

ВИПРОБУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ПОДАЧІ НАСІННЯ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

Е. Б. Алієв^{1,2}, П. Є. Безверхній², О. Ю. Алієва¹

¹ Інститут олійних культур Національної академії аграрних наук України

² Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Основним недоліком сучасних посівних машин із пневматичною системою висіву є висока нерівномірність розподілу посівного матеріалу по сошникам, що спричиняє зниження точності висіву. Це, у свою чергу, призводить до нераціонального використання посівного матеріалу, зменшення врожайності та зростання засміченості полів. Відстань між насінинами значною мірою залежить від конструкції елементів пневмосистеми, зокрема насіннєпроводу та розподільника потоку насіння. Елементи пневматичної системи, такі як сповільнювач насіння (Seed brake), башмак (Seed boot) і заспокоювач (Seed bounce flap), відіграють важливу роль у забезпеченні точності висіву. Особливо це актуально для технології No-till, яка характеризується високою концентрацією поживних залишків на поверхні ґрунту. Ці елементи забезпечують укладання насіння в борозну, що має вирішальне значення для успішного проростання. Метою даного дослідження є вдосконалення конструктивних елементів пневматичної системи зернових сівалок точного висіву та обґрунтування їх параметрів для підвищення точності висіву і забезпечення ефективного функціонування в умовах технології No-till. У роботі представлено результати експериментальних досліджень, проведених із секцією пневматичної сівалки John Deere 90 Series, модернізованою за рахунок нових елементів. Проведено польові дослідження на чорноземі важкосуглинкових у зерно-паропросапній сівозміні при посіві ріпаку. Оцінювали густоту розміщення рослин, рівномірність посіву та врожайність за різних рівнів факторів, таких як наявність сповільнювача та заспокоювача насіння, а також швидкість руху сівалки. Результати експериментів свідчать, що використання модернізованої конструкції пневмосистеми сприяє підвищенню точності висіву (до 95,5%) за оптимальної швидкості руху 1 м/с. Максимальні значення густоти рослин та врожайності досягнуто в умовах використання удосконалених елементів системи подачі насіння.

Ключові слова: точний висів, пневматична система, сповільнювач насіння, заспокоювач насіння, John Deere 90 Series, No-till, ріпак, точність висіву, урожайність, норма висіву.

Вступ. Згідно даних FAO за останні 40 років, через ерозію і деградацію ґрунтів, світ втратив третину орних земель, а це близько 430 мільйонів гектарів (Conservation Agriculture, 2024). Ґрунтозахисне та ресурсозберігаюче землеробство (conservation agriculture (CA) – це система землеробства, яка може запобігти таким втратам за рахунок регенерації деградованих земель (Stanojevic, 2021). CA базується на трьох принципах: мінімальний обробіток і порушення ґрунту, постійне покриття ґрунту поживними рештками та обов'язкові сівозміни (Blanco-Canqui et al. 2007). З відомих технологій вирощування с.-г. культур саме no-till



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0

*Corresponding author

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

завдає найменших пошкоджень ґрунту, а, отже, є найбільш перспективною з цієї точки зору (Verheye 2010). При цьому ключове місце в технології вирощування займає сімба, тому особливій уваги потребують саме посівні машини та комплекси.

Основним недоліком сучасних посівних машин з пневматичною системою висіву (Li et al. 2021; Lavrukhin et al. 2021; Li et al. 2021) є висока нерівномірність розподілу посівного матеріалу по сошникам, що призводить до зменшення точності висіву, і як наслідок, нераціонального використання посівного матеріалу, зниження врожайності та зростання засміченості полів. При цьому на відстань між окремими насінинами впливає конфігурація елементів пневмосистеми сівалки, а саме насіннєпроводу та розподільника потоку насіння.

Сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap) крім вказаного показника точності висіву в більшій мірі забезпечують вкладання насіння в борозну, що особливо актуально при використанні технології No-till, через високу концентрацію поживних залишків на поверхні ґрунту (Johnston 2007; Hagny 2017). Тому вирішення завдання по удосконаленню елементів пневматичної системи сівалки точного висіву та обґрунтуванню їх параметрів є актуальним і має важливе господарське значення.

