

## ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ ΚΑΙ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥΣ ΩΣ ΕΔΑΦΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ

Σικαλίδης Κ.<sup>1</sup>, Καραγιαννίδης Ν.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Τομέας Χημείας, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Α.Π.Θ. 546 21 Θεσσαλονίκη, sikalidi@eng.auth.gr

<sup>2</sup> ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Εδαφολογίας Θεσσαλονίκης

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκαν διάφορα βιομηχανικά ορυκτά και μίγματά τους ως προς την ικανότητά τους να μεταβάλουν το pH προβληματικών εδαφών. Τα ορυκτά αυτά, είναι παραπροϊόντα διαφόρων βιομηχανιών (επεξεργασίας μαρμάρου και ορυκτών ως και παραγωγής λιπασμάτων), κατατάσσονται δε σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη περίπτωση εξετάστηκε η συμπεριφορά των εξής οκτώ ασβεστούχων υλικών και μιγμάτων τους, ασβεστίτης  $\text{CaCO}_3$ , δολομίτης  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , χουντίτης  $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , ενεργό οξειδίο του μαγνησίου ( $\text{MgO}$ ), 90% ασβεστίτης + 10%  $\text{MgO}$ , 90% δολομίτης + 10%  $\text{MgO}$ , 45% δολομίτης + 45% ασβεστίτης + 10%  $\text{MgO}$ , 40% δολομίτης + 40% ασβεστίτης + 20%  $\text{MgO}$ , ως προς τη δυνατότητά τους να βελτιώσουν την αντίδραση όξινων εδαφών περιοχών της Δράμας, αρχικού pH 4,2-4,5. Στη δεύτερη περίπτωση εξετάστηκε η συμπεριφορά τριών θειούχων ενώσεων, ορυκτή γύψος  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , ορυκτό θείο S, φωσφογύψος που συνίσταται κυρίως από  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  και  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaF}_2$  κ.ά., ως προς τη δυνατότητά τους να μειώσουν το pH τριών αλκαλικών εδαφών που ελήφθησαν από το Αγρόκτημα του ΑΠΘ στην περιοχή της Θέρμης, αρχικού pH 8,1-8,2.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι όταν στα πειραματικά εδάφη προστεθούν ποσότητες ορυκτών ή μιγμάτων τους σε αναλογία 500 και 350 kg/στρέμμα βελτιώνεται το pH τους από την έντονα όξινη περιοχή που βρίσκονταν αρχικά στα όρια 6,5-7,5. Εξάιρεση αποτελεί το  $\text{MgO}$  το οποίο προσδίδει στο έδαφος αλκαλικό χαρακτήρα, αφού ανεβάζει το pH στις τιμές 8,8 και 8,1 αντίστοιχα. Στην αναλογία 200 kg ανά στρέμμα ορισμένα μίγματα κατάφεραν να τροποποιήσουν το εδαφικό pH στην περιοχή του 6,5. Μόνον το ενεργό  $\text{MgO}$  οδηγεί τα εξεταζόμενα εδάφη στην αλκαλική περιοχή (pH 7,8). Στην αναλογία 100 kg/στρέμμα κρίνεται ότι κατάλληλα μίγματα με ενεργό  $\text{MgO}$  μπορούν να δώσουν επιθυμητές τιμές pH. Στην αναλογία 70 kg/στρέμμα εξετάστηκε μόνον η συμπεριφορά του  $\text{MgO}$  το οποίο όμως δε μπόρεσε να βελτιώσει το pH του εδάφους πάνω από την τιμή 6,0. Από τη μέτρηση του pH των απόνερων (μόνον στη προσθήκη 500 kg ορυκτού/στρέμμα), που είναι μία ένδειξη για το πώς θα μεταβληθεί η αντίδραση του εδάφους στους βαθύτερους εδαφικούς ορίζοντες, διαπιστώθηκε ότι στα απόνερα του  $\text{MgO}$  μεταβάλλεται εντονότερα από το επιθυμητό το pH σε σχέση με τα αντίστοιχα απόνερα των άλλων ορυκτών και των μιγμάτων τους (pH 9,0 έναντι pH 8,3-8,5).

Και τα τρία ορυκτά που χρησιμοποιήθηκαν ως εδαφοβελτιωτικά εδαφών υψηλού pH επέφεραν μείωση του pH των εδαφών, σε διαφορετικά όμως επίπεδα. Η γύψος και η φωσφογύψος κατάφεραν να μειώσουν το pH και των τριών εδαφών στο 7,1-7,6, σχεδόν ανεξάρτητα από την ποσότητα του ορυκτού που προστέθηκε σε αυτά. Το θείο αποδείχτηκε δραστικότερο, επιφέροντας τη μεγαλύτερη μείωση του pH των εδαφών, αφού το προκάλεσε μείωση στο 6,4-7,3, και σε μικρότερο χρονικό διάστημα, καθώς μετατρέπεται σε θειικό οξύ το οποίο οξινίζει το έδαφος. Ένα από τα τρία εδάφη αντέδρασε καλύτερα στη μείωση του pH μετά την προσθήκη και των τριών ορυκτών, πιθανώς λόγω των βελτιωμένων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του.

### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστό ότι τα φυτά πραγματοποιούν ικανοποιητική ανάπτυξη σε ελαφρώς όξινα έως ελαφρώς αλκαλικά εδάφη. Η αντίδραση του εδάφους επί των φυτών είναι επιβλαβής μόνον σε πολύ χαμηλά ή σε πολύ υψηλά pH και καθορίζεται άμεσα από την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων  $\text{H}^+$

και  $\text{OH}^-$  και έμμεσα από το επηρεασμό της διαλυτότητας διαφόρων χημικών στοιχείων του εδάφους στη θρέψη των φυτών καθώς και στον επηρεασμό των μικροοργανισμών του εδάφους που δραματίζουν σπουδαίο ρόλο στη θρέψη και ανάπτυξη των ανωτέρων φυτών.

