

DOI: 10.5281/zenodo.4321214

CZU: 631.331.024

INFLUENȚA UNGHIULUI DE ÎNCLINARE A TUBULUI DE CONDUCERE ȘI A VITEZEI AERULUI ASUPRA FLUXULUI DE SEMINȚE DOZATE DE APARATELE CU CILINDRU CANELAT

Andrei GHEORGHÎȚA

Abstract. The article presents study results of the influence of seed tube inclination angle and air velocity on the seeds flow dosed by devices with fluted roller. The results were obtained at the computer-assisted experimental installation. The research goal was to establish the optimal operating values of seed tube orientation angle and the air velocity at which a better uniformity distribution of seeds along the row is assured. The object of the research is seed tube, which was installed under the inclination angles $\varepsilon = 0; 15; 30^\circ$ to the vertical axis of seed discharge of the movable flap. The installation working regimes were: the fluted roller speed $n = 10; 20; 30; 40; 50; 60 \text{ min}^{-1}$; air flow velocity $V_a = 0, 2, 4, 4,5, 6, 8 \text{ m/s}$. Analysis of the obtained results shows that the seed tube inclination angle $\varepsilon = 30^\circ$ at the distribution system, decreases the time coefficient of variation between seeds to 53.48%. This value is 24.35% lower than the one that is characteristic for the standard distribution system 77.83%. The factor that most influence the time coefficient of variation between seeds (41.36%) at distribution system, is the air speed 8 m/s at the roller speed 10 min^{-1} .

Key words: Sowing machine; Dosing device; Seed flow, Fluted roller; Uniformity of distribution; Coefficient of variation; Seed tube.

Rezumat. În articol sunt prezentate rezultatele studiului influenței unghiului de înclinare a tubului de conducere și a vitezei aerului asupra fluxului de semințe dozate de aparate cu cilindru canelat, obținute la instalația experimentală asistată de calculator. Scopul cercetării a fost stabilirea valorilor optime ale unghiului de orientare a tubului de conducere și ale vitezei aerului la care se asigură o uniformitate de repartizare mai bună a semințelor de-a lungul rândului. Obiect al cercetării este tubul de conducere, care a fost instalat sub unghiul de înclinare $\varepsilon = 0; 15; 30^\circ$ față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă. Regimurile de lucru ale instalației au fost: turațiile cilindrului canelat $n=10; 20; 30; 40; 50; 60 \text{ min}^{-1}$; viteza fluxului de aer $V_a=0; 2; 4; 4,5; 6; 8 \text{ m/s}$. Analiza rezultatelor obținute arată că unghiul de înclinare a tubului de conducere $\varepsilon = 30^\circ$ reduce coeficientul de variație a timpului dintre semințe la 53,48 %. Această valoare este cu 24,35% mai mică față de cea caracteristică pentru sistemul standard de distribuție (77,83%). Factorul care influențează cel mai mult coeficientul de variație a timpului dintre semințe (41,36%) la sistemul de distribuție este viteza aerului, cu valoarea optimă de 8 m/s la valoarea 10 min^{-1} a turațiilor.

Cuvinte-cheie: Mașină de semănat; Dispozitiv de dozare; Flux de semințe; Cilindru canelat; Uniformitatea distribuției; Coeficient de variație; Tub de conducere.

INTRODUCERE

Condițiile climaterice tot mai drastice la nivel mondial, îndeosebi fluctuațiile de temperatură de la o extremă la alta, impun noi cerințe industriei agricole, atât în privința tehnologiilor utilizate pentru înființarea culturilor, cât și în privința mașinilor utilizate. Recolta culturilor cerealiere depinde, în mare măsură, de calitatea lucrărilor de câmp, iar aceasta din urmă depinde de construcția componentelor mașinilor. Principalele tendințe la nivel mondial se referă la ajustarea treptată a utilajului agricol la necesitățile industriei agricole 4.0 (Industry 4.0, Agriculture 4.0, a patra Revoluție Industrială) (Baia, Ch. et al., 2020; Lezoche, M. et al. 2020; Klerkx, L. et al. 2020; Cay, A. et al. 2018; McBratney, A. et al. 2005). Realizarea acestui deziderat implică modernizarea utilajelor și dotarea lor cu sisteme electronice autonome de monitorizare și acționare asupra proceselor tehnologice (Abdolahzare, Z. et al. 2018), astfel creându-se posibilitatea majorării preciziei și vitezei de lucru a mașinilor de semănat fără modificarea construcției dispozitivelor mecanice.

