

## ***АЕРОДИНАМІЧНЕ СЕПАРУВАННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ НАСІННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ***

М. Я. Кирпа, О. О. Рослик, С. О. Скотар  
ДУ Інститут сільського господарства степової зони НААН України

Установлено особливості процесу аеродинамічного сепарування насіння гібридів кукурудзи з метою сортування – калібрування і отримання посівних фракцій. Виявлено нестабільний характер зерносепації та формування фракцій насіння, неоднакових за якістю. Виходячи з отриманих результатів, рекомендовано здійснювати аеродинамічне сепарування насіння гібридів кукурудзи лише у режим їх очищення.

*Сепарування аеродинамічне, фракція, фізико – механічні властивості, схожість, насіння кукурудзи*

Сепарування насіння кукурудзи займає важливе місце у технології післязбиральної обробки і проводиться з метою його очищення, сортування і калібрування. Поряд із загальноприйнятими способами сепарування насіння, останнім часом здійснюється активне впровадження нового методу та обладнання для оптимізації процесу зерносепації, в основі якого покладено принцип розділення насінневого матеріалу за аеродинамічними ознаками зернівки. Відомі на вітчизняному ринку сільськогосподарських машин виробники сепараторів конструкції типу «САД» (сепаратор аеродинамічний) стверджують, що розділення насіння у повітряному потоці здатне забезпечити ефективну післязбиральну обробку насіння всіх видів с.-г. культур, яка включає очистку від смітної домішки, відділення битих, щуплих, уражених хворобами та ушкоджених шкідниками зерен, а також здійснити калібрування і сортування насінневої матеріалу за питомою масою, з виділенням найбільш життєздатного, продуктивного насіння. При цьому очистка та сортування здійснюється за один прохід, що дозволяє підвищити енергоощадність технологічного процесу та знизити травмованість насіння [1].

Однак, залишаються недостатньо визначеними і потребують наукового обґрунтування конкретні параметри процесу аеродинамічного сортування для різних культур, зокрема кукурудзи. Відомо, що кукурудзі властива значна різноякісність насіння за фізико-механічними показниками, посівними якостями та врожайними властивостями, що стримує впровадження у широке виробництво аеродинамічного способу сепарації.

**Мета роботи** – встановити вплив аеродинамічного способу сортування на посівні якості насіння гібридів кукурудзи. Крім того, заплановано визначити фізико-механічні властивості і фракційний склад насінневого матеріалу гібридів кукурудзи як об'єктів сепарування, виявити закономірності та взаємозв'язок процесів сортування-калібрування насіння за основними ознаками сепарування насінневого матеріалу.

**Методика досліджень.** Включала моделювання процесу зерносепації насіння та оцінку його якості в лабораторних та польових дослідах. Вихідний насінневий матеріал сепарували за властивостями парусності на три основні фракції : легку, важку та середню, які відрізнялись між собою своїм складом та відсотковим виходом насіння. Сепарування проводили в лабораторному пневматичному класифікаторі насіння (КСП-1) додатково обладнаним аспіратором, за відпрацьованою раніше методикою [2]. В якості насінневого матеріалу було використане насіння гібридів кукурудзи Ушицький 167 СВ, П'ятихатський 270 СВ, Борозенський 277 МВ, Солонянський 298 СВ та Збруч. Відбір фракцій здійснювався за умов регулювання швидкості повітряного потоку у сепараторі в залежності від

сортових особливостей гібридів у середньому в межах від 10,0 до 14,5 м/с, маса наважки становила 50 г, тривалість сепарування – 5 хвилин.

У ході експерименту відбувалось сортування насіння гібридів кукурудзи за парусністю – властивістю насіння утримуватись у повітряному потоці. Прояв даної властивості насіння у процесі сепарування обумовлюється поєднанням комплексу ознак кожної окремої зернівки, а саме: форми, маси, площі та характеру поверхні зернівки [3]. Показник питомої парусності прийнято визначати через відношення маси зернівки до площі проекції сторони зернівки, розташованої перпендикулярно повітряному потоку (формула 1) :

$$\frac{mg}{K0F}, \quad (1)$$

де  $m$  – маса зернівки, г;

$g$  – швидкість прискорення вільного падіння, м/с;

$F$  – площа проекції сторони зернівки, розташованої перпендикулярно повітряному потоку, м<sup>2</sup>;

$K0$  – аеродинамічний коефіцієнт [4].

