ePublishing

ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 52, No 4 (2001)

Effect of the dietary inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on aerial ammonia level in pig houses

K. SAOULIDIS (Κ. ΣΑΟΥΛΙΔΗΣ), C. ALEXOPOULOS (Κ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ), D. S. PAPAIOANNOU (Δ.Σ. ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ), S. K. KRITAS (Σ.Κ. ΚΡΗΤΑΣ), S. C. KYRIAKIS (Σ.Κ. ΚΥΡΙΑΚΗΣ)

doi: 10.12681/jhvms.15460

Copyright © 2018, K SAOULIDIS, C ALEXOPOULOS, DS PAPAIOANNOU, SK KRITAS, SC KYRIAKIS

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.

To cite this article:

SAOULIDIS (Κ. ΣΑΟΥΛΙΔΗΣ) K., ALEXOPOULOS (Κ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ) C., PAPAIOANNOU (Δ.Σ. ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ) D. S., KRITAS (Σ.Κ. ΚΡΗΤΑΣ) S. K., & KYRIAKIS (Σ.Κ. ΚΥΡΙΑΚΗΣ) S. C. (2018). Effect of the dietary inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on aerial ammonia level in pig houses. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, *52*(4), 291–298. https://doi.org/10.12681/jhvms.15460

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 12/02/2026 15:00:07

ΔΕΛΤΙΟΝ ΕΛΛ. ΚΤΗΝ. ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 2001, 52(4): 292-298

Μελέτη της επίδρασης στη συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας στους θαλάμους των χοιροστασίων από την ενσωμάτωση στην τροφή των χοίρων του φυσικού ζεόλιθου (κλινοπτιλόλιθου)

Κ. Σαουλίδης[1], Κ. Αλεξόπουλος[2], Δ.Σ. Παπαϊωάννου[1], Σ.Κ. Κρήτας[3], Σ.Κ.Κυριάκης[1]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Έχει διαπιστωθεί ότι όταν οι φυσικοί ζεόλιθοι προστίθενται στην τροφή των παραγωγικών ζώων βελτιώνουν τις αποδόσεις τους και βοηθούν στη μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας στους θαλάμους σταβλισμού τους. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η εκτίμηση της επίδρασης στη συγκέντρωση της αμμωνίας των θαλάμων εκτροφής χοίρων, από την ενσωμάτωση στην τροφή των ζώων του φυσικού ζεόλιθου (κλινοπτιλόλιθου). Τα ζώα κατανεμήθηκαν σε δύο κύριες πειραματικές ομάδες, ανάλογα με το αν κατανάλωσαν ή όχι τροφή εμπλουτισμένη με 2% κλινοπτιλόλιθο (ομάδες Z και N αντίστοιχα) και η κάθε ομάδα σε δύο υποομάδες (Z_1, Z_2 και N_1, N_2) ανάλογα με το αν προστέθηκαν ή όχι αντιβακτηριακές ουσίες στην τροφή. Σε κάθε θάλαμο σταβλίστηκαν ζώα της ίδιας πειραματικής υποομάδας και οι μετρήσεις της αμμωνίας έγιναν με στήλες διήθησης (Dräger tubes) στο τέλος της κάθε παραγωγικής φάσης (απογαλακτισμός, ανάπτυξη, πάχυνση). Από τη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε, ότι στο τέλος του σταδίου της πάχυνσης, τη μικρότερη συγκέντρωση αμμωνίας εμφάνισε ο θάλαμος των ζώων της υποομάδας Z_1, ενώ μεταξύ των δύο κυρίων πειραματικών ομάδων, σημαντικά μικρότερη (P<0,05) ήταν η συγκέντρωση της αμμωνίας στο τέλος των σταδίων ανάπτυξης και πάχυνσης, στους θαλάμους σταβλισμού των ζώων που κατανάλωσαν τον κλινοπτιλόλιθο με την τροφή τους (ομάδα Z).

Λέξεις ευρετηρίασης: κλινοπτιλόλιθος, αμμωνία, χοίρος, χοιροστάσιο

ABSTRACT. Saoulidis K.[1], Alexopoulos C.[2], Papaioannou D.S.[1], Kritas S.K.[3], Kyriakis S.C.[1]. Effect of the dietary inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on aerial ammonia level in pig houses. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society 2001, 52(4):292-298.* **The beneficial effect of dietary inclusion of natural zeolites on the growth of the animals and on reducing ammonia levels in livestock buildings, has been described. The objective of the present study was to determine the effect of the dietary inclusion of a natural zeolite (clinoptilolite) on the ammonia level in a Greek "farrow-to-finish" pig unit. Animals participating in the study were of the same genetic background and were divided into two main experimental groups depending on the inclusion or not of clinoptilolite (groups Z and N respectively) and four experimental subgroups depending on the inclusion or not of antimicrobials in the feed (subgroups Z_1, N_1 and Z_2, N_2 respectively). Aerial ammonia level measurements were carried out using diffusion tubes (Dräger tubes) at the end of each growth stage (weaning, growing and fattening stages). In order to ensure the accuracy of the measurements, in each barn, animals of the same experimental subgroup were allocated. The results of this study demonstrate that the incorporation of clinoptilolite in swine feed had a favorable effect on aerial ammonia level. Significantly lower levels (P<0,05) were obtained in Z1 subgroup at the end of the fattening stage. Comparing the results among the main experimental groups (Z and N), the decreasing effect on ammonia level (P<0,05) was evident at the end of the growing and the fattening stages.**