Στα όξινα γεωργικά εδάφη απαιτείται ασβέστωση όταν το pH τους είναι χαμηλότερο από 5.5. Από αυτά τα εδάφη έχουν εκπλυθεί οι βάσεις των Ca και Mg και χαρακτηρίζονται από υψηλά και συχνά τοξικά για τις καλλιέργειες επίπεδα Al, Mn και Fe. Τα όξινα εδάφη στην χώρα μας απαντούν κυρίως στις ορεινές περιοχές που καλύπτονται κυρίως από δάση και λειμώνες και σε μικρότερη έκταση στις πεδινές περιοχές, που είναι συνήθως γεωργικές και στις οποίες θα πρέπει να γίνεται ασβέστωση. Στην πράξη χρησιμοποιούνται για την ασβέστωση τα υλικά  $\text{CaCO}_3$ , CaO,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  και η ιλύς ζαχαρουργείων. Ο καθορισμός της ποσότητας (η ανάγκη σε ασβέστωση) προσδιορίζεται εργαστηριακά με τη καμπύλη ογκομέτρησης του εδάφους με  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Η ποσότητα που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το αρχικό pH και από την ρυθμιστική ικανότητα του εδάφους (ποσοστό και είδος της αργίλου, ποσοστό της οργανικής ουσίας). Από την εμπειρία, οι ποσότητες που απαιτούνται κυμαίνονται από 500-2500 kg/στρ. υδρασβέστου ή ισοδύναμες ποσότητες άλλων ασβεστούχων υλικών. Η ασβέστωση θα πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά 7 ή 8 έτη. Στη γεωργική πράξη επιβάλλεται η διόρθωση της αλκαλικής αντίδρασης του εδάφους σε δυο περιπτώσεις: στα αλκαλιωμένα εδάφη, δηλαδή σε εκείνα που έχουν υψηλό ποσοστό ανταλλαξιμού Na (>15% της C.E.C.) και το pH τους είναι συχνά υψηλότερο του 8.5 και σε εκείνα που έχουν υψηλά ποσοστά  $\text{CaCO}_3$  με pH που βρίσκεται συνήθως στην περιοχή 7.5-8.5. Στην αλκαλική περιοχή έχουμε κυρίως δέσμευση των ιχνοστοιχείων Fe, Mn, Cu και Zn και κινητοποίηση των Mo και Mg, με δυσμενείς συνέπειες στην ανάπτυξη των φυτών. Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται εξυγίανση (reclamation) του εδάφους, διαδικασία που είναι δύσκολη και μακροχρόνια. Στην δεύτερη περίπτωση ο υποβιβασμός του pH επιχειρείται στην πράξη με προσθήκη όξινων οργανικών υλών ή με προσθήκη  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ή προσθήκη θείου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να δοκιμασθούν και να αξιολογηθούν κάτω από εργαστηριακές συνθήκες μια σειρά από ορυκτά που είναι παραπροϊόντα διαφόρων χημικών βιομηχανιών, καθώς και διάφορα μίγματα τους, ως προς την ικανότητά τους να μεταβάλλουν το pH προβληματικών εδαφών.

## 2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα πειράματα διεξήχθησαν στο Εργαστήριο του Τμήματος Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ το έτος 2001 όπου εξετάστηκαν διάφορα βιομηχανικά ορυκτά και μίγματα αυτών, ως προς την ικανότητά τους να μεταβάλλουν την αντίδραση (το pH) του εδάφους. Τα ορυκτά αυτά κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες.

Στην πρώτη σειρά πειραμάτων μελετήθηκε η συμπεριφορά των ασβεστούχων υλικών:

α) ασβεστίτης  $\text{CaCO}_3$ , β) δολομίτης  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , γ) χουντίτης  $\text{CaMg}_3(\text{CO}_3)_4$ , δ) ενεργό MgO, ε) 90% ασβεστίτης + 10% MgO, ζ) 90% δολομίτης + 10% MgO, η) 45% δολομίτης + 45% ασβεστίτης + 10% MgO, θ) 40% δολομίτης + 40% ασβεστίτης + 20% MgO, ως προς την ικανότητά τους να βελτιώνουν την αντίδραση των οξίνων εδαφών (Fageria and Zimmermann 1998, Shamshuddin et al. 1998, Mora et al. 2002). Ως πειραματικά εδάφη χρησιμοποιήθηκαν σύνθετα επιφανειακά δείγματα αγρών των περιοχών Κυργίων και Αγίου Αθανασίου, που ανήκουν στο Καπνολογικό Ινστιτούτο Δράμας και μετά από αεροζήρανση, λειοτρίβηση και κοσκίνισμα σε κόσκινα με διάμετρο οπών μικρότερη των 2 mm, χρησιμοποιήθηκαν για τον πειραματισμό. Μερικά από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των εδαφών αυτών δίνονται στο Πίνακα 1. Πρόκειται για εδάφη με ισχυρά όξινη αντίδραση (pH 4,2-4,5), με υψηλή αναλογία άμμου (50-65%) και τα οποία σύμφωνα με το αμερικάνικο σύστημα των τριγωνικών συντεταγμένων (USDA, 1993) χαρακτηρίζονται ως αμμοπηλώδη (SL). Οι ποσότητες των ορυκτών και των μιγμάτων τους ανά 300 g εδαφικού μίγματος ήταν 1.25, 0.875, 0.5, 0.25 και 0.175 g που αντιστοιχούν με 500 (ένα εδαφικό μίγμα από την περιοχή Κύργια και ένα από την περιοχή Αγίου Αθανασίου με το ίδιο αρχικό pH 4,4), 350 (Κύργια, pH 4,3), 200 (Αγίου Αθανασίου, pH 4,2), 100 (Κύργια, pH 4,4) και 70 (Αγίου Αθανασίου, pH 4,4) kg/στρ. Το βάρος του επιφανειακού εδάφους υπολογίστηκε έως το βάθος 10 cm και ήταν 120 t ή 120000 kg ( $1000 \text{ m}^2 \times 0.1 \text{ m} \times 1.2 \text{ t/m}^3$ ). Ο προσδιορισμός του pH γίνονταν με προσθήκη στα εδαφικά μίγματα τόσο στην αρχή όσο και κατά τη διάρκεια του πειράματος 0.01 M  $\text{CaCl}_2$ , με σχέση εδαφικού μίγματος:διαλύματος 1:2. Όλα τα εδαφικά δείγματα διαβρέχτηκαν με 100 ml νερού βρύσης. Στις επεμβάσεις 500 kg ορυ-

κού/στρ. στα ίδια εδαφικά μίγματα προσδιορίζονταν παράλληλα με το pH από το βρεγμένο χώμα και το pH στα απόνερα αυτών. Πραγματοποιήθηκαν 4 διαδοχικές μετρήσεις του pH στα εδαφικά μίγματα και στα απόνερα 10, 20, 30 και 40 ημέρες από την έναρξη του πειράματος.