În pofida numeroaselor studii realizate în acest domeniu (Manea, D. 2011; Singh, R. et al. 2005; Kamgar, S. et al. 2015; Fu, W. et al. 2018; Manea, D. et al. 2008), există în continuare multe probleme ce țin de asigurarea calității funcționale a sistemelor de distribuție. Astfel, conform cercetărilor realizate în cadrul Catedrei Mașini agricole din cadrul UASM (Gheorghîța, A. et al. 2015; Gheorghîța, A. et al. 2013; Gheorghîța, A. 2013), neuniformitatea repartizării semințelor de-a lungul rândului la sistemele de distribuție din componența unei semănători pentru culturi cerealiere poate ajunge până la 70-80%. Această stare de lucruri este cauzată, în principal, de procesul funcționării aparatelor de dozare și a sistemelor de transportare către organele de încorporare. Din momentul ieșirii din dispozitivul de dozare

și până la fixarea în sol, semințele sunt afectate de un șir de factori, cum ar fi neuniformitatea dozării aparatelor cu cilindri canelați, deplasarea haotică a semințelor prin sistemul de transportare, traiectoria zborului semințelor la ieșirea din tubul de conducere, impactul semințelor cu baza rigolei compactate, rostogolirea seminței după contactul cu baza rigolei compactate (Manea, D. 2011; Naghiu, L. 2008).

În construcția celor mai multe mașini pentru semănat culturi cerealiere, grație simplității, se folosește metoda gravitațională de transportare a semințelor spre organele de încorporare în sol. Această metodă presupune ciocnirea semințelor cu peretele interior al tubului de conducere, astfel dereglându-se uniformitatea fluxului de semințe (Abdolahzare, Z. et al. 2018; Maleki, M. et al., 2006). În același timp, majorarea vitezei de lucru multiplică numărul ciocnirilor semințelor, ceea ce duce la instabilitatea fluxului la transportare (Gheorghîța, A. et al. 2013; Manea, D. 2011; Fu, W. et al. 2018; Jafari, M. et al. 2010; Yazgi, A. et al. 2014; Maleki, M. et al. 2006). Din aceste motive, perfecționarea sistemului de distribuție este o problemă actuală și prezintă un interes sporit pentru cercetare.

Cercetările efectuate urmăresc eliminarea deplasării haotice a semințelor în tuburile de conducere prin modificarea parametrilor constructivi și menținerea uniformității fluxului de semințe asigurate de aparatele cu cilindru canelat. Una dintre căile excluderii influenței factorilor negativi este organizarea transportării forțate a semințelor dozate prin tuburile de conducere spre locul de amplasare în sol în flux de aer cu suprapresiune.

Scopul lucrării este aprecierea influenței unghiului de orientare a tubului de conducere și a vitezei aerului asupra fluxului de semințe dozate de aparatele cu cilindri canelați, precum și stabilirea valorilor optime ale unghiului de orientare a tubului de conducere și ale vitezei aerului la care se asigură uniformitatea distribuției de-a lungul rândului.

Modernizarea sistemului de distribuție va permite reducerea variației distanței dintre semințe pe suprafața repartizării de-a lungul rigolei și va asigura uniformitatea distanței dintre semințe la viteze de lucru majorate.

