

RESEARCHES REGARDING THE OPTIMIZATION OF FODDER COMBINES CHOPPING DRUMS /

CERCETARI PRIVIND OPTIMIZAREA TOBELOR DE TOCARE LA COMBINELE DE FURAJE

Ph.D. Eng. Păun A., Ph.D. Eng. Nedelcu A., Eng. Neagoe V.

INMA Bucharest

Phone: 0212330363; E-mail: ani_paun@yahoo.com

Abstract: Productions of fodder crops harvested by the combine vary depending on the harvesting period, climate and soil conditions, plant growing level. Within the combine working process, the chopping drum is the most important working part, that is why three constructive variants, frequently used in fodder combines manufacturing, have been studied.

The paper present the results of experiments performed for the trailed combine (CTF), endowed with equipment for harvesting grass fodder(EI) and ensiling corn (EP) and with three constructive variants of chopping drum.

Keywords: combine, fodder, chopping drum

INTRODUCTION

Production of fodder designed to livestock represents a forefront concern both at national and world level, because a high quality fodder base enables high quality products in large quantity obtained in livestock farms.

The fodder harvesting combine represents the most important equipment within fodder harvesting technologies for ensiling, [2, 3, 4, 6]

They are equipped with different working equipment [1, 6], taking into account the operations comprised in technological process and fodder crop to be harvested:

- equipment for harvesting grass fodder in field;
- equipment for gathering the fodder from furrow;
- equipment for harvesting the corn designed to ensiling;

Within the technological process of the combine, the most important working part is the chopping drum, which cuts the fodder according to dimensions required and throws them into the evacuation system in the combine due to peripheral speed and air current created by it. [2,6]

Because the chopping drum needs the greatest energy consumption among the combine working parts, the paper has analysed three constructive variants frequently used in fodder combines manufacturing, determining the variation of power required and air current flow created by drum according to rotative speed.

The air flow rate was indirectly quantified depending on the speed of air coming from evacuating pipe (at a known section).

The constructive variants studied are shown in figure 1:

a – chopping drum with knives placed in cascade and blades placed behind the knife support and tilted at 45°;

b - chopping drum with knives placed in „V”-shape, without blades;

c – chopping drum with knives placed in „V”-shape, with blades placed in front of knife support and perpendicularly to it.

Rezumat: Producțiile culturilor furajere recoltate cu combina variază în funcție de numărul coasei ce se recoltează, de condițiile pedoclimatice, de stadiul de vegetație al plantelor. În cadrul procesului de lucru al combinei, toba de tocare este cel mai important organ de lucru, de aceea au fost analizate, în vederea optimizării, trei variante constructive utilizate frecvent în construcția combinelor de furaje.

În lucrare sunt prezentate rezultatele experimentărilor realizate pentru combina tractată (CTF) dotată cu echipamente de recolat furaje ierboase(EI) și porumb siloz (EP) și cu trei variante constructive de toba de tocare.

Cuvinte cheie: combina, furaje, toba de tocare

INTRODUCERE

Producerea furajelor pentru sectorul zootehnic reprezintă o preocupare importantă atât pe plan mondial cât și național deoarece, realizarea unei baze furajere de calitate se va reflecta în calitatea și cantitatea produselor obținute în fermele zootehnice.

Combina pentru recolat furaje reprezintă utilajul cel mai important din cadrul tehnologiilor pentru recoltarea furajelor în vederea însilozării, [2, 3, 4, 6]

Combinel pentru recoltarea furajelor sunt echipate în funcție de operațiile din procesul tehnologic și cultura furajeră ce se recoltează cu diferite echipamente de lucru [1,6]:

- echipament pentru recoltarea furajelor ierboase din lan;
- echipament pentru adunatul furajelor din brazdă;
- echipament pentru recoltarea porumbului pentru siloz;

În cadrul procesului tehnologic al combinei cel mai important organ de lucru este toba de tocare care, realizează fragmentarea furajelor la dimensiunile cerute și aruncarea acestora spre sistemul de evacuare din combină, datorită vitezei periferice și curentului de aer creat de aceasta [2,6].

Întrucât toba de tocare necesită cel mai mare consum energetic, dintre organele de lucru ale combinei, în lucrare s-au analizat trei variante constructive utilizate frecvent în construcția combinelor de furaje, determinându-se variația necesarului de putere și a debitului curentului de aer creat de toba, în funcție de turație.