Στη δεύτερη σειρά πειραμάτων εξετάστηκε η συμπεριφορά τριών θειούχων ενώσεων, α) ορυκτή γύψος  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Shainberg et al. 1990), β) ορυκτό θείο S (Malavolta et al. 1987), γ) φωσφογύψος (υποκατάστατο γύψου) (Al-Oudat et al. 1998) που συνίσταται κυρίως από  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  και  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{CaF}_2$  κ.ά, ως προς την ικανότητά τους να μειώνουν το pH των αλκαλικών εδαφών.

Τα πειραματικά εδάφη συλλέχτηκαν από την περιοχή του αγροκτήματος του ΑΠΘ, από πολύ κοντά στη θάλασσα, από τρία διαφορετικά σημεία (1, 2 και 3) που είχαν αρχικό pH 8.1, 8.2 και 8.2 αντίστοιχα. Πρόκειται για εδάφη διαφορετικής ορυκτολογικής σύστασης και με υψηλή αναλογία ιλύος (80-89%), τα οποία χαρακτηρίζονται, σύμφωνα με το παραπάνω αναφερόμενο τριγωνικό σύστημα, το μεν έδαφος 1 ως ιλυώδες (Si), τα δε εδάφη 2 και 3 ως ιλυοπηλώδη (SiL) (πίνακας 1). Η προετοιμασία των δειγμάτων εδάφους για τον πειραματισμό, το βάρος του επιφανειακού εδάφους και ο προσδιορισμός του pH έγινε όπως και στην πρώτη σειρά πειραμάτων.

Οι ποσότητες των ορυκτών που προστέθηκαν ανά 250 g εδάφους ήταν 2.5, 5 και 7.5 g για τη γύψο και φωσφογύψο, ενώ οι αντίστοιχες ποσότητες για το θείο ήταν μικρότερες, 1.25, 2.5 και 5 g, λόγω της αργής οξειδωσης του. Οι ποσότητες αυτές αντιστοιχούν με 1.2, 2.4 και 3.6 t/στρ. για γύψο και φωσφογύψο και με 0.6, 1.2 και 2.4 t/στρ. για το θείο. Τα δείγματα εδάφους με τα ορυκτά παρέμειναν συνεχώς υγρά και κάθε εβδομάδα για 10 συνεχείς φορές λαμβάνονταν μια ποσότητα (15 g υγρού εδάφους) και μετά από ξήρανση προσδιορίζονταν το pH της με τον τρόπο που προαναφέρθηκε.

Σε κάθε μεταχείριση έγιναν τέσσερες επαναλήψεις και για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ελήφθη ο μέσος όρος των τεσσάρων αυτών τιμών με το δεδομένο ότι η απόκλισή τους δεν ξεπερνούσε το 5%.

### 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 3.1 Εδαφοβελτιωτικά ορυκτά εδαφών χαμηλού pH

Στο 1<sup>ο</sup> και στο 2<sup>ο</sup> πείραμα και τα δύο σύνθετα επιφανειακά εδάφη που είχαν το ίδιο αρχικό pH (4,4) δείχνουν παρόμοια αντίδραση στην προσθήκη των ασβεστούχων υλικών και των μιγμάτων τους. Το ενεργό MgO μεταβάλλει περισσότερο από τα άλλα ορυκτά το pH των εδαφών και το αυξάνει στο 8,8 -9 στο δείγμα 1 από τα Κύργια και στο 8,6 στο δείγμα 2 από το Άγιο Αθανάσιο. Στις υπόλοιπες μεταχειρίσεις η αύξηση του pH κυμάνθηκε από 6,9 (δολομίτης) έως 7,5, περιοχή πολύ καλή για την ανάπτυξη όλων σχεδόν των καλλιεργειών (Πιν.2). Από τα αποτελέσματα των απόνερων, που απομένουν μετά το πότισμα των εδαφικών μιγμάτων (το νερό στράγγισης), προκύπτει ότι το MgO μεταβάλλει το pH και των δύο εδαφικών μιγμάτων εντονότερα (pH 9,0 και 8,7 αντίστοιχα) σε σχέση με τα άλλα ορυκτά στον οποίων τα απόνερα το pH δεν ξεπέρασε το 8,5 (Πιν. 3). Στο 3<sup>ο</sup>, 4<sup>ο</sup> και 5<sup>ο</sup> πείραμα μελετήθηκε η συμπεριφορά των ορυκτών που έδωσαν τα πιο ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όσον αφορά την αύξηση του εδαφικού pH, στο 1<sup>ο</sup> και 2<sup>ο</sup> πείραμα. Αυτά ήταν ο ασβεστίτης, ο χουντίτης, το ενεργό MgO καθώς και τα μίγματά τους 40% δολομίτης + 40% ασβεστίτης + 20% MgO και 90% δολομίτης + 10% MgO.

Στο 3<sup>ο</sup> πείραμα δοκιμάστηκε η ποσότητα των 350 kg ορυκτού/στρ. στο εδαφικό μίγμα που είχε προέλευση τα Κύργια. Η προσθήκη του MgO αύξησε το pH από 4,3 που ήταν το αρχικό στο 8,1 που θεωρείται αρκετά υψηλό για αρκετές καλλιέργειες. Τα υπόλοιπα ορυκτά βελτίωσαν το pH αυτού του εδαφικού μίγματος σε τιμές που κυμαίνονταν από 6,5-7,1, περιοχή που θεωρείται πολύ καλή (ιδανική) για όλες τις καλλιέργειες (Πιν.3). Στο 4<sup>ο</sup> πείραμα μειώθηκαν περισσότερο οι ποσότητες των ορυκτών και έφτασαν τα 200 kg/στρ. στο εδαφικό μίγμα, που σε αυτό το πείραμα είχε προέλευση τον Άγιο Αθανάσιο με αρχικό pH 4,2. Από το αποτέλεσμα προκύπτει ότι το MgO αυξάνει το pH του εδάφους στο 7,8 που θεωρείται υψηλό, ενώ και τα μίγματα ορυκτών (ασβεστίτη με ενεργό MgO) το ανεβάζουν στην περιοχή του 6,5, που θεωρείται κατάλληλη για τις περισσότερες καλλιέργειες.

