

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΩΝ ΥΓΡΩΝ
ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ, ΣΤΗΝ
ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ



ΓΙΑΝΝΗΣ ΓΚΕΣΟΥΛΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΖΑΚΥΝΘΙΝΟΣ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρα. Ζακυνθινό Γεώργιο , Αναπληρωτή Καθηγητή του ΤΕΙ Καλαμάτας για το ενδιαφέρον, τη συνεχή παρακολούθηση και καθοδήγησή του.

Ευχαριστίες οφείλω επίσης στην Αναπληρώτρια Ερευνήτρια του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων (Λυκόβρυση) Δρ. Γεωργία Ουζουνίδου για το ενδιαφέρον, τις εποικοδομητικές συζητήσεις και τις εύστοχες παρατηρήσεις της, που συνετέλεσαν στην πιο άρτια παρουσίαση του κειμένου.

Επίσης, ευχαριστώ τον Τεχνικό Έρευνας του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Γεωργικών Προϊόντων (Λυκόβρυση) , Βιολόγο κο Ελευθέριο Ελευθεριάδη για το ενδιαφέρον και την ουσιαστική βοήθεια που μου πρόσφερε.

Θα ήταν μεγάλη παράληψη να μην ευχαριστήσω την θεία μου Ντίνα για τη βοήθεια, τη συμπαράσταση και τη θερμή φιλοξενία της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για την ουσιαστική τους υποστήριξη κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (ΥΑΕ) είναι ένα σημαντικό πρόβλημα που επηρεάζει το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα. Πολυάριθμες φυσικοχημικές και βιολογικές μέθοδοι έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για την επεξεργασία και διάθεση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων, αλλά γενικά απέτυχαν να εμφανίσουν μια βιώσιμη λύση ευρείας αποδοχής. Αφ' ετέρου αφού τα απόβλητα ελαιοτριβείων είναι καθαρά φυτικής προέλευσης, η ανακύκλωσή τους (είτε ακατέργαστων, είτε κατεργασμένων, συμπεριλαμβανομένης της κομποστοποίησης) σε γεωργικά οικοσυστήματα φαίνεται περιβαλλοντικά λογική και οικονομικά εφικτή. Στην εργασία αυτή, μια ολιστική προσέγγιση προτείνεται και αξιολογούνται οι κύριες ερευνητικές μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις των ακατέργαστων ΥΑΕ στις καλλιέργειες και τα εδάφη. Σε γενικές γραμμές, η άμεση εφαρμογή των ΥΑΕ ασκεί προσωρινά θετική επίδραση στις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Ωστόσο, σε αργιλώδη εδάφη, η συσσώρευση των αλάτων από αυτά τα λύματα θα μπορούσε να οδηγήσει στη διάλυση της δομής του εδάφους. Επιδείνωση της δομής του εδάφους θα μειώσει την υδραυλική αγωγιμότητα του, η οποία είναι μια βασική παράμετρος για τον καθορισμό του όγκου του κατσίγαρου που μπορεί να εξαπλωθεί σε ένα έδαφος. Η οργανική ύλη (ΟΜ) αποτελεί περίπου το 65% του ξηρού βάρους του κατσίγαρου. Ανάμεσα στα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους, το pH παραμένει σχεδόν σταθερό μετά από εφαρμογές κατσίγαρου. Οι πολυφαινόλες είναι ο πιο περιοριστικός παράγοντας για τη διάδοση ΥΑΕ σε εδάφη λόγω των αντιμικροβιακών και φυτοτοξικών επιδράσεών τους. Παρ' όλα αυτά, αυτές οι πολυφαινόλες αποικοδομούνται γρήγορα ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Λόγω της εξαιρετικά μεταβλητής χημικής σύνθεσης των ΥΑΕ, αυτά τα απόβλητα παρέχουν μεταβλητές εισροές μακρο-θρεπτικών συστατικών (ιδιαίτερα κάλιο και φώσφορο), τα οποία ενδεχομένως να μειώσουν τις απαραίτητες προσθήκες λιπασμάτων. Όσον αφορά τη μικροχλωρίδα του εδάφους, τα ΥΑΕ ασκούν τις ακόλουθες δύο αντιπαραβαλλόμενες ενέργειες: τόνωση της ανάπτυξης της μικροχλωρίδας με τον προσωρινό εμπλουτισμό του άνθρακα στο έδαφος και την αναστολή ορισμένων μικροοργανισμών και φυτοπαθογόνων παραγόντων με την προσθήκη αντιμικροβιακών ουσιών στο έδαφος. Για πολλές καλλιέργειες, η διάδοση ΥΑΕ ωφελεί την απόδοση τους. Ωστόσο, η τοξικότητά τους είναι εμφανής σε όλες τις φυτικές λειτουργίες από τη

βλάστηση μέχρι τη μορφολογία των οργάνων, τη φυσιολογία, το μεταβολισμό, τη δομή, την ωριμότητα και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Έτσι, η εφαρμογή ΥΑΕ πρέπει να προηγείται επαρκώς της σποράς. Τα ευεργετικά αποτελέσματα των ΥΑΕ στην απόδοση των καλλιεργειών δείχνουν ότι αυτά τα λύματα μπορούν να γίνουν πολύ σημαντική πηγή οργανικής ουσίας και θρεπτικών συστατικών στον τομέα των γεωργικών εδαφών και να επηρεάσουν θετικά τη γονιμότητα του εδάφους. Ωστόσο, για να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητά τους, ορισμένοι περιορισμοί στη χρήση τους με βάση τα χαρακτηριστικά του εδάφους σκιαγραφούνται.

Λέξεις κλειδιά: εφαρμογή ακατέργαστων ΥΑΕ, φυτοτοξικότητα, πολυφαινόλες, ποιότητα εδάφους, ανάπτυξη φυτών, οργανική τροποποίηση, άρδευση με ΥΑΕ

ABSTRACT

The disposal of olive mill wastewaters (OMWs) is a major problem that affects soil and groundwater. Numerous physicochemical and biological methods have been used in the past for the treatment and disposal of olive mill wastewater, but these generally failed to come up with a viable solution of wide applicability. On the other hand, since olive mill waste are of purely vegetative origin, their recycling (either raw or after treatment, including composting) into agricultural ecosystems seems environmentally reasonable and financially feasible. In this work, a holistic approach is proposed and the main research studies regarding the effects of OMWs on crops and soils are reviewed. Generally, direct application of OMWs exerts a temporary positive effect on soil physical properties. However, in clay soils, the accumulation of salts from these wastewaters could lead to the disintegration of the soil structure. Deterioration of soil structure would decrease the soil hydraulic conductivity, which is a key parameter for determining the volume of OMW that can be spread on a soil. Organic matter (OM) makes up approximately 65% of the OMW dry weight. Among the soil chemical characteristics, the soil pH remains almost constant following OMW applications. Polyphenols are the most limiting factor for spreading OMWs on soils because of their antimicrobial and phytotoxic effects. Nevertheless, these polyphenols are rapidly degraded depending on environmental conditions. Due to the highly variable chemical composition of the OMWs, these effluents provide variable macronutrient inputs (especially potassium and phosphorus), which potentially reduce necessary fertilizer inputs. Regarding soil microflora, the OMWs exert the following two contrasting actions: stimulating microflora development by temporarily enriching soil carbon and inhibiting certain microorganisms and phytopathogenic agents by adding antimicrobial substances to the soil. For many crops, spreading OMWs benefits crop yield. However, the toxicity is evident in all the plant functions from the germination to organs morphology, metabolism, ultrastructure, ripening and quality of the final product. Thus, the application of OMWs should adequately precede sowing. The beneficial effects of OMWs on crop yields indicate that these wastewaters may become very important sources of OM and nutrients in agriculture soils and positively impact soil fertility. However, to improve their effectiveness, some use restrictions based on soil characteristics were outlined.

keywords: raw OMW application, phytotoxicity, polyphenols, soil quality, plant growth, organic amendment, OMWW fertigation

Πίνακας περιεχομένων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1.Τύποι ελαιουργείων	13
1.2.Απόβλητα ελαιοτριβείων	15
1.2.1.Απόβλητα ελαιοτριβείων τριών φάσεων	15
1.2.2. Απόβλητα ελαιοτριβείων δύο φάσεων.....	19
1.3. Ρυπογόνος δράση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.....	20
1.4. Αντιμικροβιακή δράση των ΥΑΕ	22
1.5. Φυτοτοξική δράση των ΥΑΕ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΥΑΕ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	25
2.1. Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους	25
2.1.1. Πορώδες εδάφους	25
2.1.2. Σταθερότητα συσσωματωμάτων.....	26
2.1.3. Δημητικότητα του νερού και υδραυλική αγωγιμότητα.....	27
2.1.4. Κατακράτηση νερού	28
2.2 Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους.....	29
2.2.1. pH.....	29
2.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (ΗΑ).....	30
2.2.3. Οργανική ύλη.....	30
2.2.4. Φαινολικές ενώσεις.....	32
2.2.5. Άζωτο του εδάφους.....	32
2.2.6. Μεταλλικά στοιχεία	33
2.2.7. Ενζυμικά συστήματα εδάφους.....	34
2.3. Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα βιολογικά συστήματα του εδάφους.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ.....	39
3.1. Επίδραση στη φυτρωτικότητα των σπερμάτων	39
3.2. Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών.....	43

3.3. Επιπτώσεις των ΥΑΕ στη φυσιολογία και το μεταβολισμό των φυτών.....	48
3.4 Επίδραση στην παραγωγικότητα και ποιότητα των φρούτων	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ.....	53
4.1. Φυσικοχημικές μέθοδοι	53
4.1.1. Προσθήκη ηλεκτρολυτών	53
4.1.2. Αντιδραστήριο Fenton	54
4.1.3. Προσρόφηση.....	54
4.1.4. Εξάτμιση	54
4.1.5. Επίπλευση	55
4.1.6. Θερμική συμύκνωση.....	55
4.1.7. Υπερδιήθηση – Αντίστροφη ώσμωση	55
4.1.8. Ηλεκτρολυτική οξείδωση	56
4.1.9. Φυγοκέντρωση	56
4.2. Αναερόβια ζύμωση των ΥΑΕ για παραγωγή βιοαερίου (βιομεθανοποίηση).....	56
4.3. Κομποστοποίηση	58
4.4. Παραγωγή βιο-αποδομήσιμων υλικών	59
4.5. Παραγωγή στερεών καυσίμων.....	59
4.6. Ελεγχόμενη εφαρμογή σε εδαφικούς αποδέκτες	60
4.7. Βιολογικές επεξεργασίες-αποδόμηση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με τη χρήση μικροοργανισμών.....	61
4.7.1. Βακτήρια.....	61
4.7.2. Μύκητες - Ζύμες.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελιά διαδραματίζει έναν ζωτικής σημασίας ρόλο στην οικονομία, την οικολογία και την κοινωνική ζωή των μεσογειακών χωρών, όπου περίπου 8.5 εκατομμύρια εκτάρια είναι στην παραγωγή, που αντιστοιχούν στο 98% της παγκόσμιας καλλιέργειας ελιάς. Η Ισπανία, η Ιταλία και η Ελλάδα αποτελούν περίπου 75 % της παγκόσμιας παραγωγής ελαιολάδου (που είναι περίπου 2.8 εκατομμύρια τόνοι), ενώ το υπόλοιπο προέρχεται κυρίως από την Πορτογαλία, την Τυνησία, το Μαρόκο, την Αλγερία, την Τουρκία, την περιοχή της Μέσης Ανατολής, και την Αυστραλία (IOOC 2008).

Στο παρελθόν, η επεξεργασία ελαιολάδου πραγματοποιήθηκε κυρίως με τους ασυνεχείς (παραδοσιακούς) μύλους τύπου-πίεσης βασισμένους στη μηχανική συντριβή του καρπού της ελιάς που ακολουθήθηκε από την εξαγωγή πίεσης, αλλά η εντατικοποίηση της παραγωγής οδήγησε στην εγκατάλειψη αυτής της παραδοσιακής μεθόδου εξαγωγής, και στην εγκατάσταση των φυγοκεντρικών μύλων αποδοτικότερης και υψηλότερης ικανότητας. Σήμερα, υπάρχουν δύο βασικές τεχνολογίες εξαγωγής ελαιολάδου που χρησιμοποιούν έναν διαφορετικό τύπο μηχανικής συντριβής-ομογενοποίησης που ακολουθείται από το φυγοκεντρικό διαχωρισμό μέσω των αποκαλούμενων «τριφασικών» και «διφασικών» διαδικασιών. Το πρώτο εισήχθη στη δεκαετία του '70 για την αύξηση της παραγωγής ελαιόλαδου, και παράγει ελαιόλαδο (περίπου 20-25 kg από 100 kg ελιών), ελαιοπυρηνόλημα ή το κέικ ή το «ογυjo» ελιών (περίπου 30-35 kg από 100 kg ελιών, αυτό συνήθως υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία για την εξαγωγή του υπόλοιπου λαδιού και press-cake ελιών) και υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων (ΥΑΕ 3-φάσεων, περίπου 80-100 l από 100 kg ελιών). Ως εκ τούτου, οι ποσότητες των ΥΑΕ, που παράγονται στη μεσογειακή περιοχή μόνο, υπερβαίνουν 15 Mm³ το χρόνο εντός μιας περιόδου 3-4 μηνών (Νοέμβριο-Φεβρουάριο), δημιουργώντας ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα. Αφ' ετέρου, το διφασικό φυγοκεντρικό σύστημα εισήχθη στη δεκαετία του '90 προκειμένου να εξεταστεί το πρόβλημα των μεγάλων ποσοτήτων του νερού που χρησιμοποιήθηκαν με τη φυγοκεντρική διαδικασία εξαγωγής, και συνεπώς για τη μείωση του ποσού υγρών αποβλήτων που παράγονται. Αντ' αυτού, από αυτό το σύστημα ένα λασπώδες ελαιοπυρηνόλημα (επίσης αποκαλείται υγρός φλοιός ή «alperujo», ή απόβλητα ελαιοτριβείων 2-φάσεων, ΥΑΕ 2-φάσεων, περίπου 80-100 kg από 100 kg ελιών) παράγονται σε μεγάλες ποσότητες (τέσσερα εκατομμύρια τόνοι στην Ισπανία

μόνο, Albuquerque και λοιποί 2004), το οποίο είναι δύσκολο να διαχειριστεί λόγω των φυσικοχημικών και βιοτοξικών ιδιοτήτων του.

Τα χαρακτηριστικά των ΥΑΕ είναι μεταβλητά, ανάλογα με πολλούς παράγοντες όπως η μέθοδος εξαγωγής, ποικιλίας και ωριμότητας των ελιών, η περιοχή προέλευσης, οι κλιματολογικές συνθήκες και οι σχετικές μέθοδοι καλλιέργειας/ επεξεργασίας. Γενικά, τα ΥΑΕ είναι απειθή σκοτεινά καφετιά απόβλητα, με μια διακριτική μυρωδιά, ένα όξινο pH (4.0-5.5), με ένα πολύ σύνθετο οξειδοαναγωγικό σύστημα (αγωγιμότητα: 6,000-16,000 μs), με υψηλή ρυθμιστική ικανότητα, με δραστηριότητα έντασης και σταθερότητα. Και το πιο σημαντικό, τα ΥΑΕ παρουσιάζουν υψηλές τιμές για τις περισσότερες παραμέτρους ρύπανσης: BOD₅: 40-95 g l^{-1} , COD: 50-180 g l^{-1} , LD₅₀ τοξικότητα για τα ψάρια: 8.7%, επιπλέον, περιέχουν μεγάλες ποσότητες ανασταλμένων στερεών και υψηλές συγκεντρώσεις πολυαρωματικών ενώσεων, π.χ. απλές φαινόλες και φλαβονοειδή ή πολυφαινόλες (από 0.5 έως 24 g l^{-1}) (Ramos-Cormenzana, 1986, Paredes et al 1987, Rouvalis et al. 2004, Roig et al. 2006). Ενώ οι φαινολικές ενώσεις θεωρούνται κυρίως υπεύθυνες για τις ισχυρές αντιμικροβιακές και φυτοτοξικές ιδιότητες των ΥΑΕ, αναφέρθηκε επίσης μη σχετική με τις φαινόλες τοξικότητα που αποδόθηκε στα αλλεπάλληλα λιπαρά και πτητικά οξέα (Capasso et al. 1992, 1995, Ramos-Cormenzana et al. 1996 Paixao et al. 1999, Linares et al. 2003 Ouzounidou et al. 2008a). Επιπλέον, τα ΥΑΕ κατέχουν σημαντικές ποσότητες ανόργανων θρεπτικών συστατικών όπως κάλιο (K_2O : 2,4-10.8 g l^{-1}), φώσφορο (P_2O_5 : 0.3-1.5 g l^{-1}), και μια ευρεία σειρά μικρο-θρεπτικών συστατικών (Tomati and Galli 1992, Cabrera et al., 1996, Roig et al. 2006, Aqeel and Hameed 2007, Mekki et al. 2007). Όσον αφορά τα ΥΑΕ-2 φάσεων, που ενσωματώνονται ουσιαστικά σε ένα χείμαρρο αποβλήτων, τα ΥΑΕ (αν και σε μικρότερες ποσότητες) και ο ελαιοπυρήνας της τριφασικής διαδικασίας εξαγωγής, παρουσιάζουν μια περιεκτικότητα σε υγρασία περίπου 60-65%, ένα όξινο pH (4.9-6.8), ένα υψηλό περιεχόμενο σε οργανική ουσία (60.3-98.5%) περιλαμβάνοντας μεγάλες σχετικά ποσότητες, λιγνίνης, κυτταρίνης και ημικυτταρίνης, λιπίδια και υδατάνθρακες καθώς επίσης και φαινολικές ενώσεις (Roig et al. 2006).

Στο παρελθόν, διάφορες φυσικοχημικές προσεγγίσεις έχουν υιοθετηθεί συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης και της κροκύδωσης, της προσρόφησης, της υπερδιήθησης και της αντίστροφης όσμωσης, της χημικής οξειδωσης και της ιονικής ανταλλαγής, της καύσης και της πυρόλυσης, κ.λπ., οι οποίες κατέδειξαν γενικά τα ικανοποιητικά επίπεδα οργανικής αποβολής φορτίων και COD που συνδυάστηκε με την

υψηλή μείωση της περιεκτικότητας σε πολυφαινόλες (Fiestas Ros de Urcinos and Borja Padilla 1992, Niaounakis and Halvadakis 2004, Mantzavinos and Kalogerakis 2005, Baldrian et al. 2006, Arvanitoyannis et al. 2007). Εντούτοις, η κλιμάκωσή τους συνάντησε συχνά σοβαρές πρακτικές δυσκολίες και μακροπρόθεσμη οικονομική αποτυχία, κυρίως λόγω της τεχνικής πολυπλοκότητας, και των υψηλών δαπανών εγκατάστασης και λειτουργείας. Αφ' ετέρου, επιδιώχθηκε να γίνει μείωση της περιβαλλοντικής επίδρασης των ΥΑΕ μέσω της χρήσης συνδυασμένων μεθοδολογιών (δηλ. φυσικοχημικές και βιολογικές, που συχνά ενσωματώνουν την εκμετάλλευση της βιοχημικής δυνατότητας επιλεγμένων μικροοργανισμών) ή μόνο από τις βιολογικές προσεγγίσεις (που θεωρούνται περισσότερο «φιλικές προς το περιβάλλον» και πιο οικονομικές) επιτρέποντας συγχρόνως σε μερικά από τα αρχικά συστατικά τους να ανακτηθούν. Κατά αυτόν τον τρόπο, και οι δύο τύποι αποβλήτων ελαιοτριβείων (προερχόμενοι από τις διφασικές και τις τριφασικές διαδικασίες εξαγωγής ελαιόλαδου) διαμόρφωσαν τη βάση για την παραγωγή μιας μεγάλης σειράς προϊόντων όπως λιπάσματα καλλιεργειών ή/και εδαφοβελτιωτικά, υποστρώματα για την παραγωγή βιομάζας και πρωτεΐνης (άλγη και ζύμες), βιοαέριο, βιοφάρμακα, βιοπολυμερή, συμπληρώματα διατροφής, ζωοτροφή και εδάδιμα μανιτάρια (Codounis et al., 1983, Takashi et al. 1994, Ramos-Cormenzana et al., 1996, Zervakis et al., 1996, Ntougias et al., 2003, Ehaliotis et al., 2005, Mantzavinos and Kalogerakis 2005, Roig et al., 2006, Arvanitoyannis and Kassaveti 2007 Ntougias et al., 2008b, Morillo et al., 2009).

Αυτή τη στιγμή, δεν υπάρχει καμία νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης που να ρυθμίζει τη διάθεση αποβλήτων ελαιοτριβείων, και τα πρότυπα αφήνονται για να καθοριστούν από τις μεμονωμένες χώρες, ενώ μόνο στην Ιταλία και την Πορτογαλία μεταξύ των ελαιοπαραγωγικών χωρών υπάρχει νομοθεσία (νόμοι αριθ. 574/1996 και αριθ. 626/2000, αντίστοιχα) για τη διάθεση/την εφαρμογή ΥΑΕ ή/και ΥΑΕ-2 φάσεων στο γεωργικό χώμα. Ως εκ τούτου, παραδείγματος χάριν στην Ιταλία επιτρέπεται η διάδοση μέχρι 80 m^3 εκτάριο⁻¹ έτος⁻¹ ΥΑΕ (που παράγονται από τα συνεχή φυγοκεντρικά συστήματα) λαμβάνοντας υπόψη μερικούς περιορισμούς που επιβάλλονται από το νόμο. Οι πιο κοινές μέθοδοι διάθεσης περιλαμβάνουν την εφαρμογή εδάφους, απαλλαγή στα κοντινά ποτάμια, τις λίμνες ή τη θάλασσα και την αποθήκευση σε δεξαμενές εξάτμισης. Εντούτοις, τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται συχνά με τέτοιες πρακτικές είναι εδαφολογική μόλυνση, υπόγειες διαρροές, ρύπανση σωμάτων νερού και εκπομπές μυρωδιών (Paredes et al., 1987, Rinaldi et al.,

2003). Εντούτοις, φαίνεται ότι η ελεγχόμενη διάδοση των ΥΑΕ σε αγροτική γη θα μπορούσε να προσφέρει μια σημαντική λύση για τη διάθεση τέτοιων αποβλήτων, ειδικά σε περιοχές με εδάφη φτωχά σε οργανική ουσία. Τα απόβλητα ελαιοτριβείων είναι ένα φυσικό προϊόν πλούσιο σε οργανικές ενώσεις, περιέχουν αξιόλογες ποσότητες σακχάρων, μεταλλευμάτων και άλλων ουσιών που βοηθούν την ανάπτυξη των καλλιεργειών, κατά συνέπεια, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά ως εδαφοβελτιωτικό και λίπασμα με μια άμεση και έμμεση θετική επίδραση στις καλλιέργειες (Ehaliotis et al 1999, Tamburino et al., 1999, Di Giovacchino et al., 2001, Ehaliotis et al., 2003), υπό τον όρο ότι οι φυτοτοξικές ιδιότητές τους και ορισμένα δυσμενή αποτελέσματα στις ιδιότητες του εδάφους λαμβάνονται υπόψη ή/και αποβάλλονται (Cereti et al., 2004, Ouzounidou et al., 2008a, 2008b).

Αυτή η αναθεώρηση προσπαθεί να καλύψει τα διαθέσιμα στοιχεία βιβλιογραφίας όσον αφορά την εφαρμογή των ακατέργαστων (μη επεξεργασμένων) αποβλήτων ελαιοτριβείων στο χώμα και άλλων υποστρωμάτων ανάπτυξης καλλιεργειών μαζί με την επίδρασή τους στη βλάστηση σπερμάτων, και στην ανάπτυξη καλλιεργειών, τη φυσιολογία και την παραγωγή φρούτων. Επιπλέον, συνοψίζει την έκβαση πολυάριθμων μελετών χρησιμοποιώντας μικροοργανισμούς για την αποτοξίνωση και τη βιοδιάσπαση των ΥΑΕ.

1.1. Τύποι ελαιουργείων

Η εξαγωγή του ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο διαμέσου των αιώνων πραγματοποιείτο με τον κλασσικό-παραδοσιακό τύπο ελαιοτριβείου (υδραυλικά πιεστήρια). Η ανάγκη όμως αύξησης της δυναμικότητας των ελαιουργικών συγκροτημάτων, της μείωσης του κόστους παραγωγής του ελαιολάδου οδήγησαν στην κατασκευή εξελιγμένων τύπων ελαιοτριβείων, των οποίων η λειτουργία βασίζεται στη χρήση μεικτών και φυγοκεντρικών συστημάτων. Τα πρώτα στάδια της μεθόδου εξαγωγής του ελαιολάδου από τον ελαιόκαρπο, δηλαδή το σπάσιμο του καρπού και η μάλαξη της ελαιοζύμης, είναι ίδια και στους τρεις τύπους ελαιοτριβείων. Η διαφορά τους έγκειται στο στάδιο διαχωρισμού του ελαιολάδου από την ελαιοζύμη.

Στα κλασσικά-παραδοσιακά ελαιοτριβεία με την εφαρμογή υδραυλικής πίεσης, που ασκείται στην ελαιοζύμη, παραλαμβάνεται γαλάκτωμα ελαίου και νερού (χυμώδης φάση) και ελαιοπυρήνας (ή πυρήνας ή λιοκόκκια) που αποτελείται από το αλεσμένο ενδοκάρπιο και άλλα στερεά υπολείμματα του ελαιοκάρπου όπως το εξωκάρπιο και το σαρκώδες μεσοκάρπιο (Κυριτσάκης 1989). Ο τελικός διαχωρισμός του γαλακτώματος ελαίου και νερού γίνεται με την εφαρμογή πίεσεως σε κάθετο διαχωριστήρα (Hamdi 1992).

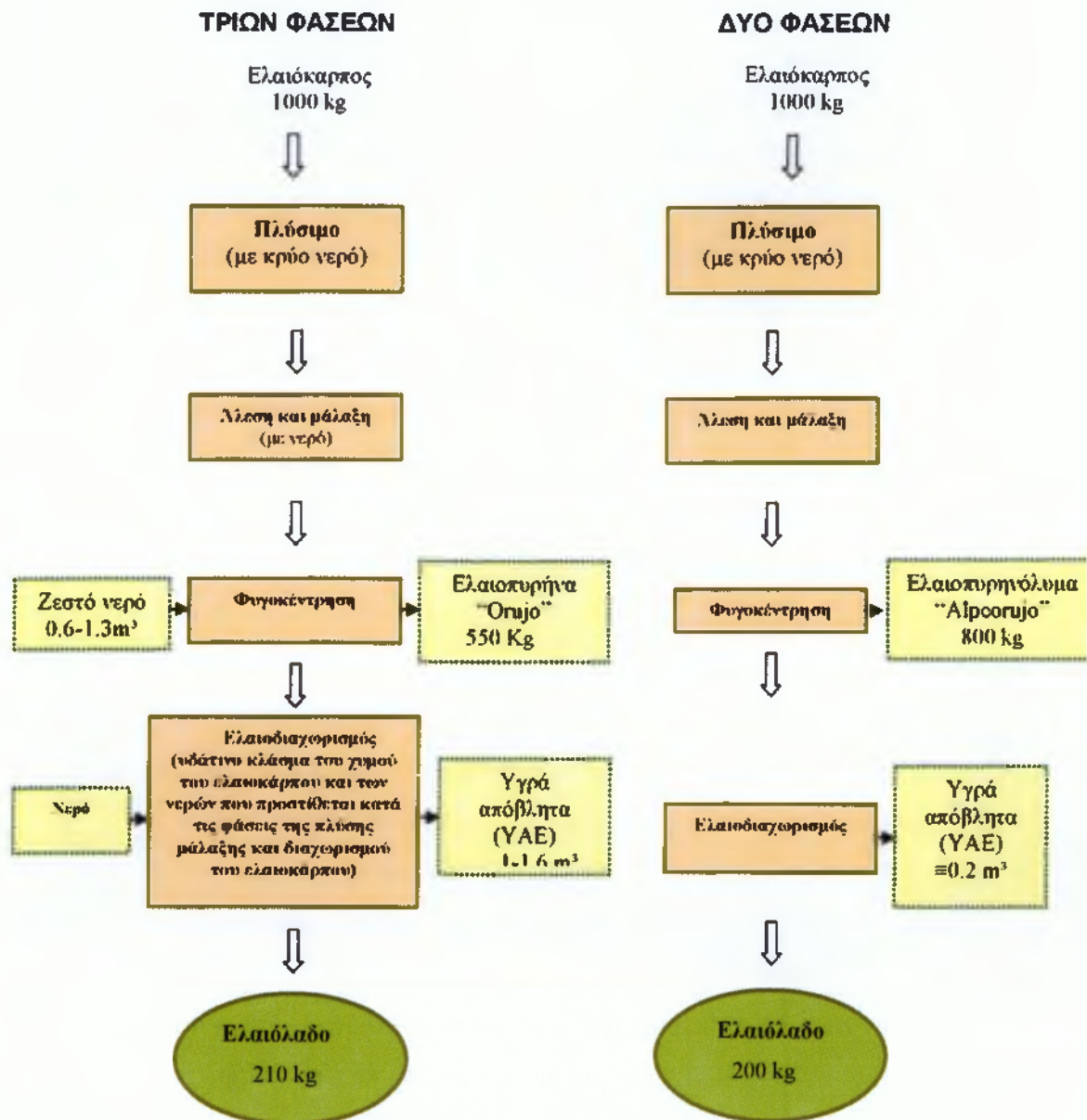
Στα μεικτού τύπου ελαιοτριβεία ο διαχωρισμός του ελαιολάδου επιτυγχάνεται αρχικά με την διαδικασία της αποστάλαξης, η οποία βασίζεται στη διαφορά της επιφανειακής τάσης (διαφορετική συνάφεια - *Sinolea*) μεταξύ φυτικών υγρών και ελαίου και στο ειδικό βάρος αυτών (φυγοκέντριση- *decanter*). Κατά τη μέθοδο κατεργασίας του ελαιοκάρπου, η ελαιοζύμη, μετά τη μάλαξη, οδηγείται στους ελαιοδιαχωριστήρες, που είναι κατασκευασμένοι από χαλύβδινα πλακίδια, και απαλλάσσεται από τις μεγαλύτερες ποσότητες του ελαιολάδου, που περιέχει, με τη μορφή πολύ μικρών ελαιοσταγονιδίων σε αντίθεση με τα φυτικά υγρά τα οποία σχηματίζουν μεγάλα σταγονίδια και απομακρύνονται (Μπαλατσούρας 1986). Συγκεκριμένα η ποσότητα του λαδιού, που συγκεντρώνεται σε αυτό το στάδιο επεξεργασίας, φθάνει το 70-80% εξαιτίας της μεγαλύτερης συνάφειάς του με το χάλυβα. Η εξαγωγή του ελαιολάδου, που παραμένει στην ελαιοζύμη, καθίσταται δυνατή με δύο διαδοχικές φυγοκεντρήσεις, προκειμένου να παραληφθεί το καθαρό ελαιόλαδο (Κυριτσάκης 1989).

Η πρόοδος των μεθόδων παραγωγής του ελαιολάδου, η οποία έχει συντελεσθεί από το ξεκίνημά τους, είναι σημαντική δεδομένου ότι από το 1970 και μετά έγινε σε μεγάλο ποσοστό η αντικατάσταση των παραδοσιακών συστημάτων ασυνεχούς

λειτουργίας από τα φυγοκεντρικά ελαιουργεία τριών ‘φάσεων’ (three-phase centrifugation system). Βασικό στοιχείο, στο οποίο στηρίζεται η λειτουργία τους, είναι η διαφορά του ειδικού βάρους των συστατικών της ελαιοζύμης (ελαιολάδου, υγρών και στερεών συστατικών). Στα συστήματα αυτά, μετά τη μάλαξη της ελαιοζύμης, πραγματοποιείται φυγοκέντριση δύο σταδίων. Μετά την αραιώση της ελαιοζύμης με ζεστό νερό και τη διοχέτευσή της σε ένα φυγοκεντρική οριζόντιας διάταξης, ώστε να γίνει ο διαχωρισμός του ελαιολάδου από τον ελαιοπυρήνα και το νερό, ακολουθεί η δεύτερη φυγοκέντριση για την εξαγωγή του καθαρού ελαιολάδου (Bojja et al. 1995). Η ποσότητα του νερού, που χρησιμοποιείται στα δύο στάδια διαχωρισμού του ελαιολάδου (decanter), έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων. Στην προσπάθειά μείωσης των ποσοτήτων των αποβλήτων αυτών, των οποίων η διάθεση έχει πολύ σοβαρές – δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εισήχθη, στις αρχές της δεκαετίας του ‘90, ένα νέο σύστημα διαχωρισμού του ελαιολάδου, το φυγοκεντρικό σύστημα δύο ‘φάσεων’ (two-phase centrifugation system). Σήμερα χρησιμοποιείται ευρέως κυρίως στην Ισπανία και λιγότερο στην Ιταλία και στην Ελλάδα (Jones et al. 2000).

Έτσι από τις τρεις φάσεις (ελαιόλαδο, ελαιοπυρήνας και υγρά απόβλητα) των αρχικών φυγοκεντρικών ελαιοτριβείων στα διφασικά ελαιοτριβεία παράγονται δυο φάσεις, δηλαδή το ελαιόλαδο (υγρή φάση) και το ελαιοπυρηνόλυμα (ημιστερεή φάση, στην οποία έχουν ενσωματωθεί ο ελαιοπυρήνας, τα φυτικά υγρά του καρπού και σχετικά περιορισμένες ποσότητες νερού). Στα διφασικά ελαιοτριβεία χρησιμοποιείται μέχρι 75-90% λιγότερο νερό, κάτι που έχει ως συνέπεια την παραγωγή συγκριτικά μικρότερων ποσοτήτων αποβλήτων (ελαιοπυρηνολύματος). Αναλυτικά ο τρόπος λειτουργίας των δυο φυγοκεντρικών ελαιουργικών συστημάτων και η σύγκριση αυτών παρουσιάζεται στο Γράφημα 1 (Albuquerque et al. 2003).

ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΟ ΕΛΑΙΟΥΡΓΕΙΟ



Γράφημα 1: Σύγκριση διαδικασίας εξαγωγής ελαιολάδου σε φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών και δύο φάσεων (Alburquerque et al. 2003)

1.2. Απόβλητα ελαιοτριβείων

1.2.1. Απόβλητα ελαιοτριβείων τριών φάσεων

Τα υγρά απόβλητα (ΥΑΕ) παράγονται κυρίως από τα φυγοκεντρικά ελαιοτριβεία τριών φάσεων και είναι γνωστότερα ως «λιόζουμα» ή «κατσίγαρος», ενώ στη ξένη βιβλιογραφία αναφέρονται ως Olive Mill Wastewater (OMW) και προέρχονται από το

υδάτινο κλάσμα των χυμών του ελαιοκάρπου και του νερού πλύσης, μάλαξης και διαχωρισμού του ελαιοκάρπου. Η σύνθεση του κατσίγαρου εξαρτάται κυρίως από τη μέθοδο παραλαβής του ελαιοκάρπου (Bojja et al. 1993), αλλά επηρεάζεται και από την ποικιλία της ελιάς, τις κλιματολογικές συνθήκες, το στάδιο ωρίμανσης, την κατάσταση θρέψης, την προσβολή από εχθρούς και παθογόνα, από το σύστημα συλλογής και το χρόνο αναμονής του καρπού στο ελαιοτριβείο (Μπαλής και άλλοι 1991). Επιπλέον, τα κύρια φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του ποικίλλουν από ελαιοτριβείο σε ελαιοτριβείο (Bonari 1993).

Ο κατσίγαρος είναι ένα υγρό με σκούρο, θολό χρώμα, όξινο και με χαρακτηριστική οσμή στην οποία συμβάλλουν τα πτητικά οξέα που περιέχει (Moreno et al. 1987). Η τιμή του pH κυμαίνεται από 4 έως 6 (όξινο), παρουσιάζει υψηλή ρυθμιστική ικανότητα και επιφανειακή τάση, περιέχει λεπτά οργανικά τεμαχίδια υπό μορφή αιωρήματος και είναι πλούσιο σε οργανικές ουσίες (Οιχαλιώτης και Ζερβάκης 1999, 2000). Σε γενικές γραμμές, η περιεκτικότητα σε νερό κυμαίνεται μεταξύ 83% και 94%, σε οργανικές ενώσεις μεταξύ 4% και 16% και σε ανόργανα άλατα μεταξύ 0,4% και 2,5% (Cabrerera et al. 1996). Το σύνολο των συστατικών του οργανικού κλάσματος των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων μπορεί να διακριθεί σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- Σε ενώσεις άμεσα διασπώμενες (σάκχαρα, αμινοξέα, οργανικά οξέα).
- Βιοαποδομήσιμα πολυμερή (πρωτεΐνες, ημικυτταρίνες)
- Δυσκόλως βιοαποδομήσιμα συστατικά (πολυφαινολικές ενώσεις, ταννίνες, πηκτίνες, λιπαρές ουσίες) (Πίνακας 1).