Debitul de aer s-a apreciat indirect în funcție de viteza aerului la ieșirea din conductă de evacuare (la o secțiune cunoscută).

Variantele constructive cercetate sunt prezentate în figura 1:

a - toba de tocare cu cuțite așezate în cascadă și palete așezate în spatele suportului cuțitului și înclinate la 45°;

b - toba de tocare cu cuțite așezate în „V” fără palete;

c - toba de tocare cu cuțite așezate în „V”, cu palete în fața suportului cuțitului și perpendicular pe acesta.

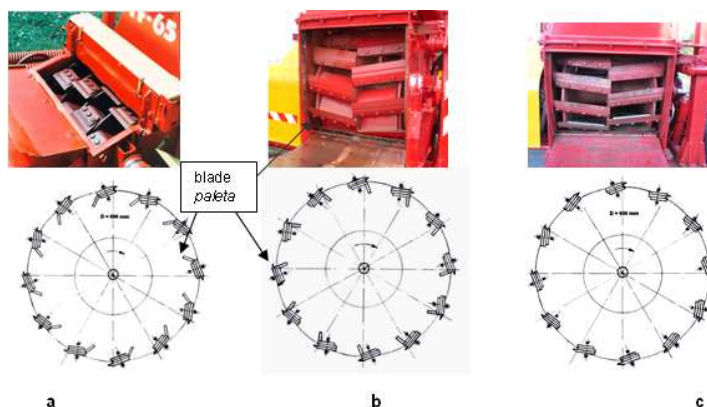


Fig. 1 – Constructive variants of chopping drum / Variantele constructive ale tobelor de tocare [6]

a – chopping drum with knives placed in cascade and blades behind the knife support, tilted at 45° , b - chopping drum with knives placed in „V”, with blades in front of knife support and perpendicular to it; c - chopping drum with knives placed in „V”, without blades / a - toabă de tocare cu cuțite așezate în cascadă și palete așezate în spatele suportului cuțitului și înclinate la 45° , b - toabă de tocare cu cuțite așezate în „V”, cu palete în fața suportului cuțitului și perpendicular pe acesta; c - toabă de tocare cu cuțite așezate în „V” fără palete;

MATERIAL AND METHOD

For achieving the experiments with the three variants of chopping drums, was used the trailed forage harvester combine CTF 65 (currently in production at SC CEAHLAU SA Piatra Neamt), in aggregate with the 65 hp wheeled tractor of Romanian manufacturing (Fig. 2).

The main technical and functional characteristics of the trailed forage harvester combine CTF-65 are:

- Type of machine trailed;
- Actuation 50-100 hp tractor;
- Type of supplying system with 4 rollers;
- Constructive width of the supplying system, mm 520;
- Diameter of chopping drum, mm 600;
- Speed of chopping drum, rot/min 826;
- Number of knives, pcs.: 4rânduri x 10 buc./pe rând=40
- Chopping length, mm . 8...35 (6 steps);
- The working width of corn silage equipment 2 rows x 0.7 m.

The actuation of the working bodies was carried out from the tractor PTO through a cardanic transmission.

The main machine is endowed with a feeding system with four rollers, and matter chopping and evacuating are made by chopping drum; the chopping length can be adjusted within 10...40 mm in 6 stages.

Evacuation of fodder chopped is made through a pipe backward or laterally left oriented to the combine, depending on the transport mean which collects the chopped foddering matter.

For determining the power necessary to driving the drums, a tensometric device, measuring concomitantly the twist moment and number of revolutions has been achieved, and for measuring the air current speed, an anemometer has been used, namely Testovent-4000, produced by Testotem (Germany) company, whose probes (measuring sensor) were introduced through a hole into the pressure tubing.

• Power transmitted through PTO, P_p , is calculated with relation (1), where:

M_p is the twist moment measured at PTO's shaft, in N·m;

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} \text{ - angular speed of PTO's shaft, in rad/s;}$$

n_p – rotation speed of PTO, in rev/min.

• Power necessary to towing the combine on horizontal field, P_t , is calculated by the relation (2), where:

F_t is the traction force measured at coupling bar in N.

V_l – working speed (displacement speed) of aggregate in m/s.

• Total power P_{tot} , for towing and driving the combine working parts is given by the relation (3).

