή μελέτη συμπαγών εδαφών στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας, όπου οι εναλλαγές προστατευτικών καλλιεργειών με ζωηρές ρίζες μείωσαν τη συμπύκνωση του εδάφους εξίσου αποτελεσματικά με τη μηχανική καλλιέργεια και οδήγησαν σε ισοδύναμες αποδόσεις σόγιας και σόργου.

Βελτίωση των ιδιοτήτων και της αναπαραγωγικής ικανότητας του εδάφους

*Επικεφαλίδα: Αυτή είναι η πιο μελετημένη πτυχή των συστημάτων ΚΧΑ. Οι πειραματικές μελέτες δείχνουν αύξηση της περιεκτικότητας σε διαθέσιμο νερό, άζωτο και άνθρακα και μειωμένη συμπύκνωση του εδάφους. Τα ευρήματα σχετικά με τη φαινόμενη πυκνότητα και άλλες ιδιότητες του εδάφους από μελέτη σε μελέτη είναι διαφορετικά.*

Οι Blanco-Canqui et al (2018) συνδύασαν παγκόσμιες δημοσιευμένες μελέτες σχετικά με την επίδραση της ΚΧΑ στο έδαφος. Η ΚΧΑ μπορεί να μειώσει τη συμπύκνωση του εδάφους και να αυξήσει τη σταθερότητα υγρών συσσωματωμάτων, τη διήθηση του νερού και το διαθέσιμο νερό. Η επίδρασή της στη θερμοκρασία του εδάφους, τη συνοχή του εδάφους, τη φαινόμενη πυκνότητα, την αντοχή στη διείσδυση και την αντοχή διάτμησης δεν ήταν σταθερή. Η προσθήκη συνοδών πρακτικών (προστατευτικές καλλιέργειες, τροποποιήσεις άνθρακα) μπορεί να ενισχύσει την απόδοση των ΚΧΑ. Στο Daxing της Κίνας, ο Hui και οι συνεργάτες του (2013) διαπίστωσαν ότι τα επίπεδα άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου και καλίου αυξήθηκαν σημαντικά και οι αποδόσεις σίτου και καλαμποκιού σημείωσαν ελαφρά αύξηση σε μόνιμα υπερυψωμένα παρτέρια μήκους 160 εκ. Σε ΚΧΑ στην ημιάνυδρη, υποτροπική περιοχή του Νοτίου Κουίνσλαντ, στην Αυστραλία, οι Thomas et al (2007) διαπίστωσαν ελάχιστη διαφορά στα επίπεδα άνθρακα στο έδαφος σε βάθος 10-30 εκ. αλλά σημαντικά μεγαλύτερα επίπεδα άνθρακα, αζώτου, φωσφόρου και καλίου σε βάθος 0-10 εκ.

Οι Madejon et al (2009) μελέτησαν εδάφη στη Λέιδα, τη Σαραγόσα και τη Σεβίλλη της Ισπανίας: στις μακροχρόνιες ΚΧΑ διαπιστώθηκαν αυξήσεις της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ύλη και ένζυμα. Οι Mitchell et al (2017) επικεντρώθηκαν στη μακροπρόθεσμη παρακολούθηση (σε βάθος 15ετίας) της υγείας του εδάφους σε εναλλαγή καλλιέργειας βαμβακιού-ντομάτας στην άνυδρη, αρδευόμενη Καλιφόρνια. Τα επίπεδα συσσώρευσης του εδάφους, διήθησης του νερού, το επίπεδο αζώτου και άνθρακα, η κάλυψη από υλικό υπολειμμάτων και η βιολογική δραστηριότητα στις ΚΧΑ και τις προστατευτικές καλλιέργειες ήταν όλα αυξημένα, με παρόμοιες αυξήσεις των αποδόσεων των καλλιεργειών. Οι Calonego et al (2017) διεξήγαγαν στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας μελέτη διάρκειας 14 ετών για τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους σε ΚΧΑ, στις οποίες οι εναλλασσόμενες καλλιέργειες με ζωηρές ρίζες μείωσαν την συμπύκνωση του εδάφους τόσο αποτελεσματικά όσο και η μηχανική καλλιέργεια. Στο San Piero Grado της Ιταλίας, οι Mazzoncini et al (2016) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μετά από 28 χρόνια συνεχούς ΚΧΑ, τα επίπεδα άνθρακα και αζώτου στο βάθος των 30 εκ. αυξήθηκαν κατά 22% σε σύγκριση με τις αρχικές τιμές, ενώ μειώθηκαν στις ΣΚ ελέγχου.

