



LIFE11 ENV/GR/951

Sustainable strategies for the improvement of seriously degraded agricultural areas: the example of Pistachia vera L.

AgroStrat

“Suitability of pistachio wastes for agricultural use”

Deliverable of Action A3: Composting of pistachio wastes-Quality Tests-GIS LIS

Coordinating Institution	Soil Science Institute of Athens, Hellenic Agricultural Organization DEMETER
Coordinator	Dr. Maria K. Doula
Address of project implementation	1 Sof. Venizelou str., 14123 Likovrisi, Greece
Telephone No	+30 210 2832031
Fax No:	+30 210 2842 129
E-mail :	mdoula@otenet.gr ; m.doula@bpi.gr
Project web site:	http://www.agrostrat.gr
Current coordinator address	Benaki Phytopathological Institute, 8 Stef. Delta, 14561 Kifisia, Athens, Greece, tel,: +30 6977 270062





The project

“Sustainable strategies for the improvement of seriously degraded agricultural areas: the example of *Pistachia vera* L.”

AgroStrat

is co-funded by the European Commission and Greece

<http://www.agrostrat.gr>

The deliverable was developed with the contribution of:

Dr. Maria K. Doula-AgroStrat Coordinator (Chapter A)

Dr. Victor Kavvadias (Chapter B)

The information contained in this publication is intended for general use to assist public knowledge and discussion and to help improve the development of sustainable regions. You must not rely on any information contained in this publication without taking specialist advice relevant to your particular circumstances.