Keywords: clinoptilolite, ammonia, swine, pig house

[1] *Κλινική Παθολογίας Παραγωγικών Ζώων, Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., 540 06 Θεσσαλονίκη*

[2] *Κλινική Μαιευτικής και Τ.Σ., Τμήμα Κτηνιατρικής, Α.Π.Θ., 540 06 Θεσσαλονίκη*

[3] *Κλινική Παθολογίας των Ζώων, Τμήμα Κτηνιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ΤΘ 199, 431 00 Καρδίτσα*

[1] *Clinic of Productive Animal Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki, Macedonia, Greece*

[2] *Clinic of Obstetrics and AI, Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki, Macedonia, Greece*

[3] *Clinic of Medicine, Faculty of Veterinary Medicine, University of Thessaly, PO Box 199, 431 00 Karditsa, Greece*

Ημερομηνία υποβολής:08.11.2000
Ημερομηνία εγκρίσεως: 21.03.2001

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φυσικοί ζεόλιθοι είναι κρυσταλλικά ένυδρα αργιλιοπυριτικά ορυκτά που έχουν ειδικές ιδιότητες ανταλλαγής ιόντων, προσρόφησης και ενυδάτωσης. Στο τρισδιάστατο κρυσταλλικό μόριό τους περιέχουν αργίλιο (Al^{+3}) και πυρίτιο (Si^{+4}) με τη μορφή αλκαλικών αλάτων (σταθερά ή δομικά κατιόντα), καθώς και έναν αριθμό άλλων κατιόντων που συνδέονται ασθενώς με την κρυσταλλική δομή. Χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να χάνουν και να ανακτούν μόρια νερού, καθώς και να ανταλλάσσουν κάποια από τα ασθενώς δεσμευμένα κατιόντα τους, χωρίς να επιφέρεται αλλαγή στη δομή τους[1].

Ο κλινοπτιλόλιθος, λόγω της γεωλογικής του εξάπλωσης και της μεγάλης του ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (cation exchange capacity), κρίνεται ως κατάλληλος για χρήση στη γεωργία - κτηνοτροφία[2] . Προστιθέμενος στην τροφή των παραγωγικών ζώων έχει αναφερθεί ότι επιδρά ευεργετικά στην αύξηση βάρους και στη μετατρεψιμότητα της τροφής τους[3,4]. Η ιδιότητά του αυτή αποδίδεται στην υψηλή ικανότητα δέσμευσης κατιόντων όπως τα ιόντα NH_4^+ που παράγονται στον εντερικό αυλό από την αποδόμηση των πρωτεϊνών της τροφής κατά τη διαδικασία της πέψης[5], ή στην πιθανή απορρόφηση τοξικών τελικών προϊόντων της μικροβιακής δραστηριότητας, όπως η p-κρεσόλη που παράγεται κατά την αποδόμηση της τυροσίνης[6]. Επίσης, αρκετοί ερευνητές διαπίστωσαν ότι η προσθήκη ζεόλιθου στην τροφή των χοίρων μειώνει σημαντικά τη συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας στους θαλάμους των χοιροτροφικών εκμεταλλεύσεων[7-9].

Οι χοίροι καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα πρωτεϊνών και άλλων αζωτούχων ουσιών με την τροφή τους. Ένα τμήμα των προσλαμβανόμενων πρωτεϊνών εναποτίθεται στον οργανισμό ή απεκκρίνεται με το γάλα, ενώ ένα άλλο απεκκρίνεται με τα κόπρανα και τα ούρα[10]. Ανάλογα και με τη σύνθεση του σιτηρεσίου, σημαντικό μέρος του προσλαμβανόμενου με την τροφή αζώτου αποβάλλεται με τα ούρα με τη μορφή ουρίας[11]. Μετά την απέκκρισή τους, τα ούρα και τα κόπρανα αναμιγνύονται, οπότε αρχίζει η υδρόλυση της ουρίας με την καταλυτική δράση του μικροβιακής προελεύσεως ενζύμου ουρεάση, σε διοξείδιο του άνθρακα και σε αμμωνία. Το άζωτο που περιέχεται στα κόπρανα και είναι οργανικής προελεύσεως συμβάλλει σε σημαντικά μικρότερο βαθμό στην παραγωγή αμμωνίας[12]. Υπολογίζεται ότι το 30% περίπου του συνολικά απεκκρινόμενου από τους χοίρους αζώτου μετατρέπεται σε αμμωνία[13].

Η αμμωνία είναι εξαιρετικά υδατοδιαλυτή και απορροφούμενη από τους βλεννογόνους των οφθαλμών και της αναπνευστικής οδού των ζώων προκαλεί τον ερεθισμό τους[14]. Έκθεση σε συγκέντρωση ίση ή μεγαλύτερη από 75 ppm οδηγεί σε ιστοπαθολογικές μεταβολές στο αναπνευστικό επιθήλιο (πάχυνση επιθηλίου, απώλεια των κροσσών, διήθηση από φλεγμονώδη κύτταρα)[15,16], αυξάνοντας την ευπάθεια των ζώων σε λοιμώδεις παράγοντες του αναπνευστικού συστήματος[17,18]. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι συγκεντρώσεις αμμωνίας της τάξης των 50 ppm προκαλούν καθυστέρηση της ανάπτυξης των χοίρων ως και 12%[15]. Σημειώνεται, τέλος, ότι η αυξημένη συγκέντρωση αμμωνίας στους θαλάμους των χοιροστασίων προκαλεί προβλήματα και στην υγεία των εργαζομένων, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα, λειτουργώντας ως προδιαθεσικό αίτιο για την εμφάνιση διαφόρων αναπνευστικών προβλημάτων[19].