Συστήματα μη σκαψίματος σε επίπεδο κήπου

*Επικεφαλίδα: Η έρευνα στον τομέα αυτό είναι ελάχιστη. Ωστόσο, η μακροχρόνια πρωτοποριακή εργασία του Charles Dowding υποδεικνύει ότι οι αποδόσεις λαχανικών είναι μεγαλύτερες στα παρτέρια χωρίς σκάψιμο σε σχέση με τα σκαμμένα παρτέρια. Η αστική κηπουρική είναι ένα ευρέως διαδεδομένο σύστημα ΚΧΑ για το οποίο δεν έχουν πραγματοποιηθεί επαρκείς έρευνες.*

Η κηπουρική χωρίς σκάψιμο ξεκίνησε στην Ιαπωνία από τον Masanobu Fukuoka (1978), στο Ηνωμένο Βασίλειο από τους F.C. King (1946) και A. Guest (1973), στην Αυστραλία από την Esther Dean (1971) και στην Αμερική από τη Ruth Stout (1961) Ωστόσο, σε αντίθεση με τα γεωργικά συστήματα ΚΧΑ, οι επιστημονικές μελέτες σχετικά είτε με την χρήση είτε με τα οφέλη της τεχνικής αυτής υπήρξαν ελάχιστες. Αξιοσημείωτη εξαίρεση είναι ο Charles Dowding (2019a, 2019b), ο οποίος πραγματοποίησε πείραμα διάρκειας 13 ετών για τη σύγκριση αποδόσεων στο Σόμερσετ του Ηνωμένου Βασιλείου. Τα συμπεράσματά του δεν έχουν αξιολογηθεί από ομότιμους ούτε έχουν δημοσιευθεί, ωστόσο βρίσκονται διαθέσιμα στο διαδίκτυο. Ο Dowding χρησιμοποιεί μόνιμα υπερυψωμένα παρτέρια στα οποία προστίθεται κοπριά και οικιακό κομπόστ και σχεδόν μόνιμη φυτοκάλυψη. Στο πρώτο πείραμά του, στη διάρκεια έξι καλλιεργητικών περιόδων, οι αποδόσεις λαχανικών από τα παρτέρια χωρίς σκάψιμο ξεπέρασαν σε απόδοση τα σκαμμένα παρτέρια κατά 6,4%, ενώ οι καλλιέργειες σαλάτας είχαν 15% μεγαλύτερη απόδοση. Στο δεύτερο πείραμά του, στη διάρκεια άλλων έξι καλλιεργητικών περιόδων, τα μη σκαμμένα παρτέρια ξεπέρασαν σε απόδοση τα σκαμμένα παρτέρια κατά 10,1%.

Συμπέρασμα

Πέντε από τα επτά είναι τα ισχυρισθέντα οφέλη των πρακτικών ΚΧΑ τα οποία υποστηρίζονται επαρκώς με επιστημονική τεκμηρίωση: η μείωση της διάβρωσης του εδάφους, η αύξηση της ανθεκτικότητας στην ξηρασία, η αύξηση των πληθυσμών των γαιοσκωλήκων, η αύξηση των πληθυσμών άγριας πανίδας και η βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους. Η βάση τεκμηρίωσης προέρχεται από όλες τις κατοικημένες ηπείρους και από διάφορους τύπους εδάφους και κλιματικές ζώνες.

Δυο από τα ισχυρισθέντα οφέλη παραμένουν αμφισβητούμενα. Παρόλο που οι αποδόσεις των καλλιεργειών των συστημάτων ΚΧΑ είναι συγκρίσιμες με αυτές των συστημάτων ΣΚ, ελάχιστες μόνο μελέτες αναφέρουν αύξηση της απόδοσης σε συστήματα ΣΚ. Η ΚΧΑ φαίνεται να διατηρεί υψηλότερες αποδόσεις κατά τις περιόδους ξηρασίας. Όλες οι μελέτες υποδεικνύουν ότι η ΚΧΑ αυξάνει την περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανικό άνθρακα, ωστόσο η δύναμή του είναι εξαιρετικά αμφισβητούμενη. Λόγω της ανάγκης της παγίδευσης άνθρακα στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής, η αβεβαιότητα αυτή πρέπει να επιλυθεί με περαιτέρω έρευνα.

