Εκτίμηση εδαφικών ποιοτικών παραμέτρων σε δασολιβαδικά συστήματα του Δήμου Μουζακίου

Μ. Κόκκορα[1*], Μ. Βραχνάκης[2], Β. Κλεφτογιάννη[1]
[1] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Αργοναυτών & Φιλελλήνων, ΤΚ 38221, Βόλος
[2] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Τεχνολογίας, Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού, Β. Γρίβα 11-13, ΤΚ 43131, Καρδίτσα
*Email: mkokkora@teilar.gr

Περίληψη

Τα δασολιβαδικά συστήματα αποτελούν κατηγορία των αγροδασικών συστημάτων, τα οποία συνδυάζουν δέντρα και λιβαδικά φυτά/βόσκοντα ζώα στην ίδια επιφάνεια. Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που σχετίζονται με την παραγωγικότητα των δασολιβαδικών συστημάτων είναι η διατήρηση ή και βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του εδάφους (περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ολικό άζωτο, ανταλλάξιμο κάλιο και διαθέσιμο φώσφορο) παραδοσιακών δασολιβαδικών συστημάτων του Δήμου Μουζακίου. Διερευνήθηκε η επίδραση της απόστασης από τα δέντρα και του βάθους δειγματοληψίας στην ποιότητα του εδάφους. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι εδαφικές παράμετροι που εξετάστηκαν δεν επηρεάστηκαν σημαντικά με την απόσταση από τη βάση των δέντρων. Αντίθετα, το βάθος δειγματοληψίας επηρέασε σημαντικά όλες τις παραμέτρους, με εξαίρεση το ανταλλάξιμο κάλιο. Η έρευνα παρείχε ενδείξεις για δέσμευση του άνθρακα σε όλα τα εδάφη, δεικνύοντας έτσι τη θετική επίδραση των αγροδασικών συστημάτων στο περιβάλλον.

Λέξεις κλειδιά: παραδοσιακά δασολίβαδα, ποιότητα εδάφους, οργανική ουσία, μακροθρεπτικά στοιχεία

Εισαγωγή

Τα αγροδασικά συστήματα (ΑΣ) χαρακτηρίζονται από τη συγκαλλιέργεια δέντρων και ποωδών φυτών στην ίδια επιφάνεια (δασογεωργικά), από την εγκατάσταση δένδρων και βόσκησης στον υπόροφο (δασολιβαδικά), ή από την τριπλή ανάπτυξη των τριών χρήσεων (αγροδασολιβαδικά), με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων (Nair 1991). Ο ρόλος των δέντρων είναι πολλαπλός γιατί προσφέρουν αφενός προϊόντα, όπως ξυλεία, καυσόξυλα, τροφή για τα ζώα και τον άνθρωπο και αφετέρου υπηρεσίες. Στις υπηρεσίες συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων η βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, η συγκράτηση και προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, ο έλεγχος των ζιζανίων, η παροχή σκιάς για τους ανθρώπους και τα ζώα και η εξασφάλιση ενδιαιτήματος για τα άγρια ζώα (Schultz et al. 1987). Στην Ελλάδα τα αγροδασικά συστήματα καλύπτουν έκταση περίπου 30 εκατομμυρίων στρεμμάτων, δηλαδή περίπου το 23% του συνόλου της χώρας (Papanastasis et al. 2009).

Τα δασολίβαδα, ως τύπος των ΑΣ, εκφράζουν βιώσιμη διαχείριση γης. Συγκριτικά με τα ανοιχτά λιβάδια, παρουσιάζουν υψηλότερη παραγωγικότητα, καθώς συνδυάζουν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες αποδόσεις από τη γη. Τα δασολιβαδικά συστήματα δύναται να ενισχύσουν την παραγωγή άλλων προϊόντων, όπως φαρμακευτικά φυτά και μανιτάρια, και να επιτρέψουν την επέκταση της περιόδου βοσκής, καθώς η λιβαδική βλάστηση που αναπτύσσεται κάτω από δέντρα έχει συνήθως ευνοϊκότερη θερμοκρασία και υγρασία,

αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο τη βοσκοϊκανότητα (McAdam et al. 2005). Επιπλέον, ενισχύονται η δέσμευση του άνθρακα και η βιοποικιλότητα, ενώ μειώνεται η ρύπανση με άζωτο, καθώς και η μεταφορά άλλων θρεπτικών στοιχείων στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα (McAdam et al. 2005, Jose 2009).