Στο 5<sup>ο</sup> πείραμα δοκιμάστηκαν ακόμα μικρότερες ποσότητες εδαφοβελτιωτικών του pH των οξίνων εδαφών. Έτσι εδώ εφαρμόστηκε ποσότητα 100 kg ορυκτού/στρ. στο εδαφικό μίγμα από την περιοχή των Κυργίων με αρχικό pH 4,4. Ο ασβεστίτης κατάφερε να ανεβάσει το pH στο 7,0, που θεωρείται ιδανικό για κάθε καλλιέργεια, ενώ τα υπόλοιπα το ανέβασαν στην περιοχή 5,7-6,2 που δε θεωρείται ιδιαίτερα ικανοποιητική ως αποτέλεσμα ασβέστωσης, όπου η επιδίωξή μας είναι τιμές κοντά στο

ουδέτερο σημείο. Στο 6<sup>ο</sup> πείραμα μελετήθηκε η επίδραση που ασκεί μια μικρή σχετικά ποσότητα MgO σε εδαφικό μίγμα ισχυρής όξινης αντίδρασης.

Πίνακας 1. Φυσικοχημικές ιδιότητες των πειραματικών εδαφών

Περιοχή	pH	άμμος	άργιλος %	ιλύς	Χαρακτηρ εδαφών	Οργαν. ουσ. %	P	K	Ca ppm	Mg
Κύργια	4.25	47.7	20.3	31.9	L	1.42	36	170	297	33
	4.3	55.7	12.1	32.3	SL	1.33	36	170	450	48
	4.4	64.1	14.2	21.7	SL	1.37	36	100	520	36
	4.5	56.2	10.1	33.7	SL	1.07	32	100	560	48
Αγ.Αθαν.	4.2	61.9	9.9	28.3	SL	1.04	32	45	127	12
	4.4	63.4	12.5	24.1	SL	0.91	42	50	160	19
Α.Π.Θ.	8.1	3,7	7,7	88,8	Si	1,37	26	89	490	75
	8.2	2,1	7,3	82,2	SiL	1,26	32	67	425	83
	8.2	2,5	8	79,5	SiL	1,08	29	117	380	90

Πίνακας 2. Επίδραση προσθήκης ορυκτών και μιγμάτων τους στο pH εδαφικών δειγμάτων: (AA) Αγ. Αθανασίου Δράμας (αρχικό pH 4.4 , ποσότητα 500 kg/στρέμμα), (K1) Κυργίων Δράμας (αρχικό pH 4.3 , ποσότητα 350 kg/στρέμμα) και (K2) Κυργίων Δράμας (αρχικό pH 4.4 , ποσότητα 100 kg/στρέμμα)

Ορυκτό και Μίγμα	5 H		8 H		10 H		14 H		20 H		30 H		40 H	
	K1	K2	K1	K2	AA	K1	K2	AA	K1	K2	AA	K1	K2	AA
A	6	6,8	6,2	7	6,9	6,4	7	7	6,5	7	7,05	6,5	7	7,05
Δ					6,9			6,95			7			7
X	6	5,6	6,4	5,7	7,25	6,5	5,7	7,35	6,5	5,7	7,5	6,5	5,7	7,5
M	7,5	5,6	7,9	5,8	8,4	8	5,8	8,55	8,1	5,8	8,6	8,1	5,8	8,6
40% Δ														
+40% A	6,2	5,8	6,9	6	7,1	7,1	6	7,3	7,1	6	7,3	7,1	6	7,3
+20% M														
45% Δ														
+45% A					7,25			7,3			7,3			7,3
+10% M														
90% A +					7,25			7,4			7,4			7,4
10% M														
90% Δ +	6,3	6,1	6,6	6,2	7,4	6,7	6,2	7,45	6,7	6,2	7,5	6,7	6,2	7,5
10% M														

A= Ασβεστίτης, Δ= Δολομίτης, X= Χουντίτης, M= MgO ενεργό, H= Ημέρες

Ως έδαφος χρησιμοποιήθηκε αυτό από την περιοχή του Αγίου Αθανασίου με αρχικό pH 4,4 και η ποσότητα που εφαρμόστηκε ήταν 75 kg MgO/στρέμμα.στο εδαφικό μίγμα. Μετά 10 ημέρες από την εφαρμογή του ορυκτού προκύπτει ότι το MgO βελτιώνει το pH μόνον στο 6,0, τιμή όχι ικανοποιητική για πολλές καλλιέργειες.

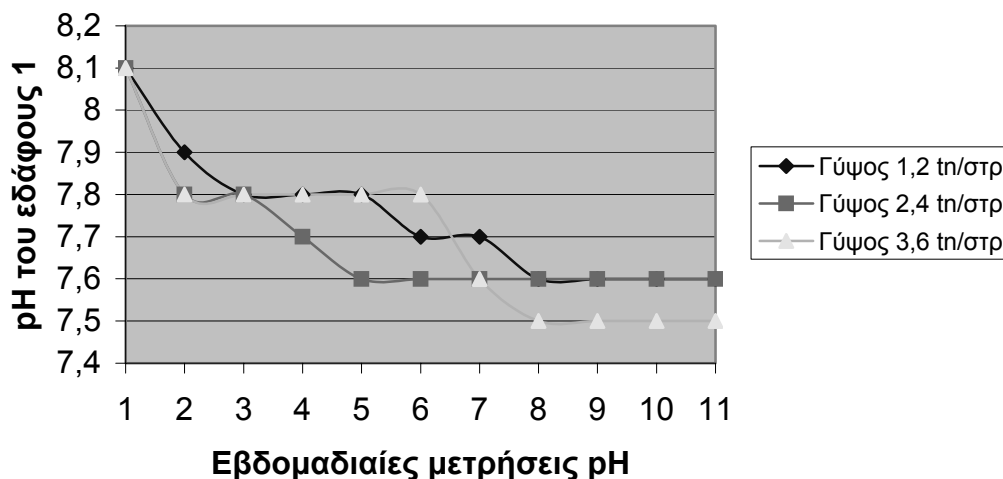
Πίνακας 3. Μεταβολή pH με το χρόνο, στα απόνερα εδαφικού δείγματος περιοχής Κυργίων Δράμας, αρχικού pH 4.4, με προσθήκη 500 kg/στρέμμα εδαφοβελτιωτικών