Το πιο σημαντικό μέρος του οργανικού κλάσματος από ποσοτικής απόψεως, καταλαμβάνουν τα σάκχαρα, ενώ οι πολυφαινόλες και οι λιπαρές ουσίες, μολονότι υποδεέστερες ποσοτικά, από ποιοτικής απόψεως είναι τα πιο σημαντικά συστατικά, διότι σε αυτά οφείλονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι φαινολικές ενώσεις είναι ευρέως διαδεδομένες στα φυτικά προϊόντα και περιλαμβάνουν, απλές φαινόλες, φαινολικά οξέα, φαινυλο-αλκοόλες και φλαβονοειδή (Niaounakis and Halvadakis 2006).

Πίνακας 1. Γενικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (%)	ΚΥΡΙΕΣ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	ΑΝΑΦΟΡΕΣ
Νερό (%)	83-92		Varquez <i>et al.</i> 1976, Codounis <i>et al.</i> 1983, Niaounakis & Halvadakis 2006
Σάκχαρα (%)	2.0-8.0	γλυκόζη,μαννόζη, ραφινόζη, ραμνόζη, σακχαρόζη, κ.α.	
Οργανικά οξέα (%)	0.5-1.5	γαλακτικό, γλυκερινικό, κιτρικό,μηλικό,οξαλικό, οξικό,	
Πηκτίνες, ταννίνες(%)	0.4-1.5		
Πολυαλκοόλες (%)	0.5-1,5	Γλυκερόλη	
Πολυφαινόλες (g l ⁻¹)	3-24	Φλαβονοειδή : απεγίνινη, κερσετίνη, λουτεολίνη, ρουτίνη Φαινόλες : βανιλλικό, 2,6-διυδροξυβενζοϊκό, βερατρικό, καφφεικό, κουμαρικό, κινναμικό, πυροκατεχικό, πρωτοκατεχικό, p-υδροξυβενζοϊκό, συριγγικό, 3,4,5-τριμεθοξυβενζοϊκό, τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη, φερουλικό, ελαιοευρωπαϊνή, κ.α	Fiestas 1986, Martinez <i>et al.</i> 1986, Varquez <i>et al.</i> 1976, Codounis <i>et al.</i> 1983, Niaounakis & Halvadakis 2006
Λίπη (g l ⁻¹)	0.3-23	Υπολείμματα ελαίου	Fiestas 1986, Martinez <i>et al.</i> 1986, Niaounakis & Halvadakis 2006.
Άλατα	5-15	N (g l ⁻¹)	
	0.3-1.1	P (g l ⁻¹)	
	2.7-7.2	K (g l ⁻¹)	
	0.12-0.75	Ca (g l ⁻¹)	
	0.10-0.40	Mg (g l ⁻¹)	
	0.04-0.90	Na (g l ⁻¹)	
Ηλ. Αγωγ/τα (dS m ⁻¹)	8-22		
PH	4-6		
BOD ₅ (g l ⁻¹)	35-100		
COD (g l ⁻¹)	40-195		
Στερεά ολικά (%)	5.5-17.6		

Το κλάσμα των φαινολών παρουσιάζει ιδιαίτερο περιβαλλοντικό ενδιαφέρον διότι: περιορίζει το φάσμα και τη δράση των μικροοργανισμών εκείνων που θα μπορούσαν να εγκατασταθούν και να αποδομήσουν τα άλλα συστατικά, προσδίδει στα απόβλητα τοξικές ιδιότητες έναντι φυτών και ευαίσθητων ζωικών οργανισμών και βιοαποδομείται με βραδύ σχετικά ρυθμό από εξειδικευμένες, αλλά σχετικά ολιγάριθμες ομάδες οργανισμών (Perez et al. 1986, Yesilada et al. 1998, Gonzalez et al. 1994).

Στον Πίνακα 1, αναφέρονται τα πλέον χαρακτηριστικά από τα φαινολικά συστατικά που έχουν ανιχνευθεί στα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Σ' αυτά προστίθενται και πολυμερείς ουσίες καστανόμαυρου χρώματος που σχηματίζονται δευτερογενώς μέσω ενζυμικών αντιδράσεων που αρχίζουν αμέσως από την έκθλιψη του ελαιοκάρπου (Saiz-Jimenez et al. 1986).

Τα μη φαινολικά οργανικά οξέα που επίσης έχουν συσχετιστεί με τη μεγάλη βιοτοξικότητα των ΥΑΕ (γαλακτικόΑ, γλυκερινικό, κιτρικό, μηλικό, οξαλικό, οξικό, τρυγικό, φουμαρικό) αποτελούν ένα σημαντικό μέρος του οργανικού κλάσματος των αποβλήτων, ίσο περίπου με το 1,5% του βάρους του (Varquez et al.1976, Codounis et al. 1983).

Επιπλέον τα ΥΑΕ εμφανίζουν υψηλό οργανικό φορτίο, όπως δείχνουν οι μετρήσεις των τιμών σε BOD (Biological Oxygen Demand-Βιολογική Απαίτηση σε Οξυγόνο), COD (Chemical Oxygen Demand - Χημική Απαίτηση σε Οξυγόνο) και TOC (Total Organic Carbon - Ολικός Οργανικός Άνθρακας), το οποίο συμβάλει σημαντικά στην ρυπογόνο τους ισχύ (Πίνακας 1).

Επίσης πρέπει να αναφερθεί πως και τα ανόργανα στοιχεία που περιέχονται στο κλάσμα των ΥΑΕ (δηλ. άλατα καλίου, φωσφόρου, νατρίου, μαγνησίου κ.λ.π.), παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως λιπαντικά στοιχεία και αναφέρονται ποσοτικά και αναλυτικά στον Πίνακα 1. Σύγκεκριμένα παρατηρούμε ότι η συγκέντρωση του καλίου είναι πολύ μεγαλύτερη από το άθροισμα των συγκεντρώσεων όλων των άλλων ανόργανων στοιχείων (Fiestas 1986, Martinez et al. 1986).

Οι ταννίνες αποτελούν μια ετερογενή ομάδα υδατοδιαλυτών φυτικών πολυφαινολών που έχουν την δυνατότητα να σχηματίζουν σύμπλοκες ενώσεις με πρωτεΐνες και πηκτίνες με τέτοιο τρόπο ώστε να τις μετατρέπουν σε ανθεκτικές στην βιοαποδόμηση (Balice et al.1988).

1.2.2. Απόβλητα ελαιοτριβείων δύο φάσεων

Αξίζει να σημειωθεί ότι και στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια έχει ξεκινήσει στα ελαιουργεία η εγκατάσταση διφασικών διαχωριστών (ελαιοτριβεία δύο φάσεων), καθώς εκτιμάται ότι η υιοθέτηση τους θα αποτελέσει μια καλή λύση για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, λόγω της μείωσης του όγκου των αποβλήτων που παράγονται. Σε αντίθεση όμως με τη διαδεδομένη άποψη, τα ημιστερέα - λασπώδη αυτά απόβλητα μπορεί να είναι μικρότερα σε όγκο, εντούτοις δεν εμφανίζουν μείωση του ρυπαντικού φορτίου αλλά παρουσιάζουν αύξηση της συγκέντρωσης των τοξικών συστατικών τους ανά μονάδα όγκου.

Η κύρια σύσταση του αποβλήτου του διφασικού ελαιοτριβείου (ελαιοπυρηνόλυμα, «alreogujjo») είναι σχεδόν ίδια με τη σύσταση των ΥΑΕ, έχει pH όξινο και περιέχει λίπη, σάκχαρα, πηκτίνες, ταννίνες, κυτταρίνες, πρωτεΐνες, οργανικά οξέα, υδρογονάνθρακες και πολυφαινολικές ουσίες, οι οποίες λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης τους καθιστούν το ελαιοπυρηνόλυμα έντονα φυτοτοξικό και με μεγάλη αντιμικροβιακή δράση (Alburquerque et al.2003, Ntougias et al. 2006b). Όπως έχει ήδη αναφερθεί το ελαιοπυρηνόλυμα έχει πολύ υψηλή υγρασία (55-70%), ενώ αντίστοιχα τα στερεά απόβλητα των κλασσικών ελαιοτριβείων έχουν υγρασία 20-25% και τα τριών φάσεων 40-45% (Alba et al. 1990). Το γεγονός αυτό δεν επέτρεπε μέχρι πρόσφατα την επεξεργασία του στα υφιστάμενα πυρηνελουργεία με τρόπο τεχνολογικά και οικονομικά αποτελεσματικό. Πρόσφατα όμως, ορισμένα πυρηνελαιουργεία δέχονται ελαιοπυρηνόλυμα προς επεξεργασία έχοντας αναπτύξει πρόσθετες διαδικασίες ξήρανσης του συγκεκριμένου παραπροϊόντος, οι οποίες προηγούνται χρονικά των συμβατικών σχετικών χειρισμών.

Τα τελευταία χρόνια έχουν σχεδιαστεί πρότυπες μονάδες επεξεργασίας του ελαιοπυρηνολύματος, όπου με φυγοκέντρωση του σε υψηλές ταχύτητες και θερμοκρασίες ('terpasso') παραλαμβάνεται το μεγαλύτερο μέρος του λαδιού που περιέχει, ενώ παράλληλα εξάγεται πυρηνόξυλο και ένα νέο λασπώδες απόβλητο. Το τελευταίο είναι δυνατό να αξιοποιηθεί υπό προϋποθέσεις ως καύσιμη ύλη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (ο συγκεκριμένος τρόπος διαχείρισης έχει εφαρμοστεί στην Ισπανία σε πιλοτική κλίμακα). Επίσης διεξάγονται έρευνες διεθνώς για να αναπτυχθούν μεθοδολογίες αξιοποίησης των αποβλήτων αυτών κυρίως με τη βιομετατροπή τους σε οργανικό εδαφοβελτιωτικό υλικό μέσω της θερμόφιλης αερόβιας ζυμώσεως (Jones et al. 2000).

1.3. Ρυπογόνος δράση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων

Τα απόβλητα των ελαιοτριβείων συγκαταλέγονται στα βεβαρημένα από άποψη ρυπαντικού φορτίου απόβλητα. Ανάλογα με τις τεχνικές έκθλιψης του ελαιοκάρπου, 0.5-0.8 m³ ΥΑΕ διατίθενται στο περιβάλλον ανά τόνο παραγόμενου ελαιολάδου για τα φυγοκεντρικού τύπου ελαιοτριβεία (Τσιουπλάς et al. 2002). Η συνήθης, αν και επιλήψιμη πρακτική, είναι η απόρριψη τους σε πλησίον των ελαιοτριβείων υδάτινους και χερσαίους αποδέκτες, όπως ποτάμια, χείμαρρους και έδαφος.

Η ρυπογόνος και φυτοτοξική δράση τους από έρευνες που έχουν γίνει αποδείχθηκε ότι οφείλεται στις φαινολικές ουσίες και στα λιπαρά οξέα που περιέχουν παρεμποδίζοντας τη σωστή ανάπτυξη ορισμένων φυτών επιδρώντας αρνητικά στη φυσιολογία τους, ενώ ο σχηματισμός ελαιώδους κρούστας στην επιφάνεια του νερού, παρεμποδίζει τη διάλυση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό (Chtourou et al. 2004).

Όπως προαναφέρθηκε, στη ρυπογόνο δράση των ΥΑΕ συμβάλουν και οι υψηλές τιμές τους σε BOD και COD (Fiestas 1986, Martinez et al. 1986). Το BOD είναι μια παράμετρος υπολογισμού της οργανικής ρύπανσης και εκφράζει την ποσότητα του βάρους του διαλυμένου οξυγόνου που χρειάζονται για να διασπαστούν από μικροοργανισμούς του εδάφους οι βιοαποδομήσιμες ουσίες που περιέχονται σε συγκεκριμένο όγκο δείγματος. Η τιμή του για τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων κυμαίνεται περίπου στα 100 Kg/m³ (Borja et al. 1994). Το COD είναι μια άλλη παράμετρος η μέτρηση της οποίας είναι απαραίτητη λόγω του δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του οργανικού φορτίου των ΥΑΕ είναι μη βιοαποδομήσιμο (Kopsidas 1992). Συγκεκριμένα το COD μετρά το οξυγόνο που απαιτείται για να οξειδωθεί από ένα ισχυρό οξειδωτικό η οργανική ύλη που περιέχεται στο δείγμα. Η τιμή του COD για τα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων είναι περίπου 220 Kg/m³ (Borja et al. 1994).

Έτσι λοιπόν η απόρριψη ανεπεξέργαστων ελαιόζουμων σε υδάτινους αποδέκτες δημιουργεί καταστροφικές συνθήκες διαβίωσης για τους περισσότερους οργανισμούς λόγω έλλειψης οξυγόνου. Η διαφορά τιμών μεταξύ του βιολογικά και χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (BOD και COD) φανερώνει πόσο δύσκολα γίνεται η αποδόμηση έστω μέρους του οργανικού φορτίου των λιόζουμων κατά την διοχέτευση τους στο φυσικό περιβάλλον. Στα θετικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων αναφέρονται η απουσία συνθετικών οργανικών ενώσεων υψηλού περιβαλλοντικού

κινδύνου, βαρέων μετάλλων, αμιάντου ή άλλων μη βιοαποδομήσιμων συνθετικών οργανικών ενώσεων.

Γενικότερα οι πιθανές αρνητικές επιδράσεις των ΥΑΕ στο περιβάλλον σχετίζονται με:

- Την εκδήλωση έντονων φυτοτοξικών φαινομένων στη βλάστηση των φυτών, λόγω των πτητικών λιπαρών οξέων και φαιολών που περιέχουν, με καταστροφή ή μείωση της έκτασης οποιασδήποτε αγροτικής καλλιέργειας
- Εκδήλωση τοξικών φαινομένων στην υδρόβια πανίδα και χλωρίδα λόγω των υψηλών τιμών BOD και COD
- Ρύπανση επίγειων και υπόγειων υδάτινων όγκων και θαλασσών, λόγω της παρεμπόδισης οξυγόνωσης των υδάτινων αυτών αποδεκτών εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας τους σε λιπαρές ουσίες
- Αισθητική και ποιοτική υποβάθμιση των επιφανειακών νερών και θαλασσών, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας τους σε χρωστικές ουσίες
- Ενοχλήσεις των κατοίκων σε αστικές περιοχές λόγω της έντονης δυσοσμίας που εκλύουν (Niaounakis and Halvadakis 2006).



Εικόνα 1. Ανεξέλεγκτη απόθεση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

1.4. Αντιμικροβιακή δράση των ΥΑΕ

Η τοξικότητα και η υψηλή αντιμικροβιακή δράση των υγρών απόβλητων των ελαιοτριβείων καθώς και το έντονο σκούρο χρώμα του αποδίδονται στη συνεργιστική δράση διαφόρων φαινολικών και μη ουσιών (Moreno et al. 1990, Carasso et al. 1992). Οι φαινολικές ουσίες με χαμηλό μοριακό βάρος ευθύνονται για τις δύο πρώτες ιδιότητες των ΥΑΕ, ενώ αυτές με μεγαλύτερο μοριακό βάρος προκαλούν συνήθως το σκούρο χρώμα του.

Για τη μελέτη της αντιμικροβιακής δράσης των ΥΑΕ χρησιμοποιήθηκε κατά το παρελθόν ως δείκτης το βακτήριο *Bacillus megaterium* ATCC 33085, εξαιτίας της αυξημένης ευαισθησίας που παρουσιάζουν τα σποριογόνα βακτήρια του εδάφους απέναντι στην αντιμικροβιακή δράση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.

Σε μελέτη των Gonzalez et al. (1990) ερευνήθηκε η παρεμποδιστική δράση των ΥΑΕ και διαφόρων μεμονωμένων φαινολικών συστατικών κατά της ανάπτυξης μικροοργανισμών, όπως είναι το βακτήριο *Bacillus megaterium*, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της βιοτοξικότητας των ΥΑΕ. Στην ίδια μελέτη επισημαίνεται ότι οι φαινολικές ουσίες δεν αποτελούν από μόνες τους ανασταλτικό παράγοντα ανάπτυξης του βακτηρίου *Bacillus megaterium*, αλλά σε συνδυασμό με την ύπαρξη λιπαρών οξέων κυρίως (λινολενικό, λαυρικό, λινελαϊκό και μυριστικό) και ενός μικρού ποσοστού γαλακτωματοποιημένου ελαίου (περίπου 0.5%).

Σε άλλη μελέτη, παρατηρήθηκε ότι αρκετές φαινολικές ουσίες παρουσίασαν βακτηριοστατική δράση παρεμποδίζοντας έτσι τη σποριογένεση στην περίπτωση του βακτηρίου *Bacillus megaterium* (Rodriguez et al. 1988).

Οι Ragazzi and Veroneze (1967) θεώρησαν σαν υπεύθυνες ουσίες της αντιμικροβιακής δράσης την κατεχόλη και τα οξέα καφεϊκό και προκατεχικό μαζί με τις αλκοόλες β-αιθυλο-υδροξυφαινόλη και 3,4-αιθυλο-διυδροξυφαινόλη έναντι των βακτηρίων *Pseudomonas aeruginosa* και *Staphylococcus aureus*.

Η ύπαρξη της ελευρωπαίνης και των προϊόντων υδρόλυσης αυτής (τυροσόλη και υδροξυτυροσόλη) σχετίζονται επίσης με την αντιμικροβιακή δράση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων (Fleming et al. 1973).

1.5. Φυτοτοξική δράση των ΥΑΕ

Η φυτοτοξική δράση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων είναι γενικά αποδεκτό μετά από πολυάριθμες μελέτες ότι δεν είναι εξειδικευμένη έναντι ορισμένων φυτών αλλά γενική και οφείλεται στην ύπαρξη φαινολικών ενώσεων, πτητικών οξέων και πολυαλκοόλων μικρού μοριακού βάρους καθώς και στην υψηλή αλατότητα και στο υψηλό οργανικό τους φορτίο (Aggelis et al. 2003, Casa et al. 2003). Η ανεξέλεγκτη απόρριψη τους σε καλλιεργούμενες εκτάσεις εκφράζεται με φυτρωτική ανάσχεση των σπερμάτων των φυτών και νέκρωση των φυτών με επιφανειακό ριζικό σύστημα.

Η άρδευση με ελαιόζουμα προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη των φυτών, οι οποίες συνδέονται με το όξινο pH των λιόζουμων, την υψηλή τους συγκέντρωση σε άλατα και τις ανταγωνιστικές επιδράσεις ορισμένων ανόργανων αλάτων ή την τοξικότητα ορισμένων ιόντων που περιέχουν (Paredes et al. 1999).

Οι De Dios Perez et al. (1986) μετά από μελέτες αναφέρουν ότι τα φρέσκα απόβλητα χωρίς καμία επεξεργασία παρουσίασαν μεγαλύτερη φυτοτοξική δράση σε σχέση με επεξεργασμένα απόβλητα ή απόβλητα ελαιοτριβείων αποθηκευμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα φυτά που παρουσίασαν την μεγαλύτερη ευαισθησία και στους τρεις τύπους αποβλήτων είναι η τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) και η σίκαλη (*Secale cerealis* L.).

Σε άλλη μελέτη (Carasso et al. 1992) αναφέρεται ότι κατά την εφαρμογή των ΥΑΕ σε φυτά τομάτας (*Solanum lycopersicum* L.) και κολοκυθιάς (*Cucurbita pepo* L.), παρατηρήθηκε σημαντική φυτοτοξική δράση, παρότι είχε προηγηθεί απομάκρυνση των πολυφαινολικών τους συστατικών.

Επίσης οι Flouri et al. (1990) αναφέρουν έντονη φυτοτοξική δράση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων στη βλάστηση των σπόρων φυτών μαρουλιού (*Lactuca romana* L.) και κάρδαμου (*Lepidium sativum* L.) ακόμα και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις.

Ο Fiestas Ros de Ursimos (1986) σημειώνει ότι οι θετικές ή αρνητικές επιδράσεις των ΥΑΕ εξαρτώνται από τη δοσολογία εφαρμογής τους και το χρόνο που μεσολαβεί μέχρι τη σπορά. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και οι Bonari et al. (1993) μετά από τριετή πειραματισμό της φυτοτοξικής δράσης των αποβλήτων σε καλλιέργειες αγρωστωδών φυτών. Μετά από τη μεσολάβηση 60 ημερών από τη φύτευσή τους, υπό συνεχή άρδευση με ΥΑΕ, δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές επιπτώσεις στη βλαστικότητα και στην πρόωμη ανάπτυξη των φυτών, εφόσον κατά τον χειρισμό η ποσότητα των ΥΑΕ δεν ξεπέρασε τα 8 m³ ανά στρέμμα. Ταυτόχρονα δηλώνουν ότι η εφαρμογή αποβλήτων

ελαιοτριβείων στο έδαφος μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στην γονιμότητα του εδάφους (Piotrowska et al. 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΥΑΕ ΣΤΙΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

2.1. Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους

Οι συνέπειες της εφαρμογής ΥΑΕ στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των εδαφολογικών και κλιματολογικών χαρακτηριστικών, την ποσότητα των αποβλήτων και τη μέθοδο της διασποράς. Όπως προτείνεται από Pagliai et al. (2001), αυτές οι επιδράσεις μπορούν να αναλυθούν με την παρακολούθηση των μεταβολών του πορώδους του εδάφους, της συνολικής σταθερότητας και της συγκράτησης και κίνησης του νερού.

2.1.1. Πορώδες εδάφους

Το πορώδες είναι ένα βασικός δείκτης ποιότητας της δομής του εδάφους. Ως εκ τούτου, ο χαρακτηρισμός του είναι απαραίτητος για την εκτίμηση των επιπτώσεων της προσθήκης οργανικής ουσίας σε ένα σύστημα εδάφους. Το μειωμένο πορώδες είναι αποτέλεσμα από την απώλεια των μεγαλύτερων πόρων και την αύξηση των μικρότερων πόρων. Σε σχέση με το μη επεξεργασμένο χώμα, το μικροπορώδες των συσσωματωμάτων φαίνεται να μειώνεται κατά τη διάρκεια των πρώτων εβδομάδων μετά την εφαρμογή ΥΑΕ πριν από τη σημαντική αύξηση μετά από περίπου 1 μήνα (Pagliai et al., 2001). Οι Paschino et al. (1992) ανέφεραν μερικές αλλαγές στο πορώδες στα πρώτα 5 εκατοστά του εδάφους, με την πάροδο του χρόνου, μετά την απόθεση 640 m^3 ΥΑΕ εκτάριο^{-1} χρόνο^{-1} επί 3 συναπτά έτη. Σε αυτή τη μελέτη, μόνο μια μικρή αύξηση στο μικροπορώδες ($0,5-50 \times 10^{-3} \text{ mm}$) εμφανίστηκε, το οποίο αντιστοιχεί σε μειωμένο μακροπορώδες ($> 50 \times 10^{-3} \text{ mm}$). Οι Cox et al. (1997) επιβεβαίωσαν τα αποτελέσματα αυτά και τα απέδωσαν στις συνδυασμένες επιπτώσεις των οργανικών ουσιών (ανεσταλμένες και υδατοδιαλυτές), άλατα και ανθρακικό εδάφους solubilization - insolubilization δράση των ανόργανων ουσιών που προωθούνται μέσω της παρούσας λυμάτων. Επιπλέον, ο Mahmoud et al., (2010) επιβεβαίωσαν ότι η εκκένωση του πορώδους μειώθηκε σε μελέτες που διεξήχθησαν για 5 και 15 χρόνια, ως αποτέλεσμα της αύξησης του εδάφους σε συγκεντρώσεις οργανικών ουσιών.

Ο χρόνος εξάπλωσης των ΥΑΕ παίζει επίσης σημαντικό ρόλο. Για παράδειγμα, τα καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν από θεραπείες κατά τη διάρκεια της άνοιξης σε

βέλτιστες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας για την βιολογική δραστηριότητα του εδάφους. Σε αντίθεση, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στο πορώδες σε επεξεργασμένα χώματα που ακολούθησαν χειμερινή θεραπεία (Chiesura et al., 2005).

Γενικώς, η εξάπλωση ΥΑΕ βελτιώνει το πορώδες του εδάφους, αυξάνοντας τον αριθμό των επιμήκων πόρων μετάδοσης (διασυνδεδεμένων και συνεχόμενων) μεταξύ 50×10^{-3} mm και 500×10^{-3} mm. Επιπλέον, η δομή αλλάζει από μεγάλα συσσωματώματα που είναι εσωτερικώς συμπαγή στα μη κατεργασμένα εδάφη σε μικρά, πιο ομοιόμορφα, υπο-γωνιακά και πολυεδρικά συσσωματώματα που χωρίζονται από συνεχής και διασυνδεδεμένους πόρους στα επεξεργασμένα χώματα (Pagliai et al., 2001). Ωστόσο, μετά την εξάπλωση του κατσίγαρου, η αύξηση του πορώδους έχει αντιστραφεί, διότι η οργανική ύλη από αυτά τα απόβλητα αποσυντίθεται εύκολα (Saviozzi et al., 1990).

2.1.2. Σταθερότητα συσσωματωμάτων

Η σταθερότητα των συσσωματωμάτων ακολουθεί την ίδια μικροπορώδη τάση (Pagliai et al., 2001), Συγκεκριμένα, το μικροπορώδες αυξάνει σημαντικά έπειτα από περίπου 20 μέρες εφαρμογής ΥΑΕ σε υψηλές δόσεις ($160 \text{ m}^3 \text{ εκταριο}^{-1}$) και μειώνεται μετά από περίπου 4 μήνες (Parini et al., 2000). Η βραχυπρόθεσμη αύξηση στη δομική σταθερότητα είναι αποτέλεσμα της δράσης τσιμέντωσης των οργανικών πολυμερών (κυρίως πολυσακχαρίτες) που περιέχονται στα ΥΑΕ. Η επακόλουθη αποσύνθεση αυτών των οργανικών πολυμερών μειώνει τη σταθεροποιητική επίδραση τους. Η μεγαλύτερη σταθερότητα των συσσωματωμάτων στην επιφάνεια του εδάφους ωφελεί το έδαφος (έστω και προσωρινά) με τη μείωση του σχηματισμού κρούστας του εδάφους και μειώνοντας την απορροή και τους κινδύνους διάβρωσης, ιδιαίτερα σε επικλινή εδάφη. Η σταθερότητα των συσσωματωμάτων μπορεί να αποικοδομείται μετά από επανειλημμένες εφαρμογές ΥΑΕ καθώς το ασβέστιο του εδάφους αντικαθίσταται από νάτριο, κάλιο και μαγνήσιο που υπάρχουν στα λύματα ελαιοτριβείων. Επιπλέον, η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα των ΥΑΕ προκύπτει από τις υψηλές τους συγκεντρώσεις σε χλωριούχο νάτριο και θειικό άλας (Mekki et al., 2006). Ως εκ τούτου, επαναλαμβανόμενη εξάπλωση μπορεί να καταστεί προβληματική και δεν συνιστάται σε αργιλώδη εδάφη για να αποφευχθεί η αποδόμηση των συσσωματωμάτων.

2.1.3. Διηθητικότητα του νερού και υδραυλική αγωγιμότητα

Τα διαθέσιμα δεδομένα στη βιβλιογραφία σχετικά με τις επιπτώσεις των ΥΑΕ στη διήθηση του νερού και της υδραυλικής αγωγιμότητας διαφωνούν. Pagliai et al., (2001) ανέφεραν τροποποιήσεις στη δομή, ιδίως στο σύστημα πόρων του εδάφους, που επηρέασε θετικά τις υδροηλεκτρικές ιδιότητες του. Επαναλαμβανόμενες εξαπλώσεις ΥΑΕ σε cambisol για 5 και 15 έτη παρουσίασαν αντικρουόμενες απαντήσεις (Mahmoud et al. 2010). Αυτοί οι συγγραφείς ανέφεραν μειωμένο ποσοστό διείσδυσης έπειτα από 5 χρόνια εφαρμογής και αυξημένο ποσοστό διείσδυσης μετά από 15 έτη εφαρμογής. Οι μελέτες αυτές δεν έδειξαν συσχετισμούς μεταξύ διήθησης και του πορώδους. Στην πραγματικότητα, εξαπλώνοντας νερό υψηλής αλατότητας (όπως τα ΥΑΕ) σε αργιλώδη εδάφη οδήγησε σε διασπορά των σωματιδίων αργίλου, και το σχηματισμό μεγάλων ρωγμών, οι οποίες ενίσχυσαν διείσδυση του νερού πάνω από 15 ετών (ESP > 15). Επιπλέον, Laegdsmand et al., (2005) ανέφεραν ότι έκπλυση κολλοειδούς επηρεάζεται περισσότερο από την ιοντική ισχύ από ό, τι από τον τύπο του κατιόντος. Ωστόσο, θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπ' όψη η κολλοειδής απόπλυση από την υποκατάσταση των πολυσθενών ιόντων με μονοσθενή ιόντα που υπάρχουν στα νερά άρδευσης. Ο Gharaibeh et al. (2007) ανέφεραν ότι η υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμένων εδαφών, γενικά, ελαττώνεται μετά την άρδευση με νερό χαμηλής ποιότητας. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στην παροχή των ανταλλάξιμων κατιόντων, στις υψηλές συγκεντρώσεις ολικών αιωρούμενων στερεών (Bhardwaj et al., 2008) και στη συσσώρευση λιπαρών ουσιών στην κορυφή του ορίζοντα του εδάφους (Travis et al., 2008).

Ως εκ τούτου, η υδραυλική αγωγιμότητα είναι μια σημαντική παράμετρος για τον καθορισμό του κατάλληλου όγκου του κατσίγαρου που πρέπει να εξαπλωθεί σε γεωργικά εδάφη. Αυτή η παράμετρος μειώνεται περίπου 20 ημέρες μετά τη διάδοση των ΥΑΕ και σταδιακά αυξάνεται και για τις χαμηλές ($40 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$) και για τις υψηλές δόσεις ($160 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$). Μετά από 4 μήνες, μια ανεστραμμένη τάση εμφανίζεται για όλες τις δόσεις εκτός από την υψηλότερη δόση, στην οποία μια σημαντική αύξηση παρατηρείται (Papini et al., 2000). Η τάση αυτή είναι πιθανό να σχετίζεται με τη βιολογική αποσύνθεση των λιπαρών ουσιών.

Έτσι, είναι απαραίτητο να παρέχεται χαμηλός όγκος κατσίγαρου σε εδάφη με χαμηλή υδραυλική αγωγιμότητα ($<5 \text{ mm εκτάριο}^{-1}$) για την πρόληψη των ζημιών από την επιφανειακή απορροή, η οποία μπορεί να προκαλέσει διάβρωση και τη ρύπανση επιφανειακών υδάτων (Chiesura et al., 2005). Mahmoud et al., (2010) ανέφεραν μια

σημαντική μείωση της υδραυλικής αγωγιμότητας σε ορίζοντες που ήταν πιο κάτω από 60 cm έπειτα από παρατεταμένη διάθεση ΥΑΕ σε έναν ελαιώνα για 5 και 15 συναπτά έτη. Αυτή η μειωμένη υδραυλική αγωγιμότητα συσχετίστηκε με μειωμένη εκκένωση του πορώδους του εδάφους.

Ο όγκος του κασιόγαρου που εφαρμόζεται σε εδάφη με υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα ($> 150 \text{ mm εκτάριο}^{-1}$) θα πρέπει να υπολογιστεί με ακρίβεια. Αυτοί οι ακριβείς υπολογισμοί απαιτούνται επειδή η διύλιση του οργανικού κλάσματος του κασιόγαρου (δηλαδή, οι πολυφαινόλες) στα υπόγεια ύδατα μπορεί να συμβεί (Briccoli - Bati et al. 1991), ειδικά αν παραταθεί ο χρόνος διασποράς. Επιπλέον, άνηση ροή μπορεί να προκαλέσει προτιμησιακά υδραυλικά μονοπάτια που αυξάνουν τον κίνδυνο της μόλυνσης των υπόγειων υδάτων (Wallach et al., 2005, Mahmoud et al, 2010). Οι Χατζουλάκης και λοιποί (2010) δεν παρατήρησαν μεταβολές στη σύνθεση του νερού αποστράγγισης σε βάθος 2 m μετά από διάθεση κασιόγαρου για 3 συναπτά έτη ($364 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1} \text{ έτος}^{-1}$ σε ένα ελαιώνα 20 ετών που φυτεύτηκε σε ένα μέσο σύστασης fluvisol. Σε μια μελέτη που διεξήχθη σε μια έκταση περίπου 30 km^2 , οι Spandre και Dellomonaco (1996) ανέφεραν μια θετική συσχέτιση μεταξύ των εφαρμογών κασιόγαρου και αυξημένων συγκεντρώσεων φαινολικών ενώσεων στα υπόγεια ύδατα.

2.1.4. Κατακράτηση νερού

Η απώθηση του νερού από την υδρόφοβη ομάδα των οργανικών μορίων που είναι παρόντα στα λύματα ή σχηματίζονται κατά τη διάρκεια της αποσύνθεσης των λυμάτων (Bisdorn κ.ά., 1993, Tarchitzky κ.ά., 2007) μειώνει προσωρινά την ικανότητα του εδάφους να συγκρατεί το νερό. Έτσι, η διαθεσιμότητα του νερού για τα φυτά μειώνεται (Gonzalez - Vila et al 1995, Wallach et al., 2005, Travis et al, 2008, Mahmoud et al., 2010). Επιπλέον, η απώθηση του νερού από τα κορυφαία στρώματα του εδάφους συσχετίζεται άμεσα με τη μακροπρόθεσμη διανομή υδάτων που ήταν πλούσια σε έλαια και λίπη. Όταν οι συγκεντρώσεις υδρόφοβων οργανικών ουσιών στα ΥΑΕ μειώνονται, ασκούν μια θετική επίδραση στην συγκράτηση νερού του εδάφους με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι άμεσα συνδεδεμένος με την υγροσκοπικότητα της οργανική ύλης και ο δεύτερος τρόπος είναι έμμεσος και σχετίζεται με βελτιώσεις του μικροπορώδους.

2.2 Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα χημικά χαρακτηριστικά του εδάφους

Όλες οι διαλυτές και αδιάλυτες ενώσεις των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων εμπλέκονται σε διάφορους φυσικο-χημικούς και μικροβιολογικούς μετασχηματισμούς, που επηρεάζουν την κινητικότητα και την βιοαποικοδόμηση τους. Αμέσως μετά τη διάδοση, τα ΥΑΕ χημικά και φυσικο-χημικά τροποποιούν το έδαφος. Ακόμη, η μικροβιακή δραστηριότητα καθορίζει την αποσάθρωση της οργανικής ύλης, την ορυκτοποίηση και τα λιπαντικά αποτελέσματα.

Χημικά δεδομένα των επεξεργασμένων εδαφών μπορούν να ληφθούν από σύνθετες αλληλεπιδράσεις που ποικίλουν σημαντικά από τα αρχικά δεδομένα εδάφους.

Η επίδραση των ΥΑΕ στις ιδιότητες του εδάφους προκαλείται από αντίθετα αποτελέσματα που εξαρτώνται από τις σχετικές ποσότητες των ευεργετικών και τοξικών οργανικών και ανόργανων ενώσεων. Κατά συνέπεια, πολλές χημικές και βιοχημικές ιδιότητες του εδάφους έχουν δείξει μεταβλητή ευαισθησία στην εφαρμογή ΥΑΕ. Το αποτέλεσμα αυτό πιθανόν να συνέβη επειδή τα εδάφη κατέχουν μια εγγενή και μεταβλητή ρυθμιστική ικανότητα για αντίσταση στις διαταραχές που δημιουργούνται (Piotrowska et al., 2006).

2.2.1. pH

Το όξινο pH των ΥΑΕ προκαλείται κυρίως από την παρουσία οργανικών οξέων και εξαρτάται από το βαθμό ωρίμανσης και τις μετασυλλεκτικές συνθήκες αποθήκευσης (Poiana και Mincione, 2002). Ωστόσο, το pH δεν επηρεάζεται από τις τυποποιημένες μεθόδους επεξεργασίας ελιάς. Επιπλέον, τα πειραματικά δεδομένα έδειξαν μικρές μεταβολές του pH στο επεξεργασμένο χώμα (Sierra et al., 2007, Mechri et al., 2008, Mekki et al., 2009) Αυτές οι μικρές αλλαγές στο pH ήταν προσωρινές (Piotrowska et al., 2011) και δεν ανιχνεύθηκαν μετά από μερικές εβδομάδες, ακόμη και για ένα υψηλό ποσοστό εφαρμογής ΥΑΕ ($420 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$) που επαναλήφθηκε για αρκετά χρόνια (Chartzoulakis et al., 2010). Di Serio et al. (2008), εφάρμοσαν ΥΑΕ $160 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$ έτος⁻¹ και είδαν μια μικρή αύξηση στο pH από τα 20 έως τα 40 cm. Αυτή η διαφορά πιθανώς προκλήθηκε από την παραγωγή αμμωνίας από τη βακτηριακή κατάρευση των ΥΑΕ.