Η παραγωγικότητα των δασολιβαδικών συστημάτων, ωστόσο, συνδέεται με τη διατήρηση ή και τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους. Στα δασολιβαδικά συστήματα, τα δέντρα προστατεύουν το έδαφος μειώνοντας τις άμεσες επιπτώσεις του ήλιου, του ανέμου και του νερού. Επίσης, τα οργανικά υλικά που προσθέτουν στο έδαφος μπορούν να τροποποιήσουν τη δομή, την περιεχόμενη οργανική ουσία, την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων αλλά και τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων. Η επίδραση των δέντρων στα εδάφη δεν περιορίζεται μόνο στο ανώτερο στρώμα, αλλά και στα βαθύτερα στρώματα με την πάροδο του χρόνου (Alonso 2011).

Στην Ελλάδα, ο Δήμος Μουζακίου αποτελεί μια από τις περιοχές όπου διατηρούνται παραδοσιακά δασολιβαδικά συστήματα. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η μελέτη ποιοτικών χαρακτηριστικών του εδάφους παραδοσιακών δασολιβαδικών συστημάτων του Δήμου Μουζακίου μέσω του προσδιορισμού βασικών εδαφικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων των παρακάτω: οργανική ουσία, ολικό άζωτο, ανταλλάξιμο κάλιο και διαθέσιμος φώσφορος.

Υλικά και μέθοδοι

Οι περιοχές έρευνας αποτελούν παραδοσιακά δασολιβαδικά συστήματα στο Δήμο Μουζακίου. Τα υπό μελέτη συστήματα διαφοροποιούνται μεταξύ τους ως προς τη διάταξη των δέντρων (σε φυτοφράκτη ή σε τυχαία θέση) και το υψόμετρο (σε πεδινά ή ημιορεινά).

Το πρώτο σύστημα βρίσκεται στην περιοχή του Μαυρομματίου, σε υψόμετρο περίπου 160 μ. (πεδινό σύστημα) και τα δέντρα που περιλαμβάνει είναι αποκλειστικά μουριές, οι οποίες διατάσσονται σε φυτοφράκτη (Area 1). Το δεύτερο σύστημα βρίσκεται μεταξύ των οικισμών Χάρμα και Φανάρι, σε υψόμετρο περίπου 130 μ. (πεδινό σύστημα) και τα δέντρα που περιλαμβάνει είναι αποκλειστικά αγριογκορτσιές, οι οποίες διατάσσονται τυχαία (Area 2). Τέλος, το τρίτο σύστημα βρίσκεται στην περιοχή της Βατσουνιάς, σε υψόμετρο περίπου 400 μ. (ημιορεινό σύστημα) και τα δέντρα που περιλαμβάνει είναι αποκλειστικά δρύες, σε τυχαία διάταξη (Area 3).

Σε καθεμία από τις τρεις περιοχές έρευνας λήφθηκαν δείγματα εδάφους προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση των δέντρων στη συγκέντρωση επιλεγμένων παραμέτρων ποιότητας του εδάφους. Σε κάθε περιοχή έρευνας αρχικά επιλέχθηκαν τρία χαρακτηριστικά δέντρα του δασολιβαδικού συστήματος. Δείγματα εδάφους λήφθηκαν σε τρία διαφορετικά σημεία ανά δέντρο, τα οποία αντιστοιχούν σε αποστάσεις από τα δέντρα ανάλογες του μήκους της κόμης (μισό, διπλάσιο και τριπλάσιο ή τετραπλάσιο), και σε δύο βάθη (0-30 εκ.) και (30-60 εκ.). Το μέσο μήκος της κόμης (CW) των δέντρων στην πρώτη περιοχή (Area 1) ήταν 8,7 μ., στη δεύτερη (Area 2) 5,9 μ. και τέλος στην τρίτη (Area 3) 8,5 μ.

Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου μετά την αεροξήρανση, κονιορτοποίηση και κοσκίνισμα (2 χλσ.) αναλύθηκαν για βασικές παραμέτρους ποιότητας του εδάφους. Συγκεκριμένα, προσδιορίστηκε η περιεχόμενη οργανική ουσία του εδάφους (OM) με τη μέθοδο της υγρής καύσης (Walkley and Black 1934), το ολικό άζωτο με τη μέθοδο Kjedahl (TKN) (Bremer 1996), το ανταλλάξιμο κάλιο (K) με τη μέθοδο του οξικού αμμωνίου (Helme and Sparks 1996), ο διαθέσιμος φώσφορος (P) κατά Olsen (Olsen 1954) και η μηχανική σύσταση του εδάφους (Bouyoucos 1962).

Τα δεδομένα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό λογισμικό SPSS έκδοση 26 (IBM Corp., Armonk, N.Y., USA). Διερευνήθηκε η ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών (Pearson Correlation) και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μέσων όρων μέσω ANOVA σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα δασολιβαδικά συστήματα που μελετήθηκαν, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη μηχανική τους σύσταση (Πίνακας 1). Συγκεκριμένα, στη δεύτερη περιοχή (Area 2) το έδαφος ήταν αμμοαργιλοπηλώδες (SCL), ελαφρύτερο σε σχέση με τα άλλα δύο συστήματα, και επιπλέον η μηχανική του σύσταση δεν διαφοροποιείται με το βάθος. Στις περιοχές 1 και 3, τα εδάφη είναι αργιλοπηλώδη (CL) στα πρώτα 30 εκ. και αργιλώδη (C) στα βαθύτερα 30 εκ.

Πίνακας 1. Μηχανική σύσταση του εδάφους των τριών δασολιβαδικών συστημάτων.

Βάθος (εκ.)	Άμμος (%)	Άργιλος (%)	Ιλύς (%)	Τύπος
Area 1				
0 - 30	31	38	31	CL
30 - 60	30	41	29	C
Area 2				
0 - 30	57	26	17	SCL
30 - 60	56	21	23	SCL
Area 3				
0 - 30	37	36	27	CL
30 - 60	41	41	19	C

Οι ποιοτικές παράμετροι που εξετάστηκαν δεν διαφοροποιήθηκαν στατιστικώς σημαντικά με την απόσταση από τα δέντρα (Πίνακας 2). Παρόμοιες έρευνες έχουν δείξει ότι η διακύμανση της συγκέντρωσης του οργανικού άνθρακα, του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου δεν διαφοροποιείται σημαντικά με την απόσταση από τη γραμμή των δέντρων (Gea-Izquierdo 2010, Gikas et al. 2016, Oelbermann and Voroney 2007).

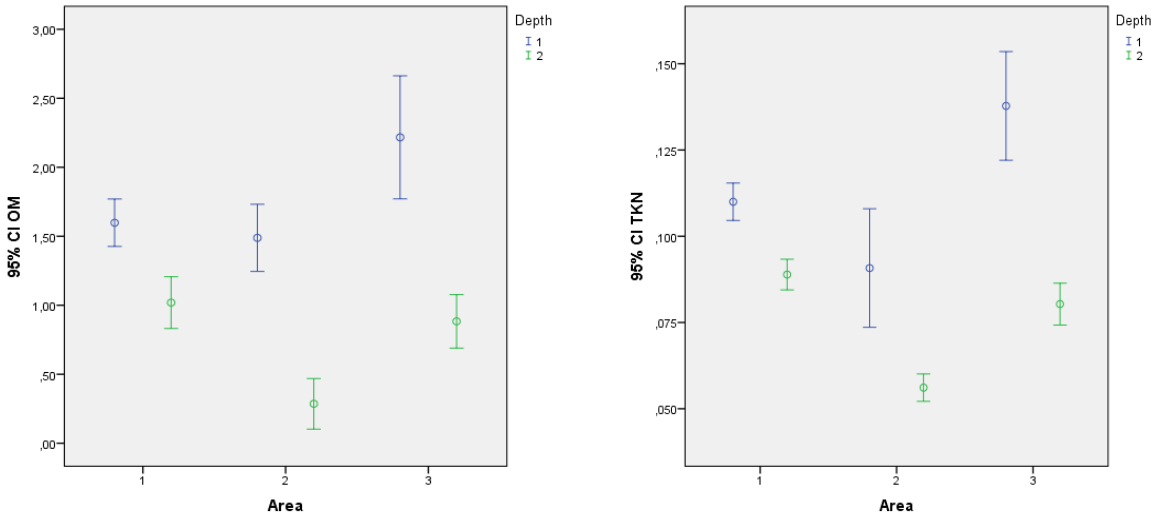
Πίνακας 2. Αποτελέσματα στατιστικής συσχέτισης (Pearson correlation) των παραμέτρων ποιότητας του εδάφους με τις ανεξάρτητες μεταβλητές της έρευνας (περιοχή, απόσταση και βάθος).

