

Πρόδρομη ανακοίνωση

Η επαναχρησιμοποίηση των ανθρώπινων ούρων και των υγρών αστικών αποβλήτων από Μονάδες Τεχνητού Νεφρού (διήθημα αιμοκάθαρσης με στοιχεία θρέψης) για άρδευση και κυρίως λίπανση φυτικών ειδών με σκοπό την εξοικονόμηση υδατικών πόρων και βιομηχανικών λιπασμάτων.

Τέγου Ζωή ¹

Διαμαντόπουλος Αντώνιος ²

Διαμαντόπουλος Αθανάσιος ³

¹ Νεφρολογική Κλινική Νοσοκομείου Αγιος Ανδρέας, Πάτρα

² Orangia Ecofarm, Λευκοχώρι, Ηλεία

³ Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

Περίληψη: Σκοπός του άρθρου είναι η αξιολόγηση της χρησιμοποίησης εναλλακτικών πηγών λίπανσης για περιβαλλοντολογικούς και οικονομικούς λόγους. Μετά από μελέτη της εκτεταμένης ιστορικής και σύγχρονης βιβλιογραφίας αποφασίστηκε να προχωρήσουμε σε πειραματική μελέτη χρησιμοποιώντας δύο συναφή υγρά. Πρώτο, το διήθημα της αιμοκάθαρσης και δεύτερο τα ούρα τα ίδια. Στη πρώτη φάση της μελέτης ποτίζαμε με διήθημα αιμοκάθαρσης ένα τετραγωνικό μέτρο κηπευτικών (ντομάτες, μελιτζάνες, κολοκύθια και σέλινο) με συχνότητα δυο φορές την εβδομάδα, χρησιμοποιώντας ανάλογη έκταση κηπευτικών σαν μάρτυρες. Η σύσταση του εδάφους αναλύθηκε για οργανικά και ανόργανα στοιχεία προ της εφαρμογής της μεθόδου και μετά τρίμηνη εφαρμογή της τόσο το μη λιπαινόμενο και στο λιπαινόμενο τμήμα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 2

Από τις μετρήσεις προκύπτει αύξηση του αζώτου κατά 20,31 % και του νατρίου κατά 366,5%. Το μόνο φυτό που έδειξε συγκριτικά αξιόλογη ανάπτυξη ήταν το σέλινο. Τα υπόλοιπα είχαν μια αρχική επιδείνωση που εξελικτικά αποκαταστάθηκε, χωρίς όμως να αυξηθούν περισσότερο εν σχέση με τους μάρτυρες.

Στη δεύτερη φάση της μελέτης, διαιρέσαμε οκτώ τετραγωνικά λαχανόκηπου σε τέσσερα ισομερή τμήματα και έγινε σπορά τεύτλων φθινοπωρινής ποικιλίας. Η σύσταση του εδάφους ήταν η αυτή με την Α Φάση. Τα ούρα 24ώρου δύο υγιών ενηλίκων συγκεντρώνονται σε κοινό δοχείο κάθε 24ωρο και αραιώνονται με νερό υδραγωγείου σε αναλογία 1:10. Με το φρέσκο διάλυμα ούρων ποτίζουμε δις εβδομαδιαίως το ένα τμήμα του λαχανόκηπου, με διήθημα αιμοκάθαρσης αραιωμένο 1:5 το δεύτερο, με διάλυμα βιομηχανικού λιπασματος το τρίτο ενώ το τέταρτο ποτίζεται μόνο με νερό υδραγωγείου ως μάρτυρας. Παρακολουθούμε με φωτογραφική τεκμηρίωση την ανάπτυξη τεύτλων και στα τέσσερα τμήματα. Η συγκεκριμένη επιλογή φυτών έγινε επειδή τα τεύτλα είναι πιο αλατοάντοχα. Μετά τρεις μήνες προγραμματίζεται νέα ανάλυση εδάφους και των τεσσάρων τεμαχίων και θα

Λέξεις κλειδιά : Fertigation, ουρολίπανση, αιμοδιήθημα, οικολογική γεωργία

Προ εφαρμογής(φάση Α)	Μετά τρίμηνη εφαρμογή	
	Μη λιπαινόμενο	Λιπαινόμενο
Νιτρικό Άζωτο = 0,033g/100gr	0,036g/100gr	0,044g/100gr
K = 0, 032/100gr	0, 032gr/100gr	0, 036gr/100gr
Na = 0,003g/100gr	0,003g/100gr	0, 014g/100gr

Πίνακας 2.
Ανάλυση εδάφους.