MATERIAL ȘI METODĂ

Pentru realizarea experimentărilor cu cele trei variante constructive de tobe de tocare s-a utilizat combina tractată de recoltat furaje CTF 65 (afată în fabricație la S.C. CEAHLAU S.A. Piatra Neamț), în agregat cu tractorul de 65CP pe roți de fabricație românească, (fig.2).

Principalele caracteristicile tehnice și funcționale ale combinei tractate de recoltat furaje CTF-65 sunt:

- Tipul mașinii tractată
- Acționare tractor de 50-100 CP;
- Tipul sistemului de alimentare cu 4 valțuri;
- Lățimea constructivă a sistemului de alimentare, mm 520;
- Diametrul tobei de tocare, mm 600;
- Turația tobei de tocare, rot/min 826;
- Numărul de cuțite, buc: 4rânduri x 10 buc./pe rând=40
- Lungimea de tocare, mm . 8...35 (6 trepte);
- Lățimea de lucru a echipamentului de recoltat porumb siloz 2 rânduri x 0,7 m.

Acționarea organelor de lucru s-a efectuat de la priză de putere a tractorului printr-o transmisie cardanică.

Mașina de bază este prevăzută cu un sistem de alimentare cu patru valțuri, iar tocarea și evacuarea materialului se realizează de către toba de tocare, iar lungimea de tocare poate fi reglată în intervalul 10...40 mm în 6 trepte.

Evacuarea furajelor tocate se face printr-o conductă orientabilă în spate sau lateral stânga față de combină, în funcție de mijlocul de transport pentru colectarea masei de furaje tocate.

Pentru determinarea puterii necesare acționării tobelor de tocare s-a utilizat o priză tensometrică care măsoară concomitent momentul de torsiune și turația, iar pentru măsurarea vitezei curentului de aer s-a folosit un Anemometru Testovent-4000, produs de firma Testotem (Germania), al cărei sonde (senzor de măsurare) a fost introdus printr-un orificiu în tubulatura conductei de refulare.

• Puterea transmisă prin priză de putere, P_p , [2,5] se calculează cu relația (1), unde:

M_p este momentul de torsiune măsurat la arborele prizei de putere, în N·m;

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} \text{ - viteza unghiulară a arborelui prizei de putere în rad/s;}$$

n_p –turația prizei de putere, în rot/min.

• Puterea necesară tractării în lucru a combinei pe teren orizontal, P_t , [2,5], se calculează cu relația (2), unde:

F_t este forța de tracțiune măsurată la bara de cuplare în N.

V_l - viteza de lucru (de deplasare) a agregatului în m/s.

• Puterea totală P_{tot} , pentru tractarea și acționarea organelor de lucru ale combinei este dată de relația (3).

$$P_p = M_p \cdot \omega_p \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (1)$$

$$P_t = F_t \cdot V_t \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (2)$$

$$P_{tot} = P_p + P_t = \left(M_p \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} + F_t \cdot V_t \right) \cdot 10^{-3} \quad [kW] \quad (3)$$



Fig. 2 The aggregate tractor U650 + trailed combine of forages CTF-65 /
Agregatul tractor U650 + combina tractată de furaje CTF-65

RESULTS

The experimental researches with the trailed combine CTF, equipped with the three variants of chopping drums have emphasized the influence of drum number of revolutions on power required at tractor's PTO and on air flow rate created.

Results of experiments, obtained for the three constructive variants of drums are shown in figures 3 and 4. Graphics indicate the variation of power necessary to act the no-load drums and the speed of air current created by drums depending on their rotative speed.

Following the study, we can draw the conclusions:

1. chopping drum with knives in cascade (fig.1.a) has the lowest power consumption, achieving at the same time an air current with a bigger speed;

2. chopping drum with knives in „V” and blades (fig.1b) has a higher power consumption and lower speed of air current than variant without blades (fig.1c);

3. Also, at experimentations it was found the influence of airflow created by drum on the horizontal throwing distance of chopped material. Thus, at the drum with blades (fig.1.b) the throwing distance is smaller by approx. 1.5 m compared with the drums without pallets.

REZULTATE

Cercetările experimentale cu combina tractată, CTF, echipata cu cele trei variante de tobe de tocare au scos în evidență influența turației tobei asupra necesarului de putere la priza de putere a tractorului și asupra debitului de aer creat de toabă.