**Результати досліджень.** Відповідно наведеної вище формули видно, що поміж інших ознак найбільш суттєвими, від яких залежать аеродинамічні властивості насіння і, як наслідок, результати розподілення насіння на фракції, являються маса, розмір та форма зернівки. Таким чином, зі зменшенням маси та збільшенням зовнішньої площі зернівки підвищується тиск повітряного потоку на зернівку та можливість її переміщення, і навпаки, збільшення маси у поєднанні із компактною формою сприяє зниженню парусності.

Однак, у культур із зернівками складної форми, яке має багато сторін різних за розміром та площею проекцій, показник питомої парусності, навіть для однієї окремої зернівки не може бути постійним значенням і буде змінюватись в залежності від того, якою стороною буде розташована насінина перпендикулярно повітряному потоку [4]. Як показали результати дослідів, процес аеродинамічного сепарування насіння гібридів кукурудзи має нестабільний характер з високим ступенем впливу вірогідності та неспроможний забезпечити якісне розділення на фракції. При сортуванні у кількох повтореннях одного й того ж зразка насіння гібриду Ушицький 167 СВ, при забезпеченні однакових параметрів сепарування вихід в межах однієї й тієї ж фракції варіював, при цьому у різних повтореннях показники змінювались до 16,2 – 24,2 % (табл. 1)

Таблиця 1

**Характеристика фракцій насіння сформованих за допомогою аеродинамічного способу сепарування**

Повторення	Фракція					
	легка		середня		важка	
	маса, г	вихід, %	маса, г	вихід, %	маса, г	вихід, %
I	1,2	2,4	17,7	35,4	30,8	61,6
II	9,0	18,0	22,3	44,6	18,7	37,4
III	5,7	11,4	13,9	27,8	30,5	61,0
IV	0,9	1,8	19,4	38,8	29,6	59,2

За аеродинамічного сортування певна частина насіння кукурудзи, на відміну від насіння бобових культур та пшениці, які мають більш збалансовану аеродинамічну форму та відносно постійні показники парусності [5], може з однаковою вірогідністю потрапляти у суміжні фракції, в результаті чого дуже важко забезпечити якісне розподілення насіння (див. табл. 1). Як наслідок, за аеродинамічного сортування не спостерігається ефект калібрування, а насіння легкої, середньої та важкої фракцій у багатьох випадках не має чітких відмінностей за фізико – механічними властивостями.

Для оцінки величини і форми зернівки було проведено лінійні вимірювання насіння легкої та важкої фракцій гібридів кукурудзи (табл. 2).