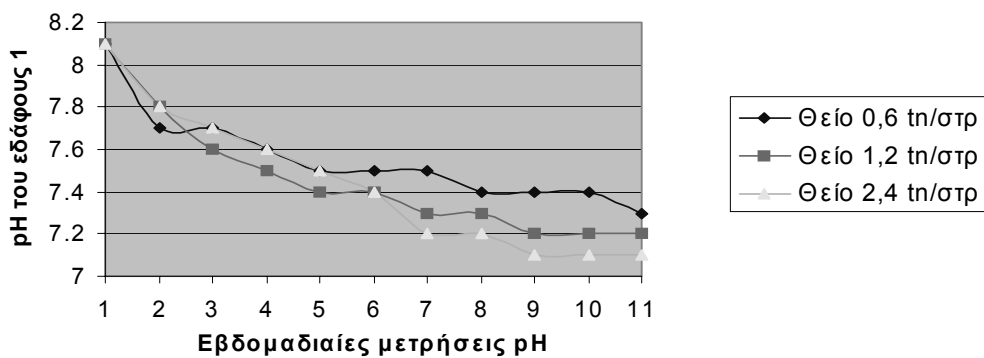
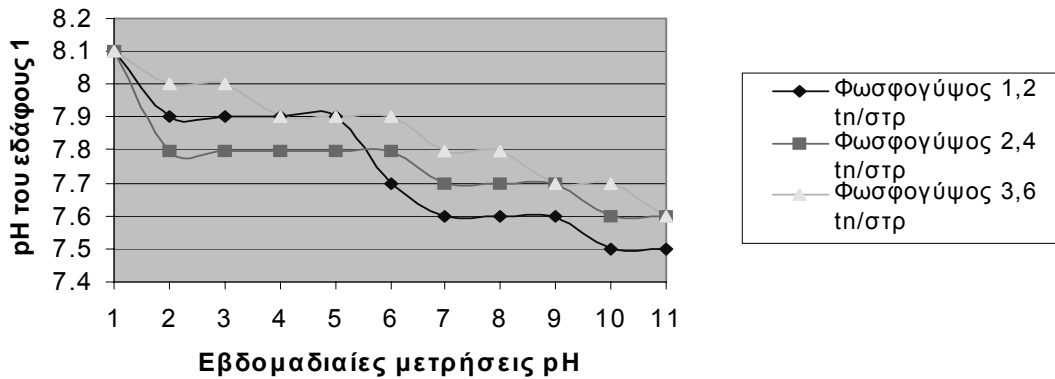
Ορυκτό και Μίγμα	10 H	20 H	30 H	40 H
A	8,5	8,5	8,5	8,5
Δ	8,4	8,5	8,5	8,5
X	8,2	8,3	8,3	8,3
M	8,8	8,9	9	9
40% Δ. + 40% A + 20% M	8,2	8,3	8,3	8,3
45% Δ. + 45% A + 10% M	8,4	8,45	8,5	8,5
90% A + 10% M	8,3	8,4	8,4	8,4
90% Δ + 10% M	8,4	8,5	8,5	8,5

A= Ασβεστίτης, Δ= Δολομίτης, X= Χουντίτης, M= MgO ενεργό, H= Ημέρες

### 3.2 Εδαφοβελτιωτικά ορυκτά εδαφών αλκαλικού pH

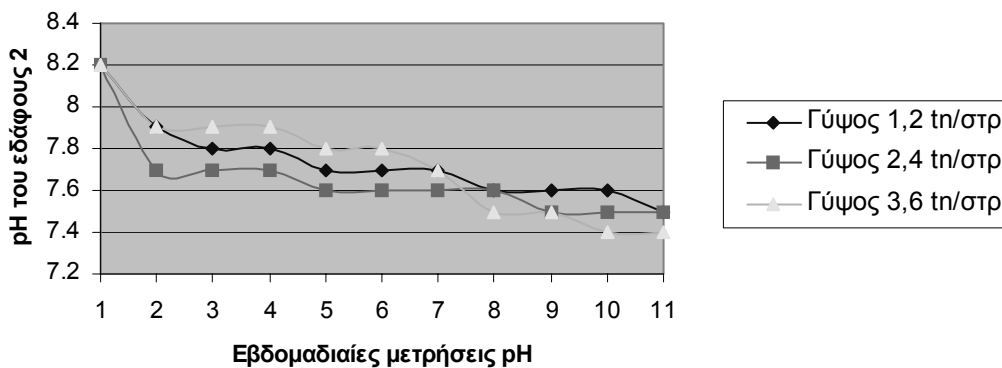
Η προσθήκη γύψου στο έδαφος 1 μειώνει το αρχικό pH από 8,1 σε 7,6 για ποσότητες 1.2 και 2.4 tn/στρ. και από 8,1 σε 7,5 για ποσότητα 3.6 tn/στρ. Ανάλογα αποτελέσματα ελήφθησαν και κατά τη εφαρμογή φωσφογύψου, όπου το pH μειώθηκε από 8,1 σε 7,5-7,6 και στις τρεις ποσότητες ορυκτού. Η επίδραση λοιπόν της γύψου και φωσφογύψου είναι σχεδόν ίδια, ανεξάρτητα από την ποσότητα η οποία χρησιμοποιείται. Υπάρχει όμως διαφορά όσον αφορά στον χρόνο στον οποίο επέρχεται η σταθεροποίηση των τελικών τιμών pH (Σχ. 1). Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται θείο παρατηρείται μεγαλύτερη βελτίωση στην τιμή του pH. Έτσι, αυτό μειώνεται από την αρχική τιμή 8,1 σε 7,3, 7,2 και 7,1 για ποσότητες θείου 0.6, 1.2 και 2.4 tn/στρ. αντίστοιχα. Η μείωση του pH επέρχεται γρήγορα και από την τέταρτη περίπου εβδομάδα, σε αντίθεση με τα άλλα εδαφοβελτιωτικά τα οποία για το ίδιο αποτέλεσμα χρειάστηκαν περίπου επτά εβδομάδες (Σχ. 1).