Rezultatele experimentărilor, obținute pentru cele trei variante constructive de tobe, sunt prezentate sub formă de grafice în figurile 3 și 4. Graficele indică variația puterii necesare pentru acționarea în gol a tobelor și a vitezei curentului de aer creat de tobele în funcție de turația acestora.

În urma analizei se apreciază următoarele:

1. toba de tocare cu cuțite așezate în cascadă (fig.1.a) are cel mai mic consum de putere, realizând totodată un curent de aer cu viteză mai mare;

2. toba de tocare cu cuțite așezate în „V” și cu palete (fig.1b) are consumul de putere mai mare, iar viteza curentului de aer este mai mic față de varianta fără palete (fig.1c);

3. De asemenea, la experimentări s-a constatat influența curentului de aer creat de toabă asupra distanței de aruncare pe orizontală a materialului tocat. Astfel, la toba cu palete (fig.1.b) distanța de aruncare este mai mică cu cca. 1,5 m față de tobele fără palete.

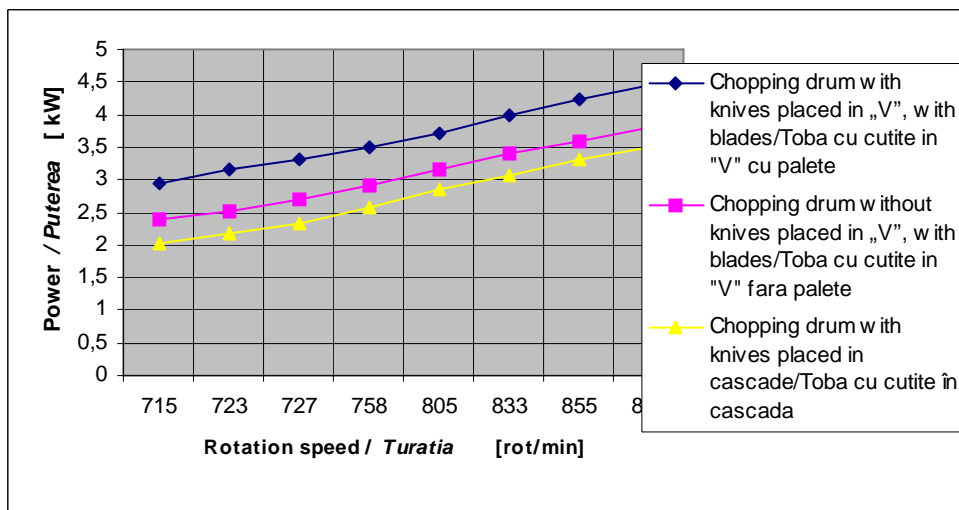


Fig. 3. - Variation of power required for no-load acting the chopping drums according to rotative speed /
Variația puterii necesare pentru acționarea în gol a tobelor de tocare în funcție de turație

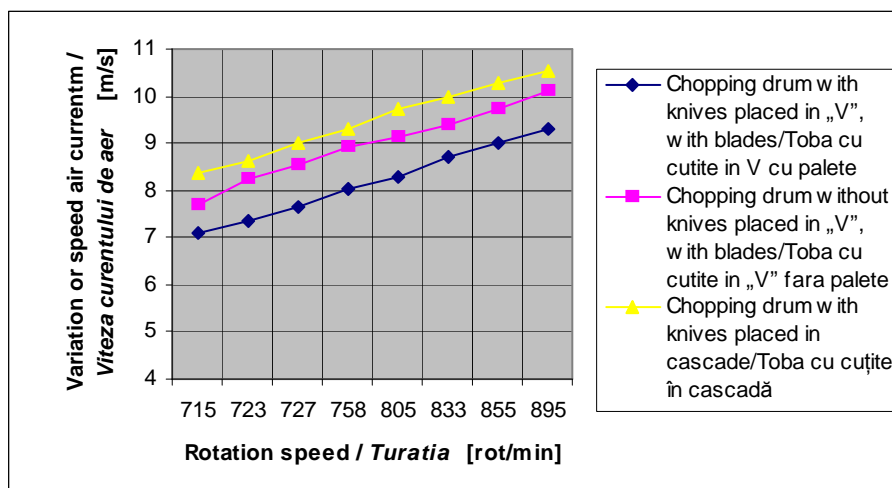


Fig. 4. - Variation of speed of air current created by chopping drums depending on rotation speed / Variația vitezei curentului de aer creat de tobele de tocare în funcție de turație

Since the chopping drum with knives in cascade has developed higher indexes (smaller driving power, greater speed airflow) have been continued the tests in laboratory-field conditions at maize silage harvesting determining the qualitative working and energetic indicators.