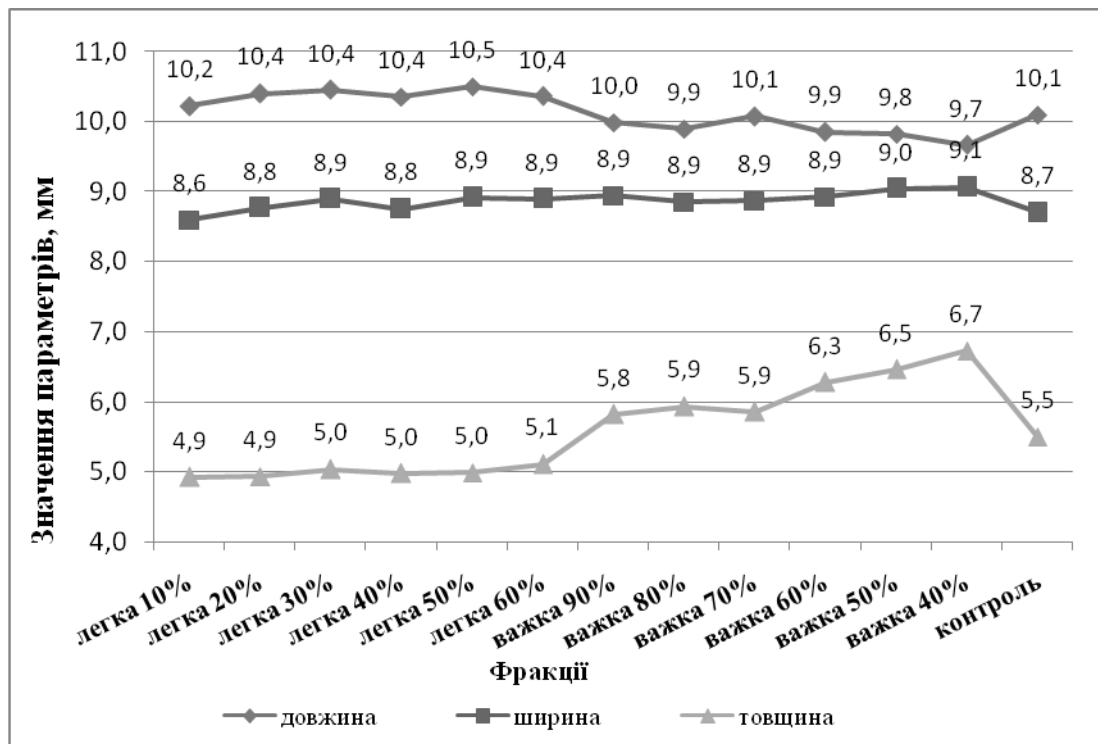
Таблиця 2

**Лінійні розміри зернівки різних фракцій насіння гібридів кукурудзи отриманих в результаті аеродинамічного способу сепарування, мм**

Гібрид	Фракція					
	легка			важка		
	довжина	ширина	товщина	довжина	ширина	товщина
Борозенський 277 МВ	10,83±0,20*	7,78±0,15	4,78±0,13	10,42±0,23	8,00±0,17	5,50±0,23
Солонянський 298 СВ	10,70±0,19	9,40±0,19	4,70±0,19	10,32±0,22	9,43±0,16	5,78±0,27
П'ятихатський 270 СВ	10,17±0,19	9,55±0,16	5,12±0,20	9,83±0,20	9,62±0,17	6,27±0,27
Збруч	10,00±0,21	8,67±0,19	5,50±0,24	9,25±0,21	9,00±0,18	6,98±0,31

Примітка : \* – довірчий інтервал  $x \pm ts(x)$ .

Отримані значення лінійних параметрів зернівки дозволяють зробити висновки про те, що насіння кукурудзи легкої та важкої фракцій відрізняються між собою не стільки граничними значеннями окремих параметрів довжини, ширини або товщини, скільки своїм співвідношенням, за яким можна судити про форму зернівки в цілому. Так, насіння легкої фракції має пласку продовгувату форму, при якій значення довжини зернівки буде спрямовуватись до максимальних, а товщини – мінімальних величин (рис. 1).



**Рис. 1.** Середні показники лінійних розмірів насіння гібридів кукурудзи різних фракцій, в залежності від їх відсоткового виходу

Співвідношення довжини, ширини і товщини у легкої фракції з виходом 10 та 60 % становить 1,18 : 1 : 0,56 та 1,16 : 1 : 0,57 відповідно, на відміну від важкої фракції, для якої

при відсотковому виході фракції 40 % зазначене співвідношення дорівнює 1,06 : 1 : 0,73, що характеризує найбільш компактні форми зернівок із високими показниками об'єму та маси (табл. 3), і відносно невеликою зовнішньою площею поверхні сторін.

Аналіз показників фізико-механічних властивостей насіння, сепарованого аеродинамічним шляхом, спростовує уявлення про те, що при розподілі насіння формуються фракції, складові компоненти яких відмінні за питомою вагою. Відповідно результатам, отриманим експериментальним шляхом (табл. 3), насіння легкої, важкої фракції та контролю (несепароване насіння) не суттєво відрізняються між собою за питомою вагою, а їх показники, за даними статистичної обробки, при порівнянні знаходяться в межах довірчих інтервалів.

Таблиця 3

**Показники фізико-механічних властивостей насіння фракцій гібридів кукурудзи, відсортованих за ознаками парусності зернівки**

Гібрид	Фракція	Показники		
		маса 1000 зерен, г	об'єм однієї зернівки, мм <sup>3</sup>	питома вага, г/см <sup>3</sup>
Борозенський 277 МВ	легка	260,87±6,81	205,65±10,50	1,25±0,01
	важка	293,15±5,49	229,85±4,01	1,26±0,02
	контроль	285,3±16,21	221,9±12,10	1,27±0,01
Солонянський 298 СВ	легка	296,45±8,22	238,65±5,75	1,24±0,01
	важка	344,67±10,38	282,40±13,66	1,22±0,02
	контроль	295,4±18,12	250,9±62,51	1,25±0,01
П'ятихатський 270 СВ	легка	343,63±5,05	269,60±4,79	1,28±0,02
	важка	388,52±7,30	302,32±7,78	1,29±0,02
	контроль	335,1±19,66	264,4±14,71	1,28±0,01
Збруч	легка	329,82±9,82	269,48±12,58	1,24±0,02
	важка	386,45±15,65	317,60±9,15	1,24±0,02
	контроль	336,4±20,86	274,6±24,02	1,23±0,01

Примітка : довірчий інтервал  $x \pm t_s(x)$ .

