

(160)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ

**X. I. Δημητριάδης^{1,3}, J. L. Brighton², I. Κόκκορας¹, I. Γράβαλος¹,
Θ.Α. Γιαλαμάς¹**

¹ Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, Τ.Κ. 41110, Λάρισα

² National Soil and Resources Institute, Cranfield University, Silsoe, MK45 4DT,
Bedfordshire, UK

³ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, Ν.Α. Κοζάνης, Τμήμα Εκμηχάνισης της Γεωργίας
και Λειτουργίας Έργων, Τ.Κ. 50100, Κοζάνη e-mail : Dimchristos@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η βελτιστοποίηση ενός μηχανήματος βαδιστικού τύπου μιας σειράς, για τη συγκομιδή του άνθους της λεβάντας, χρησιμοποιώντας την τεχνική της απόσπασης παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία. Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος ήταν τέτοια ώστε να μπορεί να συγκομίζει τα άνθη του φυτού αφήνοντας την πλειονότητα των στελεχών άθικτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο μηχάνημα είχε τη δυνατότητα να συγκομίσει το 96.7 % των ανθέων του φυτού.

THE DESIGN OF A LAVENDER HARVESTER FOR IN FIELD FLOWER REMOVAL

**C. I. Dimitriadis,^{1,3} J. L. Brighton,² I. Kokkoras,¹ I. Gravalos,¹ Th. A
Gialamas¹**

¹ Department of Agricultural Engineering, Technological Educational Institute of Larisa
T.K. 41110, Larissa, Greece

² National Soil and Resources Institute, Cranfield University, Silsoe, MK45 4DT,
Bedfordshire, UK

³ Ministry of Agriculture at Kozani, Department of Agriculture, Mechanisation
Systems, NW Macedonia, T.K. 50100, Kozani, Greece e-mail :
Dimchristos@hotmail.com

ABSTRACT

The design, manufacture and optimisation of a single row lavender harvester using the stripping technique are presented in this paper. The design specifications of the machine were to be able to harvest the flower heads of the plant leaving the majority of the stems intact. The results showed that the proposed machine was capable to remove the 96.7% of the plant flower heads.

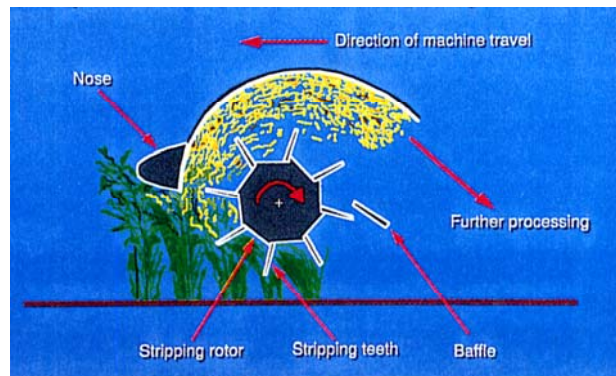
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκμηχάνιση της συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων επεκτάθηκε στην πλειονότητα των καλλιέργειών. Για πολλές καλλιέργειες το κόστος εργασίας της συγκομιδής καταλαμβάνει το 1/2 έως τα 3/4 του συνολικού κόστους παραγωγής [7]. Οι απαιτήσεις σε εργασία στην πλειονότητα των συγκομιζόμενων προϊόντων χρειάζονται να εφαρμοσθούν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Η μηχανοποίηση συνεισφέρει στην βελτίωση της αποδοτικότητας με την μείωση του χρόνου συγκομιδής [12], και προτρέπει την αύξηση των καλλιεργήσιμων εδαφών [8]. Επομένως, υπάρχει πάντοτε η ανάγκη για την εισαγωγή νέων ή την βελτίωση των ήδη υπάρχοντων μεθόδων συγκομιδής για την βελτίωση της απόδοσης με σκοπό τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει υπάρξει αύξηση στο ενδιαφέρον για τη χρήση των αρωματικών φυτών και ιδιαίτερα των αιθέριων ελαίων τους. Μεταξύ του 1993 και του 1998, η παγκόσμια ανάγκη για αιθέρια έλαια αυξήθηκε κατά μέσο όρο 6.1%, για αποστάγματα βοτάνων 15.9% και για χημικές ουσίες παραλαμβανόμενες από φυτά κατά 9.8% [13]. Η αυξανόμενη ανάγκη για αιθέρια έλαια και αποστάγματα φυτών προήλθε κυρίως από βιομηχανίες αρωμάτων, καλλυντικών, φαγητού και φαρμακευτικές εταιρίες που τα χρησιμοποιούν.