Το όξινο pH των ΥΑΕ θα οδηγήσει σε μακροπρόθεσμη απώλεια άνθρακα από την κορυφή του εδάφους (Mahmoud κ.ά. 2010). Ωστόσο, το ανθρακικό άλας προστατεύει το έδαφος έναντι της οξύνισης (Sierra et al., 2001, Mekki et al., 2009). Έτσι, τα εδάφη πλούσια σε ασβέστη προτιμώνται για προσθήκες κασίγαρου.

Ως εκ τούτου, υψηλότεροι όγκοι κασίγαρου μπορεί να καθορισθούν με τις ακόλουθες μεθόδους : (α) μειωμένο pH του εδάφους χάρη στα οξέα που περιέχονταν στο παρελθόν και παράγονταν με την υδρόλυση των λιπιδίων, όταν τα εδάφη έχουν μια κακή βάση κορεσμού και δεν αντισταθμίζονται από τα ανταλλάξιμα κατιόντα ή (β) αυξημένο pH του εδάφους που προκαλείται από τη σύλληψη του CO₂ που παράγεται από την μικροβιακή αναπνοή των λιπιδίων και καταλήγει σε σχηματισμό ανθρακικού σε εδάφη που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις ανταλλάξιμων κατιόντων ($\geq 50\%$) ή στα οποία ο σχηματισμός του όξινου ανθρακικού εμφανίζεται σε εδάφη πλούσια σε ασβέστη, για παράδειγμα. Typic Xerorthent (USDA, 1999), με μια βάση κορεσμού $\geq 60\%$ και περιεκτικότητα ασβεστίου 13,2 % (Sierra et al, 2000).

2.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα (HA)

Σε μια επισκόπηση που παρουσιάζεται από Roig et al. (2006), η υψηλή διακύμανση HA στα ΥΑΕ (από 5,5 έως 12,0 dS m⁻¹) εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το σύστημα εξαγωγής ελαιολάδου. Γενικώς, η αύξηση HA του εδάφους μετά την εφαρμογή των ΥΑΕ αποδόθηκε στην παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων άλατος σε αυτά. Όταν έγινε εφαρμογή ΥΑΕ σε ποσοστό 80 m³ εκτάριο⁻¹, η HA του εδάφους αυξήθηκε σε ένα βάθος μεταξύ 0 και 20 cm για περισσότερο από 2 μήνες (Di Serio et al., 2008). Η εφαρμογή μεγαλύτερων όγκων ΥΑΕ (160 ή 320 m³ εκτάριο⁻¹) προκάλεσε τις τιμές της HA να αυξηθούν σημαντικά. Αυτές οι υψηλές τιμές της HA διατηρήθηκαν στο έδαφος μέχρι έως 6 ή 16 εβδομάδες, αντίστοιχα (Chiesura et al., 2005). Οι Sierra et al. (2007) και Mekki et al. (2009) διαπίστωσαν ότι οι τιμές HA του εδάφους ήταν ανάλογες με τον όγκο των ΥΑΕ που χορηγήθηκαν. Εξάλλου, οι Sierra et al. (2007) ανέφεραν ότι πρέπει να εξεταστεί η δράση διύλισης της βροχής, επειδή μειώνει την HA στο έδαφος και, ενδεχομένως, μεταφέρει άλατα στα υπόγεια ύδατα.

2.2.3. Οργανική ύλη

Περίπου το 65 % του κασίγαρου αποτελείται από οργανική ύλη. Ωστόσο, οι μετρούμενες συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα ποικίλουν μεταξύ 4,0 και 17,0 % (με βάση την ξηρή μάζα) ανάλογα με τη μέθοδο εκχύλισης (Paredes et al., 1999, Poiana et al.

2004). Μετά την εξάπλωση ΥΑΕ πάνω στον ίδιο τύπο εδάφους για 5 και 15 χρόνια (Mahmoud et al., 2010) παρατήρησαν ότι η οργανική ύλη αυξήθηκε σε 22,7 και 36,8 g κιλ^ο⁻¹, αντίστοιχα, στα πρώτα 30 εκατοστά του εδάφους.

Σύμφωνα με μια επισκόπηση από Roig et al. (2006) το συνολικό περιεχόμενο αζώτου (N) είναι $0.96 \pm 0.57 \text{ g l}^{-1}$. Η μικρή περιεκτικότητα σε άζωτο των ΥΑΕ αυξάνει την αναλογία C / N (από 20 έως και 40) στα εδάφη όπου εφαρμόζονται (Paredes et al, 1987, Di Serio et al., 2008). Έτσι, η μεταλλοποίηση φαίνεται να μειώνεται με την αύξηση του όγκου των εφαρμόσιμων ΥΑΕ από 80 σε 320 m³ εκτάριο⁻¹ (Saviozzi et al, 1990). Ωστόσο, είναι δυνατόν να μειωθεί η αναλογία C / N, με την προσθήκη N, για να επηρεάσει τις κινητικές της αποδόμησης οργανικής ουσίας. Κατά τη διάρκεια της αποσάθρωσης, η οργανική ύλη στα ΥΑΕ, η οποία αποτελείται από υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη, πολυαλκοόλες και πολυφαινόλες (Fiestas Ros de Ursinos και Borja Padilla, 1992), έχει αλλάξει σημαντικά σε υψηλά πολυμερισμένες πολυφαινολικές ενώσεις. Αυτές οι πολυφαινολικές ενώσεις περιλαμβάνουν χουμικές όξινες ουσίες (Cox et al., 1997) οι οποίες σχηματίζουν κολλοειδή σύμπλοκα με τον άργηλο και μπορεί να συγκρατήσουν το νερό.

Όσον αφορά την οργανική ουσία που προκύπτει από τον ψεκασμό με ΥΑΕ, Saviozzi et al. (1990) ανέφεραν ένα μεταβλητό ποσοστό αποσύνθεσης σε εδάφη που διακρίθηκε από μια γρήγορη κύρια φάση στην οποία το αποσυντιθέμενο κλάσμα αποικοδομήθηκε γρήγορα και μια βραδύτερη δευτερεύουσα φάση στην οποία είχε διασπασθεί το πιο σταθερό κλάσμα. Μια εξίσωση πρώτης τάξης χρησιμοποιήθηκε από Jones (1984) για να διαμορφώσει την μεταλλοποίηση οργανικού- N στο έδαφος. Επιπλέον, μία εξίσωση πρώτης τάξης χρησιμοποιήθηκε από Riffaldi et al. (1997) για να διαμορφώσει τη μεταλλοποίηση οργανικού - C σε εδάφη που τροποποιήθηκαν με λάσπη από ελαιτριβεία. Το καλύτερης εφαρμογής πρώτο πρότυπο που αυτοί οι συγγραφείς εξέτασαν δίνεται από :

$$C_t = Q + C_0 (1 - e^{-kt})$$

όπου C_t , C και C_0 , αναφέρεται στον “συνολικό- C που αποσυντίθεται σε χρόνο t”, “C εύκολα αποδομήσιμος” και “C δυνητικά αποδομήσιμος”, αντίστοιχα, e είναι ο αριθμός του Neper, καθώς και k είναι η κινητική σταθερά. Σε αυτή τη μελέτη που διεξήχθη για έως 21 ημέρες, μια σύντομη καθυστέρηση φάσης (από 6 έως 39h) προηγήθηκε της παραγωγής CO₂.

2.2.4. Φαινολικές ενώσεις

Το περιεχόμενο των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου σε πολυφαινόλες ήταν σε επίπεδα μεταξύ 0,79 περίπου (El Hajjouji et al, 2008) και $13,45\text{g l}^{-1}$ (Achak et al., 2009). Οι πολυφαινόλες είναι ο κύριος περιοριστικός παράγοντας για τη διάδοση ΥΑΕ λόγω των φυτοτοξικών τους και αντιβακτηριδιακών ιδιοτήτων τους. Έτσι, τα ΥΑΕ θεωρούνται από τα πιο ρυπογόνα στη βιομηχανία γεωργικών ειδών διατροφής (Capasso et al, 1992, Cardinali et al, 2010). Οι χαμηλής μοριακής μάζας πολυφαινόλες ($< 350\text{g mol}^{-1}$) (Isidori et al, 2005), όπως κατεχόλη και υδροξυτυροσόλη (Fiorentino et al, 2003), είναι περισσότερο τοξικές για τα βακτήρια από ότι για τις ζύμες. Επίσης, η αντιβακτηριακή δράση των πολυφαινολών είναι υψηλότερη για τα Gram - θετικά από ότι για τα Gram - αρνητικά βακτήρια (Obied et al., 2005a). Στα εδάφη, οι πολυφαινόλες παραμένουν προσωρινά όταν εφαρμόζονται υψηλές δόσεις ($320\text{ m}^3\text{ εκτάριο}^{-1}$) ΥΑΕ. Τα αποτελέσματα αυτών των πολυφαινολών συνήθως παραμένουν έως και 3 μήνες μετά από την τελευταία εφαρμογή (Saviozzi et al, 1991, Saadi et al, 2007). Το συνολικό περιεχόμενο του εδάφους σε φαινόλες μειώνεται το δεύτερο μήνα μετά την εξάπλωση επειδή οι φαινόλες αναλύονται από ειδικά βακτήρια, ζύμες (Di Serio et al, 2008) και μύκητες. Αυτοί οι μικροοργανισμοί υποβαθμίζουν σε μεγάλο βαθμό (Kissi et al., 2001, Kachouri et al, 2005, Ergul et al, 2009) τα απόβλητα και ακολουθούν κινητικές πρώτης τάξεως, οι οποίες εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η υγρασία του εδάφους και η θερμοκρασία. Έτσι, η υποβάθμιση των πολυφαινολών και η ενσωμάτωση στο χουμικό κλάσμα του εδάφους εξαρτώνται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (Sierpa et al., 2007).

2.2.5. Άζωτο του εδάφους

Η χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανικό άζωτο των ανεπεξέργαστων ΥΑΕ μπορεί να αυξήσει την αναλογία C / N του εδάφους σε ποσοστό ως και 50 (Di Serio et al., 2008). Αυτή η υψηλή αναλογία C / N προκαλεί αργή μεταλλοποίηση, επειδή το άζωτο περιορίζεται για τα βακτήρια (Mekki et al., 2009). Σε εργαστηριακά πειράματα Aguilar (2009) διέλυσε λίπασμα αζώτου (NH_4NO_3) σε αραιωμένα ΥΑΕ πριν την εφαρμογή τους σε εδάφη. Σε αυτή τη μελέτη, οι εκπομπές νιτρικών και οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα μειώθηκαν σημαντικά σε 2 μήνες. Αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαιώθηκε από Saviozzi et al (1991), οι οποίοι ανέφεραν ότι η ακινητοποίηση του αζώτου από τη μικροβιακή κοινότητα του εδάφους σημειώθηκε μετά την προσθήκη των αζωτούχων λιπασμάτων (Bengtson and Bengtsson, 2005) και ΥΑΕ ($0, 80, 160$ και $320\text{ m}^3\text{ εκτάριο}^{-1}$).

Στην πραγματικότητα, ακινητοποίηση του αζώτου συνέβη ακόμη και όταν 92 kg εκτάριο⁻¹ αζώτου διανεμήθηκαν 1 μήνα μετά την εφαρμογή του κατσίγαρου. Σε ένα εργαστηριακό πείραμα, ο Aguilar (2010) έδειξε ότι ιόντα αμμωνίου και νιτρικών αλάτων συμπλοκοποιήθηκαν με αραιωμένα λύματα ελαιοτριβείων. Αυτά τα σύμπλοκα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακύκλωση ΥΑΕ με τη χρήση τους ως οργανικά λιπάσματα με υψηλότερο δείκτη απόδοσης αζώτου. Μετά την εξάπλωση ΥΑΕ: 0, 80, και 160 m^3 εκτάριο⁻¹ σε καλλιεργούμενα αγροτεμάχια που περιέχουν τριών ετών καλλιέργειες μηδικής, Camba et al. (2005) έδειξαν ότι η δυνητική δραστηριότητα νιτροποίησης και τα περιεχόμενα νιτρικά και νιτρώδη ήταν χαμηλότερα στα αγροτεμάχια που υπέστησαν αγωγή κατά τη διάρκεια του βλαστικού κύκλου της καλλιέργειας και είχαν αρνητική συσχέτιση με την παρουσία πολυφαινολών. Αυτά τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν ότι η μέτρια διάδοση ΥΑΕ στα καλλιεργούμενα εδάφη είναι δυνητικά μια οικολογικά συμβατή πρακτική που δεν είναι τοξική για τη μικροχλωρίδα του εδάφους. Οι Sierra et al. (2007) συνέστησαν ότι δεν θα πρέπει να εφαρμοστούν περισσότερα από 180 m^3 εκτάριο⁻¹ ανά έτος, επειδή η προσωρινή ακινητοποίηση νιτρικών (εξαρτώμενη από τη συχνότητα) σε υψηλότερες δόσεις (360 m^3 εκτάριο⁻¹) αυξάνει την αλατότητα του εδάφους και τις συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων (διαλυτών και προσροφημένων), τα οποία επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή των φυτών.

2.2.6. Μεταλλικά στοιχεία

Αρκετοί συγγραφείς ανέφεραν μια αύξηση σε κάλιο και φώσφορο (Saviozzi et al 1991, Sierra et al., 2001, 2007, Mechri et al, 2008, Montemurro et al., 2011). Η χημική σύνθεση των ΥΑΕ είναι εξαιρετικά μεταβλητή, η οποία οδηγεί σε μεταβλητές εισροές καλίου και φωσφόρου στο έδαφος. Έτσι, οι Chartzoulakis et al. (2010) εξέτασαν τη μείωση της προσθήκης των λιπασμάτων καλίου σε ελαιώνες. Ωστόσο, όταν τα ΥΑΕ δεν αναλύονται, οι μεταβλητές συγκεντρώσεις θρεπτικών καθιστούν δύσκολο να εκτιμηθούν οι εισροές του καλίου (K) και του φωσφόρου (P) στο έδαφος από την εκροή.

Οι Bonari and Ceccarini (1993) ανέφεραν έναν ανεφοδιασμό από 6, 17 και 208 kg αζώτου, φωσφόρου και καλίου, αντίστοιχα, όταν εφαρμόστηκαν 80 m^3 εκτάριο⁻¹ κατσίγαρου. Επιπλέον, οι Cicolani et al. (1992), βρήκαν σημαντικές συγκεντρώσεις ελεύθερου σιδήρου (32 mg l^{-1} στον μάρτυρα) of 45, 45. και 51 mg l^{-1} μετά από εφαρμογές κατσίγαρου of 20, 50, και 100 m^3 εκτάριο⁻¹, αντίστοιχως. Τα λιπαντικά αποτελέσματα των ΥΑΕ θα πρέπει να εξετάζονται κατά την κατάρτιση σχεδίου λίπανσης του εδάφους. Επιπλέον, θα πρέπει να εξετάζονται η δομή και η υφή του εδάφους, επειδή

επηρεάζουν την ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων του εδάφους και τη διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών.

2.2.7. Ενζυμικά συστήματα εδάφους

Η κατανομή των ΥΑΕ επηρεάζει την ενζυματική δραστηριότητα στο έδαφος όταν οι τιμές HA είναι υψηλές (ακόμη και όταν υπάρχουν μόνο μέτριες συγκεντρώσεις Na). Τα ΥΑΕ αυξάνουν την αφυδρογονάση, υδρολάση της ακετυλοφλουορεσκίνης, και τις δραστηριότητες ουρεάσης και να μειώσει τις αναγωγάση των νιτρικών αλάτων και ενζύμων φωσφατάσης δραστηριότητες (Piotrowska et al., 2006). Σε αντίθεση, τα ΥΑΕ που περιέχουν περισσότερο Na ($0,94 \text{ g l}^{-1}$) μειώνουν τις δραστηριότητες οξειδωσης της ουρεάσης και τις αμμωνίας (Mekki et al., 2009). Η μειωμένη δραστηριότητα της ουρεάσης με αυξανόμενη συγκέντρωση άλατος συμφωνεί με βιβλιογραφικά δεδομένα. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, άλατα Na και Cl δεν ασκούν την ίδια επίδραση. Για παράδειγμα, NaCl και NaNO_3 ενεργοποιούν την ουρεάση των φυτών, Na_2SO_4 , KCl και NH_4Cl δεν έχουν καμία επίδραση, καθώς και υψηλές συγκεντρώσεις NaCl αναστέλλουν την ουρεάση των φυτών, η οποία μειώνει τη δραστηριότητα της ουρεάσης του εδάφους (Iorpolo et al. 1989). Μια υψηλή ιοντική ισχύ αναστέλλει γενικά την ενζυμική κινητικότητα (Dixon and Webb, 1979).

2.3. Αποτελέσματα της εφαρμογής ΥΑΕ στα βιολογικά συστήματα του εδάφους

Η επίδραση των ΥΑΕ για τον πληθυσμό των μικροοργανισμών του εδάφους είναι μία συνάρτηση της παρεχόμενης ποσότητας. Οι Saadi et al. (2007) ανέφεραν μια βραχυπρόθεσμη επίδραση που έληξε 3 μήνες μετά την εξάπλωση του κατσίγαρου σε ένα έδαφος Vertisol. Μετά την παροχή της υψηλότερης δόσης ($72 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$), δύο από τα στρώματα του εδάφους (0-5 και 5-10 cm) περιείχαν υψηλότερο αριθμό μικροοργανισμών από τον μάρτυρα μια εβδομάδα μετά την τελευταία εφαρμογή. Επιπλέον, η παρουσία των μυκήτων μειώθηκε σημαντικά και από τις δύο δόσεις (Πίνακας 1) Συνεπώς, ο αντίκτυπος των ΥΑΕ στη μικροχλωρίδα του εδάφους μπορεί να θεωρηθεί από δύο γενικές απόψεις ως εξής : (1) τον προσωρινό εμπλουτισμό του εδάφους με εύκολα αποικοδομήσιμο C, ο οποίος τονώνει την ανάπτυξη της μικροχλωρίδας, και (2) ο εμπλουτισμός του εδάφους με ουσίες ΥΑΕ που είναι τοξικές για ορισμένους μικροοργανισμούς. Στο πείραμα των Mechri et al., (2008), η αναλογία των μυκήτων προς τα βακτήρια αυξήθηκε σημαντικά από 0,23 στον μάρτυρα σε 1,11 στο χώμα που τροποποιήθηκε με $150 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$

κατσίγαρου. Αυτή η αύξηση ήταν δοσοεξαρτώμενη και μειωμένη με το βακτηριακό πληθυσμό. Αυτό το αποτέλεσμα επιβεβαίωσε ότι τα ΥΑΕ είναι ένα κατάλληλο υπόστρωμα για τους περισσότερους μύκητες.

Αλλαγές στις βακτηριακές κοινότητες παρατηρήθηκαν από Paredes et al (1987) και Kargouzas et al. (2010), ως συνέπεια της εφαρμογής ΥΑΕ στο έδαφος. Οι πρώτοι συγγραφείς ανέφεραν μια αρχική μείωση των σποριογόνων βακτηρίων που ακολουθήθηκε από αύξηση. Παρατήρησαν επίσης την ενίσχυση των οξειόφιλων, τον κύκλο του αζώτου και των διαλυτικών φωσφόρου μετά από ρύπανση με απόβλητα ελαιουργείων.

Σύμφωνα με Kargouzas et al (2010), οι αλλαγές στις βακτηριακές κοινότητες (ακτινοβακτήρια και αμμωνιο-οξειδωτικά βακτήρια) προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ακόλουθων παραγόντων : μικρο - περιβαλλοντικές αλλαγές, όπως είναι οι χαμηλότερες οξειδωτικές συνθήκες, έντονος ανταγωνισμός για ορυκτά -N και η διαθεσιμότητα των φαινολικών ενώσεων, και η εκλεκτική αναστολή άλλων μικροβιακών ομάδων από τις φαινόλες και άλλες πηγές C. Mekki et al. (2009) παρατήρησαν μια ποσοτική αύξηση αυτόχθων μικροοργανισμών του εδάφους, ιδιαίτερα στα συνολικά αερόβια ετερότροφα βακτήρια. Αυτή η βελτίωση ήταν πιο αξιοσημείωτη, όταν το C : N : P αυτών των υγρών αποβλήτων διορθώθηκε σε 100:5:1. Μετά την εξάπλωση ΥΑΕ των 80 και 160 m³ εκτάριο⁻¹ σε αμμώδες έδαφος, οι Di Serio et al., (2008) ανέφεραν μία αύξηση στην βιομάζα των μικροοργανισμών του εδάφους. Παρατηρήθηκε ότι η διάδοση υψηλών συγκεντρώσεων ΥΑΕ ενίσχυσε την απονιτροποιητική κοινότητα του εδάφους και μείωσε ελαφρά τους πληθυσμούς νιτροποίησης. Αυτές οι αλλαγές πιθανώς συνέβησαν λόγω της αναγωγικής δράσης των φαινολών. Επιπλέον, οι συγκεντρώσεις μυκήτων και ακτινομυκήτων αυξήθηκαν ιδιαίτερα στις επιφανειακές στιβάδες του εδάφους που έγινε αγωγή με ΥΑΕ. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις των βακτηρίων αμμωνιοποίησης και απονιτροποίησης, τα οποία εμπλέκονται στην αποσύνθεση του οργανικού αζώτου, παρέμειναν υψηλές στα επεξεργασμένα και μη επεξεργασμένα χώματα. El Hassani et al. (2010) παρατήρησαν αύξηση στις αφθονίες των ζυμών, των ακτινομυκήτων και των κυτταρολυτικών βακτηρίων μετά από δόση ΥΑΕ των 80 m³ εκτάριο⁻¹. Επιπλέον, δεν παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση στις αφθονίες μυκήτων σε αυτή τη μελέτη. Ωστόσο, ο πληθυσμός των αμμωνιοποιητικών μειώθηκε 6 μήνες μετά τη διάδοση του κατσίγαρου. Η ευαισθησία των μυκήτων και των βακτηρίων του κύκλου αζώτου προς τις εφαρμογές ΥΑΕ επίσης

αναφέρονται από Mekki et al. (2006). Σε αυτή τη μελέτη, ο αριθμός CFU των μυκήτων μειώθηκε όταν η εφαρμογή κατσίγαρου ήταν μεγαλύτερη από $50 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$, αλλά παρέμεινε υψηλότερος από ότι στο χώμα του μάρτυρα. Ο βιώσιμος πληθυσμός νιτροποιητικών παρέμεινε σταθερός μέχρι που χρησιμοποιήθηκε μια εφαρμογή ΥΑΕ των $200 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$.

Οργανικά πρόσθετα εδάφους, όπως η γλυκόζη, μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στη μικροχλωρίδα του εδάφους (Stenstrom et al, 2001). Ωστόσο, όταν η δόση διάδοσης ήταν $160 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$, El Hassani et al. (2010) παρατήρησαν μια μικρότερη αύξηση σε ζυμομύκητες, ακτινομύκητες, αερόβια μικρόβια αζώτου και κυτταρολυτικές αφθονίες σε σύγκριση με την δόση των $80 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$. Έτσι, υψηλές συγκεντρώσεις ΥΑΕ ήταν τοξικές για αυτές τις μικροβιακές ομάδες. Αυτή η αντιμικροβιακή δραστηριότητα προκαλείται κυρίως από τις φαινόλες (Carasso et al., 1995, Ramos - Cormenzana et al. 1996). Στις επιφάνειες όπου εφαρμόστηκαν $160 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$ κατσίγαρου, οι συγκεντρώσεις φαινολών ήταν τέσσερις φορές υψηλότερες από ό, τι στον μάρτυρα δύο μήνες μετά την απόθεση. Έτσι, η μειωμένη μικροβιακή δραστηριότητα μειώνει τον βαθμό αποσάθρωσης του εδάφους. Για παράδειγμα, ο βαθμός αποσάθρωσης του χώματος ήταν χαμηλότερος μετά την υψηλότερη δόση ΥΑΕ απ' ό, τι ήταν μετά τη δόση των $80 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$.

Οι Rousidou et al. (2010) ερεύνησαν τις επιδράσεις των βακτηρίων και των μυκήτων σε σχέση με τη δομή του εδάφους, μετά την εφαρμογή αραιωμένων ΥΑΕ 0,2 ($18 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$) και 4 % ($72 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1}$). Η εφαρμογή των ΥΑΕ μετέβαλλε σημαντικά την κοινότητα των μυκήτων και στα δύο εδάφη. Ορισμένες μυκητιακές ομάδες ευνοούνται έναντι άλλων, όπως οι ζύμες και οι νηματοειδείς μύκητες. Η αζωτούχος λίπανση μείωσε τις επιπτώσεις των ΥΑΕ στις βακτηριακές κοινότητες. Οι συγγραφείς πρότειναν ότι τα ΥΑΕ επέδρασαν στη δομή των κοινοτήτων των μικροοργανισμών του εδάφους επηρεάζοντας έμμεσα την διατροφική κατάσταση του εδάφους, το οποίο εμπλουτίστηκε σε οργανικά υποστρώματα και εκκενώθηκε σε διαθέσιμο άζωτο. Εξάλλου, οι επιπτώσεις των ΥΑΕ στις βακτηριακές κοινότητες σχετίζονται με την υφή του εδάφους. Στην πραγματικότητα, τα αποτελέσματα αυτά ήταν πολύ αρνητικά στα αμμοπηλώδη εδάφη και δεν ήταν σημαντικά στο αργιλώδες έδαφος. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι συνέβη προσρόφηση των πολυφαινολών στο αργιλώδες έδαφος.

Οι επιπτώσεις των ΥΑΕ στη βιολογική δραστηριότητα, ειδικά στην αναπνοή, δεν είναι οι μοναδικές. Di Serio et al. (2008) παρατήρησαν ότι η αναπνοή του εδάφους αυξήθηκε, το οποίο συσχετίζεται με την αποδόμηση της οργανικής ύλης. Επιπλέον, Mekki et al. (2009) παρατήρησαν ότι η αναπνοή μειώθηκε και συσχετίστηκε με τη συγκέντρωση πολυφαινολών στο έδαφος, ανεξάρτητα από τη συνολική περιεκτικότητα σε οργανικό άνθρακα.

Μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις των ΥΑΕ στα αζωτοδεσμευτικά συμβιωτικά βακτήρια, όπως *Biodyrhizobium japonicum* (συμβιωτική σόγιας), *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* και *viciae* (συμβιωτικά βακτήρια των φασολιών και κουκιά), έχουν δείξει ότι αυτά τα βακτήρια είναι ευαίσθητα σε διάφορα κλάσματα πολυφαινολών (Ciafardini et al., 1998). Οι συγγραφείς αυτοί ανέφεραν επίσης ότι *Rhizobium hedisari* (συμβιωτική από *sulla*) και *Rhizobium meliloti* (συμβιωτική αλφάλφα) μείωσε σημαντικά το σχηματισμό φυματίων της ρίζας σε δόσεις κατσίγαρου μεγαλύτερες από 80 m³ εκτάριο⁻¹.

Την τελευταία δεκαετία, οι πιθανές χρήσεις των πολυφαινολών (π.χ., υδροξυτυροσόλη) που περιέχονται στα ΥΑΕ αξιολογήθηκαν για τον έλεγχο των φυτοπαθογόνων παραγόντων του εδάφους. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα υποδηλώνουν ότι η ανασταλτική δράση εμφανίζεται για μερικούς εδαφογενείς παθογόνους μύκητες. Συγκεκριμένα, αποτελέσματα ελέγχου *Rhizoctonia solani* (Kotsou et al. 2004) και *Athelia rolfsii* αναφέρθηκαν από Karpouzas et al., (2009). Επιπλέον, θετικά αποτελέσματα αναφέρθηκαν για τον έλεγχο της *Verticillium dahliae* (Yangui et al., 2010α) και *Botritis cinerea* (Yangui et al, 2010β). Οι Debo et al. (2011) απέδειξαν την αποτελεσματικότητα της προετοιμασίας για τον έλεγχο υδροξυτυροσόλη *psyllid* ελιάς (*Euphyllura olivina*). Επιπλέον, ο αντίκτυπος της διάδοσης ΥΑΕ στα μυκώριζα (AM) είναι ενδιαφέρον. Η εφαρμογή υψηλών δόσεων ΥΑΕ (> 30 m³ εκτάριο⁻¹) σε ελαιόδεντρα πιάζει ποσοτικά την παρουσία μυκώριζων. Αυτό πιθανώς προκλήθηκε από τα ακόλουθα χαρακτηριστικά των αποβλήτων: (1) την υψηλή περιεκτικότητα σε φωσφόρο, (2) τον υψηλό λόγο C / N και (3) την άφθονη παρουσία διαλυτών πολυφαινολών (Piotrowski et al. 2008). Επιπλέον, η υψηλότερη εφαρμογή ΥΑΕ (150 m³ εκτάριο⁻¹) στο έδαφος μείωσε σημαντικά την πρόσληψη του N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn και Zn από τα ελαιόδεντρα. Έτσι, η πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών από τους AM μύκητες και η μεταφορά θρεπτικών συστατικών στα ελαιόδεντρα πιθανώς αναστέλλεται με την προσθήκη των ΥΑΕ. (Mechri et al 2011).

Οι Ipsilantis et al (2009) υπέθεσαν ότι η εφαρμογή ΥΑΕ στα εδάφη (200 και 600 m³ εκτάριο⁻¹) θα μπορούσε να προκαλέσει παροδικές αλλαγές στον αποικισμό ΑΜ μυκήτων των φυτών *Vicia faba*, αλλά δεν θα εξασθένιζε την μακροπρόθεσμη ανάπτυξη των φυτών προώθηση της ικανότητας αυτού του μύκητα. Οι παροδικές επιδράσεις των ΥΑΕ σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία των ΑΜ μυκήτων θα μπορούσε να προκληθεί από τη φυτοτοξικότητα των αποβλήτων για τα φυτά *V.faba* ή με έμμεσες επιδράσεις που μεταβάλλουν τη θρεπτική κατάσταση του εδάφους. Επιπλέον, αυτές οι μελέτες έδειξαν ότι η εφαρμογή των ΥΑΕ μείωσε μόνον τον αποικισμό των ριζών με μύκητες ΑΜ όταν τα φυτά σπάρθηκαν αμέσως μετά από προσθήκες κατσίγαρου. Η προσθήκη ΥΑΕ δεν εμφάνισε επιπτώσεις στον αποικισμό ΑΜ μυκήτων σε μελέτες όπου οι συγγραφείς χρησιμοποίησαν φυτά με εδραιωμένη συμβίωση κατά το χρόνο της αίτησης των αποβλήτων (Martin et al, 2002, Caravaca et al., 2006).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΦΥΤΩΝ

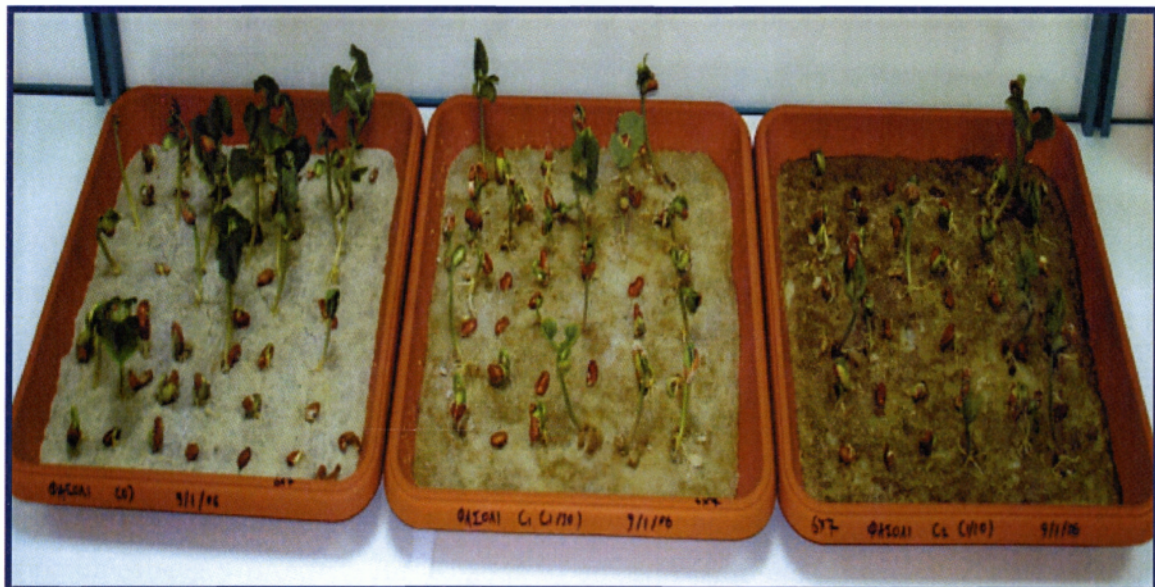
3.1. Επίδραση στη φυτρωτικότητα των σπερμάτων

Οι Cabrera et al., (1996) εξέτασαν την επίδραση των αποβλήτων στα φυτά (*Lolium multiflorum Lam cv. «Barwoltra»*) και απέδειξαν ότι τα ΥΑΕ δεν είχαν καμία επίδραση στη βλάστηση του σπέρματος και στην εμφάνιση σποροφύτων. Το γεγονός αυτό αποδόθηκε στην εξουδετέρωση του ασβεστίου, και προτείνεται η δυνατότητα καλλιέργειας ειδικά με φυτά ανθεκτικά στο Ca σε διαφορετικές περιόδους. Επιπλέον, τα συμπεράσματα των Saadi et al., (2007) υποστήριξαν τη δυνατότητα της ασφαλούς ελεγχόμενης εφαρμογής υγρών αποβλήτων στα εδάφη που δεν συνδέονται με ευαίσθητα υδροφόρα στρώματα με την επίδειξη ότι εκείνη η φυτοτοξικότητα του εδάφους (όπως εκφράζεται από τις δοκιμές βλάστησης και επιμήκυνσης της ρίζας στους σπόρους κάρδαμου (*Lepidium sativum*)) ήταν μικρής διάρκειας, και το χώμα ανέκαμψε μερικώς ή εντελώς μεταξύ των διαδοχικών εφαρμογών ΥΑΕ. Καμία περαιτέρω φυτοτοξικότητα δεν παρατηρήθηκε στα επεξεργασμένα χώματα όπως συγκρίνεται με το χώμα του μάρτυρα τρεις μήνες μετά από την εφαρμογή ΥΑΕ. Τέτοια βραχυπρόθεσμη φυτοτοξικότητα δεν συσχετίστηκε με τη μετρημένη ηλεκτρική αγωγιμότητα και τις συνολικές πολυφαινόλες στα εκχυλίσματα του εδάφους. Οι Colarieti et al., (2006) επίσης μελέτησαν την επίδραση του γεωργικού χώματος ως φυσικό καταλύτη για να προωθήσει την οξειδωση και τον πολυμερισμό των πολυφαινολών και να αποτοξινώσει με τη σειρά τα ΥΑΕ. Μια επεξεργασία 24 h στον εδαφολογικό πηλό ήταν επαρκής για να αφαιρέσει τις περισσότερες από τις φαινόλες που βρέθηκαν στα απόβλητα. Τα προϊόντα τους δεν ήταν τοξικά στην αύξηση ενός χαρακτηριστικού εδαφικού βακτηρίου και μείωσαν την φυτοτοξικότητα στις δοκιμές βλάστησης σπόρων κάρδαμου. Όταν ΥΑΕ επεξεργάστηκαν σε έναν αεριζόμενο αντιδραστήρα που περιείχε γεωργικό χώμα, οι μονομερισμένες φαινόλες των ΥΑΕ μειώθηκαν κατά >90% μέσα σε 24 h. Αυτό οδήγησε σε μια αντίστοιχη μείωση της φυτοτοξικότητας, όπως μετριέται από τις δοκιμές βλάστησης σε σπόρους ντομάτας (*Lycopersicon esculentum Mill*) και κάρδαμου, και της μικροβιακής τοξικότητας, που συνδέει έτσι την τοξικότητα των αποβλήτων στην παρουσία μονομερισμένων φαινολών (Greco et al., 2006). Επιπλέον, η βλαστική ικανότητα της ντομάτας ήταν υψηλότερη όταν ποτίστηκε το χώμα με επεξεργασμένα ΥΑΕ παρά με μη επεξεργασμένα, αν και ήταν χαμηλότερη από ότι στον μάρτυρα

(π.χ., χώμα που ποτίζεται με απεσταγμένο νερό). Σε μεγαλύτερους χρόνους επώασης, πλήρης αποκατάσταση της ικανότητας βλάστησης του εδάφους επιτεύχθηκε με επεξεργασμένα ΥΑΕ, αλλά όχι με μη επεξεργασμένα.