Αντικείμενο της παρούσας πειραματικής μελέτης ήταν η συστηματική μέτρηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας σε θαλάμους εκτροφής χοίρων και η εκτίμηση της επίδρασης του φυσικού ζεόλιθου (κλινοπτιλόλιθου) στη συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας στο περιβάλλον των θαλάμων αυτών, όταν προστίθεται, για μακρό χρονικό διάστημα, στην τροφή των χοίρων σε ποσοστό 2%, σε συνδυασμό ή μη με αντιβακτηριακές ουσίες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πειραματικό υλικό

Ο κλινοπτιλόλιθος που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική μας μελέτη είναι ηφαιστειογενούς προέλευσης υλικό, το οποίο εξορύχτηκε στη Βόρειο Ελλάδα (Θράκη) και κατεργάστηκε από την εταιρία "Αργυρομεταλλευμάτων και Βαρυτίνης Α.Ε.". Είχε ελάχιστη καθαρότητα 85%, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων 130-150 mEq / 100 g και την ακόλουθη χημική σύνθεση: SiO_2 68,26%, Al_2O_3 13,3%, Fe_2O_3 0,08%, CaO 4,34%, MgO 1,05%, K_2O 0,94%, Na_2O 0,26%, L.O.I. 11,6%.

Εκτροφή πειραματισμού, ζωικό υλικό και πειραματικές ομάδες

Η παρούσα μελέτη αποτέλεσε μέρος μιας ευρύτερης ερευνητικής δραστηριότητας, που είχε σκοπό τη μελέτη των επιπτώσεων στην υγεία και την παραγωγικότητα των χοίρων από την ενσωμάτωση του κλινοπτιλόλιθου στην τροφή τους, σε συνδυασμό ή μη με τις συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες αντιβακτηριακές ουσίες. Πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ενός έτους (Ιανουάριος 1998-Φεβρουάριος 1999) σε εκτροφή δυναμικότητας 450 συών με ετήσια παραγωγή περίπου 8500 χοίρων σφαγής [μιγάδες: (Large White x Landrace) x Belgian Landrace].

Το "αναθρεπτήριο" διέθετε 7 θαλάμους, ο κάθε ένας από τους οποίους είχε 8 κελιά διαστάσεων 2 x 2 m, διατεταγμένα σε δύο σειρές, με μεταλλικό εσχαρωτό δάπεδο. Την κάθε σειρά κελιών διέσχιζε υποδαπέδιο κανάλι εκροής των λυμάτων. Ο απογαλακτισμός των χοιριδίων γινόταν την 25η±3 ημέρα της ζωής τους (σωματικό βάρος - Σ.Β. 6 χλγ. περίπου) και το στάδιο της πρώτης ανάπτυξης, έως το Σ.Β. των 25 χλγ. περίπου, ολοκληρωνόταν τη 10η εβδομάδα της ζωής τους.

Πίνακας 1. Χημική ανάλυση των βασικών σιτηρεσίων που χρησιμοποιήθηκαν για τη διατροφή των ζώων σε όλη τη διάρκεια του πειραματισμού

Table 1. Chemical analysis of the basal diets used throughout the trial

	Ηλικία (ημέρες)			
	25η±3 - 46η±3	**46η±3 - 70η**	**71η - 112η**	**113η - 161η**
Πεπτή ενέργεια (Mcal/χλγ)*	3,42	3,32	3,28	3,16
Ολ. Αζωτούχες ουσίες (%)*	21,1	20,2	18,8	18,1
Ασβέστιο (%)*	0,97	0,77	0,77	0,71
Διαθέσιμος φωσφόρος (%)*	0,62	0,56	0,46	0,42
Λυσίνη (%)*	1,48	1,23	1,03	0,85

*Οι τιμές που παρατίθενται αποτελούν τους μέσους όρους των αποτελεσμάτων διαδοχικών χημικών αναλύσεων που διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειραματισμού

Η εκτροφή των ζώων τόσο κατά την προπάχυνση (μέχρι το Σ.Β. των 50 χλγ. περίπου), όσο και κατά την τελική πάχυνση (μέχρι το Σ.Β. των 100 χλγ. περίπου) ολοκληρωνόταν στον ίδιο χώρο και διαρκούσε 13 εβδομάδες (6 και 7 εβδομάδες αντίστοιχα). Η εκτροφή διέθετε 5 παχυντήρια, το κάθε ένα από τα οποία είχε:

- παχυντήριο Α: 27 κελιά (διαστάσεις 3 x 3 m) σε 2 σειρές
- παχυντήριο Β: 15 κελιά (διαστάσεις 3 x 3 m) σε 2 σειρές
- παχυντήριο Γ: 36 κελιά (διαστάσεις 3 x 3 m) σε 4 σειρές
- παχυντήριο Δ: 40 κελιά (διαστάσεις 3 x 3 m) σε 4 σειρές
- παχυντήριο Ε: 24 κελιά (διαστάσεις 3 x 3 m) σε 2 σειρές

Το δάπεδο των κελιών ήταν υπερυψωμένο και εσχαρωτό, αποτελούμενο από δοκίδες σιδηροπαγούς σκυροδέματος. Την κάθε σειρά κελιών διέσχιζε υποδαπέδιο κανάλι εκροής των λυμάτων, μέσω του οποίου, όπως και στην περίπτωση των κελιών του "αναθρεπτηρίου", γινόταν η συγκέντρωσή των λυμάτων σε κοινή δεξαμενή συλλογής έξω από τα παχυντήρια.