Athens, 2015

Contents

EXTENDED SUMMARY

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

CHAPTER A: PISTACHIO WASTES, PROPERTIES AND POTENTIAL AGRONOMIC EXPLOITATION

1. INTRODUCTION

1.1. REUSE OF AGRICULTURAL WASTES ON AGRICULTURAL SOILS

1.2. LANDSPREADING OF WASTES

2. PISTACHIOS CULTIVATION, IRRIGATION, HARVESTING, WASTE GENERATION AND MANAGEMENT

2.1 CULTIVATION, HARVESTING AND WASTE GENERATION

2.2 PISTACHIO TREES IRRIGATION

2.3 PISTACHIOS WASTES PROPERTIES

2.4 WASTE MANAGEMENT

3. SUITABILITY OF ORGANIC WASTES FOR AGRICULTURAL USE

3.1 LAND SUITABILITY

3.2 USING ORGANIC WASTES FOR FERTILIZATION

3.2.1 NITROGEN

3.2.2 PHOSPHORUS

3.2.3 POTASSIUM

3.2.4 SECONDARY NUTRIENTS AND MICRONUTRIENTS

3.3 USING WASTEWATER FOR IRRIGATION

4 REUSE OF PISTACHIO WASTEWATER FOR IRRIGATION

4.1. WASTEWATER COMPOSITION AND WORLDWIDE ACCEPTABLE STANDARDS FOR IRRIGATION

4.2 LANDSPREADING OF WASTEWATER-EFFECT ON SOIL QUALITY

4.2.1 EXPERIMENTAL DESIGN

4.2.1 EFFECT ON SOIL PH

4.2.2. EFFECT ON SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY (EC)

4.2.3 EFFECT ON SOIL ORGANIC MATTER

4.2.3 EFFECT ON SOIL TOTAL NITROGEN CONTENT

4.2.4 EFFECT ON SOIL NO₃⁻ CONTENT

4.2.5 EFFECT ON SOIL NH₄ CONTENT

4.2.6 EFFECT ON SOIL EXCHANGEABLE CATIONS CONTENT

4.2.6 EFFECT ON SOIL AVAILABLE P CONTENT

4.2.7 EFFECT ON SOIL AVAILABLE METALS CONTENT

4.2.8 EFFECT ON SOIL AVAILABLE B CONTENT

4.2.9 EFFECT ON SOLUBLE SO₄²⁻ CONTENT

4.2.10 PROPOSALS-SUGGESTIONS

5 REUSE OF SOLID PISTACHIO WASTES IN AGRICULTURE

5.1. QUALITY ASSESSMENT OF SOLID PISTACHIO WASTE

5.1.1 MOISTURE

5.1.2 PH

5.1.3 ELECTRICAL CONDUCTIVITY

5.1.4 ORGANIC MATTER

- 5.1.5 NITROGEN
- 5.1.6 PHOSPHORUS
- 5.1.7 POLYPHENOLS
- 5.1.8 POTASSIUM
- 5.1.9 SODIUM
- 5.1.10 CALCIUM AND MAGNESIUM
- 5.1.11 IRON
- 5.1.12 CHLORIDES
- 5.1.13 COPPER, ZINC AND MANGANESE

5.2. USING COMPOST FROM PISTACHIO WASTE

- 5.2.1 EXPERIMENTAL DESIGN
- 5.2.2 EFFECT ON SOIL PH
- 5.2.3 EFFECT ON SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY
- 5.2.4 EFFECT ON SOIL ORGANIC MATTER CONTENT
- 5.2.5 EFFECT ON SOIL TOTAL NITROGEN CONTENT
- 5.2.6 EFFECT ON SOLUBLE NO_3^- CONTENT
- 5.2.7 EFFECT ON NH_4^+ CONTENT
- 5.2.8 EFFECT ON SOIL EXCHANGEABLE CATIONS CONTENT
- 5.2.9 EFFECT ON SOIL AVAILABLE PHOSPHORUS CONTENT
- 5.2.10 EFFECT ON SOIL AVAILABLE METALS CONTENT
- 5.2.11 EFFECT ON SOIL BORON CONTENT
- 5.2.12 EFFECT ON SOLUBLE SO_4^{2-} CONTENT

CONCLUSIONS

REFERENCES

EXTENDED SUMMARY

Provided that benefit to agriculture (or ecological improvement) can be demonstrated, landspreading of wastes is considered preferable to thermal destruction or landfilling in the ranking of options proposed in the Waste Framework Directive issued by the EU.

So far little is known regarding the fate of pistachio's waste in Greece and in other Mediterranean countries. It is known, however, that, on average, 2m³/h of water are required for dehulling 1 tn fresh nuts, while the processing of 1 tn of pistachios produces almost 2,5 tn of sludge which consists of hulls, nuts and water.

According to farmers' description and to visits at wastes disposal areas, pistachio waste is either disposed on soil, mainly where pistachio trees or vegetables are cultivated, or is disposed in wells and streams. In some cases, disposal lagoons are used for the disposal, however these are poorly constructed (i.e. simple soil excavation without using protective materials to prevent leaching) and of high depth (up to 5 m) that, apart from adverse impacts on soil quality, inhibit the evaporation process.

Agrostrat studied the suitability of pistachio wastes for reuse on soil for fertilization or irrigation and for this reason a series of soil, water and waste samples were collected and analyzed from areas where pistachios waste are produced and disposed. Greenhouses experiments were also conducted in order to define the impact of solid waste and wastewater on soil properties and on plant production. Compost produced using the methodology developed by the project using pistachios waste, manure, straw and the natural zeolite clinoptilolite was studied, as well.

Therefore, AgroStrat, after evaluation of the properties and characteristics of pistachio wastewater and solid waste and also of the effect of waste on soil properties, proposed specific measures for the sustainable reuse and management of this waste type.

As regards the potential use of pistachios wastewater for irrigation, Agrostrat through a comprehensive study and pot experiments using ten different soil types under greenhouse conditions, concluded that among the soil parameters that were mainly affected were electrical conductivity, NO₃⁻, NH₄⁺, exchangeable K and Na, B, and SO₄²⁻. On the other hand, it was revealed that both municipal and drillings water at the pilot area of Aegina island were unacceptable for irrigation, although systematically used, and may cause detrimental effects on soil quality mainly due to the high content in Cl⁻ and in Ca⁺². Therefore, two options for wastewater management are proposed:

- disposal of the effluents, after a preliminary precipitation, into shallow evaporation lagoons of max 1,5 m depth. In this case and for disposing almost 80m³ wastewater, a pond for almost 160m³ should be constructed (e.g. of 10m x 10m x 1.5m). Specific care should be taken to protect the walls and the bottom part of the pond using cement or geotextiles.
- use of wastewater for irrigation after dilution with fresh water, potentially rain water. A dilution of 1 to 4 or 1 to 5 seems appropriate to increase pH at acceptable values and also decrease polyphenols significantly. However, specific care should be taken when reusing the diluted effluent and therefore it is recommended to apply the methodology as developed and included in the Cultivation Management Software of the project on how to estimate the dose of wastewater according to soil parameters' values.

Similarly, when pistachio composts were applied on soil, parameters that are mainly affected were electrical conductivity, nitrogen, NO_3^- , NH_4^+ , exchangeable K and Na, available Zn, B, and SO_4^{2-} .

In order to assess the effect of pistachio wastes on plant production, greenhouse experiments were conducted during which, lettuce and anise were cultivated on ten different soil types and by using mineral fertilizers and pistachio compost. The goal was to evaluate the effect of two types of fertilizations (chemical and organic-compost), on soil fertility and on the nutrition of two cultivations (lettuce and anise). For this purpose, the soils were mixed with certain portion of either chemical fertilizers (NH_4SO_4 , 0-20-0, K_2SO_4) or a mixture of pistachio compost (with zeolite) and chemical fertilizers. Compost addition was based on nutrient status of each soil and nutrient demands of cultivated plants. This was accomplished by the use of the Cultivation Management Software.

The results showed that light textured soils enhanced lettuce growing while the addition of compost + chemical fertilizer gave higher values for lettuce, in terms of yield and dry biomass, compared to the control (i.e. no treatment). With regards to anise biomass, light textured soils are more suitable for anise growing while yield ranged at higher levels for sandy clay loam and sandy soils, than for clay or loam soils. Comparing mean values for yield and dry biomass between treatments, it is clear that the addition of compost + chemical fertilizer gave higher values for anise yield and dry biomass. In addition, when data were averaged over soil texture categories, significant and positive correlations were obtained between yields and fertilization treatments for most of the soil properties indicating that the enhancement of yield due to fertilization, and in particular due to compost application, could be ascribed to improved soil fertility.

Therefore, it can be concluded that the use of compost derived from pistachio wastes can be partially substitute the mineral fertilization. Soils were in most cases sufficient in terms of all soil parameters examined. Addition of the mixture of compost and fertilizer treatment to the soils under study resulted in enhanced lettuce and anise yield and dry biomass, as well as in improved soil fertility.

Finally, for the safe reuse or disposal of pistachio wastes, LIFE AgroStrat developed a methodology based on FAO principles for land evaluation, which can be also used for other types of wastes after easy conformation. To adopt and implement the Land Suitability Evaluation System as proposed by AgroStrat, a systematic procedure is required to be applied in order to present evaluation results as GIS maps that can be further used for monitoring areas of disposal/reuse as well as, for estimating the appropriate waste doses to be added on soil at map unit or at field level.

In conclusion and despite the measures and guidelines developed by the project that ensure safe management, it should be kept in mind that organic waste management at local or regional scale is a site-specific issue, and as such all local/regional characteristic, needs, priorities and peculiarities must be considered prior reuse or disposal. It is also of great importance to apply waste on land after estimation of the appropriate doses that will not affect soil quality negatively. Therefore, the optimum doses of wastewater or solid waste) to be distributed on land, regardless the purpose, must be calculated considering waste composition and soil parameters.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάθεση και επαναχρησιμοποίηση των οργανικών αποβλήτων στο έδαφος για γεωργικό σκοπό, υπό την προϋπόθεση ότι μπορεί να αποδειχθεί επωφελής και ασφαλής για τη γεωργία, είναι σαφώς προτιμότερη μέθοδος σε σύγκριση με την καύση ή την υγειονομική ταφή, όπως προτείνεται και στο σχετικό νομοθετικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (οδηγία πλαίσιο για τα απόβλητα).