		OM	TKN	P	K
Περιοχή	Pearson (r)	0,144	0,139	0,274*	0,553**
	Sig. (2-tailed)	0,299	0,317	0,045	0,000
	N	54	54	54	54
Απόσταση	Pearson (r)	-0,019	0,047	-0,187	-0,041
	Sig. (2-tailed)	0,893	0,734	0,176	0,768
	N	54	54	54	54
Βάθος	Pearson (r)	-0,757**	-0,667**	-0,297*	-0,251
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,029	0,067
	N	54	54	54	54

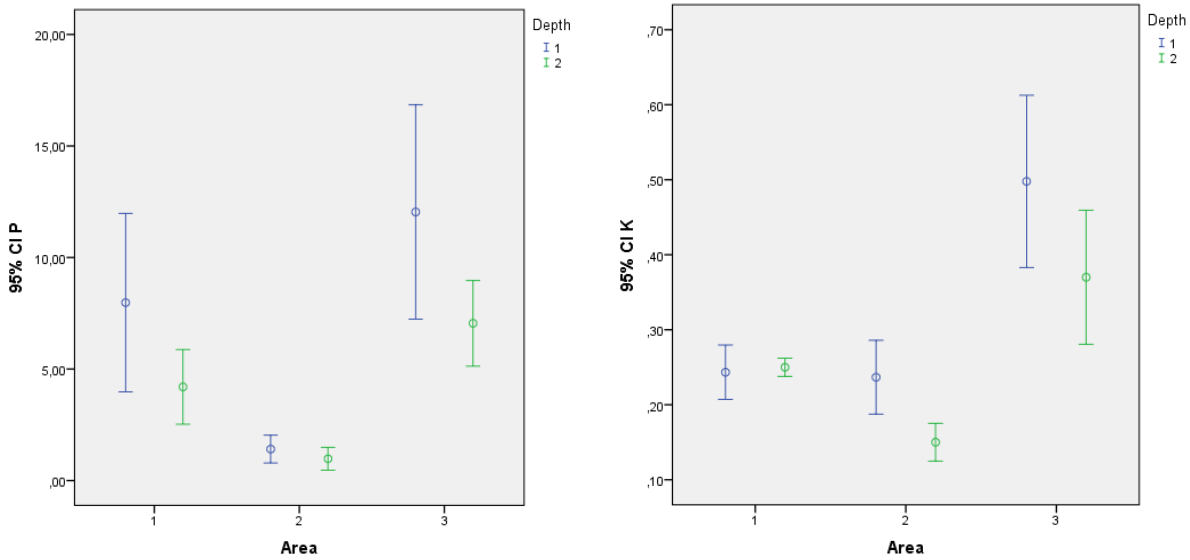
**: η συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05 (2-tailed).*
***: η συσχέτιση είναι σημαντική σε επίπεδο σημαντικότητας 0,01 (2-tailed).*

Αντίθετα, το βάθος δειγματοληψίας επηρέασε σημαντικά όλες τις παραμέτρους, με εξαίρεση το ανταλλάξιμο κάλιο. Και στις τρεις περιοχές έρευνας η περιεχόμενη οργανική ουσία ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (0-30 εκ.), γεγονός που δεικνύει τη συσσώρευση οργανικού υλικού στον ανώτερο ορίζοντα (Εικόνα 1). Στο βάθος 0-30 cm, η οργανική ουσία κατά μέσο όρο κυμάνθηκε στις τρεις περιοχές μεταξύ 1,49 (Area 2) και 2,22% (Area 3). Η υψηλότερη περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία που παρατηρήθηκε στην ημιορεινή περιοχή (Area 3) μπορεί να εξηγηθεί λόγω της αλλαγής των

κλιματικών συνθηκών με το υψόμετρο. Με την αύξηση του υψομέτρου αναμένεται μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της υγρασίας, και επομένως μείωση του ρυθμού αποικοδόμησης και αύξηση του ρυθμού συσσώρευσης του εδαφικού οργανικού άνθρακα, και συνακόλουθα της οργανικής ουσία του εδάφους (Ramesh et al. 2019).