Αντιθέτως, αν και πολλά πειράματα απέδειξαν την ευεργετική επίδραση των ελεγχόμενων εφαρμογών ΥΑΕ στην γονιμότητα του εδάφους, το ρυπογόνο φορτίο αυτών των αποβλήτων και τα αποτελέσματα παρεμπόδισης του στη βλάστηση σπόρων οδήγησαν μερικές φορές στην αποφυγή της χρήσης τους στη γεωργία (Perez et al., 1986). Το ορυκτό περιεχόμενο, η οξύτητα και η παρουσία φυτοτοξικών ενώσεων, κυρίως φαινολών, στα υποπροϊόντα ελαιοτριβείων μπορούν να προκαλέσουν αρνητικά αποτελέσματα στη γεωργία. Τέτοια αποτελέσματα συνδέονται με την ποσότητα ανεφοδιασμού αποβλήτων, με τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά και με τη φύση της καλλιέργειας. Οι Casa et al., (2003) και Asfi et al., (2006) χρησιμοποιώντας τη βλαστική ικανότητα σκληρού σιταριού και σπανακιού (*Spinacea oleracea L.*) ως βιοδοκιμή, αντίστοιχα, έδειξαν ότι οι φαινόλες είναι οι κύριες φυτοτοξικές ενώσεις των ακατέργαστων ΥΑΕ. Μια παρόμοια συμπεριφορά παρατηρήθηκε από El Hadrami και λοιποί (2004), οι οποίοι ανέφεραν ότι ακατέργαστα και αδιάλυτα ΥΑΕ ήταν θνησιγενή όταν εφαρμόζονται στις μελετημένες καλλιέργειες, δηλ., αραβόσιτος (*Zea mays L.*) ρεβύθι (*Cicer arietinum L.*), ντομάτα και σίτος. Σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των καλλιεργειών σύμφωνα με τη δυνατότητα βλάστησής τους όταν αντιμετωπίζεται με ΥΑΕ ή υδάτινα αποσπάσματα φαινολικών διαλυμάτων ΥΑΕ. Πράγματι, ο αραβόσιτος παρουσίασε υψηλότερο δείκτη βλάστησης σε σύγκριση με το ρεβύθι. Σε αντίθεση, η βλάστηση σίτου και ντοματών εμφανίστηκε μόνο όταν αραιώθηκαν τα ΥΑΕ σε 15 και 5% (της αρχικής συγκέντρωσης), αντίστοιχα. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν για τη βλάστηση με τα υδάτινα φαινολικά αποσπάσματα ΥΑΕ, που προτείνουν μια κυρίως επίδραση παρεμπόδισης της βλάστησης σπόρου από τις φαινολικές ενώσεις των ΥΑΕ. Οι φαινολικές ενώσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως οι κύριες ενώσεις που εμπλέχθηκαν στην καταστολή ή τη μείωση της βλαστικής ικανότητας αυτών των καλλιεργειών επιβεβαιώνοντας κατά συνέπεια την τοξικότητα του φαινολικού μέρους των ΥΑΕ όπως προτείνεται από άλλες μελέτες (Carpasso et al. 1992, Bonari et al., 1993, Aliotta et al. 2000). Mekki et al., (2007) αξιολόγησαν τη φυτοτοξικότητα των φαινολικών ενώσεων των ΥΑΕ από τον προσδιορισμό του δείκτη βλάστησης (ΔΒ) ευαίσθητων καλλιεργειών που ανήκουν στην οικογένεια *Brassicaceae* (*Brassica cernua*). Το υπόλοιπο φαινολικό μέρος που εξήχθη από το χώμα που αντιμετωπίστηκε ετησίως με $200 \text{ m}^3 \text{ εκτάριο}^{-1} \text{ έτος}^{-1}$ με

ΥΑΕ αποδείχθηκε φυτοτοξικό στην καλλιέργεια *B. cernua*. Στο μάρτυρα, ο ΔΒ έφθασε το 100% μετά από 24 h επώασης. Στο θρεπτικό που εξέλειπαν οι φαινολικές ενώσεις ο ΔΒ των σπόρων έφθασε το 100% μετά από 72 ώρες επώασης, ενώ στο μέσο που περιείχε αραιωμένα μη κατεργασμένα ΥΑΕ, ο ΔΒ παρουσίασε μια καθυστέρηση ή ακόμα και συνολική απουσία βλάστησης *B. cernua* (Mekki et al., 2007). Στην ίδια μελέτη, καταδείχθηκε ότι η εφαρμογή ΥΑΕ, μία φορά το χρόνο, μπορεί να τροποποιήσει την εδαφολογική δομή και τη σύνθεση που θα μπορούσαν με τη σειρά τους να έχουν επιπτώσεις στις ελιές μετά από μακροπρόθεσμη εφαρμογή. Το φαινολικό μέρος που εξήχθη από το χώμα ένα έτος μετά την εφαρμογή ΥΑΕ δεν ήταν πολύ φυτοτοξικό, και αυτό αύξησε μόνο το χρόνο που απαιτήθηκε για να φτάσει το 100% η βλάστηση των σπόρων *cernua B.*



Εικόνα 2. Καλλιέργεια φασιολιού σε χώμα. Μάρτυρας:(C0), Αραίωση ΥΑΕ 1/20:(C1), Αραίωση ΥΑΕ 1/10:(C2).

Η αραιώση των ΥΑΕ με νερό πολύ συχνά χρησιμοποιείται πριν από τη βιολογική επεξεργασία για να μειώσει την τοξικότητα στους μικροοργανισμούς στους οποίους οφείλεται η αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Οι Komilis et al., (2005) πρότειναν ότι όχι μόνο η αραιώση αλλά και ο αερισμός ήταν οι αρχικές τεχνικές προεπεξεργασίας που έχουν επιπτώσεις στη φυτοτοξικότητα των ΥΑΕ. Η αραιώση με το νερό σε μια υψηλή αναλογία μείωσε τη φυτοτοξικότητα σε σχέση με όταν διατηρήθηκε η χαμηλή αραιώση. Καμία βλάστηση σπόρου (ντομάτα και ραδίκι (*Cichorium intybus L.*)) δεν παρατηρήθηκε όταν εφαρμόστηκαν ακατέργαστα ή κατεργασμένα απόβλητα, χωρίς οποιαδήποτε προηγούμενη αραιώση, σε όλους τους τύπους σπόρων.



Εικόνα 3. Καλλιέργεια αρακά σε χώμα. Μάρτυρας:(C0), αραιώση ΥΑΕ 1/20:(C1), αραιώση ΥΑΕ 1/10:(C2).

Ο αερισμός των ΥΑΕ οδήγησε επίσης στη μειωμένη φυτοτοξικότητα και ήταν η δεύτερη πλέον σημαντική κύρια επίδραση μετά από την αραιώση. Επομένως, η μείωση των φαινολών και των οργανικών οξέων επιτυγχάνεται μαζί με τη μείωση των θρεπτικών αλάτων, που ελαχιστοποιεί τα αρνητικά αποτελέσματα στις καλλιέργειες και το χώμα. Επιπλέον, η μείωση του οργανικού φορτίου, που επιτυγχάνεται μέσω της αραιώσης, μπορεί να αποτρέψει την απόφραξη του συστήματος σωληνώσεων άρδευσης. Ο αερισμός μείωσε προφανώς τη συγκέντρωση του BOD_5 - μέσω της βιολογικής αποσύνθεσης που προκαλείται από τον έμφυτο μικροβιακό πληθυσμό παρόντα στα ΥΑΕ - με το να μετα-σχηματίζει διάφορες φυτοτοξικές ενώσεις σε λιγότερο φυτοτοξικά μεταβολικά οργανικά προϊόντα και CO_2 . Ο αερισμός οδήγησε επίσης σε μια αύξηση pH αλλά όχι σε αύξηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Αυτό αποδίδεται πιθανώς στην απώλεια πτητικών οξέων και CO_2 στην ατμόσφαιρα κατά το ανακάτεμα καθώς επίσης και στη βιολογική αποσύνθεση και επομένως την απώλεια οργανικών οξέων (Komilis et al., 2005). Εντούτοις, ο οξοντισμός που εφαρμόστηκε από Andreozzi και λοιποί (2008) δεν μείωσε σημαντικά τη φυτοτοξικότητα δοκιμασμένων ΥΑΕ που μετρήθηκε μέσω του υπολογισμού δεικτών βλάστησης σπόρων των: *Raphanus sativus L.*, *Cucumis sativus L.* και του *Lactuca sativa L.*

3.2. Επίδραση στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών

Τα επιστημονικά ευρήματα όσον αφορά στα αποτελέσματα στα μεμονωμένα στάδια της αύξησης και ανάπτυξης των καλλιεργειών είναι μάλλον περιορισμένα και αντιφατικά. Φαίνεται ότι εξαρτώνται από τα είδη των καλλιεργειών, το στάδιο ανάπτυξής τους και τον τρόπο καλλιέργειας. Μια διαφοροποίηση της φυτοτοξικότητας των ΥΑΕ ανάλογα με τον τύπο του υποστρώματος αύξησης των καλλιεργειών έχει παρατηρηθεί επίσης. Τα τοξικά συμπτώματα είναι σοβαρότερα στα φυτά που αυξάνονται σε υδροπονικές καλλιέργειες ή στην άμμο από εκείνα που αυξάνονται στο καλλιεργημένο χώμα (Kistner και λοιποί 2004, Ouzounίδου και λοιποί 2008a). Στην πραγματικότητα, όσο υψηλότερη η οργανική ουσία του εδάφους, τόσο χαμηλότερη η τοξικότητα των ΥΑΕ. Προκειμένου να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα των ΥΑΕ στην αύξηση, την εξέλιξη και την παραγωγικότητα, αγρονομικές δοκιμές έχουν εκτελεσθεί επίσης είτε από τα πειράματα θερμοκηπίων είτε από την άμεση εφαρμογή εδάφους.

Σε υδροπονική καλλιέργεια νέων φυτών τομάτας, οι Kistner και λοιποί (2004) έδειξαν ότι η προσθήκη αραιωμένου ακατέργαστου κατσίγαρου οδήγησε σε μια αύξηση στο μήκος μεσογονάτιων διαστημάτων, την ταυτόχρονη μείωση στο μήκος βλαστών και ρίζας και μια μεγάλη απώλεια της ριζικής βιομάζας σε σύγκριση με το υπέργειο τμήμα. Ο ουσιαστικός αντίκτυπος των ακατέργαστων αποβλήτων στις ρίζες ντοματών σε στατική αεριζόμενη καλλιέργεια έγινε προφανής και όσον αφορά το μήκος της ρίζας και τον χρωματισμό της όταν χορηγήθηκαν ακατέργαστα ΥΑΕ σε ένα ποσοστό 3 και 5%, αντίστοιχα (Kistner et al., 2004). Αντίθετα, η προσθήκη βιο-αποτοξινωμένων ΥΑΕ σε ένα ποσοστό 5% οδήγησε σε σημαντικά υψηλότερο μήκος βλαστών και μεγαλύτερο αριθμό φύλλων στα μεσογονάτια διαστήματα σε σύγκριση με τα μη επεξεργασμένα του μάρτυρα. Επίσης, το φρέσκο βάρος των φύλλων, των μίσχων και των ριζών από τα φυτά που εκτέθηκαν σε βιο-αποτοξινωμένα ΥΑΕ αυξήθηκε σε σύγκριση με τα μη επεξεργασμένα φυτά του μάρτυρα. Παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν από Asfī et al., (2006) και Ouzounίδου et al., (2008b), οι οποίοι ανέφεραν ότι η έκθεση σε υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων αραιώσης 1: 10 (v/v) για την περίοδο ενός μηνός στο χώμα καλλιεργημένων πιτζελιών (*Pisum sativum* L.) και σε φυτά σπανακιού, οδήγησε σε μια σημαντική μείωση στην βιομάζα των βλαστών και στην περιοχή φύλλων των φυτών, ενώ , μια αύξηση του ανθίσματος και ο σχηματισμός γύρης ανιχνεύθηκαν στα φυτά σπανακιού κάτω από την υψηλή συγκέντρωση ΥΑΕ.



Εικόνα 4. Καλλιέργεια σπανακιού. Μάρτυρας:(C0), Αραίωση YAE 1/20:(C1), Αραίωση YAE 1/10:(C2)

Επιπλέον, η Ouzounidou et al., (2008a) μελέτησαν την απόκριση ντομάτας που εκτίθεται σε YAE (OMWW) όσον αφορά την καλλιέργεια στην άμμο και το χώμα. Τα εδαφολογικά πειράματα διάρκεσαν για 3 μήνες και τα πειράματα άμμου διάρκεσαν για μόνο 10 ημέρες λόγω των έντονων θνησιγενών συμπτωμάτων. Και στις δύο περιπτώσεις οι ρίζες ήταν πίο ευαίσθητες στα YAE από ότι τα υπέργεια τμήματα της τοματιάς που αυξήθηκαν και στην άμμο και στο χώμα. Ο λόγος μπορεί να είναι ότι οι ρίζες αντιμετωπίζουν την τοξικότητα των αποβλήτων άμεσα, ενώ η τοξικότητα σε άλλα μέρη είναι έμμεση. Η σημαντική μείωση της ανάπτυξης που παρατηρήθηκε, προκύπτει από την ευαισθησία της ντομάτας στις ενώσεις των YAE όπως είναι οι φαινόλες και τα λιπαρά οξέα. Αυτά τα αποτελέσματα πιθανόν να οφείλονται στη λιποφιλικότητα των φαινολικών ενώσεων και των λιπαρών οξέων που αλλάζουν τη δυνατότητα πρόσβασης των θρεπτικών ουσιών μέσα στις βιολογικές μεμβράνες όπως προτείνονται από τη EL Hadrami et al., (2004) και Kistner et al., (2004). Τα επιμηκυμένα μεσογονάτια διαστήματα και ταυτοχρόνως οι μακρύτεροι βλαστοί οδηγούν σε μια πίο αργή ανάπτυξη της συγκομιδής, των ελάχιστων διαθέσιμων

πόρων σε μια καθυστερημένη είσοδο μέσα στην αναπαραγωγική φάση και οδηγούν σε μείωση της παραγωγής συγκριτικά με το μάρτυρα. Το μικρότερο μήκος σε συνδυασμό με τον έντονο αποχρωματισμό της ρίζας του φυτού της ντομάτας που εκτέθηκε στα ακατέργαστα απόβλητα είναι μια ένδειξη για την ακόμα πιο αργή φάση ανάπτυξης λόγω της εξασθετισμένης δυνατότητας για λήψη θρεπτικών ουσιών και νερού. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί μερικώς στο υψηλό περιεχόμενο φαιολικών ενώσεων στα ακατέργαστα απόβλητα.

Τα αποτελέσματα που επιτυγχάνονται από Vassilev et al., (1998) κατέδειξαν σαφώς τη φυτοτοξική φύση των μη επεξεργασμένων ΥΑΕ στη βιομάζα *Trifolium repens*, η οποία, εντούτοις, εξουδετερώθηκε μερικώς στην περίπτωση των φυτών *mycorrhizal*.

Η λίπανση με διάφορες συγκεντρώσεις ΥΑΕ ορισμένων καλλιεργειών της Μεσογείου (αραβόσιτος, σίτος, ρεβύθι, ντομάτα και μαρούλι) παρουσίασε σημαντικές διαφορετικές επιρροές όσον αφορά τα στάδια βλάστησης και αύξησης των φυτών ως προς τους μάρτυρες (El Hadrami et al., 2004). Η υψηλή μείωση του βάρους βλαστών και ρίζας, των ποσοστών διακλάδωσης και επέκτασης φύλλων, που συνοδεύθηκε με τη σημαντική μείωση της παραγωγής, παρατηρήθηκε για όλες τις καλλιέργειες, ειδικά του σίτου.



Εικόνα 5. Καλλιέργεια μαρουλιού. Μάρτυρας:(C0), Αραίωση YAE 1/20:(C1), Αραίωση YAE 1/10:(C2).

Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν για μερικές φυσικές και χημικές παραμέτρους μεταξύ των βιομηχανικών και παραδοσιακών δειγμάτων YAE θα μπορούσαν να αποδοθούν μερικώς στις διαφορετικές διαδικασίες εξαγωγής ελαιολάδου που χρησιμοποιήθηκαν στα βιομηχανικά και παραδοσιακά ελαιοτριβεία (El Hadrami et al., 2004). Για παράδειγμα, η υψηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα που μετρήθηκε στα απόβλητα παραδοσιακών ελαιοτριβείων θα μπορούσε να οφείλεται στο υψηλό επίπεδο των στοιχείων νατρίου και χλωρίου. Επιπλέον, με την παραδοσιακή μέθοδο, η άλεση φαίνεται να είναι λιγότερο αποδοτική και να ελευθερώνει φαινόλες στη λιπαρή φάση. Σε αντίθεση, τα βιομηχανικά YAE ήταν λιγότερο πλούσια σε πολυφαινόλες που οφείλονται κυρίως στη διαδικασία εξαγωγής, η οποία ελευθερώνει περισσότερες φαινόλες στη λιπαρή φάση από, τι στη φάση των αποβλήτων.

Από τη άλλη πλευρά, τα YAE βρέθηκε ότι προωθούν την αύξηση των φυτών σε ορισμένα υπαίθρια πειράματα. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τους Tomati και Galli (1992) και Aqeel και Hameed (2007), στο έδαφος που εφαρμόζονται YAE που περιέχουν οργανική ύλη, έχει θεωρηθεί ως θετική εδαφολογική επεξεργασία στη γεωργία. Η

καταλληλότητα των αποβλήτων ελιών ως εδαφολογική τροποποίηση προτάθηκε επίσης από τους Paredes et al., (1987). Συνήχθη το συμπέρασμα ότι τα υποπροϊόντα ελαιοτριβείων υποβάλλονται σε διαδικασίες που οδηγούν στην παραγωγή των χουμικών οξέων. Αυτές οι ουσίες έχουν παρόμοιο ρόλο στο χώμα ως άλλο φυσικά χουμικό μέρος συνήθως παρόν στα χώματα. Διάφορα πειράματα επιβεβαίωσαν την υποβάθμιση του οργανικού φορτίου στο χώμα μέσα σε ένα σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα και με έναν επακόλουθο εμπλουτισμό του χώματος σε άζωτο, φώσφορο και κάλιο (Estaun et al., 1985 , Aqeel και Hameed, 2007).

Η φυτοτοξική επίδραση των φαινολικών ενώσεων των ΥΑΕ στη φυτική παραγωγή των ελιών αξιολογήθηκε από το Ben Rouina (1994) και το Ben Rouina et al., (1999). Παρατηρήθηκε καλύτερη παραγωγή ελιών, αλλά κανένα προφανές αποτέλεσμα στη φυσιολογία και την ανάπτυξη τους μετά από 5 διαδοχικά έτη εφαρμογής ΥΑΕ, δεν παρατηρήθηκε. Εντούτοις, τα δέντρα ελιών δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της φυτοτοξικότητας δεδομένου ότι είναι πολύ ανθεκτικά σε συνθήκες όπως η ξηρασία, η αλατότητα, κ.λπ. Οι Mekki et al., (2007) μελέτησαν, το ευαίσθητο φυτό *B. Cernua* και αποδείχθηκε ότι η διάδοση ΥΑΕ, ακόμα και μία φορά το χρόνο, μπορεί να τροποποιήσει την δομή και τη σύνθεση του εδάφους, που θα μπορούσαν να έχουν επιπτώσεις στις ελιές μετά από μακροπρόθεσμη εφαρμογή. Οι Hanifi και El Hadrami (2008) αξιολόγησαν την αξιοποίηση του χώματος και των εγγενών φυσικών δυνάμεων υποβάθμισης των ΥΑΕ ως εναλλακτική λύση για την ασφαλή αγρονομική διαχείριση ακατέργαστου κασιγάρου. Σε ένα υπαίθριο πείραμα, τα αποτελέσματα τριών ετών εφαρ-μογής ακατέργαστων ΥΑΕ στη σχετικά υψηλή δόση (150 m³ εκτάριο-1 έτος-1) δεν απόκάλυψαν καμία σημαντική διαταραχή όσον αφορά τις εδαφικές παραμέτρους και ειδικότερα την αλατότητα, το pH και το φαινολικό περιεχόμενο κατά συνέπεια, βεβαιώθηκε βιοδιάσπαση των ΥΑΕ στο μελετημένο ασβεστούχο χώμα. Παρατηρήθηκε ενίσχυση στην ανάπτυξη των φυτών φοινικών (*Phoenix dactylifera* L.) η οποία αυξήθηκε αποτελεσματικά από προσθήκες ΥΑΕ. Η σημαντική βελτίωση λήφθηκε ειδικότερα σε επίπεδο του βάρους βλαστών, του ύψους των κορμών και της περιφέρειας κόμης. Μαζί με τη σωστή επιλογή των κατάλληλων χωμάτων (ειδικότερα ασβεστούχα και ανεκτικές καλλιέργειες όπως ο φοίνικας), η αποθήκευση των ΥΑΕ θα μπορούσε να αποτελέσει μια αποδοτική προσέγγιση για την αποφυγή προβλημάτων που αποδόθηκαν στην ανεξέλεγκτη διάθεση

αυτών των αποβλήτων και για την αποτελεσματική ανάκτηση της αξίας λίπανσής τους (Hanifi και El Hadrami 2008).

3.3. Επιπτώσεις των ΥΑΕ στη φυσιολογία και το μεταβολισμό των φυτών

Σύμφωνα με Asfi et al., (2006) και Ouzounidou et al., (2008b), το σπανάκι και τα μπιζέλια που καλλιεργήθηκαν με ακατέργαστα και αραιωμένα ΥΑΕ εμφάνισαν θρεπτικά συμπτώματα ανεπάρκειας, δεδομένου ότι η λήψη και η δυνατότητα διακίνησης του Ca, του Fe, του Mg και του K εμποδίστηκαν. Αυτά τα συμπεράσματα είναι σύμφωνα με εκείνα των Ouzounidou και λοιποί (2008a), οι οποίοι ανέφεραν ότι τοματιές που αυξήθηκαν σε αποστειρωμένη άμμο, παρουσίασαν υψηλότερη απώλεια των φωτοσυνθετικών χρωστικών ουσιών (χλωροφύλλες και καροτινοειδή) από τα φυτά που αυξήθηκαν σε καλλιεργημένο χώμα εκτιμώντας ότι, μια αξιοπρόσεκτη χλώρωση των παλαιών φύλλων παρατηρήθηκε επίσης στα επεξεργασμένα με ΥΑΕ φυτά που αυξήθηκαν στην άμμο. Η σημαντική απώλεια περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη στα φυτά που επεξεργάστηκαν με ΥΑΕ μπορεί να αποδοθεί στην παρέμβαση των τοξικών ουσιών, που υπάρχουν στα απόβλητα, στο σχηματισμό της χλωροφύλλης. Επιπλέον, η μείωση στη φωτοσύνθεση μπορεί να αποδοθεί στη σημαντική μείωση που παρατηρείται στη συγκέντρωση του Fe στα φύλλα (Morales και λοιποί 1998).

Ο δείκτης ζωτικότητας (Rfd) των μπιζελιών και των φύλλων σπανακιού κάτω από την εφαρμογή ΥΑΕ καταστάλθηκε σημαντικά και οι φωτοσυνθετικές χρωστικές ουσίες μειώθηκαν, ενώ το ποσοστό του φωτός που απορροφήθηκε από τις χλωροφύλλες που συνδέθηκαν με PSII και που χρησιμοποιείται στη φωτοχημεία μειώθηκε ιδιαίτερα, παρουσιάζοντας λειτουργικές διαταραχές στους χλωροπλάστες (Asfi et al., 2006, Ouzounidou et al., 2008b). Η φωτοσύνθεση εμποδίστηκε σοβαρά από τα απόβλητα. Το έντονα περιορισμένο φωτοσυνθετικό ποσοστό (PN) πιθανώς να οφείλεται στο μειωμένο άνοιγμα των στομάτων. Η σημαντικά κατασταλμένη αποδοτικότητα χρήσης νερού (WUE) δείχνει την επαγωγή της πίεσης του νερού από την εφαρμογή ΥΑΕ. Αξίζει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή ΥΑΕ στην άμμο και στο χώμα, επέδειξε διαφορετικά αποτελέσματα στη φυσιολογία της φωτοσύνθεσης (Ouzounidou et al., 2008a). Ο ανεφοδιασμός με ΥΑΕ στο χώμα, εμπόδισε το ποσοστό αφομοίωσης CO₂ και την αποδοτικότητα χρήσης νερού, παρά το ρυθμό διαπνοής και το κλείσιμο των στομάτων. Αντίθετα ο ανεφοδιασμός ΥΑΕ στην άμμο προκάλεσε πλήρη κλείσιμο των στομάτων με τα συνακόλουθα αρνητικά αποτελέσματα στα ποσοστά αφομοίωσης και διαπνοής. Αυτό

θα μπορούσε να είναι ένα αποτέλεσμα της πίεσης του νερού στα φύλλα ένα γεγονός που επιβεβαιώνεται από την υψηλή συγκέντρωση προλίνης στα φύλλα της ντομάτας (Ouzounidou et al., 2008a). Η μειωμένη αφομοιωτική δύναμη από τον κύκλο του Calvin που επιβραδύνεται λόγω της εφαρμογής ακατέργαστων ΥΑΕ, προκαλεί μείωση στη φωτοσυνθετική απόδοση των φυτών (Ouzounidou and Ilias 2005).

Οι ελιές που τροποποιήθηκαν με 100 και 150 m³ εκτάριο⁻¹ οδήγησαν σε σημαντικά χαμηλότερα φωτοσυνθετικά ποσοστά (Mechri et al., 2008) που μετρήθηκαν στον τομέα από ένα σύστημα ανταλλαγής αερίων Li- 6400 από τις 10:00 έως τις 13:00 AM. Σε σύγκριση με τις ελιές του μάρτυρα, η εφαρμογή ΥΑΕ κατέδειξε μια σημαντική αύξηση στη συγκέντρωση P στις ρίζες αλλά όχι στα φύλλα. Τα ΥΑΕ είναι γνωστό ότι αυξάνουν την οργανική ουσία του εδάφους και τις συγκεντρώσεις των απαραίτητων ανόργανων στοιχείων για την ανάπτυξη των φυτών με συνέπεια την ενισχυμένη εδαφολογική γονιμότητα (Paredes et al., 1999).

Οι υδατάνθρακες είναι ένα από τα κύρια στοιχεία της ανάπτυξης των φυτών. Οι χαμηλές συγκεντρώσεις υδατανθράκων οδηγούν στη μειωμένη ανάπτυξη τους και επίσης στη μειωμένη αποίκιση της ρίζας από μύκητες arbuscular mycorrhizal (Smith and Read , 1997). Παρατηρήθηκε ότι η ποσότητα του διαλυτού από τη ρίζα υδατάνθρακα μειώθηκε σημαντικά μετά από αγρονομική εφαρμογή ΥΑΕ. Κατά τη διάρκεια του ίδιου χρόνου, η αφθονία σαπρότροφων μυκήτων ήταν εμφανώς υψηλότερη στα τροποποιημένα με ΥΑΕ χώματα από αυτή στο χώμα του μάρτυρα. Η σημαντική διαφορά στη φωτοσύνθεση μεταξύ των ποτισμένων και μη ποτισμένων ελιών που παρατηρείται στη μελέτη τους, δείχνει ότι η αγρονομική εφαρμογή ΥΑΕ μπορεί να προκαλέσει αλλαγές σε μερικές φυσιολογικές παραμέτρους ελιών. Από ό, τι ξέρουμε η μειωμένη αποίκιση ρίζας που παρατηρήθηκε μετά από την αγρονομική εφαρμογή ΥΑΕ μπορεί να έχει μειώσει τη δυνατότητα διακίνησης φωτοσυνθετών στις ρίζες τροποποιημένων με ΥΑΕ ελιών που, με τη σειρά, θα μπορούσε να μειώσει το ποσοστό φωτοσύνθεσης (Douds et al., 1988). Οι Wright et al., (1998) απέδειξαν ότι η αποίκιση των μυκήτων arbuscular mycorrhizal υποκίνησε το ποσοστό φωτοσύνθεσης για να αντισταθμίσει αρκετά την απαίτηση άνθρακα του μύκητα.

Οι Yurekli et al., (1999) χρησιμοποίησαν αποστειρωμένα και αραιωμένα ΥΑΕ ως μέσο αύξησης για την παραγωγή ορμονών αύξησης φυτών. Παρατηρήθηκε αύξηση του (GA3), του (ABA), του indole-3-οξικού οξέος (IAA) και του cytokinin (zeatin) στο θρεπτικό μέσο των μυκήτων που εξετάστηκαν. Και οι δύο οργανισμοί παράγαγαν υψηλά επίπεδα και των τριών ορμονών παρουσία

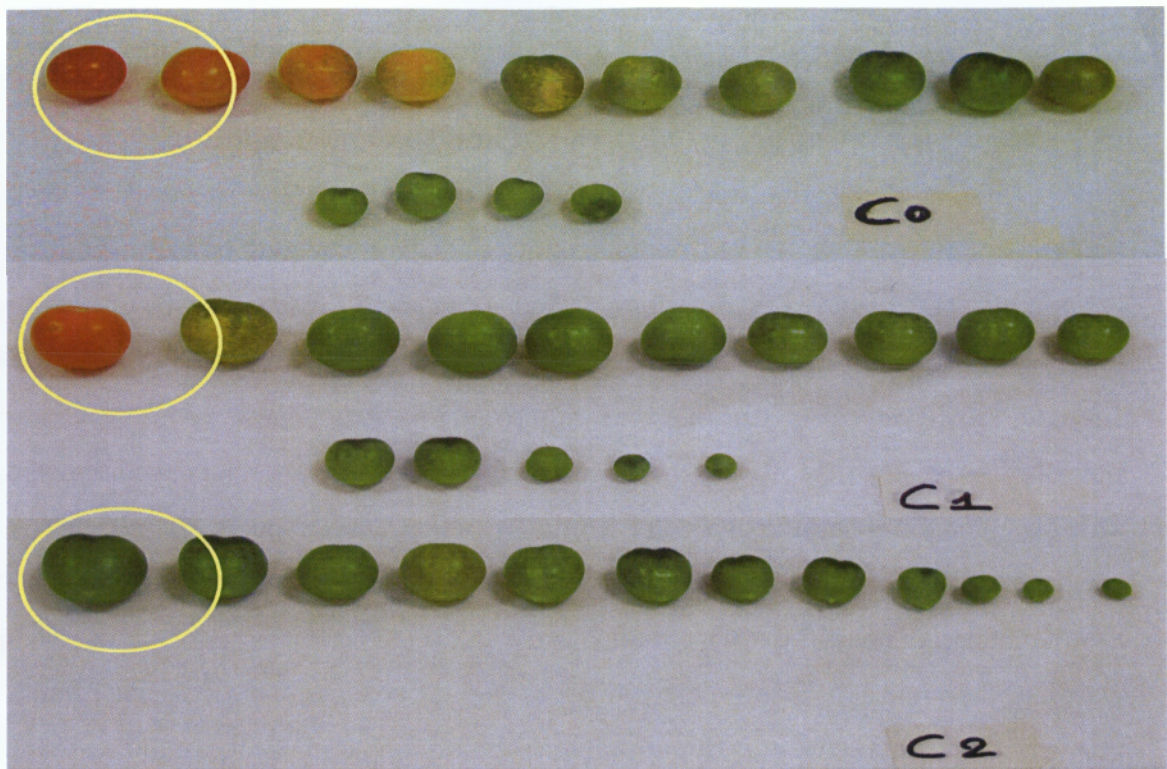
των απόβλητων. Είναι γνωστό ότι τα φυτά και οι μικροοργανισμοί παράγουν τους ρυθμιστές αύξησης των φυτών και ότι τα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως θρεπτικό μέσο για τους μύκητες (Yesilada et al., 1998), το οποίο μπορεί να μικρύνει τα μολυσματικά αποτελέσματα των απόβλητων.

Οι Belaqziz et al., (2008) ανέφεραν ψηλό περιεχόμενο φαινολικών ενώσεων και δραστηριότητα περοξειδάσης στις καλλιέργειες αραβόσιτου που καλλιεργούνται σε αγρό που επεξεργάστηκε με ΥΑΕ 20 και 50 m³ εκτάριο⁻¹. Θετικοί συσχετισμοί μεταξύ της δραστηριότητας της περοξειδάσης και του φαινολικού περιεχομένου και της δραστηριότητας της περοξειδάσης με το περιεχόμενο πρωτεΐνης παρατηρήθηκαν επίσης. Η συσσώρευση των φαινολικών ενώσεων είναι κοινό χαρακτηριστικό γνώρισμα σε πολλά είδη ως απάντηση σε διάφορες βιοτικές ή αβιοτικές πιέσεις, και οι φαινολικές ενώσεις θεωρείται πως έχουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Cummins et al., 2006, Wahid and Ghazanfar 2006). Αποκαλύφθηκε συσσώρευση νέων φαινολικών ενώσεων, ιδιαίτερα μερικών φλαβονοειδών όταν φυτά αντιμετωπίστηκαν με ΥΑΕ (EL Hadrami et al., 2004, Hanifi and El Hadrami 2008). Οι περοξειδάσες σχετίζονται με την κυτταρική αποτοξίνωση των ΥΑΕ πιθανώς με την κατάλυση της οξειδωσης των φαινολικών ενώσεων στην έκταση του υπεροξειδίου υδρογόνου (Wang και Ballington, 2007). Οι περοξειδάσες παίζουν έναν πρωταρχικό ρόλο στην αποτοξίνωση των φυτών. Αυτή η βιοχημική παράμετρος περιλαμβάνεται επίσης στη βιοσύνθεση της λιγνίνης ως φυσικό εμπόδιο ενάντια σε διάφορες πιέσεις (Adam et al., 1995, Hegedus et al., 2001). Σύμφωνα με EL Hadrami et al., (2004) σημαντικές ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές μερικών δεικτών πίεσης όπως οι φαινολικές ενώσεις, οι περοξειδάσες, το περιεχόμενο χλωροφύλλης ανιχνεύθηκαν επίσης μεταξύ των επεξεργασμένων με ΥΑΕ φυτών αραβόσιτου, σίτου και ρεβιθιού και των μαρτύρων. Ως εκ τούτου, μια μείωση του περιεχομένου χλωροφύλλης που συνοδεύθηκε από 3 έως 5 φορές διέγερση των δραστηριοτήτων της περοξειδάσης και 1.25 έως 7 φορές της συσσώρευσης φαινολικών ενώσεων παρατηρήθηκε για φυτά που αντιμετωπίστηκαν με ΥΑΕ σε σύγκριση με τους μάρτυρες. Οι μελέτες μερικών δεικτών πίεσης έχουν παρουσιάσει, γενικά, μια υποκίνηση των δευτεροβάθμιων μεταβολιτών και της δραστηριότητας των περοξειδάσεων με μια επιδείνωση της χλωροφύλλης. Λαμβάνοντας υπόψη το ρόλο των περοξειδάσεων στη σάρωση των δραστήριων ειδών οξυγόνου και των ελεύθερων ριζοσπαστών, και στη διασύνδεση κυτταρικών τοιχωμάτων (Mocquot et al., 1996, Prasad et al., 1999), μπορεί να προταθεί ότι τα φυτοτοξικά αποτελέσματα των ΥΑΕ σε αρδευόμενες καλλιέργειες οδηγούν σε μια οξειδωτική πίεση όπως καταδεικνύεται σε άλλα συστήματα (Gallego et

al., 1996 , Clijsters et al., 1999).