MATERIALE ȘI METODE

Experiențele s-au realizat la instalația de cercetare a sistemului de distribuție din cadrul Laboratorului de testare a mașinilor agricole al UASM. Monitorizarea experimentelor a fost asistată de calculator prin intermediul plăcilor electronice (microcontroler) de tip Arduino Uno și al software-ului LabVIEW. Cu ajutorul acestor aplicații, întregul proces de control și achiziție a datelor cercetărilor experimentale este automatizat, iar eroarea umană este exclusă. Pentru punerea în acțiune a motoarelor electrice și reglarea regimurilor de lucru ale acestora este utilizată placa de procesare de tip Arduino Micro (Fig. 1), conectată la un notebook de tip HP Probook 6310 prin mufa USB 2.0.

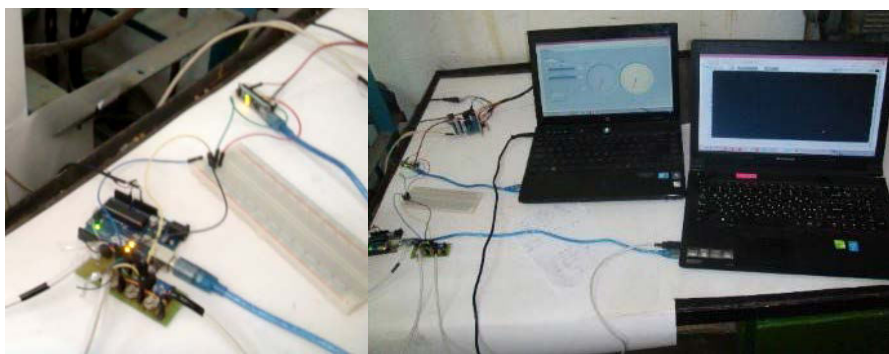


Figura 1. Sistemul automatizat de control și achiziție al instalației experimentale

Uniformitatea repartizării boabelor la ieșirea din tubul de conducere a fost estimată prin coeficientul de variație a timpului dintre loviturile aplicate de semințe senzoului piezoelectric. Coeficientul de variație s-a determinat în funcție de turația cilindrului canelat, viteza aerului și unghiul de înclinare a tubului de conducere cu folosirea planului de optimizare multifactorial ($2^6 + 1^3$) (Singh, R. et al. 2005). Coeficientul de variație a fost estimat prin prelucrarea datelor experimentale cu ajutorul pachetului statistic One-Way ANOVA.

În aparatul de dozare a fost folosit un cilindru canelat experimental cu unghiul de răsucire a canelurilor (α_{rc}) de 22° , lățimea canelurilor de 10,6 mm, lungimea activă a canelurii (L_c) de 33 mm și unghiul de lucru al clapetei mobile (δ_{cl}) de 8° (Fig. 2) (Gheorghîța, A. et al. 2015; Gheorghîța, A. et al. 2013;

Gheorghita, A. 2013). Tuburile de conducere au fost instalate sub diferite unghiuri de înclinare – 0, 15, 30° (Fig. 3) față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă.

Transportarea materialului semincer prin tubul de conducere s-a realizat atât sub acțiunea gravitației, cât și forțat, în flux de aer, la următoarele viteze ale aerului: 2; 4; 4,5; 6; 8 m/s. Direcția fluxului de aer față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă coincide cu unghiul de înclinare a tubului de conducere.

Pentru experiențe au fost utilizate semințe de sorg cu diametrul de 2,5 mm, calibrate cu sita, și masa hectolitrică de 759,9 g/l.

Regimurile de funcționare a ventilatorului și a motorului electric ale cilindrului canelat au fost setate prin modificarea indicilor în software-ul LabVIEW. După



Figura 2. Vedere generală a clapetei mobile experimentale



Figura 3. Aspecte din timpul experiențelor cu tuburi de conducere cu diferite unghiuri de înclinare față de axa verticală de scurgere: 1) 0°; 2) 15°; 3) 30°

setarea regimurilor de lucru, corectitudinea parametrilor se verifică cu ajutorul fototahometrului digital și al anemometrului digital prin efectuarea a cel puțin 3 probe.