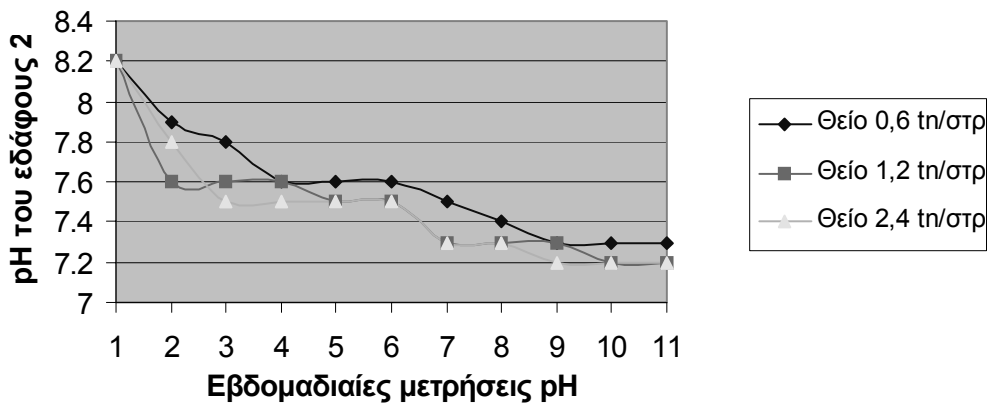
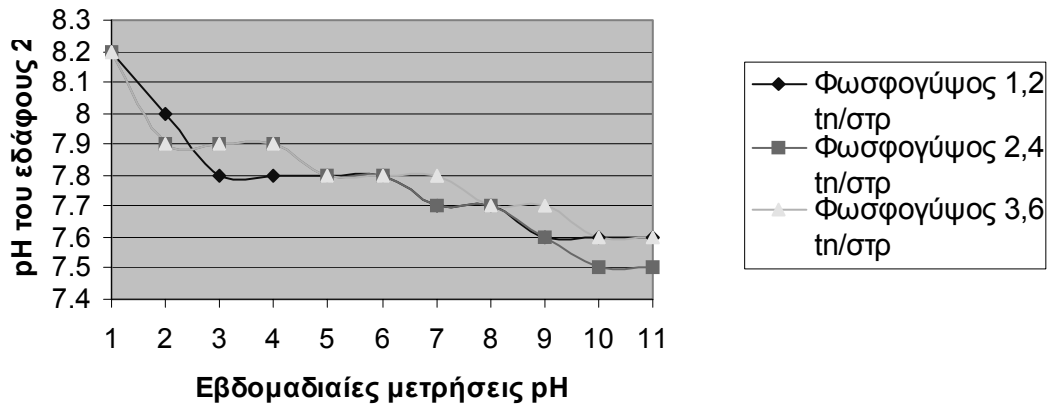




Σχήμα 1. Μεταβολή του pH του εδάφους 1 μετά την προσθήκη γύψου, φωσφογύψου και θείου

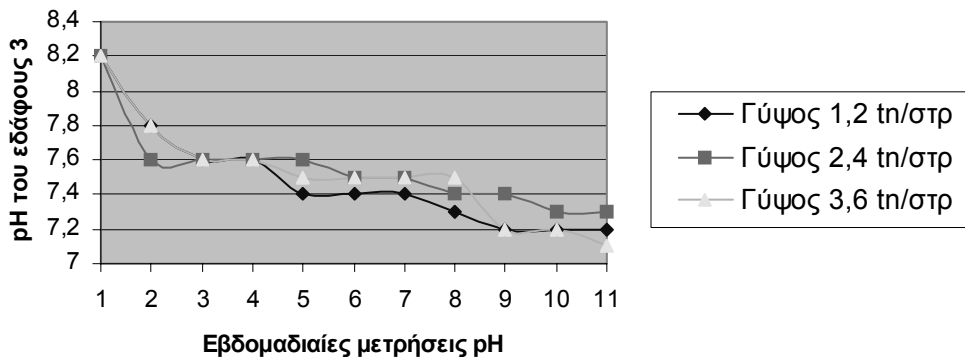
Στο έδαφος 2 η προσθήκη της γύψου μειώνει το pH του από 8,2 σε 7,5, 7,5 και 7,4 για ποσότητες 1,2, 2,4 και 3,6 tn/στρ. Το ίδιο παρατηρείται και μετά προσθήκη φωσφογύψου, όπου το pH του εδάφους μειώθηκε από 8,2 σε 7,6, 7,5 και 7,6 για τις αντίστοιχες ποσότητες. Η επίδραση των δύο αυτών θειούχων υλικών δεν είναι αξιοσημείωτη και είναι η ίδια, ανεξάρτητα από την ποσότητα εδαφοβελτιωτικού που εφαρμόζεται στι πειραματικό χώμα. Κατά την χρησιμοποίηση του θείου έχουμε πιο αισθητή πτώση του pH, το οποίο μειώνεται από 8,2 σε 7,3, 7,2 και 7,2 για ποσότητες 0,6, 1,2 και 2,4 tn/στρ. αντίστοιχα. Και σε αυτήν την περίπτωση όμως η πτώση του pH είναι ανεξάρτητη από την ποσότητα του εδαφοβελτιωτικού η οποία χρησιμοποιείται (Σχ. 2).