На відміну від питомої ваги, об'єм та маса 1000 зерен під впливом аеродинамічного сортування пропорційно збільшувались у важкої фракції до 15,9 % (гібрид П'ятихатський 270 СВ), а окремих гібридах легкої фракції – знижувались до 7,9 та 9,4 % у порівнянні з контролем. Так, парусність, а отже розподілення на фракції за аеродинамічними властивостями насіння досліджуваних гібридів кукурудзи залежали від збільшення або зменшення розміру, маси, форми та об'єму, а не питомої ваги зернівки.

Проте, враховуючи, що основні фізико-механічні показники не здатні безпосередньо впливати на біологічні властивості насіння, для оцінки ефективності та результативності аеродинамічного способу сепарування у режимі сортування проводили дослідження з визначення посівних якостей фракцій, сформованих за характером прояву властивості парусності. У зв'язку з цим в рамках досліджень визначали показники лабораторної та польової схожості насіння (таблиця 4).

За результатами визначення схожості та енергії проростання встановлено, що в залежності від сортових особливостей переваги у порівнянні із контролем мають як легкі, так і важкі фракції насіння гібридів кукурудзи. Так, лабораторна схожість фракцій сепарованих аеродинамічним шляхом у середньому перевищувала значення контрольних варіантів на 2 – 3 %. При використанні стандартного метода аналізування схожості (за ДСТУ 4138-2002) порівняно вищий показник відносно несепарованого насіння був відмічений у легкої фракції гібриду П'ятихатський 270 СВ (+ 6 %), який відповідає даним, отриманим за пророщування насіння цього ж гібрида в умовах знижених позитивних температур. Крім того, "холодний" тест показав, що найкраща енергія проростання та схожість при

моделюванні умов, наближених до польових, спостерігалась на варіанті, де використовувалось "важке" за парусністю насіння ранньостиглого гібриду Ушицький 167 СВ. Схожість насіння зазначеної фракції сформувалась на рівні 97 % і перевищувала аналогічні показники контролю на 11 %.

Таблиця 4

**Лабораторна та польова схожість насіння фракцій гібридів кукурудзи, відсортованих за ознаками парусності зернівки, 2012 – 2013 рр.**

Гібрид	Фракція	Лабораторна схожість, %				Польова схожість, %
		стандартний метод		"холодний" тест		
		енергія проростання	схожість	енергія проростання	схожість	
Борозенський 277 МВ	контроль	99	99	48	48	67
	легка	97	97	59	60	72
	важка	96	96	64	64	71
Солонянський 298 СВ	контроль	96	97	89	91	66
	легка	98	98	87	87	82
	важка	99	99	89	90	80
П'ятихатський 270 СВ	контроль	92	92	78	78	69
	легка	95	96	80	82	71
	важка	90	90	73	75	72
Ушицький 167 СВ	контроль	97	97	80	86	79
	легка	96	96	93	95	77
	важка	98	98	96	97	81
Збруч	контроль	95	95	86	86	64
	легка	93	93	89	89	64
	важка	97	98	81	84	57
НІР <sub>05</sub>		6,45				

При висіванні в полі, порівняно з іншими варіантами, підвищення показника схожості було зафіксовано у легкій фракції гібриду Солонянський 298 СВ (+ 14 % до контролю). У цілому, проаналізувавши дані польової схожості, слід відмітити збереження тенденцій, які спостерігались при формуванні схожості в лабораторних умовах, у тому числі відсутність істотної різниці між більшістю варіантами дослідів. Останній факт можна пояснити як наслідком слабкої кореляції між аеродинамічними та посівними властивостями насіння гібридів кукурудзи, так і складністю у формуванні фракцій однорідних за парусністю, що потребує подальших, більш детальних досліджень.