Огляд досліджень пневматичних систем зернових сівалок точного висіву (Kumar et al. 2000; Dai et al. 2016; Rubio Scola et al. 2022) показав, що найбільшій уваги приділено розподільникам насіння, при цьому аналітичні дослідження базуються на чисельному моделюванні, з використанням обчислювальної гідродинаміки (CFD) та методу дискретних елементів (DEM). Що стосується таких складових пневмосистеми сівалки, як сповільнювач насіння (seed brake), башмак (seed boot) та заспокоювач (seed bounce flap), то в доступних джерелах інформація про дослідження саме цих частин пневмосистеми сівалки відсутні. Тому обґрунтування параметрів вказаних елементів пневматичної системи зернової сівалки є актуальним питанням.

Метою досліджень є підвищення ефективності процесу сівки насіння культурних рослин шляхом удосконалення конструкцій елементів системи подачі насіння пневматичної зернової сівалки точного висіву із обґрунтованими конструктивно-технологічними параметрами, що забезпечують точний висів.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення виробничих випробувань створено експериментальний зразок секції пневматичної зернової сівалки точного висіву на базі John Deere 90 Series (рис. 1). Експериментальний зразок окрім базових елементів містить удосконалений заспокоювач насіння і розроблений сповільнювач насіння із автоматизованою системою керування. Електрична схема автоматизованої системи керування сповільнювача насіння наведено на рис. 2. Автоматизована система керування оснований на платі керування Arduino Uno ATmega328P-PU. До Arduino Uno по шині I²C передаються з блока керування сівалки значення норми висіву N_t (тис. шт./га).

Також до Arduino Uno підключено індуктивний датчик наближення LJ30A3-15-Z-EX, з використанням якого визначається швидкість руху сівалки (м/с) за формулою:

$$V_s = 2\pi Rn, \quad (1)$$

де R – радіус колеса, $R = 0,3$ м; n – частота обертання колеса, яка визначається з використанням датчиком наближення, об/с.

Кут повороту сервопривода SG90 (°) визначається за формулою:

$$\alpha = 90\varepsilon(N_t, V_s) / \max[\varepsilon(N_t, V_s)], \quad (2)$$

де $\varepsilon(N_t, V_s)$ – залежність кількості отворів на сповільнювачі насіння (відношення ε) від швидкості переміщення сівалки V_s і заданої норми висіву N_t ; $\max$ – максимальне значення функції в заданих діапазонах.



Рис. 1. Експериментальний зразок секції пневматичної зернової сівалки точного висіву на базі John Deere 90 Series

Полеві експериментальні дослідження проводилися на зерно-паропросапній сівозміні на території Акціонерного фермерського господарства «Ольвія» (с. Новоукраїнське, Криворізький р-н, Дніпропетровська обл.). Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем звичайний важкосуглинковий малогумусний. Вміст гумусу в орному горизонті ґрунту становив від 3,4% до 3,9%, а рН водної витяжки коливався від 6,4 до 6,9. Загальні запаси поживних речовин склалися з

© Е. Б. Алієв, П. Є. Безверхній, О. Ю. Алієва

таких компонентів: азоту – від 0,22% до 0,25%, фосфору – від 0,12% до 0,17%, калію – від 1,9% до 2,4%.

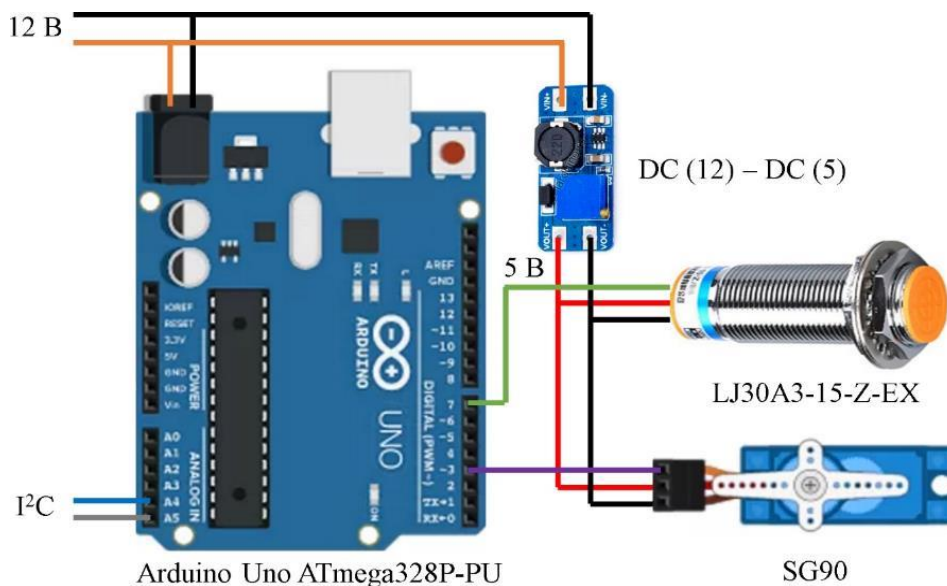


Рис. 2. Електрична схема автоматизованої системи керування сповільнювача насіння

В якості культури для проведення польових досліджень обрано ріпак.