Înregistrarea datelor s-a făcut pe parcursul a 15 secunde, după care s-a efectuat o verificare adițională a corectitudinii parametrilor prestabiliți ai regimurilor de lucru. Veridicitatea rezultatelor obținute a fost asigurată prin repetarea experimentelor de cel puțin 3 ori.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În baza cercetărilor experimentale efectuate asupra tuburilor de conducere a semințelor, amplasate sub diferite unghiuri ε , în intervalul 0–30°, față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă, înclinată contra direcției deplasării semănătorii, s-a obținut coeficientul de variație C_v a timpului dintre semințele distribuite în funcție de valorile factorilor prestabiliți (Fig. 4).

Din analiza diagramei influenței unghiului de înclinare a tubului de conducere asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe, în funcție de tipul aparatului utilizat (Fig. 4), se observă că funcția polinomială are un caracter lent descendent la valorile unghiului ε de înclinare a tubului de conducere cuprinse între 0-15° și capătă un caracter brusc descendent la valorile acestuia cuprinse între 15-30°. Cea mai mare valoare a coeficientului de variație a timpului dintre semințe (68,97%) se înregistrează la tubul de conducere înclinat sub unghiul $\varepsilon = 0^\circ$.

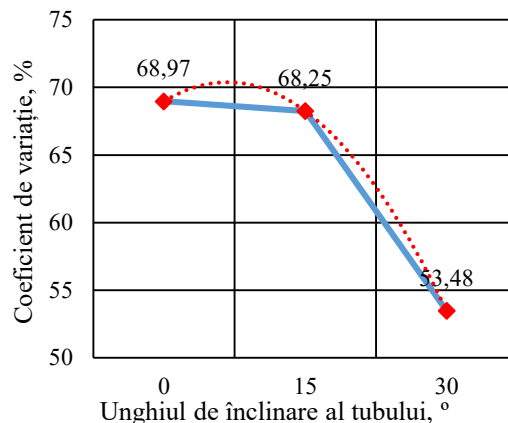


Figura 4. Influența unghiului de înclinare a tubului de conducere asupra coeficientului de variație

Se observă că, odată cu mărirea unghiului de înclinare a tubului ε de la 15 la 30°, coeficientul de variație a timpului se micșorează de la 68,25% la 53,48%, cu o diferență de 15 puncte procentuale. Cel mai mic coeficient de variație a timpului se înregistrează la tubul de conducere înclinat sub unghiul $\varepsilon = 30^\circ$. Valoarea coeficientului de variație la acest tip de distribuție este 53,48%. Pentru comparație, la sistemul standard de distribuție valoarea coeficientului de variație a timpului dintre semințe este de 77,83%.

În baza rezultatelor obținute în urma experiențelor descrise mai sus a fost alcătuit modelul matematic al frecvenței statistice a coeficientului de variație a timpului dintre semințele distribuite în funcție de valorile factorilor prestabiliți, care se descrie prin relația (1).

$$C_v = 65,4997 + 0,960181 \cdot n + 3,01423 \cdot V_a + 0,0702394 \cdot U_t - 0,00709319 \cdot n^2 - 0,00623474 \cdot n \cdot V_a + 0,000315242 \cdot n \cdot U_t - 0,663515 \cdot V_a^2 - 0,00639767 \cdot V_a \cdot U_t - 0,0164978 \cdot U_t^2 \quad (1)$$

în care: C_v – coeficientul de variație a timpului, %;

n – turațiile cilindrului cu caneluri, min^{-1} ;

V_a – viteza aerului, m/s ;

U_t – unghiul de înclinare a tubului de conducere, grade.

Analiza variației variabilei C_v s-a efectuat conform teoriei erorii totale cu un grad de libertate. Gradul de libertate R^2 arată că modelul matematic obținut se conformează în proporție de 90,9807% cu variabilitatea parametrului m . Eroarea standard estimată este de 4,31272, iar eroarea medie absolută este egală cu 3,0083. Valoarea criteriului Durbin-Watson demonstrează că nu există nicio indicație de autocorelație a seriei la experiențele efectuate.

Din analiza diagramei standardizate a lui Pareto (Fig. 5) se observă că factorul principal care influențează cel mai mult coeficientul de variație a timpului scurs este turația cilindrului canelat.