**Висновки.** Аеродинамічний спосіб сепарування насіння кукурудзи являє собою складний, важко контрольований процес, який залежить від багатьох факторів, в тому числі морфологічних та фізико-механічних ознак зернівки, у зв'язку з чим можна виділити наступне.

1. Насіння гібридів кукурудзи як об'єкт аеродинамічного сепарування у зв'язку із наявністю специфічної форми зернівки характеризується непостійністю аеродинамічних властивостей, що не дозволяє ефективно формувати фракції однорідні за парусністю.

2. Аеродинамічна сепарація не забезпечує сортування насіння кукурудзи за щільністю зернівки. Основні відмінності між отриманими легкими та важкими фракціями досліджуваних гібридів проявлялись у вигляді зміни параметрів лінійних розмірів, об'єму і маси 1000 зерен, у той час як показники питомої ваги залишались незмінними, на рівні вихідного зразка несепарованого насіння.

3. Аналіз показників посівних якостей виявив відсутність прямої залежності між парусністю та схожістю насіння гібридів кукурудзи. Суттєве збільшення на 11–14 % лабораторної та польової схожості по відношенню до контролю отримували при використанні насіння легкої фракції гібриду Солонянський 298 СВ та важкої фракції гібриду Ушицький 167 СВ.

4. Враховуючи складність процесу, нестабільний, важко передбачуваний характер розподілення насіння гібридів кукурудзи на фракції, спосіб аеродинамічного сепарування з метою сортування потребує подальшого дослідження. Практичне використання сепарування насінневого матеріалу кукурудзи за ознаками парусності зернівки більш доцільно здійснювати у режимі очищення.

### Список використаних джерел

1. Сепарирующие машины « Алмаз » / <http://www.info@agrotech.lg.ua>.
2. Кирпа М. Я. Повітряне сепарування насіння кукурудзи та методика визначення його параметрів / М. Я. Кирпа, С. О. Скотар // Селекція і насінництво. – 2012 – № 101. – С. 239 – 246.
3. Доброхотов В. Н. Семеноведение и контрольно – семенное дело / В. Н. Доброхотов. – М. : Сельхозиздат, 1940. – 198 с.
4. Воронцов О. С. Элеваторная промышленность, зерносушение и зерноочистка / О. С. Воронцов. – М. : Колос, 1974. – 432 с.
5. Фадеев Л. В. Отбор семян : мифы и реальность / Л. В. Фадеев // Насінництво. – 2012. – № 2. – С. 16 – 19.
6. Результаты исследования процесса пневмосепарации семян бобовых культур / [П. Ф. Купреев, Я. Д. Мельцер, Л. Н. Шибeko, А. П. Цирина, В. Н. Савуха] // Совершенствование послеуборочной обработки и хранения зерна в колхозах и совхозах, сборник научных трудов – М. : 1984. – № 10. – С. 45 – 48.

### References

1. Separating Machines Almaz. Available from <http://www.info@agrotech.lg.ua>.
2. Kirpa MYa, Skotar SO. 2012. Air separation of corn seeds and methods of determination of its parameters. Seleksiia i nasinnitstvo 101:239–246.
3. DobrokhotoV VN. 1940. Seed studies and control-seed industry. Moskva : Selkhozizdat, p. 198.
4. Vorontsov OS. 1974. Elevator industry, grain drying and and cleaning. Moskva : Kolos, p. 432.
5. Fadeev KV. 2012. Seed selection: Myths and reality. Nasinnitstvo 2:16–19
6. Kupreev PF, Meltser YaD, Shibeko LN, Tsirina AP, Savukha VN. 1984. Results of studies of air separation of legume seeds. Improvement of post-harvest treatment and storage of grain at collective and state farms. Moskva: 10:45–48.

## **АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СЕПАРИРОВАНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СЕМЯН ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ**

Кирпа Н. Я., Рослик О. О., Скотарь С. О.

Институт сельского хозяйства степной зоны НААН

Кукурузе свойственна значительная разнокачественность семян по физико-механическим показателям, что препятствует внедрению в производство аэродинамического способа сепарации семян.

**Цель.** Установление особенностей процесса аэродинамического сепарирования, определение физико-механических свойств и фракционного состава семенного материала гибридов кукурузы как объектов сепарирования.