Εικόνα 1. Μέσες τιμές και διάστημα εμπιστοσύνης 95% της οργανικής ουσίας (%) (*αριστερά*) και του ολικού N (%) (*δεξιά*) του εδάφους για τα βάθη: 1: 0-30 εκ. και 2: 30-60 εκ. των τριών δασολιβαδικών περιοχών έρευνας (Area 1, 2 και 3).



Εικόνα 2. Μέσες τιμές και διάστημα εμπιστοσύνης 95% του διαθέσιμου P (mg/kg) (*αριστερά*) και του εναλλακτικού K ($cmol_c/kg$) (*δεξιά*) του εδάφους για τα βάθη: 1: 0-30 εκ. και 2: 30-60 εκ. των τριών δασολιβαδικών περιοχών έρευνας (Area 1, 2 και 3).

Το ολικό N παρουσίασε τις ίδιες τάσεις με την οργανική ουσία (Εικόνα 1). Η ταυτόχρονη αύξηση της οργανικής ύλης του εδάφους και του N υποδηλώνει δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος (Horwath και Kuzyakov, 2018), με σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη. Η διακύμανση των τιμών του ολικού N στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (0-30 εκ.) ήταν μεταξύ 0,091% (Area 2) και 0,138% (Area 3). Ο διαθέσιμος P εμφανίστηκε σημαντικά χαμηλότερος στην Area 2 και στα δύο βάθη (Εικόνα 2). Το ανταλλάξιμο K βρέθηκε σημαντικά υψηλότερο στην

ημιορεινή περιοχή (Area 3). Η Area 2 εμφανίζει τη χαμηλότερη συγκέντρωση Κ στο βάθος 30-60 εκ., συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές (Εικόνα 2).

Γενικά, τα υπό μελέτη εδαφικά μακροθρεπτικά, τα οποία συνδέονται με την περιέχομενη οργανική ουσία του εδάφους, φάνηκε να ακολουθούν παρόμοιο πρότυπο μεταβολής με την οργανική ουσία. Η Area 2 φαίνεται να είναι φτωχότερη σε μακροθρεπτικά, γεγονός που συνάδει με το μεγαλύτερο ποσοστό άμμου και χαμηλότερο ποσοστό αργίλου που εμφανίζει συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές. Πιθανώς βέβαια αυτό το αποτέλεσμα να συνδιαμορφώνεται και από άλλους παράγοντες, όπως η ποιότητα της προστιθέμενης οργανικής ύλης από τα διαφορετικά είδη δέντρων και το ανάγλυφο.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η οργανική ουσία, το ολικό Ν, ο διαθέσιμος Ρ και το ανταλλάξιμο Κ δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά με την απόσταση από τα δέντρα. Η συγκέντρωση των υπό μελέτη παραμέτρων γενικά επηρεάζεται από το βάθος, με την τάση της μείωσης της συγκέντρωσης με την αύξηση του βάθους. Οι περιοχές έρευνας, αν και όλες αποτελούν δασολιβαδικά συστήματα, διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά. Η έρευνα παρείχε ενδείξεις για δέσμευση του άνθρακα σε όλα τα εδάφη, δεικνύοντας έτσι τη θετική επίδραση των αγροδασικών συστημάτων στο περιβάλλον. Τα αποτελέσματα ευνοούν την υιοθέτηση της αγροδασοπονίας στην περιοχή του Μουζακίου. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση των ειδικών επιδράσεων των δέντρων (tree-specific effect) στις παραμέτρους ποιότητας του εδάφους.

Αναγνώριση βοήθειας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «Προοπτικές της Αγροδασοπονίας στην περιοχή της Θεσσαλίας: μία έρευνα με κοινωνική, περιβαλλοντική και οικονομική διάσταση με σκοπό την ενίσχυση της συμμετοχής των αγροτών», με κωδικό ΓΓΕΤ-ΕΛΙΔΕΚ 2610 και διάρκεια 19/09/2018-18/09/2021. Το έργο χρηματοδοτείται από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) και το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ).