3.4 Επίδραση στην παραγωγικότητα και ποιότητα των φρούτων

Λίγες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στις αλλαγές της ποιότητας φρούτων κάτω από την εφαρμογή ΥΑΕ. Οι Ouzounidou et al., (2008b) ερεύνησαν τα αποτελέσματα της εφαρμογής ακατέργαστου κασιόγαρου σε δύο αραιώσεις (1:20 και 1:10 v/v) σε φυτά μπιζελιού ηλικίας 30 ημερών που αυξήθηκαν στο χώμα σε συνθήκες θερμοκηπίου. Παρά την τοξικότητα των ΥΑΕ στα μπιζέλια, παρατηρήθηκε παραγωγή φρούτων. Οι καρποί των φυτών του μάρτυρα ήταν φρέσκοι, καλοσχηματισμένοι , με έντονο πράσινο χρώμα, ενώ εκείνοι όπου εφαρμόστηκαν ΥΑΕ ήταν λιγότεροι, μικρότεροι σε μέγεθος και απόχρωματίστηκαν. Οι καρποί των φυτών που αναπτύχθηκαν με ΥΑΕ είχαν μειωμένη θρεπτική αξία π.χ. μειωμένη συγκέντρωση γλυκόζης και φρουκτόζης και αυξημένη αναλογία γλυκόζης/ φρουκτόζης που δείχνουν ότι τα φρούτα που παρήχθησαν κάτω από ΥΑΕ ήταν ανώριμα. Επιπλέον, μια σημαντική απώλεια ασκορβικού οξέος και μια ενισχυμένη συγκέντρωση φαινολών παρατηρήθηκε. Παράλληλα, στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν από Ouzounidou et al., (2008a) στα μέσα αύξησης άμμου και χώματος χρησιμοποίησαν την ντομάτα σαν πειραματικό φυτό, διαπιστώθηκε ότι η μακροπρόθεσμη εφαρμογή ΥΑΕ προκάλεσε μείωση στην παραγωγή φρούτων που μετρήθηκε είτε ως αριθμός φρούτων ανά δοχείο είτε ως μέγεθος φρούτων συνεπεία της πτώσης των άνθεων. Γενικά, τα φυτά που αντιμετωπίστηκαν με την υψηλή συγκέντρωση ΥΑΕ, παρήγαγαν λιγότερες αλλά μεγαλύτερες ντομάτες, σε σύγκριση με αυτά που μεταχειρίστηκαν με τη χαμηλότερη συγκέντρωση ΥΑΕ. Όχι μόνο η παραγωγή αλλά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ντοματών άλλαξαν κάτω από την εφαρμογή ΥΑΕ. Τα μειωμένα σάκχαρα και τα διαλυτά στερεά , που έχουν συσχετιστεί με τη γλυκύτητα , καταστάθηκαν σημαντικά κάτω από την εφαρμογή των αποβλήτων. Διάφορες μελέτες εκθέτουν τα αλληλοπαθητικά αποτελέσματα των φαινολικών ενώσεων των ΥΑΕ στα υψηλότερα φυτά και έχει προταθεί ότι τέτοια αποτελέσματα προκύπτουν από τις αλλαγές της πρόσληψης νερού, ή του μεταβολισμού αυξίνης ή/και άλλων φυτοορμονών (Carasso et al., 1992 , Bonari et al., 1993, Casa et al., 2003).



Εικόνα 6. Καρποί τομάτας όπως προέκυψαν από το φυτό-μάρτυρα:(C0), από το φυτό με αραιώση ΥΑΕ 1/20:(C1) και από το φυτό με αραιώση ΥΑΕ 1/10:(C2).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΩΝ

Το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος από την απόρριψη των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων ερευνάται ήδη από την δεκαετία του '50 (αναφέρεται ενδεικτικά Fiestas Ros de Ursinos 1953). Διάφορα πειράματα και μεθοδολογίες έχουν εφαρμοστεί στην προσπάθεια εξεύρεσης μιας ασφαλούς και αποτελεσματικής λύσης για τη διαχείριση των αποβλήτων των ελαιουργείων, χωρίς όμως να έχουν βρεθεί λύσεις ευρείας αποδοχής. Κατά καιρούς έχουν δοκιμασθεί διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας όπως συνοψίζεται από τους Οιχαλιώτη και Ζερβάκη (1999, 2000) και Niaounakis and Halvadakis (2006):

- Φυσικοχημικές μέθοδοι
- Αναερόβια ζύμωση των ΥΑΕ για παραγωγή βιοαερίου (βιομεθανοποίηση)
- Συγκομποστοποίηση
- Παραγωγή βιοαποδομήσιμων υλικών
- Παραγωγή στερεών καυσίμων
- Ελεγχόμενη εφαρμογή σε εδαφικούς αποδέκτες
- Βιολογικές επεξεργασίες-αποδόμηση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με τη χρήση μικροοργανισμών
- Περιορισμός του χρησιμοποιούμενου νερού με τη χρήση ελαιοτριβείων δύο φάσεων

4.1. Φυσικοχημικές μέθοδοι

Διάφορες φυσικοχημικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν κυρίως πειραματικά στο παρελθόν προσπάθησαν να δώσουν λύσεις στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. Οι χειρισμοί αυτοί παρατίθενται στις παραγράφους που ακολουθούν.

4.1.1. Προσθήκη ηλεκτρολυτών

Η πιο παλιά και απλή φυσικοχημική μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η προσθήκη διαφόρων πολυηλεκτρολυτών, όπως Ca(OH)_2 και CaO (Fiestas 1997).

Η χρήση των παραπάνω βοηθά τη ρύθμιση του pH των ΥΑΕ και επιτυγχάνει τη δέσμευση των διαλυμένων οργανικών υλών από τα κατακρημνιζόμενα άλατα. Η μέθοδος αυτή ενώ μπορεί να προκαλέσει μείωση του οργανικού φορτίου των ΥΑΕ κατά 60-70%, μειονεκτεί λόγω του στερεού υπολείμματος που παράγεται μετά το πέρας της επεξεργασίας τους (σε ποσοστό περί το 20% της αρχικής ποσότητας των αποβλήτων).

4.1.2. Αντιδραστήριο Fenton

Μια άλλη μέθοδος είναι η επεξεργασία των ΥΑΕ με το αντιδραστήριο Fenton. Η χημική οξείδωση του οργανικού φορτίου που προκαλείται, επιτυγχάνεται μέσω των ριζών υδροξυλίου, οι οποίες σχηματίζονται από την αντίδραση του υπεροξειδίου του υδρογόνου με ένα σιδηρούχο άλας ($Fe+2/H_2O_2$) (Baldrian et al. 2006). Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι δύσκολο να εφαρμοστεί για την αποδόμηση αποβλήτων υψηλού φαινολικού φορτίου εξαιτίας της ύπαρξης υδροξυομάδων στον αρωματικό τους δακτύλιο που τους προσδίδει σταθερότητα. Επίσης, η διάσπαση του οργανικού φορτίου συνοδεύεται από παραγωγή τοξικών συστατικών, ενώ τέλος είναι δύσκολο να καθορισθούν οι βέλτιστες συνθήκες για την πραγματοποίηση της αντίδρασης Fenton (όπως το pH, η θερμοκρασία, οι αρχικές συγκεντρώσεις του υπεροξειδίου του υδρογόνου και του σιδηρούχου άλατος) (Gemjak et al. 2003).

4.1.3. Προσρόφηση

Η μέθοδος της προσρόφησης στηρίζεται στην προσθήκη ενεργού άνθρακα σε ΥΑΕ, προκαλώντας τον αποχρωματισμό αυτών. Αποτελέσματα ερευνών αναφέρουν ελαφριά αφαίρεση των χρωστικών ουσιών των υγρών αποβλήτων μετά από προσρόφηση ενεργού άνθρακα σε δόσεις μέχρι 10 g l⁻¹ αποβλήτου (Shammas 1984). Η μέθοδος αν και συνεπάγεται μικρό χώρο εγκατάστασης, έχει μικρή αποτελεσματικότητα και χρειάζεται εξειδικευμένο προσωπικό.

4.1.4. Εξάτμιση

Στην προσπάθεια διαχείρισης των ΥΑΕ αρκετοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη μέθοδο της εξάτμισης. Με την συγκεκριμένη μέθοδο τα απόβλητα τοποθετούνται σε μεγάλες τεχνητές δεξαμενές ώστε με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας να επιτυγχάνεται εξάτμιση και αποξήρανση των ΥΑΕ, το δε στερεό υπόλειμμα που απομένει έχει τη δυνατότητα λόγω συστάσεως να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα. Ο Escolano Bueno (1975) ήταν από τους πρώτους που εφάρμοσε την μέθοδο, ισχυριζόμενος ότι μπορεί να

εφαρμοστεί μόνο σε ελαιοτριβεία μεσαίου μεγέθους (παραγωγή ΥΑΕ έως 3.000 τόνους ανά χρόνο). Ο μεγάλος όγκος των δεξαμενών που απαιτείται, το μεγάλο χρονικό διάστημα (7-8 μήνες) που χρειάζεται για να φτάσουμε στο στάδιο της αποξήρανσης, η παραγωγή δυσάρεστων οσμών και το υψηλό κόστος μεταφοράς των ΥΑΕ από τα ελαιοτριβεία στις δεξαμενές εξάτμισης, καθιστούν την καθολική εφαρμογή της μεθόδου αυτής πρακτικά αδύνατη για την ολοκληρωμένη διαχείριση των ΥΑΕ (Cabrera et al. 1996). Η μέθοδος αυτή μπορεί να τύχει εφαρμογής σε περιοχές με ξηροθερμικό κλίμα, όπως η Κρήτη, όπου παρατηρήθηκαν σχετικά ικανοποιητικά αποτελέσματα (Μαρίνος 1991), με τη βασική όμως προϋπόθεση της χωροθέτησης-λειτουργίας των εξατμισοδεξαμενών σε περιοχές απομακρυσμένες από οικισμούς.

4.1.5. Επίπλευση

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε διάφορα είδη βιομηχανικών αποβλήτων. Στα απόβλητα μετά από την κατεργασία τους με θρομβωτικά μέσα, πραγματοποιείται διοχέτευση υπό πίεση λεπτών φυσαλίδων αέρα ή μίγματος CO₂ και αέρα, οι οποίες προσκολλώνται στις λιπαρές ουσίες και στα στερεά σωματίδια των αποβλήτων, παρασύροντας αυτά στην επιφάνεια, από όπου απομακρύνονται (Μάτης, 1981). Εντούτοις, η αποδοτικότητα της μεθόδου ήταν μη ικανοποιητική κατά την εφαρμογή της σε υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων (Curi et al. 1980).

4.1.6. Θερμική συμπύκνωση

Η εφαρμογή της μεθόδου θερμικής συμπύκνωσης βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής χρησιμοποιούνται ειδικοί εξατμισοποιητές, με τους οποίους επιχειρείται συμπύκνωση των ΥΑΕ με εξάτμιση. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων (έως 75%), η επανάκτηση του λαδιού που περιέχεται στα ΥΑΕ σε ποσοστό 0.1-0.3% και η δυνατότητα χρησιμοποίησης του εξατμισμένου-συμπυκνωμένου νερού στο ίδιο ελαιοτριβείο (Μιχελάκης 2000). Παρόλα ταύτα, το μεγάλο κόστος εφαρμογής της μαζί με τη διαχείριση του στερεού υπολείμματος που παράγεται προβάλλουν ως τα μεγαλύτερα μειονεκτήματα της τεχνικής αυτής.

4.1.7. Υπερδιήθηση – Αντίστροφη ώσμωση

Μια άλλη μέθοδος επεξεργασίας είναι η υπερδιήθηση, κατά την οποία γίνεται χρήση μεμβρανών, ικανών να διαχωρίσουν τα διαλυμένα από τα αιωρούμενα συστατικά των ΥΑΕ με βάση τις διαστάσεις των μεγαλομοριακών οργανικών ενώσεων. Η ωθούσα

δύναμη διαχωρισμού είναι η υδραυλική πίεση, η ίδια που εφαρμόζεται και στη μέθοδο αντίστροφης ώσμωσης. Η ημιπερατή μεμβράνη που χρησιμοποιείται στα συστήματα αντίστροφης ώσμωσης επιτρέπει τη διόδο του νερού, ενώ είναι αδιαπέραστη από τα περισσότερα οργανικά και ανόργανα συστατικά των αποβλήτων. Οι οσμωτικές μεμβράνες χρησιμοποιούνται για τη συγκράτηση αμινοξέων, βιταμινών, απλών σακχάρων ή και ανόργανων συστατικών. Από τα επεξεργασμένα απόβλητα με μια από τις δύο παραπάνω μεθόδους μπορούν να παραληφθούν ανθοκυανίνες, φυσικές χρωστικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ το συμπύκνωμα της υπερδιήθησης κατόπιν ειδικής ξηράνσεως έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί ως ζωοτροφή (Ισραηλίδης & Κωδούνης 1982). Οι μέθοδοι είναι πρακτικά δύσκολο να εφαρμοστούν λόγω του μεγάλου ενεργειακού κόστους και κόστους αγοράς των ημιπερατών μεμβρανών.

4.1.8. Ηλεκτρολυτική οξείδωση

Ο Βλυσσίδης (1997) πειραματίστηκε με μια άλλη φυσικοχημική μέθοδο που βασίζεται στην ηλεκτρολυτική οξείδωση των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων χρησιμοποιώντας ως άνοδο Ti/Pt και ως κάθοδο ανοξειδωτο χάλυβα. Η μέθοδος αυτή δε δύναται να εφαρμοστεί σε ευρεία κλίμακα, παρά μόνο εργαστηριακά, παρότι εμφάνισε μείωση του COD κατά 93%, λόγω των ενεργειακών ποσοτήτων που απαιτούνται.

4.1.9. Φυγοκέντρωση

Κατά το παρελθόν είχε επιχειρηθεί η φυγοκέντρωση σε δείγματα ΥΑΕ, αποσκοπώντας στη διαχείριση των αποβλήτων αυτών (Vaccarino et al. 1986). Εντούτοις, οι Κουτσαυτάκης και Στεφανουδάκη (1991) αναφέρουν ότι η εφαρμογή της απλής φυγοκέντρωσης των ΥΑΕ ως μεθόδου διαχείρισης είναι προβληματική λόγω του σχηματισμού των κολλοειδών και του μεγάλου κόστους λειτουργίας των διαχωριστήρων.

4.2. Αναερόβια ζύμωση των ΥΑΕ για παραγωγή βιοαερίου (βιομεθανοποίηση)

Η αναερόβια ζύμωση είναι μια μέθοδος επεξεργασίας αποβλήτων υψηλού ρυπαντικού φορτίου (COD 5-40 g l⁻¹) με την οποία επιδιώκεται η αποδόμηση των αποβλήτων αυτών και παράλληλα η βιομετατροπή των οργανικών ουσιών τους σε μεθάνιο (Aggelis et al. 2001).

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται σε μια πολύπλοκη βιοχημική διεργασία που πραγματοποιείται σε ειδικούς βιοαντιδραστήρες απουσία οξυγόνου κατά την οποία οι οργανικές ουσίες των αποβλήτων αποδομούνται και διασπώνται σε μικρότερα μόρια με τη συμβολή μεθανογόνων βακτηρίων. Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η συνεχής έκλυση βιοαερίου (μίγμα μεθανίου 65% και διοξειδίου του άνθρακα 35%) το οποίο είναι ενεργειακά αξιοποιήσιμο και η παραγωγή επεξεργασμένης ιλύς (βιολογικής λάσπης), η οποία λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά μπορεί μετά από ειδική επεξεργασία να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα.

Οι Fiestas et al. (1982) ήταν από τους πρώτους ερευνητές που μελέτησαν την αναερόβια επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων αναφέροντας τη μείωση του οργανικού φορτίου (BOD₅) κατά 80% και παράλληλα την παραγωγή 0.85 m³ βιοαερίου, περιεκτικότητας 80 και 20% σε CH₄ και CO₂, αντίστοιχα ανά Kg αποβλήτου. Η ποσότητα του βιοαερίου που παράχθηκε αναφέρθηκε ότι δύναται να καλύπτει ενεργειακά της ανάγκες της μονάδας βιομεθανοποίησης.

Έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στον Ελλαδικό χώρο είχαν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή βιοαερίου μέσω αναερόβιας ζύμωσης των ΥΑΕ με παράλληλη μείωση του οργανικού φορτίου. Συγκεκριμένα, ο Νταλής (1989) αναφέρει ότι τα αρχικά συνολικά απόβλητα τοποθετούνται απ' ευθείας σε βιοαντιδραστήρα αναρροής για να υποβληθούν σε αναερόβια ζύμωση, χωρίς να απαιτείται με ασβέστη ρύθμιση του pH και αφαίρεση του ελαιώδους στρώματος. Μετά από χρόνο παραμονής πέντε ημερών των ΥΑΕ στον βιοαντιδραστήρα διαπιστώθηκε αποδόμηση κατά 75-80% του αρχικού οργανικού ρυπαντικού φορτίου τους και παράλληλα παραγωγή 1280 m³ βιοαερίου ή 895 m³ μεθανίου ημερησίως.

Βασιζόμενοι στα παραπάνω αποτελέσματα οι Georgakakis and Dalis (1993) μελέτησαν στην περιοχή Πεζών Κρήτης την εφαρμογή ενός συστήματος αναερόβιας βιολογικής επεξεργασίας ΥΑΕ που στηριζόταν στην απόδοση δύο διαφορετικών τύπων χωνευτήρων με παράλληλη παραγωγή βιοαερίου. Η παραγόμενη ενέργεια ήταν 4,45 m³ βιοαερίου ανά m³ αποβλήτου, ποσότητα αρκετή για να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης 15 στρεμμάτων θερμοκηπίου.

Οι μέθοδοι βιομεθανοποίησης όμως παρουσιάζουν και μειονεκτήματα όπως, τη χρησιμοποίηση εξοπλισμού και εγκαταστάσεων μεγάλου κόστους, την απαίτηση εξειδικευμένου προσωπικού, το μεγάλο χρόνο παραμονής των αποβλήτων στον αντιδραστήρα, την πρόκληση ανεπιθύμητων οσμών κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και τέλος τη διάθεση του υπολείμματος, το οποίο για να διατεθεί απευθείας στο περιβάλλον

χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία (Borja et al. 1993, Georgacakis & Dalis 1993, Ramos-Cormezana et al. 1995).

4.3. Κομποστοποίηση

Η μέθοδος της συγκομποστοποίησης στηρίζεται στη συνεχή ή διακοπτόμενη αναπλήρωση με απόβλητα των εξατμιζόμενων ποσοτήτων νερού, λόγω της θερμότητας η οποία εκλύεται κατά τη θερμόφιλη φάση της αερόβιας χώνευσης των στερεών οργανικών υλικών. Το ζυμούμενο στερεό υπόστρωμα εφοδιάζεται με οργανικό υλικό που διατηρεί τη μικροβιακή δράση και κατά συνέπεια και τη θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα, αφ' ετέρου δε επιταχύνεται η διαδικασία εξάτμισης του περιεχομένου στα απόβλητα νερού, λόγω επιμήκυνσης της θερμόφιλης φάσης και της θερμότητας που εκλύεται. Μετά την ολοκλήρωση της θερμόφιλης φάσης και της φάσης ωρίμανσης προκύπτει ένα ποιοτικά αξιόλογο οργανοχουμικό λίπασμα (Μπαλής και άλλοι 1991). Το τελικό προϊόν εφαρμόστηκε σε διαφορετικές καλλιέργειες φυτών σε διάφορες αναλογίες με ικανοποιητικά αποτελέσματα και με δυνατότητα βελτίωσης του, όσον αφορά τον έλεγχο της ωριμότητας, το βαθμό σταθεροποίησης και τη φυτοτοξικότητά του πριν από οποιαδήποτε γεωργική χρήση. Η δυνατότητα εφαρμογής των κομπόστ αυτών στα εδάφη είναι πιο ασφαλής σε σχέση με τα κομπόστ που προέρχονται από αστικά απορρίμματα λόγω της απουσίας βαρέων μετάλλων, τοξικών συνθετικών οργανικών ενώσεων και τέλος την απουσία παθογόνων μικροοργανισμών ή ιών επικίνδυνων για τον άνθρωπο και τα ζώα.

Στην συγκομποστοποίηση με λιόζουμα έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα γεωργικά στερεά υπολείμματα όπως είναι φύλλα και κλαδιά ελιάς, υπολείμματα βαμβακιού, άχυρα σιταριού, άχυρα καλαμποκιού, δασικά υπολείμματα και εκχυλισμένος ελαιοπυρήνας (πυρηνόξυλο) (Paredes et al. 1987, Ntougias et al. 2003, 2006a).

Η χρήση του πυρηνόξυλου για τη διαχείριση των λιόζουμων μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία ώστε με την τεχνική της συγκομποστοποίησης πυρηνόξυλου με λιόζουμα, να παραχθεί ως τελικό προϊόν ένα μη φυτοτοξικό βελτιωτικό εδάφους με επισχετικές ιδιότητες στην ανάπτυξη φυτοπαθογόνων μυκήτων εδάφους (Kavroulakis et al. 2005, Ntougias et al. 2003, 2006a, Οιχαλιώτης και Ζερβάκης 1999, 2000). Το περιεχόμενο του συγκεκριμένου βελτιωτικού εδάφους αποτελείται από τα χουμικά συστατικά της κομποστοποίησης, ένα πλήθος μικροοργανισμών καθώς και τα λιπαρά

στοιχεία των ΥΑΕ, που συμβάλλουν στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους (Balis et al. 1991).

Άλλες μελέτες (Zervakis and Balis 1996b, Zervakis et al. 1996) έδειξαν ότι το εμπλουτισμένο με ελαιόζουμο πυρηνόξυλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υπόστρωμα για την παραγωγή εδώδιμων μανιταριών *Pleurotus*, αναδεικνύοντας το σαν ένα εναλλακτικό μέσο καλλιέργειας τους. Μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι πως απαιτούνται σχετικά περιορισμένες ποσότητες ΥΑΕ για τη διαβροχή των υποστρωμάτων καλλιέργειας των μανιταριών και έτσι με αυτή τη διαδικασία δεν μπορεί να δοθεί λύση στο ζήτημα της διαχείρισης των τεράστιων όγκων αποβλήτων που παράγονται εντός 3-4 μηνών (Οιχαλιώτης και Ζερβάκης 1999, 2000).

4.4. Παραγωγή βιο-αποδομήσιμων υλικών

Ο Saiz-Jimenez και οι συνεργάτες του (1986) χαρακτήρισαν μια σειρά από πολυμερείς ουσίες που βρέθηκαν σε μη κατεργασμένα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων καθώς και στα υπολείμματα αυτών που μένουν μετά την εξάτμιση τους σε δεξαμενές. Ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η παραγωγή πολύ-β-υδρόξυ βουτυρικού οξέος και πολυσακχαριτών που παράχθηκαν από την ανάπτυξη διαφόρων μικροοργανισμών σε ΥΑΕ. Ο σχηματισμός του βιοπολυμερούς πολύ-β-υδρόξυ βουτυρικού οξέος προήλθε από την ανάπτυξη του βακτηρίου *Azotobacter chroococcum* σε ΥΑΕ (Martinez-Toledo et al. 1995), ενώ το βακτήριο *Xanthomonas campestris* (Lopez-Lopez 1994), παράγαγε, κατά την επώαση του σε ΥΑΕ, ξανθάνη, που χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. Η παραγωγή βιοαποδομήσιμων πολυμερών από τη χρήση των ΥΑΕ χαρακτηρίζεται ως ενδιαφέρουσα μέθοδος, λόγω του χαμηλού κόστους απόκτησης τους.

4.5. Παραγωγή στερεών καυσίμων

Τα υγρά απόβλητα που υπόκεινται στην συγκεκριμένη επεξεργασία, παρουσιάζουν τη δυνατότητα της καλύτερης ζύμωσης αγροτικών ή δασικών υπολειμμάτων χαμηλής πυκνότητας, με απώτερο σκοπό την παραγωγή ενός προϊόντος ομοιογενών τεμαχίων σφαιρικής ή κυβικής μορφής. Ο Μιχελάκης και Κουτσαυτάκης (1989) αναφέρουν ότι σε μια περίπτωση εφαρμογής της μεθόδου στην Ισπανία, όπου σαν πρώτες ύλες χρησιμοποιήθηκαν ΥΑΕ (κατά 40%), δασική βιομάζα (κατά 40%) και

στερεά αστικά υπολείμματα (κατά 20%), η ενεργειακή απόδοση ήταν της τάξεως των 4500 Kcal/Kg. Εντούτοις, περαιτέρω έρευνες δεν έχουν πραγματοποιηθεί.

4.6. Ελεγχόμενη εφαρμογή σε εδαφικούς αποδέκτες

Η άκριτη εισαγωγή των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων στο οικοσύστημα (κοντινούς χειμάρρους, ξερορέματα, θάλασσες ή λίμνες) προκαλεί επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Το μέγεθος της οικολογικής καταστροφής (υδάτινη πανίδα και χλωρίδα), που συντελείται διαφέρει ανάλογα με τον υδάτινο αποδέκτη και τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού του. Η ιδιάζουσα σύσταση (υψηλό φαινολικό και λιπαρό φορτίο) των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων ασκεί μια επιλεκτική δράση στους μικροοργανισμούς του εδάφους ευνοώντας την ανάπτυξη εκείνων των στελεχών που έχουν την ικανότητα να μεταβολίζουν τα συστατικά του (Paredes et al. 1987, Piotrowska et al. 2006).

Η διάθεση των ΥΑΕ στο έδαφος μπορεί να εφαρμοστεί υπό προϋποθέσεις, αφού στη σύστασή τους δεν περιέχονται ουσίες υψηλής επικινδυνότητας, όπως βαρέα μέταλλα (Andrich et al. 1992). Παράλληλα, η ευεργετική επίδραση τους στο έδαφος ενισχύεται από την παρουσία αξιοσημείωτων ποσοτήτων οργανικών ουσιών, φωσφόρου, καλίου και μαγνησίου αλλά και εξαιτίας του εμπλουτισμού του εδάφους με συγκεκριμένους μικροοργανισμούς, οι οποίοι βοηθούν την επίσχεση διαφόρων φυτοπαθογόνων μυκήτων (Ntougias et al. 2003).

Ο Fiestas (1997) μετά από μια σειρά πειραμάτων απέδειξε την τοξική επίδραση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε διάφορα είδη κυπρίνων, ενώ ο Balice και οι συνεργάτες του (1984) αναφέρουν συστατικά των λιόζουμων τα οποία είναι τοξικά στα ψάρια και γενικότερα στη χλωρίδα και την πανίδα του νερού. Επίσης, η Βορεάδου (1994) αναφέρεται στην αρνητική επίδραση των λιόζουμων στη βιοποικιλότητα των τμημάτων της διαδρομής των χειμάρρων (που έχουν ρυπανθεί από τη διάθεση ελαιοζουμων) κατά 41.6 έως 71.4% (ανάλογα με την παροχή νερού του χειμάρρου).

Η απευθείας εφαρμογή μεγάλων ποσοτήτων ΥΑΕ σε καλλιεργούμενο έδαφος και συγκεκριμένα σε ετήσιες καλλιέργειες και ποώδη φυτά αναστέλλει τη βλάστησή τους, δρώντας παρεμποδιστικά (Bonagi 1993). Ο βαθμός τοξικότητας του εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών (Casa et al. 2003). Αντιθέτως, δεν έχει παρατηρηθεί σημαντική φυτοτοξική δράση σε δένδρα που έγινε

απευθείας εφαρμογή των υγρών αποβλήτων (μέθοδος της φερτάρδευσης) (Οιχαλιώτης και Ζερβάκης 2002, Ehaliotis et al. 2003). Έρευνες που έχουν γίνει στην Ιταλία και στην Ισπανία (Proietti et al. 1988), δείχνουν ότι η άρδευση των ελαιοδένδρων με συγκεκριμένες ποσότητες ΥΑΕ όχι μόνο δεν επιδρά αρνητικά στην ανάπτυξη τους αλλά παρατηρείται και αύξηση των αποδόσεων τους. Επίσης δεν δημιουργεί αρνητικές επιπτώσεις στη μικροχλωρίδα και στη δομή του εδάφους, εφόσον οι χρησιμοποιούμενες δόσεις είναι ελεγχόμενες (Ζερβάκης 1999, Ehaliotis et al. 2003).

4.7. Βιολογικές επεξεργασίες-αποδόμηση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με τη χρήση μικροοργανισμών

Πολλά πειράματα εστίασαν το ενδιαφέρον τους στην εξεύρεση μιας διαδικασίας βιοαποδόμησης των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων με τη χρήση μικροοργανισμών, στοχεύοντας στη μείωση του ρυπαντικού φορτίου τους και κατά επέκταση στην αποδόμηση των φαινολικών ενώσεων (Dias et al. 2004), οι οποίες παρουσιάζουν ισχυρή επισχετική δράση έναντι βακτηρίων και μυκήτων του εδάφους και στην παραγωγή νέων προϊόντων προστιθέμενης αξίας (Moreno et al. 1987, Gonzales et al. 1990, Οιχαλιώτης και Ζερβάκης 1999, 2000).

Οι μικροοργανισμοί αυτοί εισάγονται στα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων ως εμβόλια και για την επικράτηση τους πρέπει να εξασφαλιστούν ευνοϊκές συνθήκες όπως κατάλληλος αερισμός, θερμοκρασία και pH (Fiestas 1977). Τα συστήματα βιολογικής επεξεργασίας χωρίζονται σε συστήματα αεροβικής ή αναεροβικής επεξεργασίας ανάλογα με το αν είναι στελέχη αερόβιων ή στελέχη αναερόβιων μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται είναι είτε βακτήρια (π.χ. στελέχη του γένους *Lactobacillus*) ή μύκητες συμπεριλαμβανομένων των ζυμών (π.χ. στελέχη των γενών *Pleurotus* και *Yarrowia*).

4.7.1. Βακτήρια

Τα βακτήρια απαντώνται σε ποικίλα περιβάλλοντα σε ολόκληρο τον κόσμο, όπως σε κλινικά δείγματα, σε φυτά, σε ζώα, σε αστικά λύματα, σε προϊόντα αερόβιας χώνευσης, στο έδαφος, στους υδροφόρους ορίζοντες, στη θάλασσα, κ.α. (Longan 1994).

Γνωρίζοντας τα παραπάνω και δεδομένου ότι η περιεκτικότητα του λιόζουμου σε οργανικό άνθρακα υπερέχει σημαντικά της περιεκτικότητας του σε άζωτο, από μικροβιολογική άποψη η διαπίστωση αυτή οδήγησε προς την επικράτηση αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων σε έδαφος που δέχεται συστηματικά εφαρμογές με

ελαιόζουμο. Μελετώντας λοιπόν έδαφος που δέχεται διαδοχικούς χειρισμούς με ΥΑΕ, παρατηρήθηκε, υπό αερόβιες συνθήκες, η ανάπτυξη αζωτοβακτηρίων, ιδιαίτερα στελεχών του γένους *Azotobacter* (Chatjiravlidis et al. 1996). Στη μελέτη αυτή, χρησιμοποιήθηκαν υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων τα οποία προκατεργάστηκαν με H₂O₂ σε αλκαλικό περιβάλλον και κατόπιν εμβολιάστηκαν με το αζωτοβακτήριο *Azotobacter vinelandii* σε αεριζόμενο βιοαντιδραστήρα. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής, ήταν η μείωση των τοξικών συστατικών των ΥΑΕ, η παραγωγή αυξητικών παραγόντων (π.χ. αυξίνες) και μεγάλων ποσοτήτων μικροβιακών πολυσακχαριτών. Η εφαρμογή των επεξεργασμένων αυτών ΥΑΕ στο έδαφος προκάλεσε αύξηση της ανθεκτικότητας του εδάφους ενάντια στα φυτοπαθογόνα *Rhizium* και *Phytophthora*, που αποδόθηκε σε επικράτηση μικροβιακής χλωρίδας ανταγωνιστικής προς αυτά και στην παραγωγή μεταβολιτών που διατηρούν τον πληθυσμό αυτών σε χαμηλά επίπεδα (Chatjiravlidis et al. 1996).

Επίσης, κατά τον εμβολιασμό ΥΑΕ συγκεντρώσεως 10% v/v με το βακτήριο *Lactobacillus plantarum* παρατηρήθηκε μείωση των φαινολικών συστατικών κατά 46%, του χρώματος κατά 58% και του COD κατά 55% (Lamia and Moktar 2003).

4.7.2. Μύκητες - Ζύμες

Η υψηλή περιεκτικότητα των ΥΑΕ σε σάκχαρα, οδήγησε τον Gharsallah (1993) στη χρησιμοποίηση των ζυμών *Candida crusei*, *Saccharomyces chevalerie* και *Saccharomyces rouxii* (είδη που ανήκουν στην τάξη *Saccharomycetales*) για τη βιοαποδόμηση των ΥΑΕ. Τα προαναφερθέντα είδη ζυμών, αναπτυσσόμενα σε σύστημα συνεχούς ροής κατά την επεξεργασία των ΥΑΕ, οδήγησαν στη μείωση του COD κατά 40-50%. Ικανοποιητικότερα αποτελέσματα από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν, παρουσίασε η ζύμη *Saccharomyces rouxii*, η ανάπτυξη της οποίας δεν παρεμποδίστηκε σχεδόν από κανένα φαινολικό συστατικό των αποβλήτων (Gharsallah 1993).

Για την αποδόμηση των ΥΑΕ έχει χρησιμοποιηθεί και η ζύμη *Candida tropicalis*, η οποία μετά από επώαση 24 h στους 40°C μείωσε το COD κατά 70%, τις πολυφαινόλες κατά 55% και τις μονοφαινόλες κατά 70%, το ποσοστό όμως των ΥΑΕ που περιείχε το υπόστρωμα ανάπτυξης της συγκεκριμένης ζύμης ήταν μικρότερο του 15% (Ettayebi et al. 2003).

Επίσης, η ζύμη *Yarrowia lipolytica* προκάλεσε μείωση του COD από 146 g l⁻¹ σε 90 g l⁻¹ σε δείγματα υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων μέσα σε χρονικό διάστημα 12 h, ενώ με το πέρασ 24 h το COD μειώθηκε επιπλέον σε 30 g l⁻¹. Στη συγκεκριμένη μελέτη

δεν αναφέρεται το ποσοστό των ΥΑΕ που χρησιμοποιήθηκε (Scioli and Vollaio 1997). Επίσης, η ζύμη *Saccharomyces cerevisiae* αναπτύχθηκε σε υποστρώματα εμπλουτισμένα με ΥΑΕ, αποσκοπώντας στην παραγωγή μονοκυτταρικών πρωτεϊνών (Hamdi 1993). Η παραγωγή πρωτεϊνών είναι σημαντική, γιατί υπό προϋποθέσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κτηνοτροφικές και ιχθυοτροφικές μονάδες ως τροφή (Zoiopoulos 1983).

Η κύρια ομάδα μικροοργανισμών η οποία χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν για τη μείωση ή εξάλειψη της ρυπαντικής δράσης των φαινολικών ουσιών των υγρών αποβλήτων ελαιουργείων είναι οι μύκητες. Η ικανότητά τους να βιοαποδομούν τα ΥΑΕ αξιοποιήθηκε αρχικά για την προετοιμασία των αποβλήτων για περαιτέρω φυσικοχημικούς και βιολογικούς χειρισμούς και για να επιτευχθεί η μετατροπή τους απευθείας σε ένα περιβαλλοντικά αποδεκτό τελικό προϊόν (Ζερβάκης και Μπαλής 1996). Διάφορα είδη μυκήτων που χρησιμοποιήθηκαν για την επίτευξη των παραπάνω χειρισμών παρουσίασαν ιδιαίτερα καλά αποτελέσματα όσον αφορά την ανάπτυξή τους σε υποστρώματα ΥΑΕ, αποδομώντας φαινολικές ουσίες, παράγοντας μονοκυτταρική πρωτεΐνη, αποχρωματίζοντας και αποτοξικοποιώντας τα απόβλητα.

Οι φαινολικές ουσίες των ΥΑΕ και συγκεκριμένα ορισμένες ενώσεις της ομάδας αυτής που είναι υπεύθυνες για την τοξικότητα και το μαύρο χρώμα του αποβλήτου, έχουν συγγενή δομή με τη λιγνίνη, την κυτταρίνη ή με ενώσεις που προκύπτουν από την αποδόμησή τους. Η αποδόμηση της λιγνίνης στη φύση πραγματοποιείται κυρίως από τους μύκητες και ως πιο αποδοτικοί αποδομητές της κατηγορίας αυτής εμφανίζονται οι βασιδιομύκητες (Hammel 1997). Για το λόγο αυτό οι λιγνοκυτταρινολυτικοί βασιδιομύκητες και συγκεκριμένα αυτοί που προκαλούν λευκές σήψεις (“white-rot fungi”) άρχισαν να χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιβαλλοντικές και βιοτεχνολογικές εφαρμογές σχετικές με την αποδόμηση των ΥΑΕ (Ζερβάκης 1999).

Όσον αφορά στη βιομετατροπή παραγώγων της λιγνίνης, το ενζυμικό σύστημα των μυκήτων λευκής σήψης είναι κατά κύριο λόγο οξειδωτικό και μη εξειδικευμένο (Ζερβάκης 1999). Τα ένζυμα που εμπλέκονται σε αυτήν τη διαδικασία είναι η λιγνίνη-υπεροξειδάση, η υπεροξειδάση του μαγγανίου και η λακάση (φαινολοξειδάση). Η ενζυματική οξείδωση της λιγνίνης και των φαινολικών υποστρωμάτων οδηγούν σε αποπολυμερισμό αυτών εξαιτίας της διάσπασης των αρωματικών δακτυλίων, επιτυγχάνοντας έτσι την ανοργανοποίηση τους.