Η εκμετάλλευση εφάρμοζε το σύστημα της μονοεκτροφής ("all in - all out") και κατά τις μετακινήσεις των ζώων, πριν από την είσοδο και την εγκατάστασή τους, προηγούνταν σχολαστική απορρύπανση και απολύμανση των κελιών. Ο αερισμός των θαλάμων επιτυγχανόταν με τη λειτουργία αυτόματων συσκευών αερισμού και την παρουσία ανοιγμάτων στην τοιχοποιία. Το σύστημα αερισμού ήταν ρυθμισμένο ώστε να εξασφαλίζει θερμοκρασία μεταξύ 22-27°C στους θαλάμους του "αναθρεπτηρίου" και μεταξύ 18-23°C στα παχυντήρια.

Στον πειραματισμό συμμετείχαν 1500 ζώα, κατανεμημένα σε 2 κύριες πειραματικές ομάδες, ανάλογα με το αν κατανάλωσαν ή όχι ζεόλιθο με την τροφή τους (750 στην ομάδα Ζ και 750 στην ομάδα Ν αντίστοιχα). Επιπλέον, η κάθε κύρια πειραματική ομάδα χωρίστηκε σε 2 υποομάδες ανάλογα με το αν τα ζώα τους κατανάλωσαν ή όχι αντιβακτηριακές ουσίες (500 και 250 ζώα στις υποομάδες Ζ1 και Ζ2 αντίστοιχα, 500 και 250 ζώα στις υποομάδες Ν1 και Ν2 αντίστοιχα).

Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε ο κάθε θάλαμος του "αναθρεπτηρίου" να περιέχει ζώα της ίδιας υποομάδας. Παρομοίως, σε καθένα από τα παχυντήρια που χρησιμοποιήθηκαν στον πειραματισμό, εγκαταστάθηκαν ζώα της ίδιας πειραματικής υποομάδας.

Στην πειραματική ομάδα Ζ ο ζεόλιθος προστέθηκε σε ποσοστό 2 % στο βασικό σιτηρέσιο, αντικαθιστώντας ανάλογη ποσότητα δημητριακών καρπών. Στις πειραματικές υποομάδες Ζ2 και Ν2 χρησιμοποιήθηκαν οι εξής αντιβακτηριακές ουσίες:

- από την 25η±3 έως τη 46η±3 ημέρα της ζωής των χοιριδίων: ενροφλοξασίνη (50 ppm)
- από την 46η±3 έως την 70η ημέρα της ζωής τους: σαλινομυκίνη (60 ppm)
- από την 71η έως την 112η ημέρα της ζωής τους: σαλινομυκίνη (60 ppm)
- από την 113η έως την 161η ημέρα της ζωής τους: σαλινομυκίνη (30 ppm)

Η χημική ανάλυση των σιτηρεσίων που χρησιμοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια του πειραματισμού φαίνεται στον πίνακα 1.

Μέτρηση της συγκέντρωσης της αέριας αμμωνίας

Οι συγκεντρώσεις της αέριας αμμωνίας μετρήθηκαν με τη βοήθεια ειδικών σωληνίσκων (Dräger tubes), βαθμολογημένων για να μετρούν συγκεντρώσεις αμμωνίας από 2,5 έως 200 ppm, όταν χρησιμοποιούνται για διάστημα 8 ωρών και κάτω από συνθήκες σχετικής υγρασίας από 5 έως 95% και θερμοκρασίας από 0 έως 40°C (Dräger Tube Ammonia 20/a-D, Dräger Sicherheitstechnik GmbH - Germany). Η μέτρηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας με τη χρήση στηλών διήθησης είναι σχετικά απλή και δίνει ενδεικτικά αποτελέσματα, αν και λιγότερο ακριβή σε σύγκριση με αυτά που εξάγονται με τη χρήση πιο εξειδικευμένων συσκευών μέτρησης[12].

Για την κάθε μέτρηση χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις σω-

Πίνακας 2. Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης της αμμωνίας (ppm) ανά πειραματική υποομάδα (μέσος όρος±τυπικό σφάλμα)

Table 2. Ammonia concentration (ppm) per each experimental subgroup (mean value±SEM)

	Πειραματικές υποομάδες*			
	Z1	**N1**	**Z2**	**N2**
Τέλος σταδίου πρώτης ανάπτυξης	7,18$^{\alpha}$±1,41	8,90$^{\alpha}$±1,07	6,56$^{\alpha}$±0,94	10,00$^{\alpha}$±1,25
Τέλος σταδίου προπάχυνσης	10,62$^{\alpha}$±1,37	15,15$^{\alpha}$±0,93	11,56$^{\alpha}$±1,56	15,00$^{\alpha}$±2,50
Τέλος σταδίου τελικής πάχυνσης	30,15β±0,74	40,00$^{\alpha}$±2,18	34,37αβ±3,12	40,31$^{\alpha}$±2,81

$^{\alpha,\beta}$ Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά (P<0,05)