Οι συμβατικές μέθοδοι συγκομιδής της λεβάντας όπως η συγκομιδή με το χέρι και η μηχανική συγκομιδή χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό κοπής και συλλέγουν τα στελέχη μαζί με τα άνθη τους. Αυτό βρέθηκε να είναι μια λιγότερο αποδοτική μέθοδος για τη συγκομιδή της λεβάντας και την παραγωγή αιθέριου ελαίου επειδή το μεγαλύτερο μέρος που παράγεται από το φυτό (97.5% κ.β.) βρίσκεται στα άνθη του [11]. Με τη χρήση των συμβατικών μεθόδων συλλογής στο συγκομιζόμενο προϊόν εμπεριέχεται μεγάλο μέρος του στελέχους του φυτού αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την μάζα και τον όγκο του. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα: 1) την αύξηση των εξόδων μεταφοράς και απόσταξης του φυτού, 2) την ανάγκη για πιο απαιτητικό σχεδιασμό μηχανημάτων για την μηχανοποίηση της καλλιέργειας και 3) την απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων που θα μπορούσαν να παραμείνουν στο χωράφι.

Η δημιουργία και η εξέλιξη ενός πρωτότυπου μηχανήματος βαδιστικού τύπου μιας σειράς για τη συγκομιδή της λεβάντας, παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία. Το μηχάνημα έχει αναπτυχθεί υιοθετώντας την τεχνική της απόσπασης, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συγκομιδή δημητριακών [2],[3],[4],[5],[6], (Σχήμα 1)). Η λειτουργία του μηχανήματος εφαρμόζει με έναν μοναδικό τρόπο για την καλλιέργεια, την αφαίρεση των ανθέων από το φυτό, αφήνοντας την πλειοψηφία των στελεχών άθικτων. Για τον καθορισμό της αποδοτικότητας του μηχανήματος, μια μεθοδολογία αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια πειραματικού προγράμματος, στο οποίο μετρήθηκε το ποσοστό των συγκομιζόμενων ανθέων.

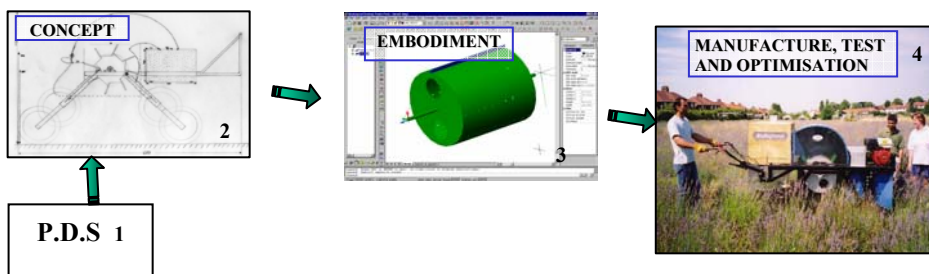


Σχήμα 1. Διαδικασία της απόσπασης με τη χρήση στροφείου και δακτύλων

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η διαδικασία κατασκευής του μηχανήματος περιελάμβανε μια ερευνητική μεθοδολογία υιοθετώντας τέσσερα στάδια. Τα στάδια αυτά ήταν: α) βιβλιογραφική ανασκόπηση για το φυτό της λεβάντας και των μηχανημάτων συγκομιδής της, β) σχεδιασμό και κατασκευή του μηχανήματος, γ) αξιολόγηση του μηχανήματος και δ) σύγκριση του μηχανήματος με άλλα ήδη υπάρχοντα μηχανήματα συγκομιδής της λεβάντας. Στην παρούσα εργασία θα αναλυθεί εκτενέστερα ο σχεδιασμός και η κατασκευή του μηχανήματος και θα σχολιασθούν τα αποτελέσματα των πρώτων πειραμάτων.