Для проведення дослідів було використано мінеральні добрива (нітрофоску), які були внесені під час передпосівної культивування відповідно до розроблених схем.

Посівні якості насіння, такі як маса 1000 насінин, енергія проростання та лабораторна схожість, було визначено відповідно до методик (DSTU 2240-93, 1993; DSTU 4138-2002, 2003).

Ріпак був висіяний після попередника – пшениці озимої. Час посіву – 31.08.2023 р. Для висіву було використано насіння гібриду озимого ріпаку Veritas. Застосована технологія вирощування ріпаку в цих дослідках є загальноприйнятою для даної зони. Міжряддя дорівнювало – 0,19 м, глибина посіву – 0,05-0,07 м. Норма висіву – 0,8 млн. шт./га. Маса 1000 насінин становила $3,56 \pm 0,33$ г. Загальна зараженість хворобами – $1,4 \pm 0,5\%$. Схожість – $94,0 \pm 1,2\%$, енергія проростання – $91,0 \pm 1,2\%$.

Сіяли сівалкою John Deere 90 Series із базовою і удосконаленою конструкцією пневматичної системи подачі насіння секції.

В якості факторів дослідження обрано: В – наявність сповільнювача насіння; С – наявність заспокоювача насіння; D – швидкість руху сівалки, м/с. Рівні факторів дослідів наведено в табл. 1.

За критерії оцінки якості посіву обрано: густоту N' (млн. шт./га) і рівномірність (точність посіву δ , %) стояння рослин вздовж лінії посіву після сходів; урожайність P (т/га).

Облік густоти стояння рослин проводився згідно з методикою Доспехова Б. О. Густота і рівномірність розміщення рослин розраховувалась на п'яти метровому контрольному рядку в п'ятиразовій повторності. Врожайність визначалась суцільним подільночним методом з подальшим перерахуванням на

стандартну вологість та 100% чистоту.

Таблиця 1

Рівні варіювання факторів

Наявність сповільнювача насіння (B)	Наявність заспокоювача насіння (C)	Швидкість руху сівалки V_s , м/с (D)
Без сповільнювача насіння	Базовий заспокоювач насіння	1
		2
Зі сповільнювачем насіння	Удосконалений заспокоювач насіння	3
		4

Результати досліджень та їхнє обговорення Після отримання сходів визначено відстані між рослинами і розраховані точність висіву (коефіцієнт варіації по довжині лінії посіву) δ (%) та густота стояння рослин N' (млн. шт./га). Урожайність (т/га) визначено по факту збирання і обмолоту насіння з кожної ділянки. Усереднені дані для кожного досліду (по п'яти ділянкам) наведено в табл. 2.

Аналізуючи табл. 2 видно, що максимальне значення точності висіву $\delta = 94,7\text{--}95,5\%$ для варіанту зі сповільнювачем і удосконаленим заспокоювачем насіння при швидкості руху 1 м/с. Мінімальне значення точності висіву $\delta = 70,6\text{--}71,3\%$ визначено для варіанту без сповільнювача і базовим заспокоювачем насіння при швидкості руху 4 м/с. Результати статистичної обробки даних наведено в табл. 3. За критерієм Фішера визначено ті фактори, які чинять вплив на точність висіву (в табл. 3 відмічено сірим кольором). Найбільш впливовими є головні фактори: B (наявність сповільнювача насіння) – 42,09%; C (наявність заспокоювача насіння) – 29,52%; D (швидкість руху сівалки) – 20,43%. Інші фактори і їх взаємодії мають вплив менше 1,5%. Помилка результатів досліджень становить 5,09%, що свідчить про високу достовірність отриманих результатів. Середнє значення найменшої істотної різниці (HP_{05}) для головних факторів дорівнює 0,909%. Статистичний аналіз вказує на те, що наявність сповільнювача і удосконаленого заспокоювача насіння найбільше впливають на точність висіву δ .