* Z1= κλινοπτιλόλιθος +, αντιβακτηριακές ουσίες -
Z2= κλινοπτιλόλιθος +, αντιβακτηριακές ουσίες +
N1= κλινοπτιλόλιθος -, αντιβακτηριακές ουσίες -
N2= κλινοπτιλόλιθος -, αντιβακτηριακές ουσίες +

ληνίσκοι στις τέσσερις γωνίες του θαλάμου. Ο κάθε σωληνίσκος τοποθετήθηκε σε ειδικό υποδοχέα που αναρτήθηκε από την οροφή μπροστά στα κελιά, στο ύψος της κεφαλής των ζώων, όπου και παρέμενε για χρονικό διάστημα 8 ωρών κατά τη διάρκεια της νύχτας (από 10.00 μ.μ. έως 06.00 π.μ.). Από το ελεύθερο άκρο των σωληνίσκων, μετά τη διάνοιξή τους, διαχέονταν τα μόρια της αμμωνίας κατά μήκος της στήλης του αντιδραστηρίου που περιείχαν. Η επαφή της αμμωνίας με το αντιδραστήριο προκαλούσε τον αποχρωματισμό του τελευταίου. Η ωριαία συγκέντρωση της αμμωνίας (ppm x h) υπολογιζόταν από το μήκος της αποχρωματισμένης ζώνης του αντιδραστηρίου του κάθε σωληνίσκου. Η μέση συγκέντρωση της αμμωνίας του θαλάμου (ΜΣΑ), στην κάθε περίπτωση, προσδιορίστηκε ως εξής: ΜΣΑ (ppm) = [΄Ενδειξη 1 + ΄Ενδειξη 2 + ΄Ενδειξη 3 + ΄Ενδειξη 4] / 4 x [΄Ωρες έκθεσης].

Οι μετρήσεις γίνονταν μία ημέρα πριν από τη μετάβαση των ζώων στο επόμενο παραγωγικό στάδιο και πιο συγκεκριμένα τη 10η εβδομάδα της ζωής τους (πριν από τη μετάβαση των ζώων από τους θαλάμους του "αναθρεπτηρίου" στα παχυντήρια), τη 16η εβδομάδα (τέλος του σταδίου της προπάχυνσης) και την 23η εβδομάδα (τέλος του σταδίου της τελικής πάχυνσης).

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων του πειραματισμού έγινε με τη μέθοδο της ανάλυσης της διακύμανσης (one way analysis of variance), χρησιμοποιώντας τη διαδικασία των General Linear Models (GLM) του στατιστικού προγράμματος Statistical Analysis System (SAS), το οποίο βρίσκεται εγκατεστημένο στην Κλινική Παθολογίας Παραγωγικών Ζώων του Τμήματος Κτηνιατρικής του ΑΠΘ με κωδικό 84912001[20]. Για τη σύγκριση των μέσων τιμών μεταξύ των πειραματικών υποομάδων χρησιμοποιήθηκε η δοκιμή του πολλαπλού εύρους του Duncan και μεταξύ των κυρίως πειραματικών ομάδων η δοκιμή του t-test.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα πλαίσια της ολοκληρωμένης κτηνιατρικής διαχείρισης των εκτροφών χοίρου καθίσταται επιτακτική η ανάγκη τακτικής εκτίμησης της συγκέντρωσης της αέριας αμμωνίας μέσα στους θαλάμους, προκειμένου να περιοριστούν οι κίνδυνοι για την υγεία των εργαζομένων και των χοίρων. Η ανώτατη συγκέντρωση αμμωνίας στην οποία μπορούν να εκτεθούν οι εργαζόμενοι είναι τα 25 ppm επί 3 ώρες ή τα 35 ppm επί 10 λεπτά[21]. Όσον αφορά τους χοίρους, ασφαλής θεωρείται η έκθεσή τους γενικώς σε συγκεντρώσεις μεταξύ 2 και 10 ppm[10,22]. Πρόσφατη μελέτη αποδεικνύει ότι η συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας σε θαλάμους ελληνικών χοιροτροφικών εκμεταλλεύσεων είναι μεγαλύτερη από την ιδανική[23]. Στα ίδια συμπεράσματα κατέληξε και η δική μας μελέτη, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τις συγκεντρώσεις της αέριας αμμωνίας στα παχυντήρια.

Στις διάφορες μεθόδους που προτείνονται για τη μείωση της εκπεμπόμενης από τις κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις ποσότητας αμμωνίας, συμπεριλαμβάνεται και η χρήση των φυσικών ζεόλιθων τόσο στη διατροφή των ζώων[9], όσο και για την επεξεργασία των λυμάτων των κτηνοτροφικών επιχειρήσεων[24]. Ενδεικτικά αναφέρονται τα αποτελέσματα παλαιότερης μελέτης, όπου η επεξεργασία των λυμάτων αγελαδοτροφικής επιχείρησης με φυσικό ζεόλιθο (κλινοπτιλόλιθο) οδήγησε σε μείωση της εκπομπής της αμμωνίας στο χώρο συλλογής των λυμάτων από 95,3% σε 39%[25]. Στον πίνακα 2 παρατίθενται τα αποτελέσματα της δικής μας πειραματικής μελέτης. Από τη συγκριτική μελέτη των αποτελεσμάτων, μεταξύ των 4 πειραματικών υποομάδων, διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές στους θαλάμους του "αναθρεπτηρίου" στο τέλος του σταδίου της πρώτης ανάπτυξης και στα παχυντήρια στο τέλος του σταδίου της προπάχυνσης. Η συγκέντρωση της αμμωνίας ήταν σημαντικά μικρότερη στο τέλος του σταδίου της τελικής πάχυνσης στην υποομάδα Z1, όπου προστέθηκε μόνο ζεόλιθος, σε σύγκριση με τις υποομάδες N1 και N2 των μαρτύρων (P<0,05). Διαπιστώθηκε επίσης ότι η συνδυασμένη χρήση ζεόλιθου και αντιβακτηριακών ουσιών όχι μόνο δεν είχε συνεργικό αποτέλεσμα, αλλά απεναντίας ο-