The main agrobiological characteristics of the crop above are shown in table 1, and in fig. 5 is presented an image of tests performed.

Întrucât toba de tocare cu cuțite în cascadă a realizat indici superiori (putere de acționare mai mică, viteza mai mare a curentului de aer) s-au continuat încercările în condiții de laborator-camp la recoltat porumb siloz determinându-se indicii calitativi de lucru și cei energetici.

Principalele caracteristici agrobiologice ale culturii de porumb siloz sunt prezentate în tabelul 1, iar în fig. 5 este prezentat un aspect din timpul încercărilor.

Table 1 / Tabelul 1 [6]

Main characteristics of ensiling corn culture / Principalele caracteristici ale culturii de porumb siloz

Index name / Denumirea indicelui	M.U. / U.M.	Ensiling corn / Porumb siloz
Production of green matter / Producția de masă verde	t / ha	27.30 / 27,30
Average height of field / Înălțimea medie a lanului	mm	2500
Average length of plants / Lungimea medie a plantelor	mm	2350
Humidity / Umiditatea	%	62.20 / 62,20
Plant growing stage / Stadiul de vegetație	-	Wax grain / bob în lapte ceară
Botanical composition / Compoziția botanică:		
- crop plants / plante din cultură	%	97
- other plants (weeds) / alte plante (buruieni)	%	3



Fig. 5 - The aggregate tractor U650 with the combine CTF at harvesting of maize silage / Agregatul tractor U650 cu combina CTF la recoltat porumb siloz

Within the tests, were determined the average values of qualitative working indexes, matter losses, quality of chopped matter and energetic indexes and the results are shown in tables 2 and 3.

În cadrul încercărilor s-au determinat valorile medii ale indicilor calitativi de lucru, pierderile de material, calitatea tocăturii și indicii energetici, iar rezultatele sunt prezentate în tabelele 2 și 3.

Table 2 / Tabelul 2

Average values of qualitative working indexes performed by the combine CTF /
 Valorile medii ale indicilor calitativi de lucru realizați de combina CTF

Index name / Denumirea indicelui	M.U / U.M.	Ensiling corn / Porumb siloz
Production of green matter / Producția de masă verde	t / ha	27.30 / 27,30
Real working width / Lățimea efectivă de lucru	m	2 rows x 0,7m / 2 rânduri x 0,7m
Cutting height (stubble) / Înălțimea de tăiere (miriștea)	mm	100...120
Working speed / Viteza de lucru	km / h	4.3; 6.3 / 4,3; 6,3
Throwing distance of material / Distanța de aruncare a materialului	m	5.80 / 5,80
Material losses / Pierderile de material: - plants uncut remained in the field / plante netăiate rămase pe câmp; - chopped matter fallen on the field / masa tocată căzută pe câmp;	% %	sub 1

Table 3 / Tabelul 3 [6]

Average values of energetic indexes of tractor-trailed fodder combine with working parts /
 Valorile medii a indicilor energetici tractor - combina tractata pentru furaje cu echipamente de lucru

Index name / Denumirea indicelui	M.U. / U.M.	Test/ Proba	
		No-load stand driving / Acționare în gol la staționar	Load driving / Acționare în sarcină
		CTF+EPS	CTF+EPS
Rotative speed of tractor's engine / Turația motorului tractorului, M_n	rot / min	1853	1813
Rotative speed of PTO / Turația prizei de putere, n_p	rot / min	556	544
Moment at PTO / Momentul la priza de putere, M_p	daNm	7,75	42,4
Traction force at coupling bar / Forța de tracțiune la bara de cuplare, F_t : - without towed trailer / fără remorcă tractată - with towed trailer / cu remorcă tractată	daN	- -	210 750
Pressing force of hitch on the tractor / Forța de apăsare a proțapului pe tractor, F_{ap}	daN	255	262
Real power at PTO / Puterea efectivă la priză, $P_{p,ef}$.	kW HP / CP	5,90 8,02	28,24 38,40
Real power for towing the combine / Puterea efectivă pentru tractarea combinei: $P_{t,ef}$ - without towed trailer / fără remorcă tractată - with towed trailer / cu remorcă tractată	kW HP / CP	- -	4,47 [13,4]
Total real power for acting the combine during work / Puterea totală efectivă pentru acționarea combinei în timpul lucrului P_{tot}	kW HP/CP	- -	32,71 44,5
Working speed / Viteza de lucru, V_l	km/h	-	6,56
Real working capacity / Capacitatea efectivă de lucru, W_{ef} (without towed trailer) / (fără remorcă tractată)	t/h	-	24,85
Specific energy consumption for performing the technological process / Consum specific de energie pentru efectuarea procesului tehnologic	kWs/t	-	3,23