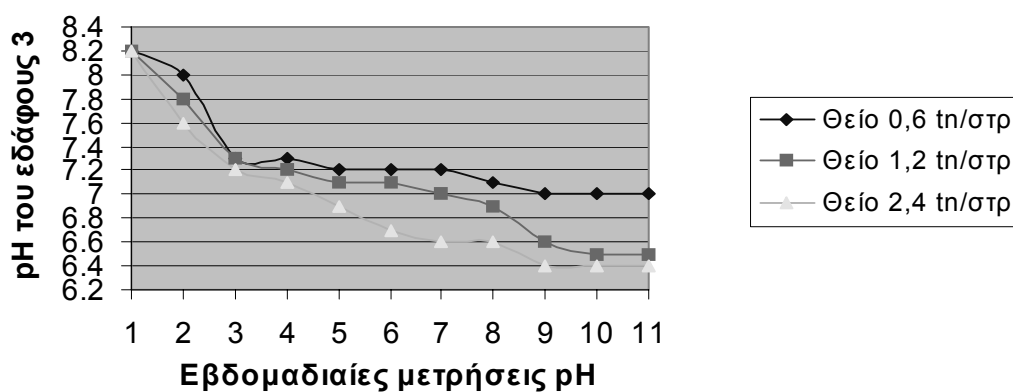
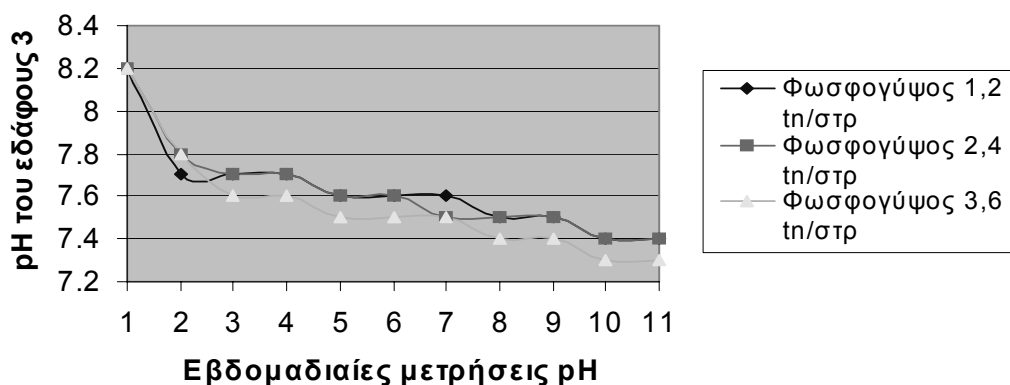




Σχήμα 2. Μεταβολή του pH του εδάφους 2 μετά την προσθήκη γύψου, φωσφογύψου και θείου

Στο έδαφος 3 παρατηρήθηκε μεγαλύτερη ελάττωση του pH απ'ότι στα άλλα δύο εδάφη. Έτσι η προσθήκη γύψου μείωσε το pH του εδάφους από 8,2 σε 7,2 7,3 και 7,1 για ποσότητες 1,2, 2,4 και 3,6 tn/στρ. αντίστοιχα, ενώ η προσθήκη φωσφογύψου το μείωσε από 8,2 σε 7,4, 7,4 και 7,3 για τις ίδιες ποσότητες. Και σε αυτό το έδαφος στις μεταχειρίσεις με τη γύψο και φωσφογύψο διαπιστώνεται πως η μείωση του pH δεν επηρεάζεται αισθητά από την ποσότητας που χρησιμοποιήθηκε και επήλθε σε χρονικό διάστημα περίπου οκτώ εβδομάδων.

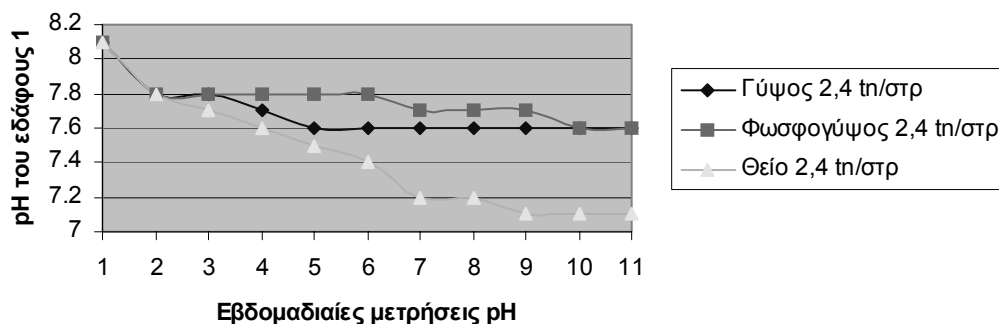




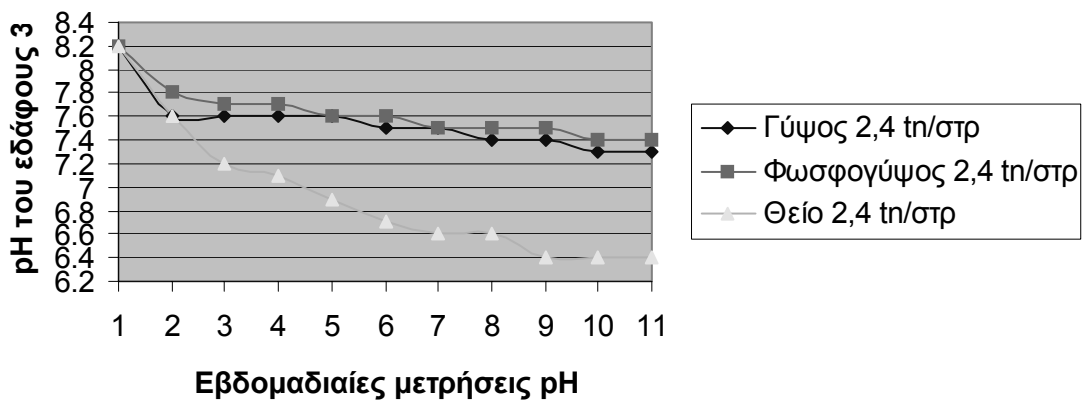
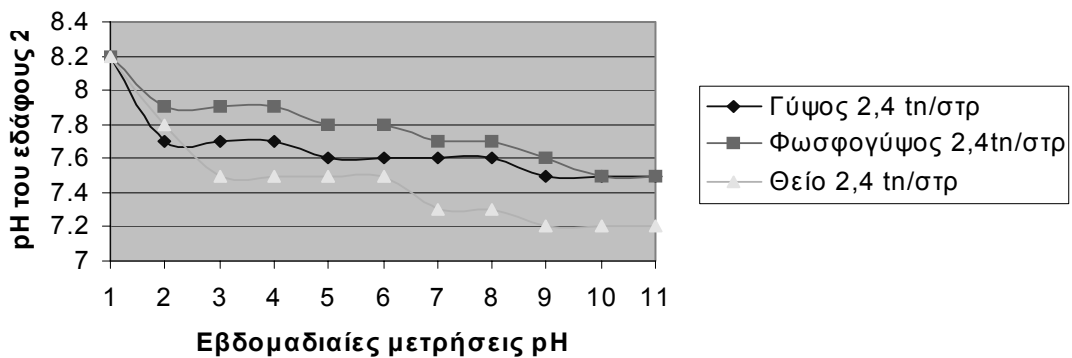
Σχήμα 3. Μεταβολή του pH του εδάφους 3 μετά την προσθήκη γύψου, φωσφογύψου και θείου.