Πίνακας 3. Αποτελέσματα των μετρήσεων της συγκέντρωσης της αμμωνίας (ppm) ανά πειραματική ομάδα (μέσος όρος±τυπικό σφάλμα)

Table 3. Ammonia concentration (ppm) per each experimental group (mean value (SEM)

	Πειραματικές ομάδες*	
	Z	**N**
Τέλος σταδίου πρώτης ανάπτυξης	$6,97^{\alpha} \pm 0,93$	$9,27^{\alpha} \pm 0,78$
Τέλος σταδίου προπάχυνσης	$10,93^{\beta} \pm 0,98$	$15,10^{\alpha} \pm 0,88$
Τέλος σταδίου πάχυνσης	$31,56^{\beta} \pm 1,29$	$40,10^{\alpha} \pm 1,56$

$^{\alpha,\beta}$Μέσοι όροι στην ίδια σειρά με διαφορετικούς εκθέτες διαφέρουν σημαντικά ($P<0,05$)
* Z= κλινοπτιλόλιθος +
N= κλινοπτιλόλιθος -

δήγησε σε αύξηση (αν και όχι σημαντική) της συγκέντρωσης σε σύγκριση με την υποομάδα Z1 ($P>0,05$).

Πιο σαφή ήταν τα αποτελέσματα μεταξύ των 2 κυρίως πειραματικών ομάδων (Z και N), τα οποία παρατίθενται στον πίνακα 3. Αν και τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις στους θαλάμους του "αναθρεπτήριου" δεν εμφάνισαν διαφορά ($P>0,05$), φαίνεται καθαρά ότι στο τέλος του σταδίου της προπάχυνσης η ενσωμάτωση του κλινοπτιλόλιθου στο σιτηρέσιο των ζώων οδήγησε σε σημαντική μείωση της συγκέντρωσης της αμμωνίας ($P<0,05$). Παρομοίως, στο τέλος του σταδίου της τελικής πάχυνσης διαπιστώθηκε μείωση που ήταν επίσης σημαντική ($P<0,05$).

Το γεγονός ότι ο κλινοπτιλόλιθος έχει την ικανότητα δέσμευσης των αμμωνιακών κατιόντων[26] δεν αρκεί από μόνο του για να ερμηνεύσει τον τρόπο με τον οποίο το υλικό αυτό επιφέρει τη μείωση της συγκέντρωσης της αέριας αμμωνίας στους θαλάμους των χοιροστασίων, όταν χρησιμοποιείται στη διατροφή των ζώων. Η προσθήκη του ζεόλιθου στην τροφή των χοίρων οδηγεί σε αύξηση του ποσοστού των συνολικών αζωτούχων ουσιών των κοπράνων[3]. Αποδεικνύεται επίσης από άλλες μελέτες ότι ο ζεόλιθος μεταβάλλει την οδό απέκκρισης του αζώτου, αυξάνοντας το ποσοστό του αζώτου που απεκκρίνεται με τα κόπρανα και μειώνοντας το αντίστοιχο που απεκκρίνεται με τα ούρα[27]. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η επίδραση του ζεόλιθου στη συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας μπορεί να αποδοθεί στη μεταβολή που προκαλεί στην αναλογία του απεκκρινόμενου με τα ούρα και τα κόπρανα αζώτου, με συνέπεια τη μείωση του οργανικού υποστρώματος από το οποίο με υδρόλυση προέρχεται η αμμωνία.

Η ουρεολυτική βακτηριακή χλωρίδα του παχέος εντέρου του χοίρου αποτελείται κατά 74% από μικροοργανισμούς του είδους *Streptococcus spp*. Σε μικρότερους αριθμούς συναντώνται επίσης ουρεολυτικοί σταφυλόκοκκοι, το *Selenomonas ruminantium*, το *Bacteroides multiacidus* και το *Eubacterium limosum*[28]. Αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών αποδεικνύουν ότι η προσθήκη αντιβακτηριακών ουσιών στην τροφή των χοίρων μειώνει σημαντικά τους πληθυσμούς των παραπάνω μικροοργανισμών, χωρίς ωστόσο να επηρεάζεται σημαντικά η συγκέντρωση της παραγόμενης στον εντερικό αυλό αμμωνίας[28]. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, στη δική μας μελέτη η προσθήκη των αντιβακτηριακών ουσιών δεν μετέβαλε σημαντικά τη συγκέντρωση της αέριας αμμωνίας στους θαλάμους του χοιροστασίου. Ακόμη και στην περίπτωση που η δράση των αντιβακτηριακών ουσιών προκάλεσε τη μείωση του αριθμού των συγκεκριμένων μικροοργανισμών, δεν αποκλείεται τα εναπομείναντα βακτηριακά ουρεολυτικά στελέχη να αύξησαν τη σύνθεση της ουρεάσης, διατηρώντας στα ίδια επίπεδα με τους μάρτυρες τη δραστηριότητα της ουρεάσης των κοπράνων.