Аналізуючи табл. 2 видно, що на густоту стояння рослин і урожайність впливають всі фактори (B, C, D). Максимальне значення густоти стояння рослин ($N'_r = 0,83$ млн. шт./га) і урожайності ($P_r = 2,12$ т/га) спостерігається для варіанту зі сповільнювачем і удосконаленим заспокоювачем насіння при швидкості руху 2 м/с і 3 м/с. Мінімальне значення густоти стояння рослин ($N'_r = 0,73$ млн. шт./га) і урожайності ($P_r = 2,02$ т/га) спостерігається для варіанту без сповільнювача і базовим заспокоювачем насіння при швидкості руху 4 м/с. Такий вплив пояснюється вильотом насіння з борозенки без застосування додаткових засобів його припинення. Результати статистичної обробки даних наведені в табл. 3–5. За критерієм Фішера визначено ті фактори, які чинять вплив на точність висіву (в табл. 3–5 відмічені сірим кольором). Найбільш впливовими на урожайність при експерименті є фактори: B (наявність сповільнювача насіння) – 44,71%; C (наявність заспокоювача насіння) – 17,35%. Інші фактори і їх взаємодії мають вплив менше 4,73%. Помилка результатів досліджень становить 28,26%, що має достатньо високе значення і свідчить про достатню достовірність отриманих результатів.

© Е. Б. Алієв, П. Є. Безверхній, О. Ю. Алієва

Таблиця 2

**Усереднені дані польових експериментальних досліджень висівної секції
пневматичної зернової сівалки точного висіву John Deere 90 Series**

Наявність сповільнювача насіння (В)	Наявність заспокоювача насіння (С)	Швидкість руху сівалки, м/с (D)	Точність висіву δ , %	Густота стояння рослин N', млн. шт./га	Урожайність Р, т/га
Без сповільнювача насіння	Базовий заспокоювач насіння	1	80.4	0.77	2.03
		2	77.1	0.76	2.04
		3	74.6	0.75	2.02
		4	70.6	0.73	2.02
	Удосконалений заспокоювач насіння	1	86	0.80	2.03
		2	83	0.79	2.05
		3	79.9	0.78	2.05
		4	76.9	0.77	2.06
Зі сповільнювачем насіння	Базовий заспокоювач насіння	1	89.3	0.79	2.09
		2	86.9	0.79	2.07
		3	83.3	0.78	2.07
		4	80.6	0.77	2.05
	Удосконалений заспокоювач насіння	1	95.5	0.83	2.10
		2	92.5	0.81	2.11
		3	89.3	0.81	2.12
		4	86.3	0.80	2.12

Таблиця 3

Результати статистичної обробки даних точності висіву

Фактор	B	C	D	BC	BD	CD	BCD	Помилка
F	1058,11	742,15	171,15	0,04	2,58	0,04	0,02	
F ₀₅	3,92	3,92	2,68	3,92	2,68	2,68	2,68	
HP ₀₅	0,9094	0,9094	1,2861	1,2861	1,8188	1,8188	2,5721	
%	42,09	29,52	20,43	0,00	0,31	0,00	0,00	7,65

Сірим кольором відмічено значущі фактори і їх взаємодії. Напівжирним шрифтом виділено найбільш впливові фактори і їх взаємодії.

Таблиця 4

Результати статистичної обробки даних густоти стояння рослин

Фактор	B	C	D	BC	BD	CD	BCD	Помилка
F	54,88	76,86	8,65	0,12	0,71	0,28	0,58	
F ₀₅	3,99	3,99	2,75	3,99	2,75	2,75	2,75	
HP ₀₅	0,001	0,0001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	
%	24,23	33,93	11,46	0,05	0,94	0,37	0,77	28,26

Сірим кольором відмічено значущі фактори і їх взаємодії. Напівжирним шрифтом виділено найбільш впливові фактори і їх взаємодії.

Середнє значення найменшої істотної різниці (HP₀₅) головних факторів для урожайності дорівнює 0,002–0,003 т/га. Статистичний аналіз вказує на те, що наявність сповільнювача і удосконаленого заспокоювача насіння найбільш

© Е. Б. Алієв, П. Є. Безверхній, О. Ю. Алієва

впливають на урожайність.

Таблиця 5

Результати статистичної обробки даних урожайності

Фактор	B	C	D	BC	BD	CD	BCD	Помилка
F	106,30	41,25	0,19	6,04	0,92	4,78	0,82	
F ₀₅	3,99	3,99	2,75	3,99	2,75	2,75	2,75	
HP ₀₅	0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,006	
%	44,71	17,35	0,24	2,54	1,16	6,04	1,04	26,92

Сірим кольором відмічено значущі фактори і їх взаємодії. Напівжирним шрифтом виділено найбільш впливові фактори і їх взаємодії.