Πριν την έναρξη του έργου AgroStrat, λίγα στοιχεία ήταν γνωστά στην επιστημονική κοινότητα σχετικά με την τύχη των αποβλήτων κατεργασίας των κελυφωτών φυστικών στην Ελλάδα και στις άλλες μεσογειακές χώρες. Είναι γνωστό ωστόσο, ότι, κατά μέσο όρο, απαιτούνται $2\text{m}^3/\text{h}$ νερού για την αποφλοιώση 1 τόνου φρέσκων κελυφωτών φυστικιών, ενώ κατά την επεξεργασία 1 τόνου φυστικιών, παράγονται σχεδόν 2,5 τόνοι λάσπης, η οποία αποτελείται από περικόρπια, κελύφη, καρπούς και νερό.

Πληροφορίες οι οποίες συλλέχθηκαν από παραγωγούς στη διάρκεια επισκέψεων σε περιοχές παραγωγής κελυφωτών φυστικιών και κυρίως της Αίγινας, καταδεικνύουν γενικά ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος, σε καλλιέργειες (κυρίως φυστικιών και λαχανικών), σε πηγάδια και επιφανειακά υδατικά συστήματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται δεξαμενές εξάτμισης για τη συλλογή των αποβλήτων, οι οποίες όμως είναι πλημμελούς κατασκευής (απλή εκσκαφή του εδάφους χωρίς χρήση προστατευτικών υλικών για αποφυγή στραγγίσεων) και μεγάλου βάθους (έως και 5 μ), ακατάλληλου για αποτελεσματική εξάτμιση, με αποτέλεσμα να προκαλούνται δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του εδάφους και του τοπικού περιβάλλοντος.

Στο πλαίσιο του έργου AgroStrat μελετήθηκε η καταλληλότητα των αποβλήτων κατεργασίας κελυφωτών φυστικιών για επαναχρησιμοποίηση στο έδαφος για λιπαντικούς ή και αρδευτικούς σκοπούς. Για το λόγο αυτό, συλλέχθηκε και αναλύθηκε μεγάλος αριθμός εδαφικών και υδατικών δειγμάτων αλλά και δειγμάτων αποβλήτων από περιοχές της Αίγινας, κυρίως, όπου ο συγκεκριμένος τύπος αποβλήτου παράγεται και διατίθεται σε διάφορους αποδέκτες. Συμπληρωματικά, και προκειμένου να μελετηθεί σε βάθος η επίδραση των αποβλήτων στην ποιότητα του εδάφους και στην καλλιέργεια, εκτελέστηκαν πειράματα σε περιβάλλον θερμοκηπίου χρησιμοποιώντας δέκα διαφορετικούς τύπους εδάφους, υγρά απόβλητα και κόμποστ το οποίο είχε παρασκευαστεί με εφαρμογή της μεθόδου κομποστοποίησης η οποία αναπτύχθηκε στη διάρκεια του έργου. Η μέθοδος περιλαμβάνει την ανάμιξη και κομποστοποίηση αποβλήτων φυστικιών, κοπριάς, άχυρου και του φυσικού ζεόλιθου κλινοπτιλόλιθου σε αναλογία 5%. Με την ολοκλήρωση των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων που συλλέχθηκαν καθώς και των πειραμάτων θερμοκηπίου ακολούθησε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και πρόταση μέτρων και πρακτικών για την ασφαλή και αειφόρο επαναχρησιμοποίηση και διαχείριση αυτού του τύπου αποβλήτου, τα οποία παρουσιάζονται σε αυτήν τη μελέτη.