Analysing the data from tables above, the following result:

1. PTO necessary power for no-load driving of the combine with equipment of harvesting ensiling corn is of 5.90 kW, and in load for a flow rate of material supplying of 24.85 t/h, is of 28.24 kW;

2. Power necessary to traction bar for towing the combine with equipment designed to ensiling corn on horizontal field at 6.56 km/h is of 4.47 kW;

3. Real total power necessary for no-load acting the working parts and towing the combine at 6.55 km/h is of 10.37 kW with equipment designed to ensiling corn harvesting EP, and real working power is of 32.71 kW.

In the tests was determined and the degree of chopping (shredding) for the theoretical length of chopping of 10.8 mm and respectively 26.8 mm, and the results are

Analizând datele din tabelele de mai sus rezultă următoarele:

1. puterea necesară la priza de putere a tractorului pentru acționarea în gol a organelor de lucru ale combinei cu echipament de recoltat porumb siloz este de 5,90 kW, iar în sarcină pentru un debit de alimentare cu material de 24,85 t/h, este de 28,24 kW;

2. puterea necesară la bara de tracțiune pentru tractarea combinei cu echipament de porumb siloz pe teren orizontal la viteza de 6,56 km/h este de 4,47 kW;

3. puterea efectivă totală necesară pentru acționarea în gol a organelor de lucru și pentru tractarea combinei la viteza de 6,55 km/h este de 10,37 kW cu echipament pentru recoltat porumb siloz EP, iar puterea efectivă totală în timpul lucrului este de 32,71 kW.

În cadrul încercărilor s-a determinat și gradul de tocare (măruntire) pentru lungimea teoretică de tocare de 10,8 mm și respectiv 26,8 mm, iar rezultatele sunt prezentate în

presented in the Table 4, of which results:

- for the theoretical chopping length of 10.8 mm, the fragments with lengths up to 20 mm (recommended for ensilage) represents 81.8% which characterizes a quality working and a good precision of chopping plants;
- the fragments longer than 100 mm represents a smaller percentage (1.30 ... 2.10%).

tabelul 4, din care rezultă:

- pentru lungimea teoretică de tocare de 10,8 mm, fragmentele cu lungimea de până la 20 mm (recomandată pentru însilozare) reprezintă 81,8% ceea ce caracterizează un lucru de calitate și o precizie bună de tocare a plantelor;
- fragmentele cu lungimea mai mare de 100 mm reprezintă un procent mic (1,30...2,10 %).

Table 4 / Tabelul 4

The chopping degree of silage corn plants realised by the combine CTF /
Gradul de tocare al plantelor de porumb siloz realizat de combina CTF

The range of length / Intervalul de lungime (mm)	Theoretical chopping length / Lungimea teoretică de tocare	
	10.8 / 10,8 mm	26.8 / 26,8 mm
	%	%
0-10	55.70 / 55,70	24.4 / 24,4
10.1-20 / 10,1-20	26.10 / 26,10	7.8 / 7,8
20.1-30 / 20,1-30	7.20 / 7,20	27.2 / 27,2
30.1-40 / 30,1-40	3.40 / 3,40	19.5 / 19,5
40.1-50 / 40,1-50	2.50 / 2,50	7.4 / 7,4
50.1-60 / 50,1-60	1.40 / 1,40	5.5 / 5,5
60.1-70 / 60,1-70	1.20 / 1,20	2.2 / 2,2
70.1-80 / 70,1-80	0.50 / 0,50	1.4 / 1,4
80.1-100 / 80,1-100	0.90 / 0,90	3.3 / 3,3
> 100	1.10 / 1,10	1.3 / 1,3
TOTAL	100	100