Отримані результати підтверджують важливість використання вдосконалених конструкцій елементів пневматичних систем висіву, що узгоджується з попередніми дослідженнями в цій галузі. Наприклад, згідно з дослідженнями Kumar et al. (2000) та Dai et al. (2016), одним із ключових факторів, які впливають на точність висіву, є конструкція розподільників насіння. У нашій роботі показано, що вплив сповільнювача насіння (B) та заспокоювача (C) є навіть більш значущим для точності висіву (δ) при використанні пневматичних сівалок, ніж розподільники.

Дослідження Johnston (2007) та Hagny (2017) наголошують, що технологія No-till вимагає особливої точності укладання насіння через високу концентрацію поживних залишків. Наші результати підтверджують, що використання удосконаленого заспокоювача насіння значно підвищує точність висіву (до 95,5%) та густоту стояння рослин (до 0,83 млн. шт./га) навіть у складних умовах поверхневих залишків, що забезпечує більшу врожайність. Це збігається з висновками Stanojevic (2021), який наголошує на необхідності інновацій у конструкціях посівних машин для підтримання ефективності технологій No-till.

Крім того, раніше Lavrukhin et al. (2021) відзначали, що швидкість руху сівалки є критичним фактором, який впливає на точність висіву. У нашому дослідженні швидкість також виявилась значущою ($D = 20,43\%$), однак її вплив поступається ефективності використання сповільнювача та заспокоювача.

На відміну від досліджень Rubio Scola et al. (2022), які переважно зосереджувались на чисельному моделюванні розподільників насіння, наше дослідження показало практичну ефективність вдосконалених конструкцій інших елементів пневмосистеми, таких як сповільнювач і заспокоювач насіння. Це відкриває нові перспективи для підвищення ефективності сівалок точного висіву.

Таким чином, отримані дані підтверджують раніше опубліковані результати, водночас розширюючи їх, підкреслюючи важливість конструктивних змін у сповільнювачі та заспокоювачі насіння для підвищення точності висіву і врожайності в умовах технології No-till.

Висновки

На основі проведених польових експериментальних досліджень висівної секції пневматичної зернової сівалки точного висіву John Deere 90 Series виявлено значний вплив заспокоювача і удосконаленої конструкції сповільнювача на точність висіву δ , густоту стояння рослин N' та урожайність P . Статистичний аналіз результатів експериментів, зокрема дисперсійний аналіз,

© Е. Б. Алієв, П. Є. Безверхній, О. Ю. Алієва

показав, що найбільший вплив на точність висіву мають такі фактори, як наявність сповільнювача насіння (42,09%), удосконаленого заспокоювача насіння (29,52%) та швидкість руху сівалки (20,43%). Висока точність висіву ($\delta = 94,7\text{--}95,5\%$) була досягнута при використанні удосконаленої конструкції заспокоювача насіння та сповільнювача на швидкості 1 м/с, тоді як відсутність сповільнювача та базовий заспокоювач призводили до суттєвого зниження точності висіву ($\delta = 70,6\text{--}71,3\%$) при швидкості 4 м/с. Аналіз впливу факторів на густоту стояння рослин і урожайність також вказав на перевагу використання удосконаленої конструкції. Аналіз отриманих даних продемонстрував вплив конструкцій сповільнювача і заспокоювача насіння на урожайність. Для ріпаку найважливішим фактором виявився удосконалений заспокоювач насіння (вплив – 44,71%). Отже, результати досліджень підтверджують ефективність удосконаленої конструкції сповільнювача і заспокоювача насіння, що може значно підвищити точність висіву на 24,9% та урожайність ріпаку на 4,9% відповідно.