Τα αποτελέσματα του πειραματισμού έδειξαν επίσης ότι η μέση συγκέντρωση της αμμωνίας στους θαλάμους του "αναθρεπτηρίου" ήταν πολύ μικρότερη από την αντίστοιχη των παχυντηρίων. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει παρατηρήσεις παλαιότερης έρευνας[23] και εξηγείται από το γεγονός ότι η καθημερινή παραγωγή κοπράνων και ούρων από τους χοίρους αυξάνει όσο μεγαλώνει η ηλικία τους[29-30]. Επιπλέον, θα πρέπει να συνεκτιμηθεί το γεγονός ότι η συγκέντρωση της αμμωνίας μέσα στους θαλάμους των χοιροστασίων εξαρτάται άμεσα από τη λειτουργία και τον τρόπο διευθέτησης του συστήματος εξαερισμού[31]. Στους θαλάμους του "αναθρεπτηρίου", σε αντίθεση με τα παχυντήρια, οι συσκευές αερισμού ήταν τοποθετημένες κάτω από το σχαρωτό δάπεδο και πλησιέστερα προς την επιφάνεια των λυμάτων στον υποδαπέδιο χώρο συλλογής τους, με αποτέλεσμα την πιο άμεση απομάκρυνση της παραγόμενης αμμωνίας από τους θαλάμους.

Τα συμπεράσματα της μελέτης συνοψίζονται στο ότι η ενσωμάτωση του κλινοπτιλόλιθου στην τροφή των χοίρων μπορεί να μειώσει τη συγκέντρωση της αμμωνίας στους θαλάμους σταβλισμού, παρέχοντας ευνοϊκότερες συνθήκες διαβίωσης στα ζώα και ασφαλέστερες συνθήκες εργασίας στο προσωπικό που εργάζεται σε αυτούς. Έτσι, συμβάλλει στην υγεία και την αύξηση της παραγωγικότητας των ζώων και, έμμεσα, περιορίζει την ανάγκη χρήσης αντιβακτηριακών ουσιών. Η επίδραση αυτή, όταν εκτιμάται με βάση την ποσοστιαία μείωση της συγκέντρωσης που επιτυγχάνεται, φαίνεται να είναι εντονότερη στις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις της αμμωνίας. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η επιβάρυνση στο κόστος διατροφής από τη χρησιμοποίηση του κλινοπτιλόλιθου είναι αμελητέα, αφού το κόστος συμμετοχής του στα τελικά σιτηρέσια των χοίρων εξισορροπείται από το αντίστοιχο της ποσότητας των δημητριακών καρπών που αντικαθιστά.