αξιολογηθεί η ανάπτυξη των φυτών με φωτογραφική αποτύπωση και ζύγιση των κονδύλων. Επιπλέον, εγκλιβώτισαμε ανά 2 μ³ θρυμματισμένων παραπροϊόντων του κτήματος (φύλλων, κλαδίσκων, απορριφθέντων καρπών) σε δύο διαφορετικά ξύλινα δοχεία για τη δημιουργία κομποστοποιημένου λιπάσματος. Το ένα ποτίζεται με είκοσι λίτρα ούρων εβδομαδιαίως ενώ το άλλο με εξήντα λίτρα διηθήματος. Μετά τετράμηνο θα γίνει χημική ανάλυσή τους και θα χρησιμοποιηθούν για λίπανση και εν συνεχεία καταγραφή της αποτελεσματικότητας.

Εισαγωγή

Ο ραγδαία αυξανόμενος πληθυσμός της γής έχει ανάγκη από ραγδαία αυξανόμενες ποσότητες τροφών. Προς το παρόν η συνολική ζήτηση μόνο για δημητριακά παγκοσμίως ανέρχεται σε δυόμιση εκατομμύρια τόνους. Το γεγονός οδηγεί σε κολοσσιαίες ανάγκες για λιπάσματα που περιέχουν Αζωτο + Φωσφόρο + Κάλιο και φθάνουν στα διακόσια εκατομμύρια τόνους ετησίως, με παρενέργεια τη μόλυνση του εδάφους και του υδροφόρου ορίζοντα. Τα ανωτέρω δημιουργούν την ανάγκη εναλλακτικών πηγών λίπανσης. Η πιο προσιτή σε όλους, φθηνή και αέναη πηγή παρομοίων στοιχείων είναι τα ούρα μας. Το υγρό αυτό έχει χρησιμοποιηθεί προ αμνημονεύτων χρόνων για πολλές πρακτικές χρήσεις. Ο Διοσκουρίδης (1ος αιώνας μ.Χ.) το συνιστούσε ως φάρμακο. Οι Ρωμαίοι το χρησιμοποιούσαν ως λευκαντικό ρούχων, οι μάγειροί το συμπεριέλαβαν στις συνταγές για γλυκά και τυριά, ενώ η βιομηχανία εκμεταλλεύτηκε την περιεκτικότητά του σε ορμόνες.¹

Για την λίπανση αναφέρεται πως χρησιμοποιήθηκε στη Φαραωνική Αίγυπτο και μετέπειτα στη Κίνα όπου οι καλεσμένοι άφηναν το ουροδοχείο γεμάτο σαν δώρο στον οικοδεσπότη για να το χρησιμοποιήσει στον κήπο του. Στο Θιβέτ κατασκεύαζαν οπές στο έδαφος, τις γέμιζαν με άχυρο για να χρησιμεύσουν προς ούρηση από τα άλογα των αμαξών και κατόπιν τα συγκέντρωναν για διασκόρπιση στους αγρούς, Η πρακτική αναβίωσε τώρα κυρίως στις Ινδίες, τη Σουηδία και τις ΗΠΑ /και ονομάστηκε “fertigation”, σύνθετη λέξη από το irrigation και fertilization^{2, 3, 4, 5,6}. Μετά από μελέτη της εκτεταμένης ιστορικής και σύγχρονης βιβλιογραφίας αποφασίστηκε

να προχωρήσουμε σε πειραματική μελέτη χρησιμοποιώντας δύο συναφή υγρά. Πρώτο, το διήθημα της αιμοκάθαρσης και δεύτερο τα ούρα τα ίδια.