References

- Blanco-Canqui H., Lal R (2007) Impacts of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71: 1166–1173. DOI: 10.2136/sssaj2006.0411
- Conservation Agriculture (2024) www.fao.org. FAO organizational. URL: <https://www.fao.org/conservation-agriculture/en/>
- Dai Y, Luo X, Wang Z, Zeng S, Zang Y, Yang W, Zhang M, Wang B, Xing H (2016) Design and experiment of rice pneumatic centralized seed distributor *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 32 (24): 36–42. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2016.24.005
- DSTU 4138-2002 (2003) Seeds of agricultural crops. Methods of determining quality. Kyiv: State Standard of Ukraine. 173 p
- DSTU 2240-93 (1993) Seeds of agricultural crops. Varietal and sowing qualities. Technical conditions. Kyiv: State Standard of Ukraine. 74 p
- Hagny MP (2017) United States Patent US 9,668,402 B2, Int. Cl. AOIC 5/06 (2006.01), U.S. Cl A0IC5/068 (2013.01). Seed bounce flap for agricultural seeder. Assignee: Hagny M. P. (US). Appl. No.: 14/591,724. Filed: Jan. 7, 2015. Date of Patent: Jul. 7, 2016
- Johnston M (2007) United States Patent US 7,168,376 B2, Int. Cl. AOIC 7700 (2006.01). U.S. Cl 111A167: 111 f150. Seed boot for a seeding machine. Assignee: Deere & Company, Moline, IL (US). Appl. No.: 10/632,370. Filed: Aug. 1, 2003. Date of Patent: Jan. 30, 2007
- Kumar V, Durairaj C (2000) Influence of Head Geometry on the Distributive Performance of Air-assisted Seed Drills *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75: 81–95. DOI: 10.1006/jaer.1999.0490
- Lavrukhin PV, Ivanov PA, Zhigailov AV, Senkevich SE (2021) Analysis of the process of pneumatic conveying of seeds through the seed drill tube. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 659: 012059. DOI: 10.1088/1755-1315/659/1/012059
- Li H, Liu H, Zhou J, Wei G, Shi S, Zhang X, Zhang R, Zhu H, He T (2021) Development and First Results of a No-Till Pneumatic Seeder for Maize Precise Sowing in Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agriculture*, 11: 1023. DOI: 10.3390/agriculture11101023
- Li ZD, He S, Zhong JY, Han JF, Chen YX, Song Y (2021) Parameter

optimization and experiment of the disturbance air-suction hole metering device for rapeseed. Trans. Chin. Soc. Agric. Mach., 37: 1–11. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2021.17.001

Rubio Scola I, Rossi S, Bourges G (2022) Air drill Seeder Distributor Head Evaluation: A Comparison between Laboratory Tests and Computational Fluid Dynamics Simulations. Information and Communication Technologies for Agriculture—Theme II: Data (Bochtis D.D., Moshou D.E., Vasileiadis G., Balafoutis A., Pardalos P.M.). Springer Optimization and Its Applications, 183: 189–205. DOI: 10.1007/978-3-030-84148-5_8

Stanojevic AB (2021) Conservation agriculture and its principles. Ann Environ Sci Toxicol 5(1): 018–022. DOI: 10.17352/aest.000031

Verheye WH (2010) Soil Engineering and Technology. Soils, Plant Growth and Crop Production Volume I. EOLSS Publishers. 161 p. ISBN 978-1-84826-367-3

TESTING OF THE IMPROVED SEED DELIVERY SYSTEM OF A PRECISION PNEUMATIC SEEDER

E. B. Aliiev^{1,2}, P. Ye. Bezverkhniy², O. Yu. Aliieva¹

¹ *Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,*

² *Dnipro State Agrarian and Economic University*

The main drawback of modern sowing machines with pneumatic seeding systems is the high unevenness in the distribution of seeds among the seed openers, which reduces the accuracy of seeding. This, in turn, leads to inefficient use of seed material, reduced yields, and increased weed infestation in fields. The spacing between seeds largely depends on the design of the pneumatic system components, particularly the seed tube and seed flow distributor. Elements of the pneumatic system, such as the seed brake, seed boot, and seed bounce flap, play a critical role in ensuring seeding accuracy. This is especially relevant for the No-till technology, characterized by a high concentration of crop residues on the soil surface. These elements ensure seed placement in the furrow, which is essential for successful germination. The aim of this study is to improve the design elements of the pneumatic system of precision grain seeders and justify their parameters to enhance seeding accuracy and ensure effective operation under No-till conditions. The study presents the results of experimental research conducted with the seeding section of a John Deere 90 Series pneumatic seeder, upgraded with new components. Field trials were carried out on heavy loam chernozems within a grain-fallow-row crop rotation system during rapeseed sowing. The research assessed plant density, seeding uniformity, and yield under varying factors, such as the presence of a seed brake and seed bounce flap, as well as the seeder's operating speed. The experimental results indicate that the use of the upgraded pneumatic system design improves seeding accuracy (up to 95.5%) at an optimal operating speed of 1 m/s. The highest values for plant density and yield were achieved when the improved seed delivery system components were utilized.

Key words: precision seeding, pneumatic system, seed brake, seed bounce flap, John Deere 90 Series, No-till, rapeseed, seeding accuracy, yield, seeding rate.