Η ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα με επιβλαβή αέ-

ρια, όπως η αμμωνία, αποτελεί εντονότατο πρόβλημα σε χώρες με ανεπτυγμένη κτηνοτροφική παραγωγή. Στην Ολλανδία το 90% της εκπεμπόμενης στην ατμόσφαιρα αμμωνίας προέρχεται από τις κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις[32] και ήδη, από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, υπήρχε η πρόβλεψη για μείωση κατά 50-70 % της συνολικά εκπεμπόμενης ποσότητας αμμωνίας ως το 2000, σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπής του 1980[33]. Τα αποτελέσματα της παρούσας πειραματικής μελέτης υποδεικνύουν ότι, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι σύγχρονες απαιτήσεις για την ευζωία και την άριστη διαβίωση των παραγωγικών ζώων και να μειωθούν οι περιβαλλοντικές ανησυχίες σχετικά με την εκπομπή της αμμωνίας στο περιβάλλον, η χρήση του κλινοπτιλόλιθου στη διατροφή των χοίρων θα μπορούσε να βρει πρακτική εφαρμογή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Semmens MJ. Cation-Exchange properties of natural zeolites. In: Pond WG and Mumpton FA (Eds.) Zeo-Agriculture. Use of natural zeolites in Agriculture and Aquaculture. Westview Press, Boulder, Colorado, 1984: 45-54
2. Hawkins DB. Occurrence and availability of natural zeolites. In: Pond WG and Mumpton FA (Eds.) Zeo-Agriculture. Use of natural zeolites in Agriculture and Aquaculture. Westview Press, Boulder, Colorado, 1984: 69-79
3. Kondo N, Wagai B. Experimental use of clinoptilolite-tuff as dietary supplement for pigs. Yotongai 1968, May: 1-4
4. Mumpton FA, Fishman PH. The application of natural zeolites in agriculture and aquaculture. J Anim Sci 1977, 45:1188-1203
5. Shurson GC, Ku PK, Mileer ER, Tokohama MT. Effects of zeolite or clinoptilolite in diets of growing swine. J Anim Sci 1984, 59:1536-1545
6. Yokohama MT, Tabori C, Miller ER, Hogberg MG. The effect of antibiotics in the weanling pig diet on growth and the excretion of volatile phenolic and aromatic bacterial metabolites. Amer J Clin Nutr 1982, 35:1417-1424
7. Headon DR, Walsh G. Biological control of pollutants. In: Cole DJA, Wiseman J, Varley MA (Eds.) Principles of pig Science (1st ed). University Press, Nottingham, 1994: 375-383
8. Robertson JF. Ammonia, dust and air quality: quantifying the problem. The Pig Journal 1994, 33: 113-125
9. Barrington S, El Moueddeb K. Zeolite to control swine manure odours and nitrogen volatilisation. Proc. International Livestock Odor Conference, Iowa State University, Ames, 1995: 65-68
10. Verstegen M, Tamminga S, Greers R. The effect of gaseous pollutants on animals. In: Dewi IA, Axford RFE, Fayez-Marai IM, Omed H (Eds.) Pollution in livestock production systems. CAB International, Wallingford, UK, 1994: 71-79
11. Aarnink AJA, Cahn TT. Ammonia emission from pig houses as affected by dietary composition. Feed Mix 1999, 7 (3): 23-27
12. Aarnink AJA, Sutton AL, Canh TT, Verstegen MWA, Langhout DJ. Dietary factors affecting ammonia and odour release from pig manure. In: Lyons TP, Jacques KA (Eds.) Passport to the year 2000: Biotechnology in the feed industry. Alltech Publications, 1998:45-59
13. Aumaitre LA, Dourmad JY, Henry Y. Nutrition, manure and odor control in swine production in Europe. Proc. 28th annual meeting of American Association of Swine Practitioners, Quebec 1997 : 531-537
14. Curtis SE. The air environment. In : Curtis SE (ed) Environmental management in animal agriculture, Iowa State University Press, 1999 : 35
15. Drummond JG, Curtis SE, Simon J, Norton HW. Effects of aerial ammonia on growth and health of young pigs. J Anim Sci 1980, 50:1085-1091
16. Johansen U, Erwerth W, Menger S, Neuman R, Mehlhorn G, Schimmel D. Experimentelle Untersuchungen zur Wirkung einer chronischen aerogenen Schadgasbelastung des Saugferkels mit Ammoniak unterschiedlicher Konzentration. J Vet Med B 1987, 34: 260-273
17. Robertson JF, Wilson D, Smith WJ. Atrophic rhinitis: the influence of aerial environment. Animal Production 1990, 50: 173-182
18. Andreasen M, Baekbo P, Nielsen K. Effect of aerial ammonia on the MIRD-Complex. Proc 13th International Pig Veterinary Society Congress, Bangkok, Thailand 1994: 429
19. Von Essen S. Health effects of work in swine confinement buildings: a focus on respiratory conditions. Proc. 38th George A. Young swine conference and annual Nebraska SPF swine conference, Clifford Hardin Nebraska center for continuing education 1997: 127-142
20. Statistical Analysis System Institute, 1995. User's guide: Statistics. SAS Institute Inc., Cary, NC
21. Health and Safety Executive. Occupational exposure limits. Guide Note No. EH40/89, 1990
22. Mickwitz GV, Borger H, Kotz J. Die Beurteilung der Luftung im Schweinestall auhand eines Stallklimaspiegels unter Zugrundelegung einer NH3-Dauerkonzentration von maximal 10 ppm. Prakt Tierarzt 1975, 56: 230-240
23. Σαουλίδης Κ, Κρήτας ΣΚ, Φθενάκης Γ, Κυριάκης ΣΚ, Αλεξόπουλος Κ. Μέτρηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας σε θαλάμους ελληνικών χοιροστασίων. Δελτίον Ελλ Κτην Εταιρείας 2000, 51 (2): 124-127
24. Mumpton FA, Fishman PH. The application of natural zeolites in animal science and aquaculture. J Anim Sci 1977, 45 (5): 1188-1203
25. Dwarii IM. Conserving toxic ammoniacal nitrogen in manure using natural zeolite tuff: a comparative study. Bull Environ Contam Toxicol 1998, 60: 126-133
26. Grubner O, Jiru P, Ralek M. Molekularsiebe, Physikalisch-chemische Trenn- und Mabmethoden. Herausgegeben von Dr. Ing. E. Krell, Band 12, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin
27. Poulsen HD, Oksbjerg N. Effects of dietary inclusion of a zeolite (clinoptilolite) on performance and protein metabolism of young growing pigs. Animal Feed Science and Technology 1995, 53: 297-303
28. Varel VH, Robinson IM, Pond WG. Effect of dietary copper sulfate, aureo SP250, or clinoptilolite on ureolytic bacteria found in the pig large intestine. Appl Environ Microbiology 1987, 53 (9): 2009-2012
29. Grudney K. Tackling farm waste. In: The production of animal wastes. Farming Press Ltd, Ipswich, UK. Reported by Fleming GA and Mordenti A. European Conference:

Environment, Agriculture, Stock Farming in Europe. Mantua, Italy 1991: 1990-1993

30. Ensminger ME. The stockman's handbook. Interstate Printers and Publishers Inc, Danville, Illinois 1983: 814
31. Burton DL, Beauchamp EG. Nitrogen losses from swine buildings. Agricultural Wastes 1986, 15: 59-74
32. Verstegen M, Den Hartog L. Nutrition and the environment. Manipulating waste products. Proc. 15th International Pig Veterinary Society Congress, Birmingham, England 1998 1:239-248
33. Monteny GJ. Reduction of ammonia emission from Dutch agriculture: technical solutions. In: In: Dewi IA, Axford RFE, Fayez-Marai IM, Omed H (Eds.) Pollution in livestock production systems. CAB International, Wallingford, UK, 1994: 429-441