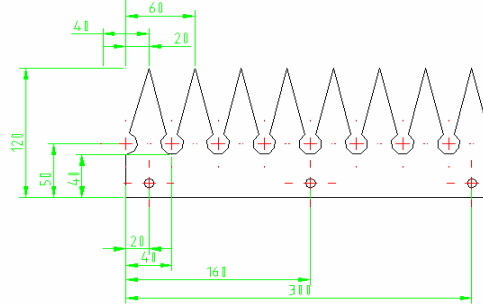
Για το σχεδιασμό του μηχανήματος ακολουθήθηκε μια διαδικασία που καταμερίζει την ολοκλήρωση της εργασίας όπως αυτή αναφέρεται από τους Pahl and Beitz [9], στα ακόλουθα στάδια : α) οι προδιαγραφές του σχεδίου του προϊόντος (Product design specifications, (P.D.S)), β) το εννοιολογικό σχέδιο (conceptual design) - πιθανές λύσεις και βαθμονόμηση αυτών με επιλογή της επικρατέστερης, γ) το σχέδιο ενσωμάτωσης (embodiment design) - η λεπτομερειακή ανάλυση της επικρατέστερης λύσης και τέλος δ) ο λεπτομερειακός σχεδιασμός (detail design) της προτεινόμενης λύσης με το μέγεθος και τις διαστάσεις του. Στο τέλος της παραπάνω διαδικασίας το μηχάνημα κατασκευάστηκε στα εργαστήρια του Cranfield University, Silsoe στην Αγγλία και δοκιμάστηκε σε συνθήκες αγρού (Σχήμα 2).



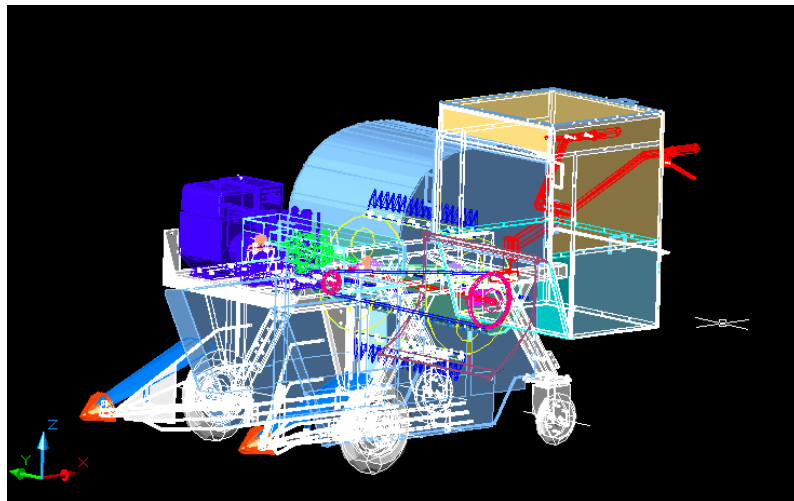
Σχήμα 2. Διαδικασία σχεδιασμού

Το μηχάνημα που κατασκευάστηκε ήταν αυτοκινούμενο μιας σειράς συγκομιδής βαδιστικού τύπου (Σχήματα 4, 5). Περιελάμβανε πλαίσιο από χάλυβα πάχους 4 mm, βενζινοκινητήρα 7 kW, κιβώτιο επιλογής σχέσεων τριών εμπρόσθιων και μιας οπίσθιας σχέσης μετάδοσης με χειρομοχλό και δυο εξόδους για την μετάδοση της κίνησης. Μια