Conform diagramei (Fig. 5), atestăm că a crescut ponderea influenței factorului „turațiile cilindrului canelat”, ceea ce nu s-a observat în cadrul cercetărilor asupra variației masei semințelor distribuite. În cazul dat, factorul „turații” are cea mai mare influență asupra coeficientului de variație a timpului dintre semințe, care este urmat, cu aproximativ aceeași pondere a influenței, de factorul „viteza aerului din tubul de conducere”. Totodată, factorul „unghiul de înclinare a tubului de conducere” ocupă al treilea loc după influență, acționând cu o pătrime mai puțin asupra variabilei coeficientului de variație a timpului.

Analiza reprezentării grafice a efectelor dominante (Fig. 6) demonstrează că factorul „turații” poartă caracter brusc ascendent în intervalul $10\text{--}60 \text{ min}^{-1}$ și formează o linie aproximativ constantă, iar coeficientul de variație a timpului este cel mai mic, adică 72%, la valoarea 10 min^{-1} a turațiilor. Factorul „viteza aerului” are un caracter ascendent la valorile $0\text{--}2 \text{ m/s}$, după care descrie o linie cu caracter descendent între valorile $2\text{--}8 \text{ m/s}$, având cea mai mică valoare a coeficientului de variație, de 67%. Factorul „unghiul de înclinare a tubului de conducere” este descris de o polilinie descendentă, care atinge nivelul minim, de 77,5%, al variabilei coeficientului de variație la valoarea de 30° .

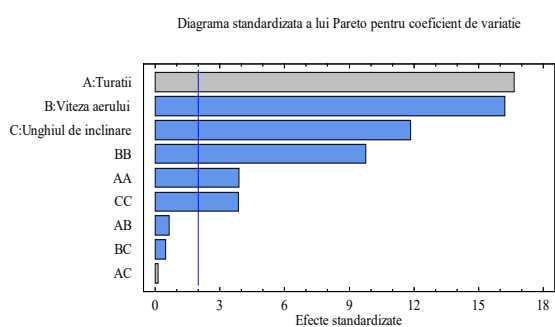


Figura 5. Diagrama standardizată a lui Pareto

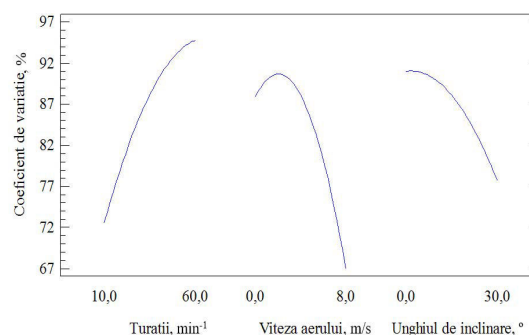


Figura 6. Reprezentarea grafică a efectelor dominante

Din analiza suprafețelor de răspuns (Fig. 7) se observă că factorul „viteza aerului” tinde să-i atribuie suprafeței de răspuns o formă încovoaită la unghiul de înclinare a tubului de 30° . Valoarea minimală a coeficientului de variație a

timpului se atinge la valoarea maximă a vitezei aerului, adică la 8 m/s.

Factorul „turații” formează o suprafață aproximativ plană ascendentă, iar cel mai mic nivel al coeficientului de variație a timpului se atestă la valoarea 10 min^{-1} a turațiilor.

Valoarea optimă a coeficientului de variație a timpului C_v , după minim, este egală cu 41,3606% pentru următoarele valori ale factorilor implicați: turația – $10,0 \text{ min}^{-1}$; viteza aerului – 8,0 m/s; unghiul de înclinare a tubului – $30,0^\circ$.

CONCLUZII

Unghiul de înclinare a tubului de conducere față de axa verticală de scurgere a semințelor de pe clapeta mobilă la sistemul de distribuție experimental are o influență semnificativă asupra uniformității de repartizare a semințelor la ieșirea din tubul de conducere. Cel mai mic coeficient de variație a timpului, de 53,48%, a fost obținut la unghiul de înclinare a tubului de conducere $\varepsilon = 30^\circ$.