Όσον αφορά στη χρήση των υγρών αποβλήτων για άρδευση, διαπιστώθηκε ότι οι εδαφικές ιδιότητες οι οποίες αναμένεται να επηρεαστούν από μια τέτοια πρακτική είναι κυρίως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-), των αμμωνιακών (NH_4^+), των ανταλλαξίμων καλίου (K) και νατρίου (Na), του βορίου (B), και των θεικών ιόντων (SO_4^{2-}). Έχει, όμως, ιδιαίτερη σημασία να αναφερθεί ότι οι αναλύσεις του νερού που χρησιμοποιείται από τους τοπικούς παραγωγούς για άρδευση και προέρχεται κυρίως από γεωτρήσεις, πηγάδια ή και από την

παροχή του νησιού, ήταν επίσης ακατάλληλο για άρδευση με κίνδυνο για τη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους κυρίως λόγω της πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε χλωριόντα (Cl^-) και της πολύ υψηλής σκληρότητάς του.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, το έργο, όσον αφορά στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων κατεργασίας κελυφωτών φυστικιών, προτείνει:

- διάθεση των υγρών αποβλήτων, ιδανικά μετά από προκατεργασία καθίζησης, σε ρηχές δεξαμενές εξάτμισης μέγιστου βάθους 1,5 μ. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι για τη διάθεση περίπου 80 κ.μ. υγρών αποβλήτων, θα πρέπει να κατασκευαστεί δεξαμενή χωρητικότητας περίπου 160 κ.μ. (π.χ. διάστασης 10 μ x 10 μ x 1,5 μ). Σημαντικό είναι επίσης να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα για τη στεγανοποίηση της δεξαμενής, στην περίπτωση που αυτή δεν είναι από τσιμέντο, με χρήση γεωμεμβράνης.
- χρήση των υγρών αποβλήτων για άρδευση μετά από αραίωση με νερό, πιθανώς και βρόχινο. Αραίωση των αποβλήτων σε αναλογία 1 προς 4 ή 1 προς 5 είναι ικανοποιητική και θα επιφέρει μείωση της οξύτητας των αποβλήτων σε αποδεκτές τιμές, ενώ θα μειώσει σημαντικά και τη συγκέντρωση των πολυφαινολών. Ωστόσο, η χρήση στην άρδευση θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά και στη σωστή δοσολογία. Συστήνεται για το σκοπό αυτό η χρήση του Λογισμικού Διαχείρισης Καλλιέργειας, το οποίο αναπτύχθηκε επίσης στη διάρκεια του έργου, και υπολογίζει την ενδεδειγμένη δόση αποβλήτου λαμβάνοντας υπόψη τις εδαφικές παραμέτρους.

Ομοίως, κατά την εφαρμογή του κόμποστ στο έδαφος, διαπιστώθηκε κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, ότι οι παράμετροι του εδάφους, οι οποίες κυρίως επηρεάζονται είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το άζωτο (N), τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-), τα αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+), τα ανταλλάξιμα κάλιο (K) και νάτριο (Na), ο διαθέσιμος ψευδάργυρος (Zn), το βόριο (B) και τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}).