έξοδο για την ισχυροδότηση του στροφείου με τροχαλία και μάντα και μια για τη μετάδοση της κίνησης στους κινητήριους πνευματικούς τροχούς μέσω διαφορικού με αλυσίδα και οδοντωτούς μεταλλικούς τροχούς. Το στροφείο αποτελούταν από κύλινδρο διαμέτρου 0.78 m [1] και πλάτους 0.80 m. Έφερε επίσης περιφερειακά και σε ίσες αποστάσεις ανά 90° εύκαμπτους δακτυλίους απόσπασης σε σχήμα V [10], (Σχήμα 3). Η κατεύθυνση περιστροφής κατά τη διαδικασία της συγκομιδής ήταν τέτοια ώστε οι δάκτυλοι να εφαρμόζουν από το κάτω μέρος του στελέχους προς τα επάνω στο άνθος και να προκαλούν απόσπαση. Η πηγή ισχύος βρισκόταν στο μπροστινό μέρος και πάνω από τους κινητήριους τροχούς. Στο πίσω μέρος βρίσκονταν το δοχείο προσωρινής αποθήκευσης του συγκομιζόμενου προϊόντος με δυο συρταρωτά ανοίγματα για το άδειασμα του. Το δοχείο ήταν επενδυμένο με διάτρητο μεταλλικό πλέγμα στα 3/4 της επιφάνειας του για την εκτόνωση του αέρα που δημιουργούνταν από το στροφείο. Τα χειριστήρια ελέγχου βρισκόταν στο πίσω μέρος σε δυο σωληνωτές χειρολαβές που ήταν και το τιμόνι του οχήματος. Στον έλεγχο της οδήγησης του οχήματος συντελούσαν οι δυο πίσω τροχοί που ήταν μη κινητήριοι πνευματικοί ελεύθερης περιστροφής.



Σχήμα 3. Διαστάσεις εύκαμπτων δακτύλων απόσπασης (οι τιμές είναι σε mm).