Περιγραφή της σχετικής τεχνολογίας (Α)

Έχει υπολογιστεί ότι κατά την διάρκεια μιας εβδομαδιαίας θεραπείας κλασικής αιμοκάθαρσης χρησιμοποιούνται περίπου 600 λίτρα διαλύματος που φθάνουν περίπου τους 312.000 τόνους για όλη την Ελλάδα Με τις νεότερες μεθόδους (αιμοδιαδιήθηση) η ποσότητα του διαλύματος είναι ακόμα μεγαλύτερη. Αντίστοιχες είναι οι ποσότητες του παραγομένου διηθήματος το οποίο καταλήγει ως αστικό λύμα στις αποχετεύσεις. Το διάλυμα της αιμοκάθαρσης παρασκευάζεται από την ανάμιξη επεξεργασμένου νερού ύδρευσης και πυκνού διαλύματος ηλεκτρολυτών (Na,K,Cl,Ca,Mg). Το διήθημα αντίστοιχα που παράγεται κατά την αιμοκάθαρση εμπιρίεχει πλην των ηλεκτρολυτών και ουρία. Η σημαντική ποσότητας του παραγομένου διηθήματος από την αιμοκάθαρση, το οποίο πολλαπλασιάζεται ανάλογα με τον αριθμό των ασθενών, το καθιστά μια σημαντική πηγή ανακυκλούμενου ύδατος. Εξίσου όμως σημαντική είναι και η ιδιαιτερότητα της σύστασής του, που το καθιστά πιθανή λιπαντική ύλη ταυτόχρονα. Το σκεπτικό της μελέτης ήταν η επαναχρησιμοποίηση του διηθήματος αιμοκάθαρσης για άρδευση και κυρίως λίπανση φυτικών ειδών εξοικονομώντας υδατικούς πόρους, αλλά και βιομηχανικά λιπάσματα.⁷

Περιγραφή της σχετικής τεχνολογίας (Β)

Το ποσόν των ούρων ενός υγιούς ενήλικα το 24ωρα κυμαίνεται μεταξύ 1200-2000 ml και είναι στείρο και έτοιμο προς χρήση. Αντιστοιχεί κατ' έτος σε ίση ποσότητα αζώτου με ένα σάκο λιπάσματος 5 κιλών [8]. Επειδή θρεπτικά συστατικά, όπως το κάλιο και ο φωσφόρος, βρίσκονται σε ιοντική μορφή μπορούν να προσληφθούν άμεσα από τα φυτά^{9, 10}. Πρέπει όμως να ληφθεί υπόψη πως η συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών των ούρων ποικίλει ευρέως από χώρα σε χώρα¹¹. Τα ετήσια ούρα ενός υγιούς ενήλικα μπορούν να λιπάνουν περίπου 300-400 μ²¹². Συνιστάται για λόγους υγιεινής να διακόπτεται η λίπανση με ούρα περίπου ένα μήνα πριν τη συγκομιδή¹³.

Υλικό και Μέθοδος

Α Φάση

Συλλέξαμε το διήθημα της πρώτης ώρας της αιμοκάθαρσης σε διαφορετικούς ασθενείς και υπολογίσαμε τις συγκεντρώσεις ουρίας και ηλεκτρολυτών συγκριτικά με τα ούρα υγιούς ενήλικος. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Ποτίσαμε ένα μ² κηπευτικών (ντομάτες, μελιτζά-

ΔΙΗΘΗΜΑ	ΟΥΡΑ
Ουρία 3.5 g/l	9.3 g/l to 23.3 g/l
K = 0,1g/l	0,75g/l – 2,61g/l
Na = 0,14g/l	1,17g/l - 4,39g/l

Πίνακας 1.*Ανάλυση εδάφους.*

νες, κολοκύθια και σέλινο) με συχνότητα δυο φορές την εβδομάδα, χρησιμοποιώντας ανάλογη έκταση κηπευτικών σαν μάρτυρα. Η σύσταση του εδάφους αναλύθηκε για οργανικά και ανόργανα στοιχεία προ της εφαρμογής της μεθόδου και μετά τρίμηνη εφαρμογή της τόσο για το μη λιπαινόμενο όσο και για το λιπαινόμενο τμήμα. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 2.

Προ εφαρμογής(φάση Α)	Μετά τρίμηνη εφαρμογή	
	Μη λιπαινόμενο	Λιπαινόμενο
Νιτρικό Άζωτο = 0,033g/100gr	0,036g/100gr	0,044g/100gr
K = 0, 032/100gr	0, 032gr/100gr	0, 036gr/100gr
Na = 0,003g/100gr	0,003g/100gr	0, 014g/100gr