Μύκητες της ομάδας λευκής σήψης όπως *Phlebia radiata*, *Dichomitus squalens*, *Polyporus frondosus*, *Coriolus* (=Trametes) *versicolor* και *Phanerochaete chrysosporium*,

ερευνήθηκαν και αξιολογήθηκαν για την ικανότητά τους να αποχρωματίζουν τα ΥΑΕ (Sayadi and Ellouz 1992,1993).

Πιο συγκεκριμένα ο βασιδιομύκητας *Phanerochaete chrysosporium* επώαστηκε επί 12 ημέρες σε ΥΑΕ συγκεντρώσεως 20% v/v, προκαλώντας σε ποσοστό 40% τον αποχρωματισμό των αποβλήτων αυτών μειώνοντας παράλληλα το ποσοστό των φαινολικών συστατικών κατά 60%, παράγοντας κύρια λακκάση και ίχνη υπεροξειδάσης (εξαρτώμενης των ιόντων μαγγανίου) (Dias et al. 2004). Επίσης διαπιστώθηκε σημαντική μείωση του COD των ελαιόζουμων και συσχέτιση της διάσπασης των φαινολικών ενώσεων με το χρώμα των αποβλήτων (Sayadi and Ellouz 1992). Ανάλογα αποτελέσματα σύμφωνα με τον Perez και τους συνεργάτες του (1987) έχουν αναφερθεί και για τον βασιδιομύκητα *Phanerochaete flavido-alba*.

Στη μελέτη των Grappelli et al. (1991) διαπιστώθηκε η ικανότητα του μύκητα *Lentinula edodes* να μειώνει το φαινολικό φορτίο των ΥΑΕ και ιδιαίτερα των ο-διφαινολών. Ο μύκητας αυτός χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή λακκάσης με σκοπό την ενζυματική κατεργασία των ΥΑΕ (D' Annibale et al. 1996, Casa et al. 2003). Σε πρόσφατες μελέτες, όπου πραγματοποιήθηκε προσθήκη 2.8 U ml⁻¹ ενζύμου λακκάση, που απομονώθηκε από το στέλεχος *L. edodes*, σε διάλυμα ΥΑΕ συγκεντρώσεως 5% v/v, παρατηρήθηκε μείωση των φαινολικών συστατικών κατά 70% και του COD κατά 67% (D' Annibale et al. 2004a).

Επίσης, η χρήση του μύκητα λευκής σήψης *Panus tigrinus* GBS 577.79 στη βιοαποικοδόμηση των λιόζουμων, έχει δείξει ότι προκαλεί μείωση των φαινολικών συστατικών κατά 74% μέσω της παραγωγής του ενζύμου λακκάση (Fenice et al. 2003). Σχεδόν στα ίδια συμπεράσματα οδηγήθηκαν και οι D'Annibale et al. (2004) από τη μελέτη του ίδιου μύκητα, παρατηρώντας μείωση των φαινολικών συστατικών σε ποσοστό 89%.

Κατά την επεξεργασία των ΥΑΕ με τους μύκητες *Funalia trogii* και *Coriolus versicolor*, έγινε μέτρηση της δραστηριότητας του ενζύμου λακκάση. Αυξημένη ενζυμική δράση εμφάνισε το στέλεχος *Funalia trogii* (7.1 U ml⁻¹), ενώ η παραγωγή λακκάσης από τον *Coriolus versicolor* περιορίστηκε στο μισό περίπου της προηγούμενης τιμής (3.4 U ml⁻¹). Συγκεκριμένα ο μύκητας *F. trogii* μείωσε τα φαινολικά συστατικά κατά 93%, και το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο κατά 70%, ενώ αποχρωμάτισε το δείγμα κατά 81%. Παρόμοια αποτελέσματα έδωσε και το στέλεχος *C. versicolor*, δηλαδή μείωσε το φαινολικό φορτίο σε ποσοστό 90%, το COD στο 63%, ενώ αποχρωμάτισε το δείγμα κατά 81% (Yesilada et al. 1996, 1998).

Οι μύκητες λευκής σήψης του γένους *Pleurotus* έχουν απασχολήσει πολλούς ερευνητές και έχει αποδειχθεί ότι τα στελέχη τους είναι εκλεκτικοί αποικοδομητές της λιγνίνης (Platt et al. 1983, Kerem et al. 1992). Εξαιτίας λοιπόν του ενζυμικού μηχανισμού αποδόμησης των φαινολικών συστατικών που διαθέτουν, μειώνουν σημαντικά την φυτοτοξική δράση των ΥΑΕ ενώ ταυτόχρονα προκαλούν τον αποχρωματισμό τους (Zervakis et al. 1996). Η μελέτη των Ζερβάκη και Μπαλή (1996) αναφέρεται στην ικανότητα των μυκήτων των ειδών *P. ostreatus*, *P. pulmonarius* και *P. eryngii* μετά από την εφαρμογή τους σε υποστρώματα υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων διαφορετικών αραιώσεων, να αναπτύσσονται σε περιβάλλοντα υψηλού φαινολικού φορτίου. Το στέλεχος *P. eryngii* κατά τον εμβολιασμό του σε διαφορετικές συγκεντρώσεις ελαιοζουμων, εμφάνισε συγκριτικά με τα άλλα δύο στελέχη την καλύτερη παραγωγή βιομάζας. Συγκεκριμένα, άριστα αποτελέσματα εμφάνισε για περιεκτικότητα του θρεπτικού μέσου 25% σε ακατέργαστα ή 50% σε κατεργασμένα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείων. Επίσης, η χρήση του μύκητα *P. Ostreatus* LGAM P69, έχει δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα στη μείωση του φαινολικού φορτίου των ΥΑΕ. Αναλυτικά, πραγματοποιήθηκαν τρεις εφαρμογές του μύκητα, σε αποστειρωμένο διάλυμα ΥΑΕ συγκεντρώσεως 50% και σε θερμικά επεξεργασμένο (100°C) διάλυμα ΥΑΕ συγκεντρώσεως 50% και 100%, παρουσιάζοντας μείωση του φαινολικού φορτίου αντιστοίχως κατά 78, 67 και 65%. Εντούτοις, η μείωση του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου σε όλες τις εφαρμογές ήταν μικρότερη του 10% (Fountoulakis et al. 2002).

Επίσης, κατά τη προσθήκη του ενζύμου λακκάση (130 U l⁻¹), που απομονώθηκε από το μύκητα *Pychnoporus coccineus*, σε διάλυμα συγκεντρώσεως φαινολικών συστατικών, όμοιων με εκείνων των ΥΑΕ, παρατηρήθηκε μείωση του φαινολικού φορτίου τουλάχιστον κατά 50% (Jaouani et al. 2005).

Στελέχη του είδους *Geotrichum candidum* έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί στον αποχρωματισμό προκαλώντας μείωση του χρώματος κατά 70% και του φαινολικού φορτίου σκουρόχρωμων υγρών αποβλήτων σε ποσοστό έως 50% (Assas et al. 2000, Ayed et al. 2005).

Στελέχη του μύκητα *Aspergillus niger* παρουσίασαν ικανότητα μεταβολισμού των φαινολικών ουσιών μειώνοντας κύρια το οργανικό φορτίο των ΥΑΕ, δίνοντας χαμηλές τιμές COD, φυτοτοξικότητας και χρώματος (Hamdi et al. 1991, Hamdi and Ellouz 1992, Cereti et al. 2004).

Επιπροσθέτως, η αερόβια κατεργασία των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων με τον μύκητα *Aspergillus terreus* σε συνδυασμό με την αναερόβια ζύμωση των στερεών

υπολειμμάτων του υλικού αυτού, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του φαινολικού φορτίου τους κατά 94%, της φυτοτοξικότητάς τους σε ποσοστό 87%, καθώς και αύξηση της παραγόμενης ποσότητας του μεθανίου κατά 30% (Borja et al. 1993).

Συνοψίζοντας τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αφορούν την επίδραση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων ή κάποιων συστατικών τους στην αύξηση ή δράση μιας μεγάλης ποικιλίας βακτηρίων και μυκήτων προκύπτει ότι πολλά είδη μικροοργανισμών παρεμποδίζονται ενώ άλλα ευνοούνται (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Επίδρασεις υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων σε μικροοργανισμούς.

Μικροοργανισμοί	Επίδραση	Αναφορά
Σποριογόνα Gram(+) βακτήρια	Παρεμπόδιση	Paredes <i>et al.</i> (1986)
<i>Lactobacillus</i> spp.	Παρεμπόδιση από ελευρωπαΐτη	Ramos-Cormenzana (1983)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Αποδόμηση φαινολικών ουσιών. Μείωση COD	Lamia and Moktar (2003)
<i>Bacillus megaterium</i>	Παρεμπόδιση από φαινολικές ουσίες	Rodriguez <i>et al.</i> (1988) Perez <i>et al.</i> (1992)
<i>Azotobacter</i> spp. <i>A. vinelandii</i> <i>A. chroococcum</i>	Αύξηση σε ΥΑΕ, αζωτοδέσμευση και εμπλουτισμός εδάφους με αζωτοδεσμευτικούς μικροοργανισμούς	Μπαλής κ. α. (1991) Μπαλής Κ. (1989) Flouri <i>et al.</i> (1990) Chatzipavlidis <i>et al.</i> (1996) Garcia-Barrionuevo <i>et al.</i> (1992)
<i>Pseudomonas</i> spp.	Αποδόμηση φαινολικών οξέων	Perez <i>et al.</i> (1990)
<i>Torulopsis utilis</i> <i>Saccharomyces hypolitica</i> , <i>Candida krusei</i> , <i>Saccharomyces chevalierie</i> , <i>Saccharomyces rouxii</i>	Ανάπτυξη σε ΥΑΕ Παραγωγή μονοκύτταρης πρωτεΐνης	Fiestas Ros de Ursinos (1961) Fiestas Ros de Ursinos (1966) Ercoli and Ertola (1983) Gharsallah (1993)
<i>Geotrichum</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Rhizoctonia</i>	Παρεμπόδιση από ελευρωπαΐτη	Ramos-Cormenzana (1983)
<i>Geotrichum candidum</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών. Αποχρωματισμός ΥΑΕ	Assas <i>et al.</i> 2000 Ayed <i>et al.</i> 2005
<i>Coriolus</i> (<i>Trametes</i>) <i>versicolor</i>	Αποδόμηση φλαβονοειδών Ανάπτυξη σε ΥΑΕ Αποχρωματισμός ΥΑΕ Αποδόμηση φαινολικών	Saiz-Jimenez and Gomez-Alarcón (1986) Sayadi and Ellouz (1993) Yesilada <i>et al.</i> 1996, 1998

Μικροοργανισμοί	Επίδραση	Αναφορά
	συστατικών. Παραγωγή ενζύμων.	
<i>Chaetomium elatum</i> , <i>Inonotus hispidus</i> , <i>Phlebia gigantea</i>	Παρειμπόδιση από τα ΥΑΕ	Saiz-Jimenez and Gomez-Alarcón (1986)
<i>Eurotium echinolatum</i> , <i>Corioloopsis gallica</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Trichoderma viride</i>	Ανάπτυξη σε ΥΑΕ	Saiz-Jimenez and Gomez-Alarcón (1986)
<i>Aspergillus niger</i>	Αποτοξικοποίηση και βελτίωση των χαρακτηριστικών των ΥΑΕ	Hamdi <i>et al.</i> (1991) Hamdi and Ellouz (1992)
<i>Aspergillus terreus</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών	Martinez-Nieto <i>et al.</i> (1992)
<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium phaeospermum</i> <i>Penicillium brevis-compactum</i> <i>Penicillium frequentans</i> <i>Penicillium hordei</i> <i>Rhizopus cinnabarinus</i>	Τα ΥΑΕ επιταίνουν την αύξηση	Saiz-Jimenez and Gomez-Alarcón (1986)
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> <i>Phanerochaete flavido-alba</i>	Αυξάνουν ταχύτερα από άλλους βασιδιομύκητες σε ΥΑΕ. Αποχρωματισμός ΥΑΕ	Saiz-Jimenez and Gomez-Alarcón (1986) Perez <i>et al.</i> (1987) Sayadi and Ellouz (1993)
<i>Phlebia radiata</i> <i>Dichomitus squaleus</i> <i>Polyporus frondosus</i>	Αποχρωματισμός ΥΑΕ	Sayadi and Ellouz (1993)
<i>Pleurotus ostreatus</i> <i>P. florida</i> <i>P. sajor-caju</i> <i>P. eryngii</i>	Αύξηση σε ΥΑΕ και σηματοπισμός καρποφοριών	Sanjust <i>et al.</i> (1991) Zervakis <i>et al.</i> (1996)
<i>Pleurotus pulmonarius</i> <i>P. comnicopias</i>	Αύξηση σε ΥΑΕ, αποχρωματισμός, αποτοξίνωση	Zervakis <i>et al.</i> (1996)
<i>Leitumula edodes</i> <i>Panus nigrinus</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών. Παραγωγή ενζύμων. Αποχρωματισμός ΥΑΕ	D' Annibale <i>et al.</i> 2004a D' Annibale <i>et al.</i> 2004
<i>Fusalia trogii</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών. Παραγωγή ενζύμων.	Yesalada <i>et al.</i> 1996, 1998
<i>Yarrowia lipolytica</i>	Μείωση COD	Scioli and Vollaro 1997
<i>Candida tropicalis</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών. Μείωση COD	Ertryebi <i>et al.</i> 2003
<i>Rhizopus coccineus</i>	Αποδόμηση φαινολικών συστατικών.	Jouani <i>et al.</i> 2005

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, θα μπορούσε να δηλωθεί ότι:

-Η εφαρμογή των αποβλήτων ελαιοτριβείων στο έδαφος καταδείχθηκε να είναι μια βιώσιμη λύση για τη διάθεση των ΥΑΕ. Στις περισσότερες από τις σχετικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι στιγμής, τα αποτελέσματα αποδεικνύουν σημαντική αύξηση του οργανικού άνθρακα, της συνολικής σταθερότητας, του διαθέσιμου Κ, και ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, τα οποία συνοδεύονται συνήθως με αύξηση στη φυτική παραγωγή (ιδιαίτερα όσον αφορά στην καλλιέργεια ελιών). Η θετική έκβαση τέτοιας εφαρμογής περισσότερο προτείνεται για τα φτωχά και οριακά χώματα. Αφ' ετέρου, οι πιθανοί κίνδυνοι φυτοτοξικότητας είναι σημαντικά χαμηλότεροι σε χώματα πλούσια σε οργανική ουσία. Τέτοια υποστρώματα θα μπορούσαν να υποστηρίξουν καλύτερα την ανάπτυξη και την παραγωγικότητα των φυτών. Οι κηπευτικές καλλιέργειες έχουν διαφορετικές ευαισθησίες στα απόβλητα ελαιοτριβείων, οι μεγαλύτεροι σπόροι φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητοι. Αυτό θα μπορούσε να είναι ένα καλό προφητικό εργαλείο για την επιλογή των καλλιεργειών που ποτίζονται με ΥΑΕ.

-Η λιπασματοποίηση των αποβλήτων ελαιοτριβείων και των υποπροϊόντων (που αναμιγνύονται με μια σχετικά μεγάλη ποικιλία γεωργικών και αγροβιομηχανικών υπολειμμάτων άφθονων στη Μεσόγειο) φαίνεται να παρέχουν αποδοτικές εδαφολογικές τροποποιήσεις, λιπάσματα ή/και κατασταλτικά των φυτοπαθογόνων, τα οποία θα μπορούσαν να αποδώσουν καλά στην αγορά και να συμπληρώσουν ή/και να αντικαταστήσουν τις σχετικές χημικές ενώσεις. Φυσικά, υπάρχουν ακόμα ζητήματα που χρειάζονται εξέταση, και αυτά συσχετίζονται συνήθως με ορισμένα δυσμενή αποτελέσματα του τελικού προϊόντος (π.χ. υψηλή αλατότητα, φυτοτοξικότητα), της αξίας λίπανσης και της τιμής αγοράς του όπως συγκρίνονται με τις παρόμοιες εμπορικές ενώσεις, κ.λπ.

-Τελευταίο αλλά όχι ασήμαντο, το γεγονός ότι καμία μεθοδολογία επεξεργασίας αποβλήτων ελαιοτριβείων δεν έχει υιοθετηθεί παγκοσμίως είναι όχι μόνο μια ένδειξη των πιθανών μειονεκτημάτων που κάθε μια από αυτές κατέχει, αλλά είναι συνήθως ένα αποτέλεσμα της μεγάλης σειράς των ιδιαίτερων όρων που ικανοποιούνται στο τοπικό μικρό ή μεσαίας κλίμακας επίπεδο εξαγωγής ελαιολάδου. Ως εκ τούτου, οι μεμονωμένες προσεγγίσεις πρέπει να εξεταστούν και να εφαρμοστούν ώστε να ταιριάξουν στις

τοπικές απαιτήσεις. Πρέπει να συνδυάσουν δύο ή περισσότερες μεθοδολογίες (δηλ. φυσικοχημικές ή/και βιολογικές, εφαρμογή στο έδαφος, λιπασματοποίηση, κ.λπ.) σχετικά απλές και αποδοτικές ως προς το κόστος ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ελαιοτριβείου, των παραγμένων αποβλήτων και της περιοχής (συμπεριλαμβανομένων των τοπικών γεωργικών προτεραιοτήτων και αναγκών). Ως εκ τούτου, το περιβαλλοντολογικό θέμα θα μπορούσε να λυθεί μαζί με την παραγωγή συγκεκριμένων προστιθεμένης αξίας προϊόντων που κυμαίνονται από τις εδαφολογικές τροποποιήσεις σε λεπτές χημικές ουσίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ

Η σημαντικότερη ελληνική νομοθεσία που αφορά τα ελαιοτριβεία είναι η εξής:

- ΝΟΜΟΣ ΥΠ. ΑΡΙΘΜ. 2516/97: « Ίδρυση και λειτουργία βιομηχανικών και βιοτεχνικών εγκαταστάσεων και άλλες διατάξεις» (ΦΕΚ 159/Α/8-8-97). Σύμφωνα με το άρθρο 1 και με βάση την κινητήρια εγκατεστημένη ισχύ που είναι πάνω από 16 HP, τα ελαιοτριβεία νοούνται ως Βιομηχανία ή Βιοτεχνία. Στο άρθρο 18, παράγραφος 2, αναφέρεται ότι : «Για την χορήγηση νέας άδειας λειτουργίας αόριστης χρονικής ισχύος απαιτείται να έχει εξασφαλιστεί προηγουμένως η πλήρη συμμόρφωση των φορέων προς τις κείμενες διατάξεις περί προστασίας του περιβάλλοντος και υγιεινής των εργαζομένων και περιοίκων....».
- ΚΥΑ 69269/5387/90: «Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο μελέτης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθορισμός περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών μελετών και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με τον Ν. 1650/86» (ΦΕΚ 678B/25-10-90).
- ΚΥΑ 10537/93: «Καθορισμός αντιστοιχίας της κατάταξης των βιομηχανικών – βιοτεχνικών δραστηριοτήτων της ΚΥΑ 69269/90 με την αναφερόμενη στις πολεοδομικές ή άλλες διατάξεις διάκριση των δραστηριοτήτων σε χαμηλή, μέση και υψηλή όχληση» (ΦΕΚ 139B/11-3-93). Σύμφωνα με το άρθρο 1, τα ελαιοτριβεία κατατάσσονται στις δραστηριότητες χαμηλής όχλησης.
- ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ Ε1β/221: «Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων» (ΦΕΚ 138/Β/24-12-1965). Η Διάταξη αυτή του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας, θέτει ουσιαστικά τα πλαίσια μέσα στα οποία πρέπει να κινούνται οι βιομηχανίες όσο αφορά την επεξεργασία και διάθεση των αποβλήτων τους. Στο άρθρο 1 δίνονται οι ορισμοί των «λυμάτων», «βιομηχανικών αποβλήτων», «επεξεργασίας» κ.α. Το άρθρο 2 αναφέρεται με γενικούς όρους όσον αφορά την διάθεση των λυμάτων και στα άρθρα 3 και 4 παρουσιάζονται τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν τα επιφανειακά και τα θαλάσσια νερά ανάλογα με τις χρήσεις τους. Στην συνέχεια στα άρθρα 7 και 8 θέτονται οι όροι για τη διάθεση των λυμάτων και των

βιομηχανικών αποβλήτων στο έδαφος και στο υπέδαφος. Τα άρθρα 9 έως 13 αναφέρονται στους όρους και στις μεθόδους που πρέπει να τηρούν και να ακολουθούν μεμονωμένες μονάδες (κατοικίες, σχολεία, ξενοδοχεία, κ.α.) κατά την επεξεργασία των λυμάτων τους. Τέλος, στα άρθρα 14, 15 και 16 καθορίζονται ο τρόπος και οι απαιτήσεις για την αδειοδότηση της διάθεσης λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, η ισχύς της Διατάξεως και οι κυρώσεις και επίσης δίνονται μεταβατικές διατάξεις για τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις διαθέσεως των λυμάτων και μέθοδοι εξετάσεως βιομηχανικών αποβλήτων ή υδάτων.

- Μια σημαντική οδηγία εφαρμογής της Υ.Δ. Ε1β/221 που κοινοποιήθηκε με την εγκύκλιο του ΥΚΥ με αριθμό Α5/4690/ΕΓΚ.62/26-4-80, αναφέρει τους όρους για τη χορήγηση άδειας διαθέσεως λυμάτων ή βιομηχανικών αποβλήτων, τον τρόπο ανανέωσης προσωρινής άδειας διαθέσεως τους και στοιχεία για τον έλεγχο αποδόσεως των εγκαταστάσεων επεξεργασίας. Στο παράρτημα 1 της Οδηγίας υπάρχει ενδεικτικός πίνακας με τα προτεινόμενα χαρακτηριστικά ποιοτικών παραμέτρων, για τον έλεγχο των βιομηχανικών αποβλήτων κατά κλάδο και είδος βιομηχανίας. Έτσι στην κατηγορία Βρώσιμα Λίπη και Έλαια του κλάδου Τροφών και Ποτών, οι τακτικοί ποιοτικοί παράμετροι που πρέπει να εξετάζονται είναι το BOD₅, και το COD, τα αιωρούμενα στερεά, τα διαλυμένα στερεά, τα λίπη, τα έλαια και το pH ενώ οι συμπληρωματικοί παράμετροι είναι το N, ο P, τα θειικά και τα θειούχα κατά περίπτωση.
- Επίσης σημαντικότερες Οδηγίες Εφαρμογής της Υ.Δ. Ε1β/221/65 αποτελεί η εγκύκλιος του ΥΥΠ&ΚΑ με αρ. ΥΜ/2985/29-5-1991, που αναφέρεται στις προϋποθέσεις που απαιτούνται για την διάθεση των λυμάτων σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες στο έδαφος και σε υπόνομους, καθώς και η εγκύκλιος ΥΥΠ&ΚΑ ΜΕ ΑΡ. 242/27-1-1992, που αναφέρεται στην έγκριση των μελετών επεξεργασίας και διαθέσεως των υγρών αποβλήτων καθώς και στις σχετικές άδειες.
- Το πιο σημαντικό βήμα που έχει γίνει μέχρι σήμερα στην ελληνική νομοθεσία για τα Απόβλητα των Ελαιοτριβείων, αποτελεί η εγκύκλιος του ΥΥΠ&ΚΑ με αρ. ΥΜ/5784/23-1-1992 και αρ. 4419/23-10-1992. Αυτή η εγκύκλιος αναφέρει αναλυτικά: «Έχοντας υπόψη τα προβλήματα που δημιουργούνται στο περιβάλλον από τη διάθεση των αποβλήτων των ελαιοτριβείων», σας γνωρίζουμε τα εξής:

- I. Η επεξεργασία των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων με χημική μέθοδο (εξουδετέρωση με υδράσβεστο και χημική κροκίδωση) αποτελεί μια μέθοδος μείωσης του οργανικού και χημικού ρυπαντικού φορτίου, για χαμηλά όμως ποσοστά. Ακόμα και με πλήρη σχεδόν απόδοση των εγκαταστάσεων δεν προσεγγίζει τα επιθυμητά επίπεδα, όπως προβλέπεται από την Υ.Δ.Ε1β/221/65 και τις σχετικές εγκυκλίους.
 - II. Η προαναφερόμενη μέθοδος είναι μια κλασσική και ευρέως διαδεδομένη μέθοδος μείωσης της ρύπανσης, πλην όμως υπάρχουν και άλλες παραλλαγές αυτής ή και συμπληρωματικές (π.χ. διάφορα κροκιδωτικά υλικά, συνδυασμός με αναερόβια βιολογική επεξεργασία κ.λ.π). Επειδή πρόκειται για επιβαρημένα και δύσκολα στο χειρισμό απόβλητα, θα πρέπει η επιλεγόμενη μέθοδος επεξεργασίας, πέραν της υψηλής αποδοτικότητας και λειτουργικότητας, να είναι και τεχνικό – οικονομικώς συμφέρουσα στις μικρές επιχειρήσεις (ελαιοτριβεία). Στα πλαίσια αυτά στρέφονται και οι ερευνητικές μελέτες που έγιναν και γίνονται και που οπωσδήποτε τα αποτελέσματα θα συνεκτιμηθούν και θα γίνουν οι ανάλογες νομοθετικές ρυθμίσεις (εγκύκλιοι, τροποποιήσεις Υγειονομικών Διατάξεων κ.λ.π).
 - III. Ο τελικός αποδέκτης των επεξεργασμένων αποβλήτων θα καθορίζεται πάντοτε στα πλαίσια της Υ.Δ.Ε1β/221/65 και της εγκυκλίου με αρ. οικ. ΥΜ 2985/29-5-91 και οπωσδήποτε θα λαμβάνονται υπόψη οι τοπικές συνθήκες. Η θάλασσα και γενικότερα οι υδάτινοι αποδέκτες θα πρέπει να αποφεύγονται και αποτελούν μόνο την αναπόφευκτη λύση, αφού αποκλεισθούν όλες οι άλλες δυνατότητες τελικής διάθεσης (υπεδάφιας, επιφανειακά στο έδαφος κ.λ.π).
- ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ ΥΠ' ΑΡΙΘΜΟΝ 1180: « Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγόμενων εις τα της λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνών, πάσης φύσης μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και της εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει» (ΦΕΚ 293/τ.α./6-10-1981). Το Προεδρικό αυτό Διάταγμα αποτελεί την προγενέστερη μορφή του Ν. 1650/86, δηλαδή του νόμου πλαίσιο για το περιβάλλον. Έτσι, δίνει ορισμούς όπως για το «περιβάλλον», τη «ρύπανση», τη «μόλυνση», κ.λ.π. Μεταξύ άλλων το Διάταγμα αυτό καθορίζει με το άρθρο 3 τις «κατευθυντήριες τιμές, εκ των οποίων θα καθορίζονται εκάστοτε τα επιτρεπόμενα όρια εκπομπής ρυπανουσών ουσιών δι' έκαστο υδάτινο

αποδέκτη, αναλόγως της χρήσεως και της αφομοιωτικής ικανότητας αυτού, συμφώνως προς τα εκάστοτε ισχύουσας υγειονομικές διατάξεις» (Βερβερή, 2004).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Α. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Abu-Zreig M, Al-Widyan M** (2002) Influence of olive mills solid waste on soil hydraulic properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **33**, 505-517
- Achak M., Hafidi A., Ouazzani N., Sayadi S., Mandi L.**, (2009). Low cost biosorbent banana peel for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater: kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials* **166**, 117-125.
- Adam AL, Bestwick CS, Barna B, Mansfield JW** (1995) Enzymes regulating the accumulation of active oxygen species during the hypersensitive reaction of bean to *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Planta* **197**,240-249
- Aggelis, G.G., Gavala, H.N., Lyberatos, G.** (2001). Combined and separate aerobic biotreatment of green olive debittering wastewater. *Journal of Agricultural Engineering Research* **80**, 283-292.
- Aggelis G, Iconomou D, Christou M, Bokas D, Kotzailias S, Christou G, Tsagou V, Papanicolaou S** (2003) Phenolic removal in a model olive oil mill wastewater using *Pleurotus ostreatus* in bioreactor cultures and biological evaluation of the process. *Water Research* **37**, 3897-3904
- Aguilar M.J.**, (2009), Olive oil mill waste-water for soil nitrogen and carbon conservation. *Journal of Environmental Management* **90**,2845-2848.
- Aguilar M.J.**, (2010). Fixation of ammonium-N and nitrate-N with olive oil mill wastewaters. *Environmental Technology* **31**, 395-398.
- Aguilera M, Monteoliva-Sanchez M, Suarez A, Guerra del Aguila V, Lizama C, Bannasar A, Ramos-Cormenzana A** (2001) *Paenibacillus jamilae* sp. nov., an exopolysaccharide-producing bacterium able to grow in olive-mill wastewater. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* **51**,1687-1692
- Aguilera M, Quesada MT, Guerra del Aguila V, Morillo JA, Rivadeneyra MA, Ramos-Cormenzana A, Monteoliva-Sanchez M** (2008) Characterization of *Paenibacillus jamilae* strains that produce exopolysaccharide during growth on and detoxification of olive mill wastewaters. *Bioresource Technology* **99**, 5640-5644
- Alba-Mendoza, J., Ruiz-Gomez, A. and Hidalgo-Casado, F.** (1990). Technological evolution of the different processes for olive oil extraction. In *Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices*, pp. 341-347 (Ed. D.R. Erickson,). American Oil Chemistry Society, Champaign, Illinois (USA).
- Alburquerque, J. A., Gonzalez, J., Garcia, D. and Cegarra, J.** (2003). Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology* **91**, 195-200.
- Alburquerque JA, Gonzalez J, Garcia D, Cegarra J** (2004) Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology* **91**,195-200

Albuquerque JA, Gonzalez J, Garcia D, Cegarra J (2005) Composting of a solid olive-mill by-product (alperujo) and the potential of the resulting compost for cultivating pepper under commercial conditions. *Waste Management* 26,620-626

Albuquerque JA, Gonzalez J, Garcia D, Cegarra J (2006) Measuring detoxification and maturity in compost made from "alperujo", the solid byproduct of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system *Chemosphere* 64, 470-477

Albuquerque JA, Gonzalez J, Garcia D, Cegarra J (2007) Effects of a compost made from the solid by-product ("alperujo") of the two-phase centrifugation system for olive oil extraction and cotton gin waste on growth and nutrient content of ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Bioresource Technology* 98, 940-945

Albuquerque JA, Gonzalez J, Tortosa G, Baddi GA, Cegarra J (2009) Evaluation of "alperujo" composting based on organic matter degradation, humification and compost quality. *Biodegradation* 20, 257-270

Alfano G, Belli C, Lustrato G, Ranalli G (2008) Pile composting of two-phase centrifuged olive husk residues: Technical solutions and quality of cured compost. *Bioresource Technology* 99,4694-4701

Alliota G, Cafiero G, De Feo V, Di Blasio B, Iacovino R, Oliva A (2000) Allelochemicals from rue (*Ruta graveolens* L.) and olive (*Olea europea* L.) oil mill wates as potential natural pesticides. *Current Topics in Phytochemis-try*3, 167-177

Aliotta G, Fiorentino A., Oliva A., Temussi F., (2002). Olive oil mill wastewater: isolation of polyphenols and their phytotoxicity in vitro. *Allelopathy* 9, 9-17.

Amaral C, Lucas M.S, Coutinho J, Crespi A.L., Anjos M. dR., Pais C.,(2008). Micro biological and physicochemical characterization of olive mill wastewaters from a continuous olive mill in Northeastern Portugal. *Bioresource Technology* 99, 7215-7223.

Andreozzi R, Canterino M, Di Somma I, Lo Giudice R, Marotta R, Pinto G, Pollio A (2008) Effect of combined physico-chemical processes on the phyto-toxicity of olive mill wastewaters. *Water Research* 42, 1684-1692

Andrich, G., Balsini, S., Zinnai, A., Silvestri, S. and Fiorentini, R. (1992). Effect of olive oil waste water irrigation on olive plant products. *Agricoltura Mediterranea* 122, 97-100.

Angelakis AN., Marecos Do Monte M.H.F., Bontoux L, Asano T., (1999). The status of wastewater reuse practice in the Mediterranean basin: need for guidelines. *Water Research* 33,2201-2217

Aqeel AM, Hameed KM (2007) Implementation of olive mill by products in agriculture. *World Journal of Agricultural Sciences* 3,380-385

Aranda E, Sanpedro I, Ocampo JA, Garcia-Romera I (2006) Phenolic removal of olive-mill dry residues by laccase activity of white-rot fungi and its impact on tomato plant growth. *International Biodeterioration and Biodegradation* 58,176-179

Arvanitoyannis IS, Kassaveti A (2007) Current and potential uses of composted olive oil waste. *International Journal of Food Science and Technology* 42, 281-295

Arvanitoyannis IS, Kassaveti A, Stefanatos S (2007) Olive oil waste treatment: A comparative and critical presentation of methods, advantages and disadvantages. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 47, 187-229

- Asfi M, Ouzounidou G, Sperdouli I, Moustakas M** (2006) Effects of olive mill wastewater fertirrigation on growth and photosynthetic characteristics of spinach (*Spinacea oleracea* L.). *15th Congress of Federation of European Societies of Plant Biology*, 17-21 July, Lyon, France, p 187 (Abstract)
- Asfi M., Ouzounidou G., Moustakas M.,** (2012). Evaluation of olive oil mill waste water toxicity on spinach. *Environmental Science and Pollution Research*, <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-012-0746-y>.
- Assas, N., Marouani, L. and Hamdi, M.** (2000). Scale down and optimization of olive mill wastewaters decolorization by *Geotrichum candidum*. *Bioprocess Engineering* 22, 503-507.
- Assas N, Ayed L, Marouani L, Hamdi M** (2002) Decolorization of fresh and stored-black olive mill wastewaters by *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* 38,361-365
- Asses N, Ayed L, Bouallagui H, Rejeb IB, Gargouri M, Hamdi M** (2009) Use of *Geotrichum candidum* for olive mill wastewater treatment in submerged and static culture. *Bioresource Technology* 100, 2182-2188
- Aviani I, Raviv M, Hadar Y., Saadi L, Dag A., Ben-Gal A., Yermiyahu U., Zipori I., Laor Y.,** (2012). Effects of harvest date, irrigation level, cultivar type and fruit water content on olive mill wastewater generated by a laboratory' scale 'Abencor' milling system. *Bioresource Technology* 107,87-96.
- Ayed L, Assas N., Sayadi, S., Hamdi, M,** 2005. Involvement of lignin peroxidase in the decolourization of black olive mill wastewaters by *Geotrichum candidum*. *Letters in Applied Microbiology*40,7-11.
- Baddi GA, Albuquerque JA, Gonzalez J, Cegarra J, Hadi M** (2004) Chemical and spectroscopic analyses of organic matter transformations during composting of olive mill wastes. *International Biodeterioration and Biodegradation* 54, 39-44
- Baeta-Hall L, Ceu Saagua MC, Lourdes Bartolomeu M, Anselmo AM, Fernanda Rosa M** (2005) Bio-degradation of olive oil husks in composting aerated piles. *Bioresource Technology* 96,69-78
- Baldrian P, Zervakis GI, Merhautova V, Ntougias S, Ehaliotis C, Nerud F** (2006) The use of hydroxyl radicals-generating systems for the treatment of olive mill wastewaters (OMW). *Folia Microbiologica* 51,337-341
- Balice, V. and Cera, O.** (1984). Acid phenolic fraction on the olive vegetation water determined by a gas chromatographic method. *Grasas y Aceites* 25, 178-180.
- Balice, V., Carrieri, C., Cera, O. and Rindone, B.** (1988). The fate if tannin-like compounds from olive mill effluents in biological treatments. In *Proceedings of the. 6th Symposium on Anaerobic Digestion of Wastewater*, pp. 275-279. Bologne, Italy.
- Balis C** (1994) Enrichment of olive oil mill wastes through microbiological processing. *Proceedings of the VII International Congress on "L'approccio integrato della moderna biologia: uomo, territorio, ambiente"*, 22-25 September 1994, Vieste, Italy, pp 99-115
- Balis C, Chatzipavlidis J, Flouri F** (1996) Olive mill wastes as substrate for nitrogen fixation. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38, 169-178
- Barbera AC, Cirelli G.L., Cavallaro V., Di Silvestro I., Pacifici P., Castiglione V., Toscano A., Milani M.,** (2009). Growth and biomass production of different plant species in two different constructed wetland systems in Sicily. *Desalination* 246. 129-136.