Σχήμα 4. Τρισδιάστατη απεικόνιση του μηχανήματος μετά το σχεδιασμό του σε Η/Υ

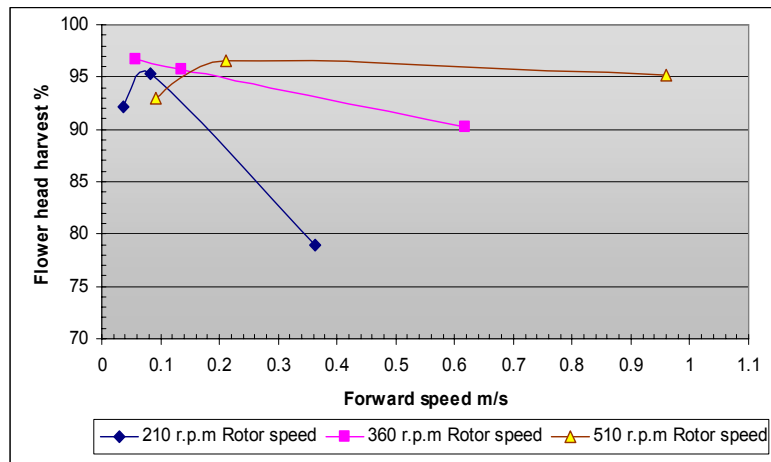


Σχήμα 5. Πλάγια θέα του μηχανήματος

Στα πλαίσια της αρχικής αξιολόγησης του μηχανήματος, πειράματα έλαβαν χώρα σε αγρό έκτασης 1.2 ha, στην περιοχή Carlshalton στο Νότιο Λονδίνο. Αναπτύχθηκε μεθοδολογία που περιελάμβανε τον υπολογισμό των ανθέων που συγκομίσθηκαν. Αυτό γινόταν με την καταμέτρηση του αρχικού αριθμού τους σε επιλεγείσα έκταση 1 m (μήκους σειράς), πριν το πέρασμα με το μηχάνημα και την αφαίρεση στη συνέχεια των απολειών που μετρούνταν μετά το πέρασμα του για κάθε μεταχείριση. Το πείραμα περιελάμβανε εννέα μεταχειρίσεις (3 ταχύτητες εμπρόσθιας κίνησης, 1^η, 2^η, 3^η του κιβωτίου σχέσεων και 3 ταχύτητες περιστροφής του στροφείου, 210 r.p.m, 360 r.p.m, και 510 r.p.m). Για κάθε μεταχείριση υπήρξαν 2 επαναλήψεις με πλήρως τυχαιοποιημένη σειρά σε 2 πειραματικά τεμάχια. Τα φυτά ανήκαν στο υβρίδιο λεβάντας “Grosso” και βρίσκονταν στο τρίτο έτος της καλλιέργειας τους. Η καλλιέργεια στον αγρό ήταν σε σειρές μήκους 75 m και είχαν 1 m απόσταση μεταξύ τους, με μέσο όρο πλάτους των φυτών 0.80 m και μέσο όρο ύψους 0.90 m.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 6. Είναι φανερό ότι τόσο η ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος, όσο και η ταχύτητα περιστροφής του στροφείου επηρεάζουν το ποσοστό των ανθέων που συγκομίζονται. Σε όλες τις ταχύτητες περιστροφής παρατηρήθηκε μια διαφοροποίηση του ποσοστού του συγκομισμένου άνθους σε σχέση με την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος. Έτσι για τις 210 r.p.m παρατηρήθηκε μια καμπύλη στην απόδοση που στην αρχή ήταν χαμηλή 92.2%, στη συνέχεια αυξήθηκε 95.3% και στο τέλος μειώθηκε 78.9%. Στις 360 r.p.m παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση που στην αρχή ήταν 96.7%, στη συνέχεια μειώθηκε 95.8% και στο τέλος μειώθηκε περισσότερο φτάνοντας 90.3%. Τέλος για τις 510 r.p.m παρατηρήθηκε μια καμπύλη στην απόδοση που στην αρχή ήταν χαμηλή 92.9%, στη συνέχεια αυξήθηκε 96.5% και στο τέλος μειώθηκε 95.3%. Τα καλύτερα αποτελέσματα (96.7% αποσπασμένα άνθη) πάρθηκαν με ταχύτητα περιστροφής του στροφείου 360 r.p.m και ταχύτητα κίνησης 0.058 m/s (0.21 km/h).



Σχήμα 6. Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του αρχικού πειράματος.

Τα αποτελέσματα που προβάλλονται στο σχήμα 6 είναι τα τελευταία μιας σειράς δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο αρχικό πείραμα. Το μηχάνημα δοκιμάστηκε και σε νεότερα φυτά (ύψος και πλάτος φυτών = 1/2 των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν στο περιγραφόμενο πείραμα) που βρισκόταν στο 1^ο και 2^ο έτος καλλιέργειας τους με αποτελέσματα υποδεέστερα (συγκομιδή του άνθους κατά μέσο όρο 50%). Οι διαστάσεις του φυτού και ειδικότερα το ύψος και το πλάτος του έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη συγκομιδή. Τα προβλήματα αποφεύχθηκαν εν μέρη όταν τροποποιήθηκε το μηχάνημα (σχήμα 7) ούτως ώστε α) να μπορεί να μειώνει το ύψος του περισσότερο από ότι υπολογίστηκε στον αρχικό σχεδιασμό και β) να μπορεί να μειώνει το εσωτερικό πλάτος εργασίας με την προσθήκη μεταλλικών οδηγών για την καθοδήγηση των φυτών στο κέντρο του στροφείου.

Σχήμα 7.
Τροποποιήσεις του
μηχανήματος για τη
συγκομιδή
νεαρότερων φυτών
της λεβάντας



Θα πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι η διαδικασία εξέλιξης του μηχανήματος περιελάμβανε την τροποποίηση ορισμένων μερών του μετά τα πρώτα πειράματα. Έτσι ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον επανασχεδιασμό των καλυμμάτων που περιέβαλαν το στροφέιο για την καλύτερη διεύθυνση του ρεύματος αέρα που δημιουργούνταν από την περιστροφή του. Αυτό έγινε για την ομαλότερη και αποδοτικότερη μεταφορά του αποσπασμένου άνθους από το φυτό στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης. Επίσης στο εν λόγω δοχείο έγινε εγκατάσταση ανοιγόμενης οροφής για την απελευθέρωση πριν του αδειάσματος του, των εγκλωβισμένων εντόμων (κυρίως μελισσών) για την ασφάλεια

του χειριστή. Επανασχεδιασμός χρειάστηκε και στον τρόπο αυξομείωσης της αλυσίδας μετάδοσης της κίνησης από το διαφορικό στις τελικές μεταδόσεις, με την προσθήκη ενδιάμεσων ανεξάρτητων μεταλλικών τροχών για την ευκολότερη αυξομείωση του ύψους εργασίας του μηχανήματος. Με τις παραπάνω τροποποιήσεις επιτεύχθηκε η συγκομιδή σε άριστο βαθμό όπως προκύπτει από τα δεδομένα του σχήματος 6 αλλά και των σχημάτων 8 και 9 όπου φαίνεται τόσο το μεγάλο ποσοστό συγκομισθέντων ανθέων (Σχήμα 8) όσο και η καθαρότητα του συγκομισθέντος προϊόντος (Σχήμα 9).