CONCLUSIONS

After the researches performed and results obtained, the following conclusions can be formulated:

1. chopping drum with knives in cascade (fig.1.a) has the lowest consume of power, achieving an air current of a greater speed than drums with knives in „V” with or without blades;
2. the throwing distance on horizontal of material chopped by the drum with knives in cascade (fig.1.a) is about 1.5 m bigger than the other drums analyzed;
3. tests performed in laboratory conditions when harvesting ensiling corn with the combine equipped with chopping drum with knives in cascade have shown that we can obtain a working capacity of 24.85 t/h, by using a 65 HP tractor, a power stock remaining of approx.20 HP(for overloads and towing the trailer under special conditions).

REFERENCES

- [1] Carol Csatlós, (2008) - *The Optimization of the Cutting Couple for the Forage Chopper Machines by Analyzing the Physical Properties for the Silo Fodder*, INMATEH - Nr. 1/2008 - Agriculture and Engineering-complying with the European Requirements, ISSN-1019, pag.42-46;
- [2] Danila I., Neculaiasa V. (1995)– *Working processes and agricultural machines for harvesting*, Publishing House A92 Iasi
- [3]. Hermeneanu I., Mocanu V., (2008) - *Technologies, machinery and equipments for the harvesting and conservation as hay of feedingstuffs on the pastures*, Publishing House Transylvania University, Brasov; ISBN978-973-598-347-5;
- [4]. Horrocks R., Valentine J., (1999) - *Harvested Forages*, Academic Press, Brigham Young University, Provo, Utah, U.S.A.;
- [5]. Sandru A, Neagu V. (2004) – *Modeling the Working Processes and Managing the Efficient Use of Agricultural Aggregates*, Ed. All Beck, Bucharest;
- [6]. Voicu E. (2009)– *Dynamics and Energetics of the Aggregate Tractor-Trailed Combine for Fodder Harvesting*, Ed.TERRA NOSTRA, Iasi, ISBN 978-973-1888-33-0.

CONCLUZII

În urma cercetărilor efectuate și a rezultatelor obținute se pot formula următoarele concluzii:

1. toba de tocare cu cuțite așezate în cascadă (fig.1.a) are cel mai mic consum de putere, realizând totodată un curent de aer cu viteză mai mare față de tobele cu cuțite așezate în „V” cu sau fara palete;
2. distanța de aruncare pe orizontală a materialul tocat de toba cu cuțite în cascadă (fig.1.a) este mai mare cu cca. 1,5 m față de celelalte tobe analizate;
3. încercările efectuate în condiții de laborator la recoltat porumb de siloz cu combina echipată cu toba de tocare cu cuțite în cascadă au arătat că se poate obține o capacitate de lucru de 24,85 t/h, utilizând un tractor de 65 CP, rămânând disponibil o rezervă de putere de cca.20 CP (pentru suprasarcini și tractarea remorcii în condiții speciale).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Carol Csatlós, (2008) - *Optimizarea cuplei taietoare a mașinilor de tocat prin analiza proprietăților fizice ale nutreturilor fibroase destinate însilozării*, INMATEH - Nr. 1/2008, - gricultura și inginerie -Armonizarea cu cerințele europene, Romania, ISSN-1019, pag.42-46;
- [2] Dănilă I., Neculăiasa V. (1995)- *Procese de lucru și mașini agricole de recoltat*, Ed. A92 Iași;
- [3] Hermeneanu I., Mocanu V., (2008) – *Tehnologii, mașini și instalații pentru recoltarea și conservarea sub formă de fân a furajelor de pe pajisti*, Ed. Universității din Brașov, ISBN 978-973-598-347-5;
- [4] Horrocks R., Valentine J., (1999) – *Recoltarea furajelor*, Academic Press, Brigham Young University, Provo, Utah, Statele Unite ale Americii;
- [5]. Sandru A, Neagu V. (2004) – *Modelarea proceselor de lucru și managementul folosirii eficiente a agregatelor agricole*, Ed. All Beck, București;
- [6]. Voicu E. (2009)– *Dinamica și energetica agregatului tractor-combină tractată pentru recoltarea furajelor*, Ed.TERRA NOSTRA, Iasi, ISBN 978-973-1888-33-0.