- Belqaiz M, Lakhel EK, Mbouobda HD, El Hadrami I** (2008) Land spreading of olive mill wastewater: effect on maize (*Zea mays*) crop. *Journal of Agronomy* 7, 297-305
- Ben Hamman O, de la Rubia T, Martinez J** (1999) Decolorization of olive oil mill wastewaters by *Phanerochaete flavidio-alba*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18,2410-2415
- Ben Rouina B** (1994) Repercussions agronomiques de l'epandage des margines comme fertilisant. *International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean region II*, Bari, 4-8 September 1994, Istituto Agronomico Mediterraneo, Bari, pp 583-594
- Ben Rouina B, Taamallah H, Ammar E** (1999) Vegetation water used as a fertilizer on young olive plants. *Acta Horticulture* 474, 353-355
- Ben Sassi A., Boularbab A., Jaouad A., Walker G., Boussaid A.,** (2006). A comparison of Olive oil Mill Wastewaters (OMW) from three different processes in Morocco. *Process Biochemistry* 41, 74-78.
- Ben Sassi A, Ouazzani N, Walker GM, Ibsouda S, El Mzibri M, Boussaid A** (2008) Detoxification of olive mill wastewaters by Moroccan yeast isolates. *Biodegradation* 19, 337-346
- Bengtson P., Bengtsson G.,** (2005). Bacterial immobilization and remineralization of N at different growth rates and N concentrations. *FEMS Microbiology Ecology* 54, 13-19.
- Benitez J, Beltran-Heredia J, Torregrosa J, Acero JL, Cercas V** (1997) Aerobic degradation of olive mill wastewaters. *Applied Microbiology and Biotechnology* 47, 185-188
- Benitez E, Sainz H, Nogales R** (2005) Hydrolytic enzyme activities of extracted humic substances during the vermicomposting of a lignocellulosic olive waste. *Bioresource Technology* 96, 785-790
- Bhardwaj A., Kmandal U.K., Bar-Tal A, Gilboa A., Levy G.J.** (2008). Replacing saline-sodic irrigation water with treated wastewater, effects on saturated hydraulic conductivity slaking, and swelling. *Irrigation Science* 26,139-146.
- Bisdom E.B.A, Dekker, LW, Schoute J.F.T.** (1993). Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure. *Geoderma* 56,105-118.
- Blanquez P, Caminal G, Sarra M, Vicent MT, Gabarrell X** (2002) Olive oil mill waste waters decoloration and detoxification in a bioreactor by the white rot fungus *Phanerochaete flavidio-alba*. *Biotechnological Progress* 18, 660-662
- Bonari. E, Ceccarini L.,** (1993). Sugli effetti dello spargimento delle acque di vegetazione sul terreno agrario: risultati di una ricerca sperimentale. *Genio Rurale* 5. 60-67.
- Bonari E, Giannini C., Ceccarini L., Silvestri N., Tonini M, Sabbatici T.** (2001). Spargimento delle acque di vegetazione dei Frantoi oleari su terreno agrario. *L'informatore Agrario* 50 (Suppl, 1), 13-18.
- Bonari E, Macchia M, Angelini LG, Ceccarini L** (1993) The waste water from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. *Agricoltura Mediterranea* 123,273-280
- Borja, R., Garrido, S. E., Martinez, L., Ramos-Cormenzana, A. and Martin, A.** (1993). Kinetic study of anaerobic digestion of olive mill wastewater previously fermented with

Aspergillus terreus. *Process Biochemistry* 28, 397-404.

Borja, R. and Gonzalez, A. (1994). Comparison of anaerobic filter and anaerobic contact process for olive mill wastewater previously fermented with *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* 29, 139-144.

Borja, R., Martin, A., Alonso, V., Garcia, I. and Banks, C. J. (1995). Influence of different aerobic pretreatments on the kinetics of anaerobic digestion of olive mill wastewater. *Water Research* 29, 489-495.

Borrero C, Trillas I, Aviles M (2009) Carnation Fusarium wilt suppression in four composts. *European Journal of Plant Pathology* 123,425-433

Briccoli-Bati C. Granata R., Lombardo N., (1991). Valutazione del pericolo di inquinamento delle falde acquifere in seguito allo spandimento di acque di vegetazione su terreno agrario. In: Senesi, N., Miano T.M. (Eds.), Riciclo di biomasse di rifiuto e di scarto e fertilizzazione organica del suolo. Realta e prospettive, vantaggi e rischi per l'agricoltura e l'ambiente, ed Patron, pp. 303-308.

Brunetti G, Plaza C, Senesi N (2005) Olive pomace amendment in Mediterranean conditions: effect on soil and humic acid properties and wheat (*Triticum turgidum* L.) yield. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 6730-6736

Cabrera F, Lopez R, Martinez-Bordiu A, Dupuy de Lome E, Murillo JM (1996) Land treatment of olive oil mill wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38, 215-225

Canet R, Pomares F, Cabot B, Chaves C, Ferrer E, Ribo M, Albiach MR (2008) Composting olive mill pomace and other residues from rural southeastern Spain. *Waste Management* 28, 2585-2592

Capasso R, Cristinzio G, Evidente A, Scognamiglio F (1992) Isolation, spectroscopy and selective phytotoxic effects of polyphenols from vegetable wastewater. *Phytochemistry* 31,4125-4128

Capasso R, Evidente A, Schivo L, Orru G, Marcialis MA, Cristinzio G (1995) Antibacterial polyphenols from olive oil mill waste waters. *Journal of Applied Bacteriology* 79, 393-398

Caravaca F., Tortosa, G., Carrasco, L, Cegarra J., Roldan A., 2006. Interaction between AM fungi and liquid organic amendment with respect to enhancement of the performance of the leguminous shrub *Retama sphaerocarpa*, *Biology and Fertility of Soils* 43,30-38.

Cardinali A., Cicco N., Linsalata V., Minervini F., Pati S., Pieralice M., Tursi N., Lattanzio V., (2010). Biological activity of high molecular weight phenolics from olive mill wastewater. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58, 8585-8590.

Casa R, D'Annibale A, Stazi SR, Giovannozzi Sermanni G, Lo Cascio B (2003) Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. *Chemosphere* 50, 959-966

Cayuuela ML, Bernal MP, Roig A (2004) Composting olive mill waste and sheep manure for orchard use. *Compost Science and Utilization* 12,130-136

- Cayuela ML, Sanchez-Monedero MA, Molina J, Roig A** (2005) Compost production from olive oil processing. *BioCycle* 46, 64-65
- Cayuela ML, Sanchez-Monedero MA, Roig A** (2006) Evaluation of two different aeration systems for composting two-phase olive mill wastes. *Process Biochemistry* 41, 616-623
- Cayuela ML, Millner PD, Meyer SL, Roig A** (2008) Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes. *Science of the Total Environment* 399,11-18
- Cegarra J, Paredes C, Roig A, Bernal MP, Garcia D** (1996) Use of olive mill wastewater compost for crop production. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38,193-203
- Cereti CF, Rossini F, Federici F, Quarantino D, Vassilev N, Fenice M** (2004) Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertilizer for wheat (*Triticum durum* Desf). *Bioresource Technoogy* 91,135-140
- Chartzoulakis K., Psarras G., Moutsopoulou M., Stefanoudaki E.,** (2010). Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138,293-298.
- Chatjipavlidis I., Antonakou M, Demou D., Flouri F., Balis C,** (1996). Biofertilization of olive oil mills liquid wastes. The pilot plant in Messinia, Greece, *International, Biodeterioration and Biodegradation* 38,183-187.
- Chtourou, M., Ammar, E., Nasri, M. and Medhioud, K.** (2004). Isolation of a yeast, *Trichosporon cutaneum*, able to use low molecular weight phenolic compounds: application to olive mill waste water treatment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 79, 869-878.
- Chiesura A, Marano V, De Francesco P.,Maraglino A.,** (2005). Verso la sostenibilita della filiera olivicola: trattamento. recupero e valorizzazione dei sottoprodotti oleari. UNASCO. Roma.
- Ciafardini G., Zullo BA., Goccia G.,** (1998). Effetti delle acque reflue dei frantoi su due batteri azotofissatori, *L'informatore Agrario* 15, 35-37,
- Cicolani B., Seghetti L., D'Alfonso S., Di Giovacchino L.,** (1992). Spargimento delle acque di vegetazione dei frantoi oleari su terreno coltivato a grano: effetti sulla pedofauna. In: *Trattamento e riutilizzazione dei reflui agricoli e dei fanghi*, Conte, Lecce. pp. 187-198.
- Clijsters H, Cuypers A, Vangronsveld J** (1999) Physiological responses to heavy metals in higher plants; defence against oxidative stress. *Zeitschrift fur Naturforschung* 45,730-734
- Codounis M, Katsaboxakis K, Papanicolaou D** (1983) Progress in the extraction and purification of anthocyanin pigment from the effluents of olive-oil extracting plants. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 567-572
- Colarieti ML, Toscano G, Greco G Jr** (2006) Toxicity attenuation of olive mill wastewater in soil slurries. *Environmental Chemistry Letters* 4,115-118

- Cox L, Celis R, Hermosin M.C., Becker A., Cornejo J., (1997).** Porosity and herbicide leaching in soils amended with olive mill wastewater. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65,151-181.
- Cummins I, Brazier-Hicks M, Stobiecki M, Franski R, Edwards R (2006)** Selective disruption of wheat secondary metabolism by herbicide safeners. *Phytochemistry* 67, 1722-1730
- Curi, K., Velloglou, S. G. and Diyamadoglou, V. (1980).** Treatment of olive production wastes. *Treatment and Disposal of Liquid and Soil Wastes*, 189-205.
- D' Annibale, A., Celletti, D., Felici, M., Di Mattia, E. and Sermanni, G.G. (1996).** Substrate specificity and properties of laccase from *Lentinus edodes*. *Acta Biotechnologica* 16, 257-270.
- D'Annibale A, Crestini C, Vinciguerra V, Giovannozzi Sermanni G (1998)** The biodegradation of recalcitrant effluents from an olive mill by a white-rot fungus. *Journal of Biotechnology* 61, 209-218
- D'Annibale A, Casa R, Pieruccetti F, Ricci M, Marabottini R (2004a)** *Lentis-nula edodes* removes phenols from olive-mill wastewater: impact on durum wheat (*Triticum durum* desf.) germinability. *Chemosphere* 54, 887-894
- D'Annibale A, Ricci M, Quaratino D, Federici F, Fenice M (2004b)** *Panus tigrinus* efficiently removes phenols, color and organic load from olive-mill wastewater. *Research in Microbiology* 155, 596-603
- De Dios Perez, J., Esteban E. and Gallardo Lara F. (1986).** Direct and delayed influence of vegetation water on calcium uptake by crops. In *Proceedings of the International Symposium on Olive By-Products Valorization*, pp. 331-339. F.A.O.-U.N.D.P., Seville, Spain.
- Debo A., Yangui T., Dhouib A, Ksantini M, Sayadi S, (2011).** Efficacy of a hydroxytyrosol-rich preparation from olive mill wastewater for control of olive psyllid, *Euphyllura ollivina*, infestations. *Crop Protection* 30,1529-1534.
- Dhouib A, Aloui F, Hamad N, Sayadi S (2005)** Complete detoxification of olive mill wastewater by integrated treatment using the white rot fungus *Phanerochaete chrysosporium* followed by anaerobic digestion and ultrafiltration. *Biotechnology* 4, 153-162
- Dhouib A, Ellouz M, Aloui F, Sayadi S (2006)** Effect of bioaugmentation of activated sludge with white-rot fungi on olive mill wastewater detoxification. *Letters in Applied Microbiology* 42,405-411
- Di Gioia D, Barberio C, Spagnesi S, Marchetti L, Fava F (2002)** Characterization of four olive-mill-wastewater indigenous bacterial strains capable of aerobically degrading hydroxylated and methoxylated monocyclic aromatic compounds. *Archives in Microbiology* 178, 208-217
- Di Gioia D, Fava F, Bertin L, Marchetti L (2001)** Biodegradation of synthetic and naturally occurring mixtures of mono-cyclic aromatic compounds present in olive mill wastewaters by two aerobic bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology* 55, 619-626
- Di Giovacchino L, Basti C, Costantini ML, Ferrante ML, Surrichio G (2001)** Effects of olive oil mill waste water spreading on soil cultivated with maize and grapevine. *Agriculture/Mediterranea* 131,33-41
- Di Serio MG., Lanza B., Mucciarella MR, Russi. F., Iannuci, E., Marfisi P., Madeo, A., (2008).** Effects of olive mill wastewater spreading on the physico-chemical and microbiological characteristics of soil. *International. Biodeterioration and Biodegradation* 52,403 -407.

Dias AA, Bezerra RM, Pereira AN (2004) Activity and elution profile of laccase during biological decolorization and dephenolization of olive mill wastewater. *Bioresource Technology* 92,7-13

Dixon M., Webb E.C, (1979).Enzymes. Longman, London.

Douds DD, Johnson CR, Koch KE (1988) Carbon cost of the fungal symbiot relative to net leaf P accumulation in a split-root VA mycorrhizal symbiosis. *Plant Physiology* 86, 491-496

Ehaliotis C, Papadopoulou K, Kotsou M, Mari I, Balis C (1999) Adaptation and population dynamics of *Azotobacter vinelandii* during aerobic biological treatment of olive-mill wastewater. *FEMS Microbiology Ecology* 30,301-311

Ehaliotis C, Zervakis G, Anoliefo O, Papadopoulou K, Kardimaki A (2003) The capacity of agricultural soils to auto-regulate bioremediation of olive-mill waste water. In: Sasek V, Glaser JA, Baveye P (Eds) *The Utilization of Bioremediation to Reduce Soil Contamination: Problems and Solutions*, Klu-wer Academic Publishers, Dordrecht, pp 353-358

Ehaliotis C, Zervakis GI, Karavitis P (2005) Residues and by-products of olive-oil mills for root-zone heating and plant nutrition in organic vegetable production. *Scientia Horticulturae* 106,293-308

El Hadrami A, Belaqziz M, El Hassni M, Hanifi S, Abbad A, Capasso R, Gianfreda L, El Hadrami I (2004) Physico-chemical characterization and effects of olive oil mill wastewaters fertirrigation on the growth of some Mediterranean crops. *Journal of Agronomy* 3,247-254

El Hassani FZ, Zinedine A, Bendriss Amraoui M, Errchidi F, Mdaghri Alaoui S, Aissam H, Merzouki M, Benlemlih M (2009a) Characterization of the harmful effect of olive mill wastewater on spearmint. *Journal of Hazardous Materials* 170, 779-785

El Hassani FZ, Bendriss Amraoui M, Zinedine A, Aissam H, Mdaghri Alaoui S, Merzouki M, Benlemlih M (2009b) Changes in leaf phenols and other physiological parameters of peppermint in response to olive mill wastewater applicatioa *International Journal of Agriculture and Biology* 11, 413-418

El Hassani F.Z., Zinedine A., Mdaghri Alaoui S., Merzouki M, Benlemlih M., (2010). Use of olive mill wastewater as an organic amendment for *Mentha spicata L.* *Industrial Crop and Products* 32.343-348.

El Hajjouji H., Merlini G., Pinelli E., Winterton P., Revel J.-C., Hafidi M., (2008). ¹³C NMR study of the effect of aerobic treatment of olive mill wastewater (OMW) on its lipid-free content. *Journal of Hazardous Materials* 154, 927-932.

Elliot LF, Stevenson FJ (1977) *Soil for Management of Organic Wastes and Waste Waters*, Soil Science Society of America, Madison, WL 650 pp

Ercoli, E. and Ertola, R. (1983). SPC production from olive black water. *Biotechnology Letters* 5, 457-462.

Ergul FE, Sargin S, Ongen G, Vardar Sukan F (2009) Dephenolisation of olive mill wastewater using adapted *Trametes versicolor*. *International Bio-deterioration and Biodegradation* 63, 1-6

- Erhart E, Burian K, Hartl W, Stich K** (1999) Suppression of *Pythium ultimum* by biowaste composts in relation to compost microbial biomass, activity and content of phenolic compounds. *Journal of Phytopathology* **147**, 299-305
- Estaun V, Calvet C, Pages M, Grases JM** (1985) Chemical determination of fatty acid, organic acid and phenols during olive marc composting process. *Acta Horticulturae* **172**, 263-270
- Escolano Bueno, A.** (1975). Tests on removal of waste liquid from olive oil extraction (alpechin), by disposal in ponds or lagoons for percolation and evaporation. *Grasas y Aceites* **26**, 387-396.
- Ettayebi K, Errachidi F, Jama L, Tahri-Jouti MA, Sendide K, Ettayebi M** (2003) Biodegradation of polyphenols with immobilized *Candida tropicalis* under metabolic induction. *FEMS Microbiology Letters* **223**, 215-219
- Fadil K, Chahlaoui A, Ouahbi A, Zaid A, Borja R** (2003) Aerobic biodegradation and detoxification of wastewaters from the olive oil industry. *International Biodeterioration and Biodegradation* **51**, 37-41
- Fenice, M., Sermanni, G. G., Federici, F. and D'Annibale, A.** (2003). Submerged and solidstate production of laccase and Mn-peroxidase by *Panus tigrinus* on olive mill wastewaterbased media. *Journal of Biotechnology* **100**, 77-85.
- Ferri D., Convertini G., Montemurro F., Rinaldi M., Rana G.,** (2002), Olive Wastes Spreading in Southern Italy: Effects on Crops and Soil. In: Proceedings of 12th ISCO Conference. May 26-31, Beijing, China, pp. 593-600.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.** (1953). Estudio del alpechin para su aprovechamiento industrial I. concentracion de los azucares y otras sustancias que se emulsionan y disuelven por tratamiento con oxido de calcio. *Grasas y Aceites* **4**, 63-67.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.** (1961). Estudio del alpechin su aprovechamiento industrial. V. Cinetica del desarrollo de la levadura «*Torulopsis utilis*» en el alpechin. *Grasas y Aceites* **12**, 57-63.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.** (1966). Estudio del alpechin su aprovechamiento industrial. VII. Instalacion comercial para la obtencion de levaduras-pan. *Grasas y Aceites* **17**, 41-47.
- Fiestas Ros de Ursinos, J.A.** (1977). Depuracion de aguas residuales en las industrias de aceitunas de oliva. *Grasas y Aceites* **28**, 113-121.
- Fiestas Ros de Ursinos, J. A., Navarro Gamero, R. and Leon Cabello, R.** (1982). Depuration anaerobia del alpechin como fuente de energia. *Grasas y Aceites* **33**, 265-270.
- Fiestas Ros de Ursinos JA** (1986) Vegetation water used as fertilizer. In: FAO-UNDP (Ed) *Proceedings of the International Symposium on Olive By-products Valorization*, Seville, pp 321-330
- Fiestas Ros de Ursinos JA, Borja Padilla R** (1992) Use and treatment of olive mill waste water: current situation and prospects in Spain. *Grasas y Aceites* **43**, 101-106
- Fiestas Ros De Ursinos, J.A.** (1997). Depuracion de aguas residuales en las industrias de aceitunas y aceites de oliva. *Grasas y Aceites* **28**, 113-121.
- Filidei S, Masciandaro G, Ceccanti B** (2003) Anaerobic digestion of olive oil mill effluents: evaluation of wastewater organic load and phytotoxicity reduction. *Water, Air and Soil Pollution* **145**, 79-94

- Fiorelli F, Pasetti L, Galli E** (1996) Fertility-promoting metabolites produced by *Azotobacter vinelandii* grown on olive-mill wastewaters. *International Biodeterioration and Biodegradation* **38**,165-167
- Fiorentino A., Gentili A., Isidori M., Monaco P., Nardelli A., Parrella A., Temussi F.**, (2003), Environmental effects caused by olive mill wastewaters: toxicity comparison of low-molecular-weight phenol components, *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **51**,1005-1009,
- Fiorentino A, Gentili A, Isidori M, Lavorgna M, Parrella A, Temussi F** (2004) Olive oil mill wastewater treatment using a chemical and biological approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**,5151-5154
- Fischler M, Wortmann CS, Feil B** (1999) *Crotalaria* (*C. orchroleuca* G Don) as a green manure in maize-bean cropping systems in Uganda. *Field Crop Research* **61**,97-107
- Fleming, H.P., Walter, W.M. and Etchells, J.L.** (1973). Antimicrobial properties of oleuropein and products of its hydrolysis from green olives. *Applied Microbiology* **26**, 777-782.
- Flouri, F., Chatjipavlidis, I., Balis, C., Servis, D. and Tjedakis, C.** (1990). Effect of olive mills wastes on soil fertility. In *Symposium on Treatment of OMWW*, pp. 85-101. Cordoba, Spain.
- Fountoulakis MS, Dokianakis SN, Kornaros ME, Aggelis GG Lyberatos G** (2002) Removal of phenolics in olive mill wastewaters using the white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Research* **36**,4735-4744
- Fuller WH, Warrick AW** (1985) *Soils in Waste Treatment and Utilization*, CR.C Press, Boca Raton, FL, 240 pp
- Gallego SM, Benavides MP, Tomaro ML** (1996) Effect of heavy metal ion excess on sunflower leaves: Evidence for involvement of oxidative stress. *Plant Science* **121**, 151-159
- Galli E, Pasetti L, Fiorelli F, Tomati U** (1997) Olive-mill wastewater composition: microbiological aspects. *Waste Management and Research* **15**,323-330
- Galoppini C, Andrich G., Bonari E, Ceccarini L,** (1992). Lo spandimento nel terreno agrario, una biodepurazione dei reflui di frantoio. In: *Trattamento e riutilizzo dei reflui agricoli e dei fanghi*. Conte. Lecce, pp. 175-186.
- Gamba C., Piovanelli C, Papini R, Pezzarossa B, Ceccarini L, Bonari E,** (2005). Soil microbial characteristics and mineral nitrogen availability as affected by olive-oil waste water applied to cultivated soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **36**.937-950
- Garcia-Barrionuevo, A., Moreno, E., Quevedo-Sarmiento, Gonzalez-Lopez, J. and Ramos Cormenzana, A.** (1992). Effect of wastewaters from olive oil mills (alpechin), on *Azotobacter* nitrogen fixation in soil. *Soil Biology and Biochemistry* **24**, 281-283.
- Gavalda D, Sheiner JD, Revela JC, Medina G, Kaemmerer M, Pinelli E, Guisresse M** (2005) Agronomic and environmental impacts of a single application of heat-dried sludge on an alfisol. *Science of the Total Environment* **343**,97-109
- Garcia Garcia I, Jimenez Pena PR, Bonilla Venceslada J, Martin Martin A, Martin Santos MA, Ramos Gomez E** (2000) Removal of phenol compounds from olive mill wastewater using

Phanerochaete chrysosporium, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus* and *Geotrichum candidum*. *Process Biochemistry* 35, 751-758

Garcia-Gomez A, Bernal MP, Roig A (2002) Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. *Bioresource Technology* 83,81-87

Georgacakis, D. and Dalis, D. (1993). Controlled anaerobic digestion of settled olive oil wastewater. *Bioresource Technology* 46, 221-226.

Gernjak, W., Krutzler, T., Glaser, A., Malato, S., Caceres, J., Bauer, R. and Fernandez-Alba, A. R. (2003). Photo-Fenton treatment of water containing natural phenolic pollutants. *Chemosphere* 50, 71-78.

Gharaibeh MA, Eltaif NI, Al-Abdullah B., (2007). Impact of field application of treated wastewater on hydraulic properties of vertisols. *Water, Air and Soil Pollution* 184. 347-353.

Gharsallah, N. (1993). Production of single cell protein from olive mill wastewater by yeasts. *Environmental Technology* 14, 391-395.

Gharsallah N, Labat M, Aloui F, Sayadi S (1999) The effect of *Phanero chaete chrysosporium* pretreatment of olive mill waste waters on anaerobic digestion. *Resources, Conservation and Recycling* 11, 187-192

Giannoutsou EP, Meintanis C, Karagouni AD (2004) Identification of yeast strains isolated from a two-phase decanter system olive oil waste and investigation of their ability for its fermentation. *Bioresource Technology* 93, 301-306

Gioffre D, Cannavo S., Smorto D., (2004). Risultati sugli effetti delle acque reflue olearie somministrate con diverse modalita sa terreno ulivettato in pieno campo. e su piante di olive allevate in mastello. In: Valorizzazione di acque reflue e sottoprodotti dell'industria agrumaria e olearia, Laruffa, pp.81-98.

González, M. D., Moreno, E., Quevedo-Sarmiento, J. and Ramos-Cormenzana, A. (1990). Studies on antibacterial activity of waste waters from olive oil mills (alpechin): Inhibitory activity of phenols and fatty acids. *Chemosphere* 20, 423-432.

González-Lopez, J., Bellido, E. and Benitez, C. (1994). Reduction of total polyphenols in olive mill wastewater by physico-chemical purification. *Journal Environmental Science and Health Part A* 29, 851-865.

Gonzalez-Vila F.J., Verdejo T, Del Rio J.C., Martin F., (1995). Accumulation of hydrophobic compounds in the soil lipidic and humic fractions as result of a long term land treatment with olive oil mill effluents. *Chemosphere* 31 (7). 3681-3636.

Grappelli, A., Pietrosanti, W., Pasetti, L. and Carilli, A. (1991). Metabolites production during the growth of *Lentinus* species on agricultural waste waters. In *Science and Cultivation of Edible Fungi* 13, 717-720 (ed. M. Maher). Balkema, Rotterdam.

Greco G Jr., Letizia Coliaretì M, Toscano G, Iamarino G, Rao MA, Gianfreda L (2006) Mitigation of olive mill wastewater toxicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54,6776-6782

Greco G Jr., Toscano G, Cioffi M, Gianfreda L, Sannino S (1999) Dephenolisation of olive mill waste-waters by olive husk. *Water Research* 33,3046-3050

- Hachicha S, Cegarra J, Sellamia F, Hachicha R, Drira N, Medhioub K, Ammar E (2009a)** Elimination of polyphenols toxicity from olive mill wastewater sludge by its co-composting with sesame bark. *Journal of Hazardous Materials* 161,1131-1139
- Hachicha R, Hachicha S, Trabelsi L Woodward S, Mechichi T (2009b)** Evolution of the fatty fraction during co-composting of olive oil industry wastes with animal manure: Maturity assessment of the end product. *Chemosphere* 75, 1382-1386
- Hachicha S, Sallemi F, Medhioub K, Hachicha R, Ammar E (2008)** Quality assessment of composts prepared with olive mill wastewater and agricultural wastes. *Waste Management* 28, 2593-2603
- Hamdi M, BouHamed H, Ellouz R (1991)** Optimization of the fermentation of olive mill wastewaters by *Aspergillus niger*. *Applied Microbiology and Biotechnology* 36,285-288
- Hamdi, M. (1992).** Toxicity and biodegradability of olive mill waste waters in batch anaerobic digestion. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 37, 155-163.
- Hamdi, M. (1993).** Future prospects and constraints of olive oil mill wastewaters use and treatment: a review. *Bioprocess Engineering* 8, 209-214.
- Hamdi, M. and Garcia, S.L. (1991).** Comparison between anaerobic filter and anaerobic contact process for fermented olive mill waste-waters. *Bioresource Technology* 38, 23-29.
- Hamdi M, Ellouz R (1992)** Use of *Aspergillus niger* to improve filtration of olive mill wastewaters. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 53,195-200
- Hammel, K.E. (1997).** Fungal degradation of lignin. In *Driven by nature - Plant litter Quality and Decomposition*, pp. 33-46, (eds. G. Cadisch and K.E. Giller). CAB International, Wye College, University of London.
- Hanifi S, El Hadrami I (2008)** Olive mill wastewaters fractionated soil application for safe agronomic reuse in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fertilization *Journal of Agronomy* 7, 63-69
- Hanifi S., El Hadrami I., (2008a).** Phytotoxicity and fertilising potential of olive mill wastewaters for maize cultivation. *Agron. Sustainable Development* 28, .313-319.
- Hegedus A, Erdei S, Horvath G (2001)** Comparative studies of H₂O₂ detoxifying enzymes in green and greening barley seedlings under cadmium stress. *Plant Science* 160, 1085-1093
- Hoitink HAJ, Boehm MJ (1999)** Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Annual Review of Phytopathology* 37,427-446
- Ioppolo A., D'Arrigo CM., Radaelli L., (1989).** Influenza del doruro sodico sull'attivita dell'ureasi. *Agrochimica* 33 (1-2). 61-68.
- Ipsilantis I., Karpouzas D.G., Papadopoulou KK., Ehaliotis C., (2009).** Effects of soil application of olive mill wastewaters on the structure and function of the community of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 41, 2466-2476.
- Isidori M, Lavorgna M, Nardelli A, Parrella A (2004)** Chemical and toxic evaluation of a biological treatment for olive-oil mill wastewater using commercial microbial formulations. *Applied Microbiology and Biotechnology* 64, 735-739

Isidori M., Lavorgna M., Nardelli A., Parrella A., (2005). Model study on the effect of '15 phenolic olive mill wastewater constituents on seed germination and *Vibrio fischeri* metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53,8414-8417.

IOOC (International Olive Oil Council) (2008) Available online: <http://www.internationaloliveoil.org>

Jaouani A, Guillen F, Penninckx MJ, Martinez AT, Martinez MJ (2005) Role of *Pycnoporus coccineus* laccase in the degradation of aromatic compounds in olive oil mill wastewater. *Enzyme and Microbial Technology* 36, 478-486

Jaouani A, Sayadi S, Vanthourhout M, Penninck MJ (2003) Potent fungi for decolorization of olive oil mill wastewaters. *Enzyme and Microbial Technology* 33, 802-809

Jones CA., (1984). Estimation of an active fraction on soil nitrogen. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15,23-32.

Jones, C. E., Murphy, P. J. and Russell, N. J. (2000). Diversity and osmoregulatory responses of bacteria isolated from two-phase olive oil extraction waste products. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 16, 555-561.

Kachouri S., Halaouli S., Lomascolo A., Asther M.,Hamdi M.,(2005). Decolourisation of black oxidized olive mill wastewater by a new tannase-producing *Aspergillus flavus* strain isolated in soil. *World journal of Microbiology and Biotechnology* 21, 1465-1470.

Kalmis E, Azbar N, Yildiz H, Kalyoncu F (2008) Feasibility of using olive mill effluent (OME) as a wetting agent during the cultivation of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, on wheat straw. *Bioresource Technology* 99, 164-169

Karpouzas D.G, Ntougias S., Iskidou E., Rousidou C., Papadopoulou KK., Zervakis G.I., Ehaliotis C.,(2010).Olive mill wastewater affects the structure of soil bacterial communities. *Applied Soil Ecology* 45, 101—111.

Karpouzas DG, Rousidou K, Papadopoulou KK, Bekris F, Zervakis GI, Singh BK, Ehaliotis C (2009) Effect of continuous olive mill wastewater applications, in the presence and absence of nitrogen fertilization, on the structure of rhizosphere-soil fungal communities. *FEMS Microbiology Ecology* 70, 56-69, 388-401

Kavroulakis N, Ntougias S, Zervakis GI, Ehaliotis C, Haralampidis K, Papadopoulou KK (2007) Role of ethylene in the protection of tomato plants against fungal pathogens conferred by an endophytic *Fusarium solani* strain. *Journal of Experimental Botany* 58,3853-3864

Kavroulakis N, Papadopoulou KK, Ntougias S, Zervakis GI, Ehaliotis C(2006) Cytological and other aspects of pathogenesis-related gene expression in tomato plants grown on a suppressive compost. *Annals of Botany* 98, 555-564

Kavroulakis K, Ehaliotis C, Ntougias S, Zervakis GI, Papadopoulou K (2005) Local and systemic resistance against fungal pathogens of tomato plants elicited by a compost derived from agricultural residues. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 66, 163-174

Kerem, Z., Friesem, D. and Hadar, Y. (1992). Lignocellulose degradation during solid state fermentation: *Pleurotus ostreatus* versus *Phanerochaete chrysosporium*. *Applied and Environmental Microbiology* 58, 1121-1127.

- Kissi M, Mountadar M, Assobhei O, Gargiulo E, Palmieri G, Giardina P** (2001) Roles of two white-rot basidiomycete fungi in decolourisation and detoxification of olive mill waste water. *Applied Microbiology and Biotechnology* 57,221-226
- Kistner T, Jung V, Olsson E, Nitz G, Heubergre H, Aslanius BW, Schnitzler WH** (2004) Effect of olive mill wastewater on young hydroponically grown tomato plants. *Journal of Applied Botany* 78,25-31
- Komilis DP, Karatzas E, Halvadakis CP** (2005) The effect of olive mill wastewater on seed germination after various pretreatment techniques. *Journal of Environmental Management* 74, 339-348
- Kopsidas G. C.** (1992). Wastewater from the preparation of table olives. *Water Resource* 26, 629-631.
- Kotsou M, Mari I, Lasaridi K, Chatzipavlidis I, Balis C, Kyriacou A** (2004) The effect of olive oil mill wastewater (OMW) on soil microbial communities and suppressiveness against *Khizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* 26, 113-121
- Laegdsmand M., de Jonge L.W., Moldrup P.,**(2005). Leaching of colloids and dissolved organic matter from columns packed with natural soil aggregates. *Soil Science* 170,13-27.
- Lamia, A. and Moktar, H.** (2003). Fermentative decolorization of olive mill wastewater by *Lactobacillus plantarum*. *Process Biochemistry* 39, 59-65.
- Lanciotti R, Gianotti A, Baldi D, Angrisani R, Suzzi G, Mastrocola D, Guerzoni ME** (2005) Use of *Yarrowia lipolytica* strains for the treatment of olive mill wastewater. *Bioresource Technology* 96, 317-322
- Lesage-Messen L., Navarro D., Maunier S., Sigoillot J.-C. Lorquin J., Delattre M., Simon J.-L., Asther M. Labat M.,** (2001). Simple phenolic content: in oil residues as a function of extraction systems. *Food Chemistry* 75, 501-507.
- Levi-Minzi R, Saviozzi A, Riffaldi R, Falzo L** (1992) Land application of vegetable water: effects on soil properties. *Olivae* 40,20-25
- Linares A, Caba JM, Liger F, de la Rubia T, Martinez J** (2003) Detoxification of semisolid olive-mill wastes and pine-chip mixtures using *Phanerochaete flavidobrunnea*. *Chemosphere* 51, 887-891
- Logan, N. L.** (1994). *Bacterial Systematics*. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Lopez-Lopez, MJ.** (1993). Produccion de polisacaridos (xantano). por *Xanthomonas campestris* utilizando como sustrato alpechin. Tesina. Fac. Farmacia. Univ. de Granada.
- Lopez-Pineiro A, Albarran A, Rato Nunes JM, Barreto C** (2008a) Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid mediterranean conditions. *Bio resource Technology* 99,7982-7987
- Lopez-Pineiro A, Fernandez J, Albarran A, Rato Nunes JM, Barreto C** (2008b) Effects of de-oiled two-phase olive mill waste on Mediterranean agricultural soils and the wheat crop. *Soil Science Society of America Journal* 72,424-430

- Lopez-Pineiro A, Fernandez J, Rato Nunes JM, Garcia A** (2006) Response of soil and wheat crop to the application of two-phase olive mill waste to Mediterranean agricultural soils. *Soil Science* 171, 728-736
- Lopez-Pineiro A, Murillo S, Barreto C, Munoz A, Rato JM, Albarran A, Garcia A** (2007) Changes in organic matter and residual effect of amendment with two-phase olive-mill waste on degraded agricultural soils. *Science of the Total Environment* 378,84-89
- Lopez-Pineiro A, Silva C, Nunes JM, Rozas MA, Garcia A** (2002) Effects of solid olive mill waste application on soil properties of irrigated olive grove. In: Rubio JL, Morgan RRC, Asins S, Andreu V (Eds) *Man and Soil at the Third Millennium*, Geoforma, pp 117-1123
- Mahmoud M., Janssen M., Haboub N., Nassour A., Lennartz B.,** (2010).The impact of olive mill wastewater application on flow and transport properties in soils. *Soil and Tillage Research* 107,36-41.
- Manios T** (2004) The composting potential of different organic solid wastes, experience from the island of Crete. *Environment International* 29, 1079-1089
- Mantzavinos D, Kalogerakis N** (2005) Treatment of olive mill effluents: Part I. Organic matter degradation by chemical and biological processes - an over view. *Environment International* 31, 289-295
- Mari I, Ehalotis C, Kotsou M, Balis C** (2003) Respiration profiles in monitoring the composting of by-products from the olive oil agro-industry. *Bio resource Technology* 87, 331-336
- Marques IP.,** (2001), Anaerobic digestion treatment of olive oil mill wastewater for effluent reuse in irrigation. *Desalination* 137, 233-239.
- Martin J, Sampedro I, Garcia-Romera I, Garcia-Garrido JM, Ocampo JA** (2002) Arbuscular mycorrhizal colonization and growth of soybean (*Glycine max*) and lettuce (*Lactuca sativa*) and phytotoxic effects of olive mill residues. *Soil Biology and Biochemistry* 34,1769-1775
- Martinez, J., Perez, J., Moreno, E. and Ramos-Cormenzana, A.** (1986). Incidencia del efecto antimicrobiano del alpechin en su posible aprovechamiento. *Grasas y Aceites* 37, 215-223.
- Martinez-Nieto L, Ramos Cormenzana A, Garcia Pareja MP, Garrido Hoyos SE** (1992) Biodegradation de compuestos fenolicos del alpechin con *Aspergillus terreus*. *Grasas y Aceites* 43, 75-81
- Martinez-Toledo, M., Gonzalez-Lopez, J., Rodelas, B., Pozo, C. and Salmeron, V.** (1995). Production of poly-*b*-hydroxybutyrate of *Azotobacter chroococcum* H23 in chemically defined medium and alpechin medium. *Journal of Applied Bacteriology* 78, 413-418
- Martirani L, Giardina P, Marzullo L, Sannia G** (1996) Reduction of phenol content and toxicity in olive oil mill waste waters with the ligninolytic fungus *Pleurotus ostreatus*. *Water Research* 30, 1914-1918
- Mc Namara CJ., Anastasiou C.C, O'Flaherty V., Mitchell R.,**(2008).Bioremediation of olive mill wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation* 61, 127-134.
- Mechri B, Echbili A, Issaoui M, Braham M, Elhadj SB, Hammami M** (2007) Short-term effects in soil microbial community following agronomic application of olive mill wastewaters in a field of olive trees. *Applied Soil Ecology*36,216-223
- Mechri B, Ben Mariem F, Baham M, Ben Elhadj S, Hammami M** (2008) Change in soil properties and the soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 40, 152-161

- Mechri B, Cheheb H., Boussadia O., Attia F., Ben Mariem F., Brahab M., Ham-mamia M.,** (2011). Effects of agronomic application of olive mill wastewater in a field of olive trees on carbohydrate profiles, chlorophyll a fluorescence and mineral nutrient content. *Environmental and Experimental Botany* 71, 184-191.
- Mekki A., Dhouib A., Sayadi S.,** (2009). Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Progress in Natural Science* 19, 1515-1521.
- Mekki A, Dhouib A, Sayadi S** (2006) Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. *Microbiological Research* 161, 93-101
- Mekki A, Dhoib A, Sayadi S** (2007) Polyphenols dynamics and phytotoxicity in a soil amended by olive mill wastewaters. *Journal of Environmental Management* 84,134-140
- Mellouli HJ, Hartmann R, Gabriels D, Cornells WM** (1998) The use of olive mill effluents ("margins") as soil conditioner mulch to reduce evaporation losses. *Soil and Tillage Research* 38, 85-91
- Mocquot B, Vangronsveld J, Clijsters H, Mench M** (1996) Copper toxicity in young maize (*Zea mays* L.) plants: Effects on growth, mineral and chlorophyll contents and enzyme activities. *Plant and Soil* 182,287-300
- Monti M., Santonoceto C., Preiti G., Ronzello G.,** (2004). Effetti della distribuzione di reflui oleari su colture erbacee in avvicendamento. In: Valorizzazione di acque reflue e sottoprodotti dell'industria agrumaria e olearia, Laruffa, pp. 99-117.
- Montemurro F., Diacono M., Vitti C., Ferri D.,** (2011). Potential use of olive mill wastewater as amendment: crops yield and soil properties assessment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42, 2594-2603.
- Montemurro F, Convertini G, Ferri D** (2004) Mill wastewater and olive pomace compost as amendments for rye-grass. *Agronomie* 24,481-486
- Morales F, Abadia A, Abadia J** (1998) Photosynthesis, quenching of chlorophyll fluorescence and thermal energy dissipation in iron-deficient sugar beet leaves. *Australian Journal of Plant Physiology* 25,403-412
- Moreno E, Perez J, Ramos-Cormenzana A, Martinez J** (1987) Antimicrobial effect of wastewater from olive oil extraction plants selecting soil bacteria after incubation with diluted waste. *Microbios* 51,169-174
- Moreno, E., Quevedo-Sarmiento, J. and Ramos-Cormenzana, A.** (1990). Antibacterial activity of wash water from olive mills. In *Encyclopaedia of Environmental Control Technology* 3 (Chapter 26). 731-736 (Ed. P.N. Cheremisinoff). Gulf Publications, USA.
- Morillo JA, Aguilera M, Antizar-Ladislao B, Fuentes S, Ramos-Cormenzana A, Russell NJ, Monteoliva-Sanchez M** (2008) Molecular microbial and chemical investigation of the bioremediation of two-phase olive mill waste using laboratory-scale bioreactors. *Applied Microbiology and Biotechnology* 79, 309-317
- Morillo JA, Antizar-Ladislao B, Monteoliva-Sanchez M, Ramos-Cormenzana A, Russell NJ** (2009) Bioremediation and biovalorisation of olive-mill wastes. *Applied Microbiology and Biotechnology* 82, 25-39
- Morisot A.,** (1979), Utilisation des margines per espandage, *L' Olivier* 19, 8-13.