**Методика.** Моделирование процесса зерносепарации и оценка его качества в лабораторных и полевых опытах. Исходный материал по свойствам парусности сепарировали в лабораторном пневматическом классификаторе семян, дополнительно оборудованном аспиратором, на три основные фракции: легкую, тяжелую и среднюю.

**Результаты и обсуждение.** Процесс аэродинамического сепарирования семян гибридов кукурузы имеет нестабильный характер и неспособен обеспечить качественное разделение на фракции. Выход в рамках одной и той же фракции семян гибрида Ушицкий 167 СВ варьировал от 16,2 до 24,2 %. Полученные значения линейных параметров зерновки свидетельствуют, что семена кукурузы легкой и тяжелой фракции различаются не столько по граничным значениям длины, ширины или толщины, сколько по соотношению между ними, по которому можно судить о форме зерновки. Семена легкой фракции плоские продолговатые, соотношение длина : ширина : толщина составляет 1,18 : 1,00 : 0,56. Семена тяжелой фракции более компактные, у них соотношение 1,06 : 1,00 : 0,73. Анализ показателей физико-механических свойств семян, сепарированных аэродинамическим способом, опровергает представление о том, что при распределении семян формируются фракции, различающиеся по удельному весу. В отличие от удельного веса, объем и масса 1000 зерен вследствие аэродинамического сепарирования пропорционально увеличивались у тяжелой фракции до 15,9 %, а у отдельных гибридов в легкой фракции – снижалась до 7,9–9,4 % в сравнении с контролем. Анализ посевных качеств выявил отсутствие прямой зависимости между парусностью и всхожестью семян гибридов кукурузы. Существенное возрастание лабораторной и полевой всхожести (на 11–14 %) получали как в легкой, так и в тяжелой фракциях.

**Выводы.** Учитывая сложность процесса, нестабильный характер распределения семян гибридов кукурузы на фракции, способ аэродинамического сепарирования с целью сортировки требует дальнейшего исследования, а его практическое использование более целесообразно осуществлять в режиме очищения.

*Сепарирование аэродинамическое, фракция, физико-механические свойства, всхожесть, семена кукурузы*

## **AERODYNAMIC SEPARATION AND ITS INFLUENCE ON SEED QUALITY OF CORN HYBRIDS**

Kirpa N. Ya., Roslik O. O., Skotar S. O.

Institute of Agriculture of Steppe Zone NAAS

Heterogeneity of seeds by physico-mechanical parameters is intrinsic to corn, which prevents implementation of aerodynamic separation of seeds into industry.

**Aim.** Ascertainment of aerodynamic separation peculiarities, determination of physico-mechanical properties and particle size distribution of corn hybrid seed material as a separation object.

**Methods.** Simulation of grain separation process and assessment of its quality in laboratory and field experiments. By sailing capacity the source material was separated into three main fractions: light, heavy and medium in a laboratory pneumatic seed classifier additionally equipped with an aspirator.

**Results and Discussion.** The process of aerodynamic separation of corn hybrid seeds is not stable and unable to provide high-quality separations into fractions. The yield of the same fraction for the hybrid *Ushitskiy 167SV* seeds varied from 16.2 % to 24.2 %. The measured values of caryopsis linear parameters suggest that corn seeds from light and heavy fractions differ rather by the ratio between length, width and thickness, by which the caryopsis shape can be judged, than by boundary values of these parameters. Light fraction seeds are flat oblong, the ratio length:width:thickness is 1.18 : 1.00 : 0.56. Heavy fraction seeds are more compact with the ratio of 1.06 : 1.00 : 0.73. The analysis of seed physico-mechanical parameters refutes the assumption that upon seed distribution fractions distinguishing by specific gravity are formed. Unlike specific gravity the volume and mass of 1,000 seeds proportionally increased up to 15.9 % in the heavy fraction as a result of aerodynamic separation, and in the light fraction of some hybrids they decreased down to 7.9-9.4 % as compared to the control. The analysis of sowing qualities revealed no direct correlation between sailing capacity and germinating ability of corn hybrid seeds. A significant increase in the laboratory and field germinating ability (by 11 % – 4 %) was obtained both in the light and in the heavy fractions.

**Conclusions.** Taking into account complexity of the process and instability of distribution of corn hybrid seeds into fractions, aerodynamic separation procedure for grading purpose requires further investigations, and its application is more expedient to perform in a cleaning mode.

*Aerodynamic separation, fraction, physico-mechanical properties, germinating ability, corn seed*