Factorul care influențează cel mai mult coeficientul de variație a timpului dintre semințe (41,36%) la sistemul de distribuție experimental este viteza aerului, cu valoarea optimă de 8 m/s la turațiile cilindruului de 10 min^{-1}

Transportarea forțată cu flux de aer a semințelor prin tubul de conducere către zona de încorporare în sol va asigura o repartizare uniformă la semănat, eliminând fenomenul ciocnirilor haotice, și va reduce semnificativ timpul de deplasare a semințelor prin tub. În consecință va fi posibilă majorarea vitezei de deplasare a agregatului cel puțin până la 12 km/h, cu respectarea strictă a cerințelor agrotehnice la semănatul culturilor cerealiere.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

1. ABDOLAHZARE, Zahra, MEHDIZADEHB, Saman Abdanan (2018). Real time laboratory and field monitoring of the effect of the operational parameters on seed falling speed and trajectory of pneumatic planter. In: Computers and Electronics in Agriculture, vol. 145, pp. 187-198. ISSN 0168-1699.
2. CAY, Anil, KOCABIYIK, Habib, MAY, Sahin (2018). Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part II: Field performance. In: Computers and Electronics in Agriculture, vol. 145, pp. 11-17. ISSN 0168-1699.
3. FU, Weiqiang; GAO, Na'na; AN, Xiaofei; ZHANG, Junxiong (2018). Study on Precision Application Rate Technology for maize no-tillage planter in North China Plain. s.l. : Elsevier Ltd, vol. 51, pp. 412-417. ISSN 2405-8963.
4. GHEORGHITA, A., SERBIN, V. (2013). Influența unghiului de orientare a canelurilor asupra masei semințelor distribuite la aparatele de distribuție cu cilindru canelat. In: Știința agricolă, 2013, Nr. 1, pp. 108-112. ISSN 1857-0003.
5. GHEORGHITA, A. (2013). Rezultatele testării în câmp a aparatului de distribuție cu cilindri canelați modernizați. In: Lucrări științifice, Univ. Agrară de Stat din Moldova. vol. 38: Inginerie agrară și transport auto, pp. 83-87. ISBN 978-9975-64-251-4.
6. GHEORGHITA, Andrei, SERBIN, Vladimir, BUMACOV, Vasile, GOROBET, Vladimir, GADIBADI, Mihail (2015). Aparat de semănat cu cilindru canelat. 989 Moldova, 06 02, 2015. BOPI nr. 1/2016.