Σαφές εύρημα αποτελούν οι αλληλοενισχυόμενες επιδράσεις της ΚΧΑ, της μόνιμης φυτοκάλυψης και της διαφοροποίησης των καλλιεργειών. Μια πρόσθετη πρακτική που προτάθηκε από αρκετές μελέτες είναι η προσθήκη λιπάσματος πλούσιου σε άνθρακα ή κοπριάς ή υπολειμμάτων καλλιεργειών ως εδαφοκάλυμμα. Χωρίς αυτές τις υποστηρικτικές πρακτικές, πολλά από τα οφέλη της ΚΧΑ καθίστανται οριακά.

Δεν έχει υπάρξει επαρκής έρευνα σχετικά με την πρακτική της κηπουρικής χωρίς σκάψιμο. Δεν μπορεί να υποτεθεί ότι τα οφέλη που παρατηρούνται σε κλίμακα αγρού θα αναπαραχθούν στην κλίμακα του κήπου. Υπάρχει ανάγκη να εξεταστούν όλα τα αποδεδειγμένα οφέλη της ΚΧΑ στην κλίμακα κήπου ώστε να διαπιστωθεί εάν αυτά μεταφέρονται και να καθοριστεί ποιες πρακτικές λειτουργούν καλύτερα με τη χρήση χειροκίνητων εργαλείων και ανθρώπινης εργασίας.

Η ΚΧΑ έχει ήδη καθιερωθεί παγκοσμίως και χρησιμοποιείται σχεδόν σε κάθε χώρα. Σε ορισμένες χώρες αποτελεί ήδη την κυρίαρχη μορφή γεωργικής καλλιέργειας. Η παρούσα ανασκόπηση υποδεικνύει ότι τα οφέλη της είναι πολυάριθμα, ιδίως όταν αυτή αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου συστήματος γεωργίας συντήρησης και ότι η χρήση της μπορεί να γίνει πιο διαδεδομένη, όσο τα οφέλη αυτά γίνονται ευρύτερα γνωστά.

Βιβλιογραφικές πηγές

Ashworth, A. J., Allen, F. L., Tyler, D. D., Pote, D. H., & Shipitalo, M. J. (2017). Earthworm populations are affected from long-term crop sequences and bio-covers under no-tillage. Pedobiologia, 60, 27–33.

Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrand, J. (2015). Earthworms for Cropping Systems: A Review. Agronomy for Sustainable Development 35(2): 553-567

Bescansa, P., Imaz, M. J., Virto, I., Enrique, A. & Hoogmoed, W. B. (2006). Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. Soil & Tillage Research 87, 19–27.

Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2018). No-tillage and soil physical environment. Geoderma, 326, 164–200.

Calonego, J. C., Raphael, J. P. A., Rigon, J. P. G., Oliveira Neto, L. de, & Rosolem, C. A. (2017). Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. European Journal of Agronomy, 85, 31–37.

Casão Junior, R., Araújo, A.G. de., Llanillo, R.F. (2012) No-till agriculture in Southern Brazil: factors that facilitated the evolution of the system and the development of the mechanization of conservation farming. FAO and Instituto Agronômico do Paraná.

Cheng, K., Zheng, J., Nayak, D., Smith, P., Pan, G. (2013a) ‘Re-evaluating the biophysical and technologically attainable potential of topsoil carbon sequestration in China’s cropland.’ Soil Use and Management, doi: 10.1111/sum.12077

Dean, E. (1971) *Esther Dean's Gardening Book: Growing without Digging* Longman Higher Education

D’Emden, F., Llewellyn, R., Burton, M., (2006) ‘Adoption of conservation tillage in Australian cropping regions: An application of duration analysis’. Technological Forecasting & Social Change, 73: 630–647.

Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., Li, H. (2010) ‘Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits’. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 3 (1).