Βιβλιογραφία

Alonso J. 2011. Silvopastoral systems and their contribution to the environment. Cuba. J. Agric. Sci., 45(2): 107-114.

Bouyoukos G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J., 54:464-465.

Bremer J. M. 1996. Nitrogen-Total. p.1085-1121. In: Sparks D. L., et al. (eds) Methods of soil analysis: part 3 Chemical methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wiskonsin.

Gea-Izquierdo G., B. Allen-Díaz, A. San Miguel and I. Cañellas. 2010. How do trees affect spatio-temporal heterogeneity of nutrient cycling in mediterranean annual grasslands? Ann. For. Sci., 67(1): 112.

Gikas G.D., V.A. Tsihrintzis, D. Sykas. 2016. Effect of trees on the reduction of nutrient concentration in the soils of cultivated areas. Environ. Monit. Assess., 188(6):327.

Helme P.A. and D. L. Sparks. 1996. Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. p.551-574. In: Sparks D. L., et al. (eds) Methods of soil analysis: part 3 Chemical methods, SSSA Book Series 5, Soil Science Society of America, Madison, Wiskonsin.

Horwath W.R. and Y. Kuzyakov. 2018. The potential for soils to mitigate climate change through carbon sequestration, p. 61-92. In: Climate change impacts on soil processes and ecosystem properties, Developments in Soil Science, 35, Elsevier.

Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agroforest. Syst., 76:1-10.
McAdam J., M.R. Mosquera-Losada, V. Papanastasis, A. Pardini and A. Rigueiro-Rodriguez, 2005. Silvopastoral systems: analyses of an alternative to open swards. In: XX International Grassland Conference: Offered papers. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, p.758
Nair P.K.R. 1991. State-of-the-art of agroforestry systems. In: P.G. Jarvis (ed.), Agroforestry: Principles and Practices. Elsevier, Amsterdam, pp. 5-29.
Oelbermann M., and R.P. Voroney. 2007. Carbon and nitrogen in a temperate agroforestry system: using stable isotopes as a tool to understand soil dynamics. Ecol. Eng., 29:342-349.
Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939, Washington, DC., p. 19.
Papanastasis V.P., K. Mantzanas, O. Dini-Papanastasi and I. Ipsikoudis. 2009. Traditional agroforestry systems and their evolution in Greece, pp. 89-109. In: Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects, Eds: Rigueiro-Rodriguez A., McAdam J., Mosquera-Losada M.R., Springer.
Ramesh T., N.S. Bolan, M.B. Kirkham, H. Wijesekara, et al. 2019. Soil organic carbon dynamics: impact of land use changes and management practices: a review. Advances in Agronomy, 156:1-107.
Schultz A. M., V. Papanastasis, T. Katelman, C. Tsiouvaras, S. Kandrelis and A. Nastis, 1987. Agroforestry in Greece. Working document. Laboratory of Range Science, Department of Range and Wildlife Science, Aristotle University of Thessaloniki, 101 p.
Walkley A. and A. Balck. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci., 37:29-38.

Evaluation of soil quality parameters in silvopastoral systems in the Municipality of Mouzaki

M. Kokkora[1*], M. Vrahnakis[2], V. Kleftoyanni[1]
[1] University of Thessaly, Argonafton & Filellinon, GR-38221, Volos, Greece
[2] University of Thessaly, School of Technology, Department of Forestry, Wood Sciences and Design, V. Griva 11-13, GR-43131, Karditsa, Greece
*Email: mkokkora@teilar.gr

Abstract

Silvopastoral systems constitute a category of agroforestry systems, which combine trees and understorey plants/ grazing animals on the same area. One of the most important parameters related to the productivity of silvopastoral systems is the maintenance or improvement of soil quality. In the present research, soil qualitative characteristics (organic matter, total nitrogen, exchangeable potassium and available phosphorus) were evaluated in traditional silvopastoral systems in the Municipality of Mouzaki, central Greece. The effect of distance from trees and sampling depth on soil quality was investigated. It was found that the examined soil parameters did not differ significantly with distance from the trees. In contrast, sampling depth significantly affected all parameters, with the exception of exchangeable potassium. The results of the research provided evidence of C sequestration in all soils under investigation, thus indicating the positive effect of agroforestry systems on the environment.

Keywords: traditional silvopasture, soil quality, organic matter, macronutrients