Στην περίπτωση του θείου το pH ελαττώθηκε από 8,2 σε 7,0, 6,5 και 6,4 για ποσότητες 0.6, 1.2 και 2.4 tn/στρ. αντίστοιχα. Η ελάττωση αυτή επήλθε πολύ γρήγορα, από τη δεύτερη κιόλας εβδομάδα, καθώς το θείον μετατρέπεται σε θειικό οξύ το οποίο γρήγορα οξινίζει το έδαφος (Σχ. 3).

Στο σχήμα 4 γίνεται μια σύγκριση της μεταβολής του pH μετά την προσθήκη ίδιας ποσότητας γύψου, φωσφογύψου και θείου και στα τρία πειραματικά εδάφη







Σχήμα 4. Σύγκριση της μεταβολής του pH μετά την προσθήκη ίδιας ποσότητας γύψου, φωσφογύψου και θείου, στα εδάφη 1, 2 και 3

Και τα τρία ορυκτά προκάλεσαν βελτίωση των φυσικών ιδιοτήτων των εδαφών, όπως της διηθητικότητας. Η φωσφογύψος αν και εφοδιάζει το έδαφος με P, έχει χαμηλό κόστος και συντελεί στην απορρόφηση των παραπροϊόντων της βιομηχανίας φωσφορικών λιπασμάτων, ωστόσο ως εδαφοβελτιωτικό θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα να μην περιέχει στοιχεία επιβλαβή για την ανάπτυξη των φυτών και ρυπογόνα για το έδαφος και γενικά για το περιβάλλον, όπως As, Cd, Pb κ.α.

Η αιτιολόγηση και η ερμηνεία των ακραίων τιμών pH που καθιστούν τα εδάφη προβληματικά καθώς και οι αντιδράσεις θεραπείας τους με τα διάφορα εδαφοβελτιωτικά, αναφέρονται σε έκταση στη βιβλιογραφία (Μοσοπολινός, 1987, 1991).

#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δύο σειρών πειραμάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι για την βελτίωση των ισχυρά όξινων εδαφών μπορούμε να χρησιμοποιούμε ασβεστίτη, δολομίτη και χουντίτη ή και μίγματα αυτών με MgO σε ποσότητες περίπου 350 kg/στρ. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και MgO ως και μίγματά του με ασβεστίτη και δολομίτη, σε ποσότητα 200 kg/στρ. Αντίθετα για την μείωση της αλκαλικότητας των εδαφών συνιστάται γύψος και φωσφογύψος σε ποσότητες 1.2 t/στρ. ή ορυκτό θείο σε ποσότητα 0.6 t/στρ. Αυτές οι ποσότητες ισχύουν για τα εξεταζόμενα στα πειράματά μας εδάφη. Στην πράξη, δηλαδή σε συνθήκες αγρού, θα πρέπει να προσδιορίζονται οι ποσότητες των εδαφοβελτιωτικών για κάθε έδαφος ξεχωριστά, λόγω της

μεγάλης ποικιλομορφίας των εδαφών και της διαφορετικής κάθε φορά ρυθμιστικής ικανότητάς των, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα προσθέτοντας τη μικρότερη δυνατή ποσότητα εδαφοβελτιωτικού.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Al-Oudat, M., Arslan, A. and Kanakri, S., 1998. Physical and chemical properties, plant growth, and radionuclide accumulation effects from mixing phosphogypsum with some soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29 (15&16):2515-2528.
- Fageria, N.K. and Zimmermann, F.J.P., 1998. Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29(17&18):2675-2682.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Rosolem, C.A., Fageria, N.K. and Guimaraes, P.T.G., 1987. Sulfur responses of Brazilian Crops. *J. Plant Nutr.* 10:2153-2158.
- Μισοπολινός, Ν.Δ., 1987. Προβληματικά εδάφη. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη
- Μισοπολινός, Ν.Δ., 1991. Προβληματικά εδάφη., Μελέτη – Πρόβλεψη – Βελτίωση. Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη
- Mora, M.L., Cartes, P., Demanet, R. and Cornforth, I.S., 2002. Effects of lime and gypsum on pasture growth and composition on an acid Andisol in Chile, south America. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33(13&14):2069-2081.
- Shainberg, L., Sumner, M.E., Miller, W.P., Farina, M.P.W., Pavan, M.A., Fand Fey, M.V., 1990. Use of gypsum on soils: A review. *Adv. Soil Sci.* 9:1-111.
- Shamshuddin, J, Sharifuddin, H.A.H. and Bell, L., 1998. Longevity of ground Magnesium Limestone applied to an Ultisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29(9&10):1299-1313.
- USDA, 1993. Soil Survey Manual. Soil Survey Division Staff, p. 437.

## ABSTRACT

### **UTILIZATION OF MINERAL RAW MATERIALS (INDUSTRIAL BY-PRODUCTS) AND THEIR MIXTURES AS SOIL PH AMENDMENTS**

Sikalidis C.<sup>1</sup>, Karagiannidis N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Chemical Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 546 21, Thessaloniki, Greece, sikalidi@eng.auth.gr*

<sup>2</sup> *NAGREF – Soil Science Institute, Thessaloniki, Greece.*

Limestone, dolomitic stone, huntite, active magnesia and their mixtures as well as phosphorus containing gypsum, all by-products of various industrial activities, were investigated as soil amendments for acidic (pH 4.2 - 4.5) soils from Drama area, N. Greece and alkaline (pH 8.1 - 8.2) soils from Thermi area, N. Greece. Additions of 500 and 350 kg of the industrial by-products or their various mixtures tested, per 1000 sq.meters, improve the soil pH from the strong acidic area to 6.5-7.5. Active magnesia increases the pH values above 8. Additions of 200 kg of mixtures of limestone and active magnesia per 1000 sq.meters, found to be able to increase the soil pH from 4.2 to around 6.5. These results were obtained within ten days from the day of application. Phosphorous containing gypsum, by-product of phosphoric fertilizers industry, was found to be able to decrease the soil pH from 8.1-8.2 down to 7.1. The results of this work suggest the possible use of the studied by-products as soil amendments for acidic and alkaline soils, respectively.