Derpsch, R. A.J., Franzluebbers, A.J., S.W. Duiker, S.W., Reicosky, D.C., Koeller, K., Friedrich, T., Sturny, W.G., Sá, J.C.M., K.Weiss, K. (2014) Why do we need to standardize no-tillage research?Soil and Tillage Research Volume 137, April 2014, Pages 16-22

Devita, P., Dipaolo, E., Fecondo, G., Difonzo, N., & Pisante, M. (2007). No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil and Tillage Research, 92(1-2), 69–78. Foggia & Vasto, Italy

Dowding, Charles (2019a) *No Dig Trial 2013-19* online <https://www.charlesdowding.co.uk/no-dig-trial-2013-2018-current-year-at-top/>  accessed 9th May 2019

Dowding, Charles (2019b) *Lower Farm Trials* online <https://www.charlesdowding.co.uk/lower-farm-trials/> accessed 9th May 2019

Food and Agriculture Organisation of the United Nations.(2013) *Conservation Agriculture principles* <http://www.fao.org/conservation-agriculture/overview/principles-of-ca/en/> accessed 01/04/2019

Fox, C.A., Miller, J., Joschko, M., Drury, C. & Reynolds, W.D. (2017). Earthworm population dynamics as a consequence of long-term and recently imposed tillage in a clay loam soil. Canadian Journal of Soil Science, 97 (4)

Friedrich, T., Derpsch, R. and Kassam, A. Overview of the Global Spread of Conservation Agriculture ch 3 in Sustainable Development of Organic Agriculture Historical Perspectives Edited Etingoff, K.

Fukuoka, M. (1978) *The One-Straw Revolution: An Introduction to Natural Farming* Rodale Press, New York

Grandy, A. S., Robertson, G. P., & Thelen, K. D. (2006). Do Productivity and Environmental Trade-offs Justify Periodically Cultivating No-till Cropping Systems? Agronomy Journal, 98(6), 1377.

Guest, A. (1973) *Gardening Without Digging* Essence of Health Publishing Company

He, J., Li, H., Rasaily, R. G., Wang, Q., Cai, G., Su, Y., Liu, L. (2011). Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. Soil and Tillage Research, 113(1), 48–54.

He, J., Kuhn, N. J., Zhang, X. M., Zhang, X. R., & Li, H. W. (2009). Effects of 10 years of conservation tillage on soil properties and productivity in the farming-pastoral ecotone of Inner Mongolia, China. Soil Use and Management, 25(2), 201–209.

Holland J.M. (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. Agriculture, Ecosystems & Environment, 103, 1-25

Hui, L., Jin, H., Qingjie, W., Hongwen, L., Sivelli, A., Caiyun, L., Xiangcai, Z. (2013). Effects of Permanent Raised Beds on Soil Chemical Properties in a Wheat-Maize Cropping System. Soil Science, 178(1), 46–53.

Keesstraa, S., Pereirab, P., Novarad,A., Brevike, E.C., Azorin-Molinaf, C., Parras-Alcántarag, L., Jordánh,A., Cerdà, A. (2016) Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards Science of The Total Environment Volumes 551–552, 357-366

King, F.C. (1946) *Is Digging Necessary? The Indore System of Composting* New Times Publishing, Melbourne, Australia

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V. & Bernoux, M. (2015) Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. Agriculture Ecosystems and Environment 203 127-139 Review of nearly 100 studies

Lindwall, W. and Sonntag, B. (Eds.). (2010) Landscapes Transformed: The History of Conservation Tillage and Direct Seeding. Canada: Knowledge Impact in Society. <https://www.gwct.org.uk/media/841599/Landscapes-Transformed-The-History-of-Conservation-Tillage-and-Direct-Seeding.pdf>, accessed 1st May 2019

Llewellyn, R. and D’Emden, F.H. (2010) ‘Adoption of no-till cropping practices in Australian grain growing regions’. Grains Research and Development Corporation.

Luo, Z., Wang, E. & Sun, O. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. Agr. Ecosyst. Environ.139, 224–231 (2010).

Madejón, E., Murillo, J. M., Moreno, F., López, M. V., Arrue, J. L., Alvaro-Fuentes, J., & Cantero, C. (2009). Effect of long-term conservation tillage on soil biochemical properties in Mediterranean Spanish areas. Soil and Tillage Research, 105(1), 55–62.