Πίνακας 2.*Ανάλυση εδάφους.*

Από τις μετρήσεις προκύπτει αύξηση του αζώτου κατά 20,31 % και του νατρίου κατά 366,5%. Το μόνο φυτό που έδειξε συγκριτικά αξιόλογη ανάπτυξη ήταν το σέλινο. Τα υπόλοιπα είχαν μια αρχική επιδείνωση που κατόπιν αποκαταστάθηκε, χωρίς όμως να αυξηθούν περισσότερο εν σχέσει με τους μάρτυρες. Αποδώσαμε τα αποτελέσματα στη προκληθείσα αλατοποίηση του εδάφους. Μετά από διάφορες δοκιμές καταλήξαμε πως η καλλίτερη μέθοδος ήταν η αραίωση του διηθήματος σε αναλογία 1: 10 που απέδιδε σύσταση περίπου όμοια με τα αραιωμένα ούρα 1: 25 ως προς την συγκέντρωση ουρίας. Με το νέο διάλυμα επαναλάβαμε το πότισμα. Πάλι το σέλινο έδειξε τη μεγαλύτερη ανάπτυξη αλλά μικρή βελτίωση υπήρξε σε όλα τα φυτά, που δεν έδειξαν ποτέ σημεία του αρχικό σοκ. Η συμπεριφορά του σέλινου αιτιολογείται επειδή είναι ανθεκτικό στο νάτριο σύμφωνα με τις περισσότερες έρευνες. Ανήκει σε μια μεγάλη οικογένεια φυτών που παρουσιάζουν μεγάλη η μέτρια αντοχή στο αλάτι, σε αντίθεση με τη πλειονότητα των φυτών για τα οποία είναι τοξικό

Β Φάση (Βρίσκεται στο πρώιμο στάδιο και τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμη τα οριστικά)

α) Διαιρέσαμε 8 μ2 λαχανόκηπου σε τέσσερα ισομερή τμήματα. και έγινε σπορά τεύτλων φθινοπωρινής ποικιλίας. Η σύσταση του εδάφους ήταν η αυτή με την Α Φάση. Τα ούρα 24ώρου δύο υγιών ενηλίκων (Μέσες τιμές: Ουρία = 18,9 gr/lit, K = 1,03 gr/lit, Na = 1,02 gr/lit,) συγκεντρώνονται σε κοινό δοχείο κάθε 24ωρο και αραιώνονται με νερό υδραγωγείου σε αναλογία 1:10. Με το

φρέσκο διάλυμα ούρων ποτίζουμε δισεβδομαδιαίως το ένα τμήμα του λαχανόκηπου, με διήθημα αιμοκάθαρσης αραιωμένο 1:5 το δεύτερο, με διάλυμα βιομηχανικού λιπάσματος το τρίτο, ενώ το τέταρτο ποτίζεται μόνο με νερό υδραγωγείου ως μάρτυρας. Παρακολουθούμε με φωτογραφική τεκμηρίωση την ανάπτυξη τεύτλων και στα τέσσερα τμήματα. Η συγκεκριμένη επιλογή φυτών έγινε επειδή τα τεύτλα είναι τα πιο αλατοάντοχα. Μετά τρεις μήνες προγραμματίζεται νέα ανάλυση εδάφους και των τεσσάρων τεμαχίων και αξιολόγηση της ανάπτυξης των φυτών με φωτογραφική αποτύπωση και ζύγιση των κονδύλων.

β) Εγκιβωτίσαμε ανά 2 μ3 θρυμματισμένων παραπροϊόντων του κτήματος (φύλλων, κλαδίσκων, απορριφθέντων καρπών) σε δύο διαφορετικά ξύλινα δοχεία για τη δημιουργία χωνεμένου λιπάσματος. Το ένα ποτίζεται με είκοσι λίτρα ούρων εβδομαδιαίως ενώ το άλλο με εξήντα λίτρα διηθήματος. Μετά τετράμηνο θα γίνει χημική ανάλυση τους και θα χρησιμοποιηθούν για λίπανση, με εξελικτική καταγραφή της αποτελεσματικότητάς.

Συζήτηση

Αναλύοντας τα ανωτέρω ευρήματα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι πλην του δεδομένου της αρδευτικής χρησιμότητας του διηθήματος της αιμοκάθαρσης αυτό δύναται να χρησιμοποιηθεί και ως λίπασμα. Απαιτείται αραίωσή του σε αναλογία 1:5 για μικρές σχετικά φυτείες που ο όγκος του απαιτούμενου ύδατος για την αραίωση είναι παραδεκτός. Για τις πολύ μεγάλες φυτείες πρέπει να επεξεργάζεται σε συσκευή αφαλάτωσης και κατόπιν να χρησιμοποιείται για άρδευση/λίπανση χωρίς αραίωση. Τα οικονομικά και οικολογικά κέρδη από τη προτεινόμενη μέθοδο είναι προφανή. Η χρήση των ανθρωπίνων ούρων για τον ίδιο σκοπό, ενώ υποστηρίζεται από την βιβλιογραφία δεν μπορεί ακόμη να τεκμηριωθεί από μας σε αυτή τη φάση της μελέτης. Σε αυτήν θα περιληφθεί και η εφαρμογή της ανωτέρω μεθόδου και σε πολυετείς καλλιέργειες δενδροειδών.