Nevens F, Reheul D (2003) The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in silage maize monoculture: Nitrogen availability and use. *European Journal of Agronomy* 19, 189-203

Niaounakis M, Halvadakis, CP, (2004). Olive-mill waste management: literature review and patent survey. Typothito-George Dardanos, Athens. ISBN: 960-402-123-0.

Niaounakis M, Halvadakis CP (2004) *Olive-mill Waste Management: Literature Review and Patent Survey*, Typothito-George Dardanos, Athens, 498 pp,

Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. (2006). Olive-mill waste management. *Literature Review and Patent Survey*. Typothito-George Dardanos.

Nico AI, Jimenez-Diaz RF, Castillo P (2004) Control of root-knot nematodes by composted agro-industrial wastes in potting mixtures. *Crop Protection* 23, 581-587

Ntougias S, Russell NJ (2001) *Alkalibacterium olivoapovliticus* gen. nov., sp. nov., a new obligately alkaliphilic bacterium isolated from edible-olive wash-waters. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 51, 1161-1170

Ntougias S, Kavroulakis N, Zervakis GI, Ehaliotis C, Papadopoulou KK (2008a) Composts deriving from two-phase olive mill wastes (alpeorujo) may be used in potting media and suppress soil-borne pathogens. In: Kaloge-rakis N, Fava F, Banwart SA (Eds) *Proceedings of the 4 European Bioremediation Conference*, 3-6 September 2008, Technical University of Crete, Chania, Greece, ID 169, pp 1-4

Ntougias S, Papadopoulou K, Zervakis GI, Kavroulakis N, Ehaliotis C (2008b) Suppression of soil-borne pathogens of tomato by composts deriving from agro-industrial wastes abundant in Mediterranean regions. *Biology and Fertility of Soils* 44,1081-1090

Ntougias S, Zervakis GI, Fasseas C (2007a) *Olivibacter sinensis* gen. nov., sp. nov., a novel bacterium isolated from alkaline olive-oil mill wastes in the region of Sitia, Crete. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 57,398-404

Ntougias S, Zervakis GI, Fasseas C (2007b) *Halotalea alkalilenta* gen. nov, sp. nov., a novel osmotolerant and alkalitolerant bacterium from alkaline olive mill wastes, and emended description of the family *Halomonadaceae* Franzmann et al. 1989, emend. Dobson and Franzmann 1996. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 57, 1975-1983

Ntougias S, Kavroulakis N, Ehaliotis C, Papadopoulou K, Zervakis GI (2006a) Isolation and screening of indigenous microorganisms capable to detoxify wastes of the olive-oil industry. In: *Proceedings of the 2nd International Seminar on Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin (OLIVEBIOTEQ 2006) (Vol II)*, 5-10 November 2006, Marsala - Mazara del Vallo, Italy, pp 541-544

Ntougias S, Zervakis GI, Ehaliotis C, Kavroulakis N, Papadopoulou KK (2006b) Ecophysiology and molecular phylogeny of bacteria isolated from alkaline two-phase olive mill wastes. *Research in Microbiology* 157, 376-385

Ntougias S, Ehaliotis C, Zervakis G, Katsaris P, Papadopoulou K (2003) Monitoring the composting process of different agricultural wastes and evaluation of the effects of the final products on plant growth. In: Lekkas TD (Ed) *Proceedings of the 8th International Conference on*

Environmental Science and Technology, 8-10 September 2003, University of the Aegean & GlobalNEST, Lemnos, pp 666-673

Obied HK, Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzeler P.D., Robards K. Stockmann R, (2005a). Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53, 823-837.

Obied HK, Allen M.S., Bedgood D.R., Prenzeler P.D., Robards K. (2005b). Investigation of Australian olive mill waste for recovery of biophenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 9911-9920.

Olivieri G, Marzocchella A, Salatino P, Giardina P, Cennamo G, Sannia G (2006) Olive mill wastewater remediation by means of *Pleurotus ostreatus*. *Biochemical Engineering Journal* 31, 180-187

Ouzounidou G, Ilias I (2005) Hormone-induced protection of sunflower photo-synthetic apparatus against Cu toxicity. *Biologia Plantarum* 49,223-228

Ouzounidou G, Asfi M, Sotirakis N, Papadopoulou P, Gaitis F (2008a) Olive mill wastewater triggered changes in physiology and nutritional quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) depending on growth substrate. *Journal of Hazardous Materials* 158,523-530

Ouzounidou G, Asfi M, Moustakas M (2008b) The impact of olive-mill wastewaters (OMW) on physiology and nutritional value of *Pisum sativum* L. *VI International ISHS Symposium on Mineral Nutrition of Fruit Crops*, 19-23 May, Faro, Portugal, p 84 (Abstract)

Pagliai M., Pellegrini S., Vignozzi N., Papini R, Mirabella A., Piovanelli C., Gamba C., Miclaus N., Castaldini M., De Simone C., Pini R, Pezzarossa B., Sparvoli E., (2001). Influenza dei reflui oleari sulla qualita del suolo. *L'informatore Agrario* 50 (Suppl.1), 13-18.

Paixao SM, Mendoca E, Picado A, Anselmo AM (1999) Acute toxicity evaluation of olive mill wastewaters: a comparative study of three aquatic organisms. *Environmental Toxicology* 14, 263-269

Papadimitriou EK, Chatjipavlidis I, Balis C (1997) Application of composting to olive mill wastewater treatment. *Environmental Technology* 18, 101-107

Papafotiou M, Kargas G, Lytra I (2005) Olive-mill waste compost as a growth medium component for foliage potted plants. *HortScience* 40, 1746-1750

Papafotiou M, Phsyhalou MK, Chatzipavlidis I, Chronopoulos J (2004) Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia Horticulturae* 102,167-175

Papini R., Pellegrini S., Vignozzi N., Pezzarossa B., Pini R, Ceccarini I., Pagliai M., Bonari E., (2000). Impatto dello spandimento di reflui oleari su alcune caratteristiche chimiche e fisiche del suolo. In: *Atti XVIII Convegno Nazionale della Societa Italiana di Chimica Agraria* 20-22 September, Catania, Italy, pp.226-234.

Paraskeva P., Diamadopoulos E., (2006). Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 81, 1475-1485,

Paredes C, Bernal MP, Cegarra J, Roig A (2002) Bio-degradation of olive mill wastewater sludge by its co-composting with agricultural wastes. *Biore-source Technology* 85, 1-8

- Paredes C, Bernal MP, Roig A, Cegarra J** (2001) Effects of olive mill waste water addition in composting of agroindustrial and urban wastes. *Biodegradation* 12,225-234
- Paredes C, Cegarra J, Bernal MP, Roig A** (2005) Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. *Environment International* 31, 305-312
- Paredes C, Cegarra J, Roig A, Sanchez-Monedero MA, Bernal MP** (1999) Characterization of olive-mill wastewater (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology* 67, 111-115
- Paredes C, Roig A, Bernal MP, Sanchez-Monedero MA, Cegarra J** (2000) Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biology and Fertility of Soils* 32, 222-227
- Paredes MJ, Monteoliva-Sanchez EM, Moreno J, Perez P, Ramos-Cormenzana A, Martinez J** (1986) Effect of waste waters from olive oil extraction plants on the bacterial population of soil. *Chemosphere* 15, 659-664
- Paredes MJ, Moreno E, Ramos-Cormenzana A, Martinez J** (1987) Characteristics of soil after pollution with wastewaters from olive oil extraction plants. *Chemosphere* 16, 1557-1564
- Paschino F., Melis P., Pilo G.,** (1992). Technica di smaltimento dei reflui oleari in Sardegna: proposte e considerazioni. In: *Trattamento e riutilizzazione dei reflui agricoli e dei fanghi*, Conte, Lecce, pp. 35-48.
- Perez JD, Esteban E, Gomez M, Gallardo-Lara F** (1986) Effect of wastewater from olive processing on seed germination and early plant growth of different vegetable species. *Journal of Environmental Science and Health* 21, 349-357
- Perez, J.D. and Gallardo-Lara, F.** (1987). Effects of the application of wastewater from olive processing on soil nitrogen transformation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 18, 1031-1039.
- Perez, J., Ramos-Cormenzana, A. and Martinez, J.** (1990). Bacteria degrading phenolic acids isolated on polymeric phenolic pigment. *Journal of Applied Bacteriology* 69, 38-42.
- Perez, J.D., De la Rubia, T., Moreno, J. and Martinez, J.** (1992). Phenolic content and antibacterial activity of olive oil waste waters. *Environmental Toxicology and Chemistry* 11, 489-495.
- Perez, J., Hernandez, M.T., Ramos-Cormenzana, A. and Martinez, J.** (1987). Caracterization de fenoles del pigmento del alpechin y transformacion por *Phanerochaete chrysosporium*. *Grasas y Aceites* 38, 367-371.
- Perez JD, Gallardo-Lara F, Esteban E** (1980) Aspectos a considerar en el empleo del alpechin como fertilizante. L Evaluacion de su efecto fitotoxico inhibitor dela germinacin de semillas. *Cuadernos de Ciencias Biologicas* 1, 59-67
- Perez-Pique res A, Edel-Hermann W, Alabouvette C, Steinberg C** (2006) Response of soil microbial communities to compost amendments. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 460-470
- Pierantozzi P, Zampini C, Torres M, Isla M.J, Verdenelli R.A., Merilesa J.M., Maestria D.,** (2011). Physico-chemical and toxicological assessment of liquid wastes from olive processing-related industries. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 216-223.

- Piotrovvska A., Iamarino G., Rao MA., Gianfreda L.,**(2006), Short-term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38. 600-610.
- Piotrowska A., Rao MA, Scotti R., Gianfreda L.** (2011). Changes in soil chemical and biochemical properties following amendment with crude and dephenolized olive mill waste water (OMW), *Geoderma* 161, 8-17.
- Piotrowski J.S., Morford S.I., Rillig M.C.,**(2008). Inhibition of colonization by a native arbuscular mycorrhizal fungal community via *Populus trichocarpa* litter, litter extract, and soluble phenolic compounds. *Soil Biology and Biochemistry* 40, 709-717.
- Piperidou CI, Chaidou CI, Stalikas CD, Soulti K, Pilidis GA, Balis C** (2000) Bioremediation of olive oil mill wastewater: chemical alterations induced by *Azotobacter vinelandii*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48, 1941-1948
- Platt, M.W., Hadar, Y., Henis, Y. and Chet, I.** (1983). Increased degradation of straw by *Pleurotus ostreatus*. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 17, 140-142.
- Poiana M., Mincione A.,** (2002), Caratteristiche qualitative delle acque di vegetazione. In: Utilizzazione agronomica delle acque reflue olearie. Laruffa, pp.49-55.
- Poiana M, Mincione A, Mincione B., Sicari V.,** (2004). Caratteristiche chimiche e fisiche dei residui delle Industrie olearie e agrumarie. In: Valorizzazione di acque reflue e sottoprodotti dell'industria agrumaria e olearia, Laruffa, pp. 13-21.
- Prasad KVSK, Pardha Saradhi P, Sharmila P** (1999) Concerted action of antioxidant enzymes and curtailed growth and zinc toxicity in *Brassica juncea*. *Environmental and Experimental Botany* 42,1-10
- Proietti, M., Cartechini, A. and Tombesi, A.** (1988). Influenza delle acque reflue dei frantoi oleari su olivi in vaso e in campo. *L'informatore Agrario* 45, 87-91.
- Quaratino D, D'Annibale A, Federici F, Cereti CF, Rossini F, Fenice M** (2007) Enzyme and fungal treatments and a combination thereof reduce olive mill wastewater phytotoxicity on *Zea mays* L. seeds. *Chemosphere* 66, 1627-1633
- Ragazzi, E. and Veronesse, G.** (1967). Ricerche sui costituenti delle olive. Nota I: Zuccheri e fenoli. *Annali di Chimica* 57, 1386-1397
- Raimbault M, Mazard D** (1980) Culture method to study fungal growth in solid fermentation. *European Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* 9, 199-209
- Ramos-Cormenzana, A.,** (1983). Interaccion de microorganismos del suelo con residuos de industria de aceite. In *Proceedings of the Congresso Latinoamericano de Microbiologia, Sao Paulo*.
- Ramos-Cormenzana A** (1986) Physical, chemical, microbiological and biochemical characteristics of vegetation water. In: FAO (Ed) *Symposium on Olive By-Products Valorization*, 5-7 March 1986, Seville, pp 19-40
- Ramos-Cormenzana, A., Monteoliva-Sánchez, M. and López, M.J.** (1995). Bioremediation of alpechin. *International Biodeterioration and Biodegradation* 35, 249-268.

- Ramos-Cormenzana A, Juarez-Jimenez B, Garcia-Pareja MP** (1996) Antimicrobial activity of olive mill waste-waters (alpechin) and biotransformed olive oil mill wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38,283-290
- Raviv M** (2008) The use of compost in growing media as suppressive agent against soil-borne diseases. *Acta Horticulturae* 779, 39-49
- Riffaldi R., Levi-Minzi R., Saviozzi A., Viti G,** (1997), Carbon mineralization potential of soils amended with sludge from olive processing. *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology* 58, 30-37.
- Rinaldi M, Rana G, Introna M** (2003) Olive mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. *Field Crops Research* 84,319-326
- Robles A, Lucas R, De Cienfuegos GA, Galvez A** (2000) Biomass production and detoxification of wastewaters from the olive oil industry by strains of *Penicillium* isolated from wastewater disposal ponds. *Bioresource Technology* 74,217-221
- Rodis P.S, Karathanos V.T, Mantzavinou A,** (2002). Partitioning of olive oil antioxidants between oil and water phases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50. 596-601.
- Rodriguez, M. M., Pérez J. D., Ramos-Cormenzana, A. and Martinez, J.** (1988). Effect of extract obtained from olive oil mill waste waters on *Bacillus megaterium* ATCC 33085. *Journal of Applied Bacteriology* 64, 219-226.
- Roig A, Cayuela ML, Sanchez-Monedero MA** (2004) The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes. *Chemosphere* 57, 1099-1105
- Roig A, Cayuela ML, Sanchez-Monedero MA** (2006) An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management* 26,960-969
- Rouvalis A, Iliopoulou-Georgudaki J, Lyberatos G** (2004) Application of two microbiotests for acute toxicity evaluation of olive mill wastewaters. *Fresenius Environmental Bulletin* 13,458-464
- Rousidou C., Papadopoulou K., Zervakis G., Singh B.K., Ehaliotis C., Karpouzas D.G.,** (2010). Repeated application of diluted olive mill wastewater induces changes in the structure of the soil microbial community. *European Journal of Soil Biology* 46. 34-40.
- Rozzi A., Malpei F.,** (1996). Treatment and disposal of olive mill effluents. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38, 135-144.
- Ruiz JC, de la Rubia T, Perez J, Martinez Lopez J** (2002) Effect of olive oil mill wastewater on extracellular ligninolytic enzymes produced by *Phanerochaete flavidio-alba*. *FEMS Microbiology Letters* 212, 41-45
- Saadi I, Laor Y, Raviv M, Medina S** (2007) Land spreading of olive mill wastewater: effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. *Chemosphere* 66, 75-83
- Saiz-Jimenez C, Gomez-Arcon G** (1986) Effects of vegetation water on fungal microflora. In: FAO (Ed) *International Symposium on Olive By-Products Valorization*, 5-7 March 1986, Seville, pp 61-68

- Saiz-Jimenez, C., Gomez-Alarcon, G. and Leeuw, J. W.** (1986). Chemical properties of polymer isolated in fresh vegetation water and sludge evaporation ponds. In *Proceedings of the International Symposium on Olive By-Products Valorization*, pp. 41-60. F.A.O.-U.N.D.P., Seville, Spain.
- Sampedro I, Cajthaml T, Marinari S, Petruccioli M, Grego S, D'Annibale A** (2009) Organic matter transformation and detoxification in dry olive mill residue by the saprophytic fungus *Paecilomyces farinosus*. *Process Biochemistry* 44,216-225
- Sampedro I, Aranda E, Diaz R, Garcia-Sanchez M, Ocampo JA, Garcia-Romera I** (2008) Saprobe fungi decreased the sensitivity to the toxic effect of dry olive mill residue on arbuscular mycorrhizal plants. *Chemosphere* 70, 1383-1389
- Sampedro I, D'Annibale A, Ocampo JA, Stazi SR, Garcia-Romera I** (2007a) Solid-state cultures of *Fusarium oxysporum* transform aromatic components of olive-mill dry residue and reduce its phytotoxicity. *Bioresource Technology* 98,3547-3554
- Sampedro I, Marinari S, D'Annibale A, Grego S, Ocampo JA, Garcia-Romera I** (2007b) Organic matter evolution and partial detoxification in two-phase olive mill waste colonized by white-rot fungi. *International Bio-deterioration and Biodegradation* 60, 116-125
- Sampedro I, D'Annibale A, Ocampo JA, Stazi SR, Garcia-Romera I** (2005) Byconversion of olive-mill dry residue by *Fusarium lateritium* and subsequent impact on its phytotoxicity. *Chemosphere* 60, 1393-1400
- Sampedro I, Aranda E, Martin J, Garcia-Garrido JM, Garcia-Romera I, Ocampo JA** (2004a) Saprobic fungi decrease plant toxicity caused by olive mill residues. *Applied Soil Ecology* 26,149-156
- Sampedro I, Romero C, Ocampo JA, Brenes M, Garcia-Romera I** (2004b) Removal of monomeric phenols in dry mill olive residue by saprobic fungi. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52,4487-4492
- Sanchez-Monedero MA, Cayuela ML, Mondini C, Serramia N, Roig A** (2008) Potential of olive mill wastes for soil C sequestration. *Waste Management* 28, 767-773
- Sanjust E, Pompei R, Rescigno A, Rinaldi A, Ballero M** (1991) Olive milling wastewater as a medium for growth of four *Pleurotus* species. *Applied Bio-chemistry and Biotechnology* 31, 223-235
- Sasanelli N, Greco P, D'Addabbo T, Coiro MI, Lamberti F** (2003) The use of olive mill wastes for the control of root-knot nematodes. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 68, 135-138
- Saviozzi A, Levi-Minzi R., Riffaldi. R.** (1990). Cinetica della decomposizione nel terreno del carbonio organico delle acque di vegetazione. *Agrochimica* 34, 157-154
- Saviozzi A., Levi-Minzi R., Riffaldi R, Lupetti A,** (1991). Effetti dello spandimento di acque di vegetazione sul terreno agrario. *Agrochimica* 35, 135-146.
- Sayadi S, Allouche N, Jaoua M, Aloui F** (2000) Detrimental effects of high molecular-mass polyphenols on olive mill wastewaters biotreatments. *Process Biochemistry* 25, 725-735
- Sayadi, S. and Ellouz, R.,** (1992). Decolourization of olive mill waste-waters by the white

- rot fungus *Phanerochaete chrysosporium*: involvement of the lignin-degrading system. *Applied Microbiology and Biotechnology* 37, 813-817.
- Sayadi S, Ellouz R** (1993) Screening of white rot fungi for the treatment of olive mill waste-Waters. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 57,141-146
- Scioli C, Vollaro L** (1997) The use of *Yarrowia lipolytica* to reduce pollution in olive mill wastewaters. *Water Research* 31,2520-2524
- Segarra G, Casanova E, Borrero C, Aviles M, Trillas I** (2007) The sup pressive effects of composts used as growth media against *Botrytis cinerea* in cucumber plants. *European Journal of Plant Pathology* 117, 393-402
- Shammas, N. Kh.** (1984). Olive oil extraction waste treatment in Lebanon. *Effluent and Water Treatment Journal* 24, 388-392.
- Sierra J, Marti E, Montserrat G, Cruaas R, Garau MA** (2001) Characterisa tion and evolution of a soil affected by olive oil mill wastewater disposal. *Science of the Total Environment* 279, 207-214
- Sierra J., Marti E, Montserrat G, Cruanas R, Carau M.A.,** (2000). Aprovechamiento del alpechin a traves del suelo. Estimacion del posible impacto sobre las aguas de infiltracion. *Edafologia* 72, 91-102.
- Sierra J., Marti E, Garau M.A., Cruanas R.** (2007). Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater field experiment. *Science of the Total Environment* 378. 90-94.
- Smith SE, Read DJ** (1997) *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press, San Diego, 605 pp
- Spandre R, Dellomonaco G.,** (1996). Polyphenols pollution by olive oil waste water, Tuscany, Italy. *Journal of environmental Hydrology* 4. 1-13.
- Stenstrom J., Svensson K., Johansson M.,** (2001). Reversible transition between active and dormant microbial states in soil. *FEMS Microbiology Ecology* .36. 93-104.
- Taccari M, Stringini M, Comitini F, Ciani M** (2009) Effect of *Phanerochaete chrysosporium* inoculation during maturation of co-composted agricultural wastes mixed with olive mill wastewater. *Waste Management* 29,1615-1621
- Takashi Y, Hatano T, Miyamoto K, Okuda T** (1994) Antitumor and related activities of ellagitannin Oli-gomers. *Polyphenols Actualites* 11,26-29
- Tamburino V, Zimbone SM, Quattrone P** (1999) Storage and land application of olive-oil wastewater. *Olivae* 76, 36-45
- Tarchitzky J., Lerner O., Shani, U., Arye G., Lowengart-Aycicegi A., Brener A, Chen Y.,** (2007). Water distribution pattern in treated wastewater irrigated soils: hydrophobicity effect. *European Journal of Soil Biology* 58, 573-588.
- Tomati U, Di Lena G, Galli E, Grappelli A, Buffone R** (1990) Indolacetic acid production from olive wastewaters by *Arthrobacter* spp. *Agrochimica* 34, 223-228

- Tomati U, Galli E** (1992) The fertilizer value of waste waters from the olive processing industry. In: Kubat J (Ed) *Humus its Structure and Role in Agri culture and Environment*, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp 117-126
- Tomati U, Galli E, Fiorelli F, Pasetti L** (1996) Fertilizers from composting of olive-mill wastewaters. *International Biodeterioration and Biodegradation* 44,155-162
- Travis M.J., Weisbrod N., Cross A.**, (2008). Accumulation of oil and grease in soils irrigated with greywater and their potential role in soil water repellency. *Science of the Total Environment* 394, 68-74.
- Tsioulpas A, Dimou D, Iconomou D, Aggelis G** (2002) Phenolic removal in olive oil mill wastewater by strains of *Pleurotus* spp. in respect to their phe nol oxidase (laccase) activity. *Bioresource Technology* 84, 251-257
- USDA.** 1999. Keys to Soil Taxonomy, 8th ed. Soil Survey Staff. Blacksburg.
- Vaccarino, C., Lo Curto, R., Munao, F., Tripodo, M. M., Patane, R. and Lagana, G.** (1986). Processing of olives: How to treat the wastewater. *AES* 8, 48-51.
- Varquez-Roncero, A., Janter Del Valle, C. and Janter Del Valle, M.L.** (1976). Componentes fenolicos de la aceituna. III. Polifenolie del aceite. *Grasas y Aceites* 27, 185-191.
- Vassilev N, Fenice M, Federici F, Azcon R** (1997) Olive mill waste water treatment by immobilized cells of *Aspeigillus niger* and its enrichment with soluble phosphate. *Process Biochemistry* 32,617-620
- Vassilev N, Vassileva M, Azcon R, Fenice M, Federici F, Barea JM** (1998) Fertilizing effect of microbially treated olive mill wastewater on *Trifolium* plants. *Bioresource Technology* 66,133-137
- Vlyssides AG, Bouranis DL, Loizidou M, Karvouni G** (1996) Study of a demonstration plant for the co-composting of olive-oil processing wastewater and solid residue. *Bioresource Technology* 56, 187-193
- Wahid A, Ghazanfar A** (2006) Possible improvement of some secondary meta bolites in salt tolerance of sugarcane. *Journal of Plant Physiology* 163, 723-730
- Wallach R., Ben-Arie O., Graber E.R.** (2005). Soil water repellency induced by longterm irrigation with treated sewage effluent. *Journal of Environment Quality* .34, 1910-1920.
- Wang SY, Ballington JR** (2007) Free radical scavenging capacity and antioxi dant enzyme activity in deerberry (*Vaccinium stamineum* L.). *LWT-Food Science and Technology* 140,1352-1361
- Wright DP, Scholes JD, Read DJ** (1998) Effects of VA mycorrhizal coloniza tion on photosynthesis and biomass production of *Trifolium repens* L. *Plant Cell and Environment* 21,209-216
- Yangui T, Rhouma A, Triki MA, Gargouri K, Bouzid J** (2008) Control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* and *Fusarium solani* using olive mill waste water and some of its indigenous bacterial strains. *Crop Protection* 27,189-197
- Yangui T., Sayadi S., Gargoubi A., Dhouib A.**, (2010a), Fungicidal effect of hydroxytyrosol-rich preparations from olive mill wastewater against *Verticil-lium dahliae*. *Crop Protection* 29, 1208-1213.

Yangui T., Sayadi S., Rhouma A, Dhoub A.,(2010b). Potential use of hydroxytyrosol-rich extract from olive mill wastewater as a biological fungicide against *Botrytis cinerea* in tomato. *Journal of Pesticide Science* 83, 437-445.

Yesilada, O. and Fiskin K. (1996). Degradation of olive mill waste by *Coriolus versicolor*. *Turkish Journal of Biology* 20, 73-79.

Yesilada O, Sik S, Sam M (1998) Biodegradation of olive oil mill wastewater by *Coriolus versicolor* and *Funalia trogii*: Effects of agitation, initial COD concentration, inoculum size and immobilization *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 14, 37-42

Yurekli F, Yesilada O, Yurekli M, Topcuoglu SF (1999) Plant growth hormone production from olive oil mill and alcohol factory wastewaters by white rot fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 15, 503-505

Zervakis, G. and Balis, C. (1996a). A pluralistic approach in the study of *Pleurotus* species with emphasis on compatibility and physiology of the European morphotaxa. *Mycological Research* 100, 717-731.

Zervakis, G. and Balis, C. (1996b). Bioremediation of olive oil mill wastes through the production of fungal biomass. In: *Proceedings of the Second International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products*, pp. 311-323 (ed. D. Royse). Pennsylvania, USA.

Zervakis G, Yiatras P, Balis C (1996) Edible mushrooms from olive mill wastes. *International Biode-terioration and Biodegradation* 38, 237-243

Zoiopoulos, P.E. (1983). Study on the use of olive by-products in animal feeding in Greece. Animal Production and Health Divisions, FAO, Rome, 1983.

Zouari N, Ellouz R (1996) Microbial consortia for the aerobic degradation of aromatic compounds in olive oil mill effluent. *Journal of Industrial Micro biology* 16, 155-162.

B. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Βερβερή Γ. Μ., (2004). Σύστημα διαχείρισης αποβλήτων ελαιουργείων Γέρας, Μεταπτυχιακή διατριβή στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στην ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ & ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Βλυσσίδης, Α. (1997). Μέθοδος διαχείρισης των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων με το σύστημα της ηλεκτρόλυσης. *Επιστήμη και Τεχνολογία* 2, 46.

Βορέαδου, Κ. (1994). Υγρά απόβλητα των ελαιουργείων - Επιπτώσεις στα φυσικά υδάτινα οικοσυστήματα της Κρήτης - Σημερινή διαχείριση των αποβλήτων και προοπτικές για το μέλλον. *Πρακτικά Διεθνούς Διημερίδας για τη Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων* σελ. 9-14. ΓΕΩΤΕΕ-Παράρτημα Κρήτης, Οργανισμός Ανάπτυξης Σητείας, Σητεία.

Ζερβάκης, Γ. (1999). Διαχείριση και αξιοποίηση των αποβλήτων και παραπροϊόντων των ελαιωτριβείων. *Ελαιωπαραγωγή*, σελ. 98-103. Εύριπος Εκδοτική, Αθήνα.

- Ζερβάκης, Γ. και Μπαλής, Κ.** (1996). Υγρά και στερεά απόβλητα ελαιουργείων ως υπόστρωμα για την καλλιέργεια εδώδιμων μανιταριών. *Πρακτικά Συμποσίου: Ελιά, Ελαιόλαδο, Μεσογειακή Διατροφή*, σελ. 192-201. Ένωση Ελλήνων Χημικών & ΕΘΙΑΓΕ. Καλαμάτα.
- Ισραηλίδης, Ι.Κ. και Κωδούνη, Μ. Ι.** (1982). Αξιοποίηση γεωργικών υπολειμμάτων και παραπροϊόντων για κτηνοτροφές και ενέργεια.. *Γεωργική Έρευνα*, 6, 243-253.
- Κουτσαυτάκης, Α. και Στεφανουδάκη, Ε.** (1991). Μηχανική επεξεργασία αποβλήτων ελαιοτριβείων με φυγοκεντρικά μηχανήματα. *Πρακτικά Διεθνούς Δημερίδας για τη Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων*, σελ. 15-18. ΓΕΩΤΕΕ-Παράρτημα Κρήτης, Οργανισμός Ανάπτυξης Σητείας, Σητεία.
- Κυριτσάκης, Α.** (1989). Το ελαιόλαδο. Β' έκδοση. *Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Α.Ε.*, Θεσσαλονίκη.
- Μαρίνος, Ε.** (1991). Συμπύκνωση δια λιμνάσεως. *Πρακτικά Διεθνούς Σεμιναρίου για τη Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων*, σελ. 130-152. ΓΕΩΤΕΕ-Παράρτημα Κρήτης και ΔΣΕ, Χανιά.
- Μάτης, Κ.Α.** (1981). Η επίπλευση και η εφαρμογή της στη διεργασία καθαρισμού των βιομηχανικών αποβλήτων. *Χημικά Χρονικά* 46, 27-35.
- Μιχελάκης, Ν.** (2000). Απόβλητα ελαιοτριβείων: Οικονομικότητα εφικτότητα των μεθόδων διαχείρισης αποβλήτων. *Εκδόσεις Γεωργική Τεχνολογία Ελαιοκομία*, σελ. 150-157.
- Μιχελάκης, Ν. και Κουτσαυτάκης, Α.** (1989). Το πρόβλημα των αποβλήτων των ελαιουργείων. Δυσκολίες και προοπτικές για την αντιμετώπισή του. *Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων. Πρακτικά Ημερίδας*, σελ. 9-25. Ηράκλειο.
- Μπαλατσούρας, Γ.** (1986). Ελαιόλαδο - Σπορέλαια-Λίπη. Καραμπερόπουλος Α.Ε., Αθήνα.
- Μπαλής, Κ.** (1989). Η δυναμική της αερόβιας επεξεργασίας του κατσίγαρου. *Πρακτικά Ημερίδας για τη Διαχείριση των Αποβλήτων Ελαιουργείων*, σελ. 32-41. Ηράκλειο.
- Μπαλής, Κ., Χατζηπανυλίδης, Ι. και Φλουρή, Φ.** (1991). Ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης των υγρών αποβλήτων των ελαιοτριβείων. *Πρακτικά Διεθνούς Σεμιναρίου για τη Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων*, σελ. 66-74. ΓΕΩΤΕΕ-Παράρτημα Κρήτης και ΔΣΕ, Χανιά.
- Νταλής, Δ.** (1989). Αναερόβια βιολογική επεξεργασία υγρών αποβλήτων ελαιουργείων προς παραγωγή βιοαερίου. *Διαχείριση Αποβλήτων Ελαιουργείων. Πρακτικά Ημερίδας 31 Μάρτη-Ηράκλειο* σελ. 42-52.
- Οιχαλιώτης, Κ. Δ. και Ζερβάκης, Γ.** (1999-2000). Τα απόβλητα και παραπροϊόντα των ελαιοτριβείων δύο και τριών φάσεων. Μια αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης. *Ελιά και Ελαιόλαδο* 14, 52-61.
- Οιχαλιώτης, Κ.Δ. και Ζερβάκης, Γ.** (2002). Η διαχείριση των «αποβλήτων» των ελαιουργείων. Η φύση του προβλήματος και η «περιφρονημένη» λύση της φερτάρδευσης. *Ελιά και Ελαιόλαδο* 28, 62-66.