Materechera, S.A., Mloza-Banda, H.R. (1997) Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. Soil and Tillage Research Volume 41 (1–2), 13-24 Lilongwe, Malawi

Mazvimavi, Kizito. 2016. Conservation Agriculture Literature Review. Vuna Research Report. Pretoria: Vuna. Online: http://www.vuna-africa.com

Mazzoncini, M., Antichi, D., Di Bene, C., Risaliti, R., Petri, M., & Bonari, E. (2016). Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. European Journal of Agronomy, 77, 156–165.

Mchunu, C.N., Manson, A. Lorentz, S., Jewitt, G. & Chaplot, V. (2011) 'No-Till Impact on Soil and Soil Organic Carbon Erosion under Crop Residue Scarcity in Africa' Soil Science Society of America Journal, Volume 75, pp 1503-1512

Mendez, M.J. & Buschiazzo, D.E. (2010) 'Wind erosion risk in agricultural soils under different tillage systems in the semiarid Pampas of Argentina' Soil and Tillage Research Volume 106, pp 311-316

Ministério do Meio Ambiente, Brazil (2016) *National Plan for Low Carbon Emission in Agriculture (ABC Plan)* <http://redd.mma.gov.br/en/legal-and-public-policy-framework/national-plan-for-low-carbon-emission-in-agriculture-abc-plan> Accessed May 9th 2019

Mitchell, J. P., Shrestha, A., Mathesius, K., Scow, K. M., Southard, R. J., Haney, R. L., Horwath, W. R. (2017). Cover cropping and no-tillage improve soil health in an arid irrigated cropping system in California’s San Joaquin Valley, USA. Soil and Tillage Research, 165, 325–335.

Naudin, K., Goze, E., Balarabe, O., Giller, K.E., Scopel, E., 2010. Impact of no tillage and mulching practices on cotton production in North Cameroon: a multi-locational on-farm assessment. Soil Till. Res. 108, 68–76.

Prasuhn, V. (2010) On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. Soil and Tillage Research Volume 120, 137-146

*The Nebraska Declaration on Conservation Agriculture*, 2013 https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/ISPC\_StrategyTrends\_ConservationAgriculture\_NebraskaDeclaration.pdf Accessed 1st May 2019

Pelosi C, Bertrand M, Roger-Estrade J (2009) Earthworm community inconventional, organic and direct seeding with living mulch croppingsystems. Agron Sustain Dev 29:287–295

Powlson, D.S., Stirling, C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., Sanchez, P.A., Cassman, K.G. (2014) 'Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation' Nature Climate Change volume 4, pages 678–683

Santelmann, M., Freemark, K., Sifneos, J., & White, D. (2006). Assessing effects of alternative agricultural practices on wildlife habitat in Iowa, USA. Agriculture, Ecosystems & Environment, 113(1-4), 243–253.

Silici, L., Ndabe, P., Friedrich, T. & Kassam, A. 2011. Harnessing sustainability, resilience and productivity through conservation agriculture: the case of likoti in Lesotho. Int. J. Agri. Sust., 9(1): 1-8.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O’Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., Smith, J. (2008) ‘Greenhouse gas mitigation in agriculture’. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 363: 789–813

Stiebert, S., Murphy, D., Dion, J., McFatridge, S. (2012) Kenya’s Climate Change Action Plan: Mitigation - Chapter 3: Agriculture. Climate and Development Knowledge Network

Stout, R. (1961) *Gardening without Work Norton* Devon-Adair Company, New York

Thomas, G., Dalal, R., & Standley, J. (2007). No-till effects on organic matter, pH, cation exchange capacity and nutrient distribution in a Luvisol in the semi-arid subtropics. Soil and Tillage Research, 94(2), 295–304 4

Van Beek, K. R., Brawn, J. D., & Ward, M. P. (2014). Does no-till soybean farming provide any benefits for birds? Agriculture, Ecosystems & Environment, 185, 59–64.

Witmer, G., Sayler, R., Huggins, D., & Capelli, J. (2007). Ecology and management of rodents in no-till agriculture in Washington, USA. Integrative Zoology, 2(3), 154–164.

Zhao, X., Mu, Y., Chen, F. (2012) ‘Economic Benefits of Conservation Tillage and Evaluation of its Subsidies: From the Analysis of the Survey Farmers in Shanxi Province’. Economical Issue, 2: 74-77.