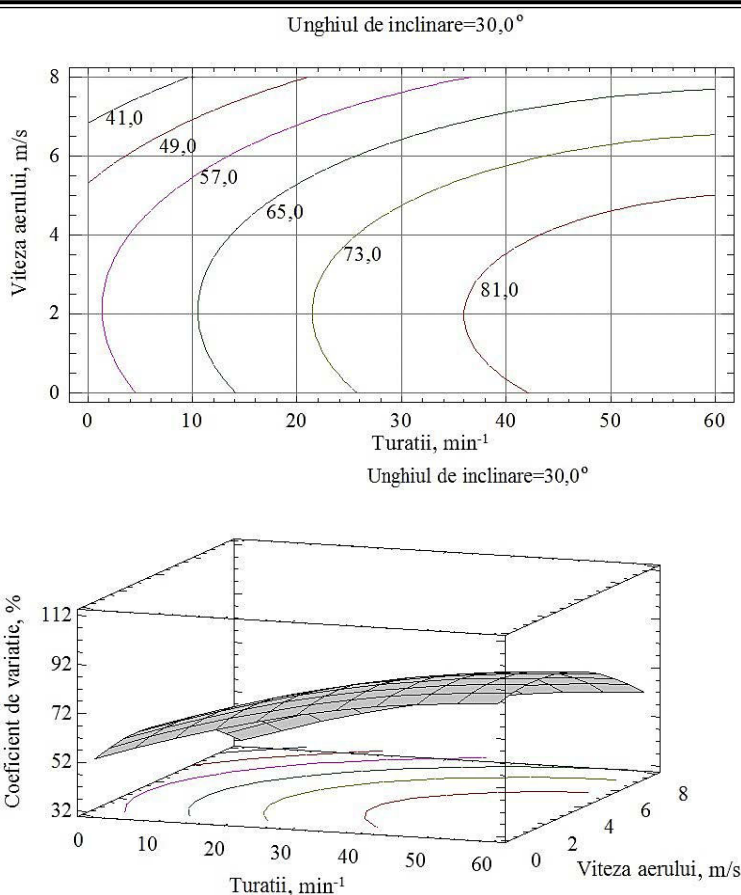



Figura 7. Estimarea evoluției coeficientului de variație în raport cu turațiile cilindruului canelat și viteza aerului din tub la valoarea unghiului de înclinare a tubului de conducere de 30°

7. JAFARI, M., HEMMAT, A., SADEGHI, M. (2010). Development and performance assessment of a DC electric variable-rate controller for use on grain drills. In: *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 73, pp. 56-65. ISSN 0168-1699.
8. KAMGAR, S., NOEI-KHOD, F., SHAFAEI, S. M. (2015). Design, development and field assessment of a controlled seed metering unit to be used in grain drills for direct seeding of wheat. In: *Information Processing in Agriculture*, vol. 2, pp. 169-176. ISSN 2214-3173.
9. MALEKI, M., JAFARI, J.; RAUFAT, M., MOUAZEN, A., BAERDEMAEKER, J. (2006). Evaluation of Seed Distribution Uniformity of a Multi-flight Auger as a Grain Drill Metering Device. In: *Biosystems Engineering*, vol. 94(4), pp. 535-543. ISSN 1537-5110.
10. MANEA, D. (2011). Studii și cercetări privind optimizarea procesului de distribuție al unei semănători de cereale păioase cu dozare centralizată. Brașov: UTB. p. 81.
11. MANEA, D., COJOCARU, I., MARIN, E. (2008). Determinarea în condiții de laborator a indicilor calitativi de lucru ai echipamentului tehnic mecano – pneumatic pentru semănat cereale păioase. București: INMATEH, vol. III, pp. 32-39. ISSN 2068–2239.
12. McBRATNEY, A., WHELAN, B., ANCEV, T., BOUMA, J. (2005). Future directions of precision agriculture. In: *Precision Agriculture*, vol. 6, pp. 7-23. ISSN 13852256.
13. NAGHIU, Livia (2008). Baza energetică pentru horticultură. Vol. I. Cluj-Napoca: Risoprint, p. 355. ISBN 978-973-751-811-8.
14. SINGH, R. C., SINGH, G. AND SARASWAT, D. C. (2005). Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds. In: *Biosystems Engineering*, vol. 92, pp. 429-438. ISSN 1537-5110.
15. YAZGI, Arzu, DEĞİRMENCİOĞLU, Adnan. (2014). Measurement of seed spacing uniformity performance of a precision metering unit as function of the number of holes on vacuum plate. In: *Measurement*, vol. 56, pp. 128-135.
16. KLERKX, Laurens, ROSE, David (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?. In: *Global Food Security*, vol. 24, pp. 100-107. ISSN 2211-9124.
17. BAIA, Chunguang, DALLASEGAB, Patrick, ORZESB, Guido, SARKISCD, Joseph. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. In: *Computers in Industry*, vol. 229, pp. 59-67. ISSN 0166-3615.
18. LEZOCHÉ, Mario, HERNANDEZ, Jorge, ALEMANY DÍAZ, Maria del Mar Eva, PANETTO, Hervé, KACPRZYK Janusz (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. In: *Global Food Security*, vol. 117, pp. 59-67. ISSN 0166-3615.

INFORMAȚII DESPRE AUTOR

GHEORGHITA Andrei  <https://orcid.org/0000-0003-2890-993X>
asistent universitar, Facultatea de Inginerie Agrară și Transport Auto, Universitatea Agrară de Stat din Moldova
E-mail: a.gheorghita@uasm.md

Data prezentării articolului: 04.11.2020

Data acceptării articolului: 05.12.2020