Προκειμένου να εκτιμηθεί η επίδραση των αποβλήτων φυστικιών στη φυτική παραγωγή, διεξήχθησαν πειράματα στο θερμοκήπιο και καλλιεργήθηκαν σε δέκα διαφορετικούς τύπους εδάφους δύο φυτικά είδη, μαρούλι και άνηθος. Για τη λίπανσή τους χρησιμοποιήθηκαν χημικά λιπάσματα και κόμποστ απο κελυφωτά φυστίκια. Ο στόχος ήταν να αξιολογηθεί η επίδραση των δύο τύπων λιπάνσεων στη γονιμότητα του εδάφους αλλά και στη θρέψη των φυτών. Για την εκτέλεση του πειραματισμού τα εδάφη αναμίχθηκαν σε συγκεκριμένες αναλογίες με χημικά λιπάσματα (NH_4SO_4 , τύπος 0-20-0, K_2SO_4) καθώς και με μίγμα χημικού λιπάσματος και κόμποστ. Οι ποσότητες των λιπασμάτων (χημικού και οργανικού) υπολογίστηκαν με βάση τις θρεπτικές ανάγκες των καλλιεργούμενων ειδών, τις θρεπτικές ιδιότητες του εδάφους με χρήση του Λογισμικού Διαχείρισης Καλλιέργειας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στα ελαφρά εδάφη η απόδοση της καλλιέργειας μαρουλιού ήταν αυξημένη με χρήση συνδυασμού χημικών λιπασμάτων και κόμποστ, ενώ και η ξηρή βιομάζα ήταν μεγαλύτερη σε σύγκριση με αντίστοιχη καλλιέργεια χωρίς καμία εφαρμογή. Όσον αφορά στην καλλιέργεια άνηθου, τα ελαφρά εδάφη αποδείχθηκαν πιο κατάλληλα με την απόδοση να κυμαίνεται σε υψηλότερα επίπεδα σε αμμοαργιλοπηλώδη και αμμώδη εδάφη από ότι σε αργιλώδη ή πηλώδη εδάφη. Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές απόδοσης και ξηρής βιομάζας μεταξύ των διαφορετικών πειραματισμών, είναι σαφές ότι η προσθήκη συνδυασμού χημικών λιπασμάτων και κομπόστ υπερτερεί σε απόδοση και ξηρή βιομάζα. Επιπλέον, όταν τα πειραματικά αποτελέσματα συσχετιστούν κατά μέσο όρο με τις ιδιότητες των διαφορετικών κατηγοριών εδάφους που μελετήθηκαν, προκύπτουν σημαντικές και θετικές συσχετίσεις μεταξύ της απόδοσης της

καλλιέργειας και των λιπαντικών εφαρμογών με τις περισσότερες από τις εδαφικές ιδιότητες, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα αύξησης της γονιμότητας του εδάφους κυρίως λόγω της εφαρμογής κόμποστ.

Ως εκ τούτου, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η χρήση κομποστοποιημένων στερεών αποβλήτων επεξεργασίας κελυφωτών φυσιτικών μπορεί να αντικαταστήσει μέρος της χημικής λίπανσης καθώς τα εδάφη, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας είχαν στις περισσότερες περιπτώσεις επάρκεια των απαραίτητων για την καλλιέργειας στοιχείων.

Για την ασφαλή και επωφελή επαναχρησιμοποίηση ή διάθεση των αποβλήτων, το έργο AgroStrat ανέπτυξε επίσης μία μεθοδολογία με βάση τις αρχές του FAO για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του εδάφους να δεχθεί απόβλητα, η οποία μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για άλλους τύπους αποβλήτων, μετά από σχετική και εύκολη διαμόρφωση. Προκειμένου να υιοθετηθεί και να εφαρμοστεί το Σύστημα Αξιολόγησης Καταλληλότητας του Εδάφους, όπως προτείνεται από το AgroStrat, απαιτείται καταρχήν μία συστηματική διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας του εδάφους και παρουσίασης των αποτελεσμάτων με μορφή GIS χαρτών. Οι χάρτες αυτοί, σε συνδυασμό με το λογισμικό του έργου, επιτρέπουν τον προσδιορισμό των κατάλληλων περιοχών χρήσης των αποβλήτων και τον υπολογισμό των δόσεων εφαρμογής, τόσο σε επίπεδο χωρικού, όσο και σε περιφερειακό.

Εν κατακλείδι, και παρά το γεγονός ότι τα μέτρα, οι προτάσεις και οι οδηγίες που δίνονται από το AgroStrat διασφαλίζουν ασφαλή διαχείριση, θα πρέπει να γίνει πλήρως κατανοητό ότι η διαχείριση των οργανικών αποβλήτων σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο είναι ένα ζήτημα που δεν έχει γενική λύση, καθώς οι όποιες λύσεις και προτάσεις εξαρτώνται από τα ειδικά χαρακτηριστικά, τις ιδιαιτερότητας αλλά και τις προτεραιότητες των περιοχών που αυτές θα εφαρμοστούν.