Συμπεράσματα

Η επαναχρησιμοποίηση των ανθρωπίνων ούρων αλλά κυρίως των υγρών της αιμοκάθαρσης ως λιπαντικών και αρδευτικών παραγόντων χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για να εξειδικευθεί κατά φυτό και σύσταση εδάφους. Τα αποτελέσματά μας αποτελούν ισχυρή ένδειξη για την χρήση της εμπειρίας του παρελθόντος, εκπεφρασμένης και μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας, προς αντιμετώπιση των οικολογικών προβλημάτων του σήμερα.

Summary

The aim of this article is to evaluate alternative sources of fertilizing for environmental and financial reasons. After studying the extended historical literature, we decided to use two similar fluids. The first is the human urine and the second its modern substitute, the hemodialysis filtrate, as a pilot study for alternative fertilizers. In the first phase of the study we watered a 1-square meter vegetable garden with the latter twice a week, while an identical area was used as control. The soil was checked for its organic and inorganic ingredients. After three months, we re-checked the soil and the plants growth. A considerable increase was found only in the celery plants fertilized with the filtrate. The soil's content in Nitrogen was increased from 36, 72 ppm to 44, 18 ppm and the Sodium Chlorate from 0, 13 mEq /100 gr to 0, 6 mEq /100 gr.

In the second phase of the study we watered four different one m² each block of garden containing beetroots with 1) Human urine solution, 2) Dialysis filtrate, 3) Commercial fertilizer, 4) Plain water. After three months we will harvest the beetroots and check the differences from each block. Moreover, two different compost heaps of two m³ each are spread weekly with seven liters of human urine the one and thirty liters of filtrate the other. After four months the humus will be used as fertilizer and the difference of their impact will be measured.

Keywords: Fertigation, Urofertilizer, Ecoagriculture, Haemofiltrate

Βιβλιογραφία

1. www.peta.org/.../my-doctor-wants-me-to-take-premarin/
2. Brasch S., <http://modernfarmer.com/2014/01/human-pee-proven-fertilizer-future/>.
3. Nick J., 2015, www.rodalorganiclife.com/.../how-use-your-pee-plan
4. Grunbaum M., 2011, permaculturenews.org/.../urine-closing-the-npk-loop/
5. Farmers in Nepal Use Urine to Boost Crop Yields, <https://www.scientificamerican.com/.../farmers-in-nepal-...>, 17/12/2012
6. Biological Fertilizer - Human Urine, balkanecologyproject.blogspot.com/.../taking-piss.html, 11/2/2016[7]
7. Diamandopoulos A., and Tegou Z., (2016) The ancient experience behind using a hemodialysis filtrate as fertilizer, 45th ISHM Congress, 2016 - September 5-9, Buenos Aires, Argentina, Book of Abstracts, Poster 159
8. Anna Richert, Robert Gensch, Håkan Jönsson et al, 2010, Practical Guidance on the Use of Urine in Crop Production, Web: www.sei-international.org and www.ecosanres.org,
9. Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C., Richert Stintzing, A. and Rodhe, L. (2001) Urine separation– closing the nutrient cycle. Stockholm Water Company. Stockholm, Sweden. Available at: http://www.swedenviro.se/gemensamma_se/documents/Urinese_eng.pdf
10. Kirchmann, H. and Pettersson, S. (1995) Human urine – chemical composition and fertilizer efficiency, *Fertilizer Research* 40:149-154.
11. Jönsson, H. and Vinnerås, B. (2004) Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish data. In: *Ecosan – Closing the loop. Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lübeck, Germany.* Pp 623-626
12. Anna Richert, a.a.
13. (Schönning, C. and Stenström, T.-A. (2004) Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems. *EcoSanRes Publications Series, Report 2004-1*, www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR1web.pdf)