Σχήμα 8. Φυτά μετά τη συλλογή του άνθους



Σχήμα 9. Συγκομιζόμενο προϊόν μετά το άδειασμα του δοχείου προσωρινής αποθήκευσης

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία μπορεί να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

1. Η μέθοδος της απόσπασης που έχει χρησιμοποιηθεί για την συγκομιδή δημητριακών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την συγκομιδή της λεβάντας.
2. Τα διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά του φυτού της λεβάντας σε σχέση με αυτά των δημητριακών όπως το σιτάρι και το κριθάρι δεν ήταν εμπόδιο στην εφαρμογή της μεθόδου με επιτυχία.
3. Το μηχάνημα που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε λειτούργησε άριστα στην περίοδο δοκιμών με πολύ καλά αποτελέσματα.
4. Από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της συγκομιδής είναι η ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος και η ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου. Τα καλύτερα αποτελέσματα (96.7% αποσπασμένα άνθη) πάρθηκαν με ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου 360 r.p.m και ταχύτητα κίνησης 0.058 m/s (0.21 km/h).
5. Η χρήση της τεχνικής της απόσπασης για τις συγκεκριμένες διαστάσεις του μηχανήματος δεν λειτούργησε ικανοποιητικά για νεαρά φυτά στο 1^ο και 2^ο έτος ανάπτυξης τους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dimitriadis C.I., 2005. PhD Thesis. *The design of an improved efficiency lavender harvester*. Cranfield University, Silsoe, UK.
2. Hobson, N.R.; Price, J.S.; Tuck, C.R.; Neale M.A. and Hale, O.D. 1988. Evaluation and development of the grain stripping header system-1986. Divisional Note 1443, *AFRC Institute of Engineering Research*, p 56-58
3. Klinner, W.E.; Neal M.A.; Arnold R.E.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Development and first evaluations of an experimental grain stripping header for combine harvesters. Divisional Note 1315, *National Institute of Agricultural Research*, p 1-3
4. Klinner, W.E.; Neale M.A.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Feasibility assessments of an in-situ grain and seed stripping mechanism. Divisional Note 1316, *National Institute of Agricultural Research*, p 1-6
5. Klinner, W.E.; Neal M.A.; Arnold R.E.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Development and first evaluations of an experimental grain stripping header for combine harvesters. Divisional Note 1315, *National Institute of Agricultural Research*, p 25-27 (for rotor diamentions)
6. Klinner, W.E.; Neale M.A.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Feasibility assessments of an in-situ grain and seed stripping mechanism. Divisional Note 1316, *National Institute of Agricultural Research*, p 11-19
7. Morris, J.R. 1990. Mechanized production, harvesting, and handling systems have been developed to meet increasing consumer demands for fruits and vegetables. *Food technology*, 44 (2): 97-101
8. Murphy, M.C. 1996. *Report on farming in the Easter countries*. Cambridge University Press: Cambridge, UK
9. Pahl, B. & Beitz, W. 1996. *Engineering design: a systematic approach*. 2nd ed. London. Springer
10. Stripper harvesting, 1994. The application of stripper harvesting technology worldwide. *Silsoe Research Institute*, p 1-22
11. Venskutonis, P.R.; Dapkevicius, A. and Baranauskiene, M. 1997. Composition of the essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia* mill) from Lithuania. *Journal of essential oil research*, 9(1): 107-110
12. Witney, B.D. 1988. *Choosing and Using Farm Machines*. Longman: Essex, UK
13. Wondu, 2000. <http://www.rirdc.gov.au/pub/essentoi.html>