

УДК 633.179:631.53.01:631.559

# СОРТУВАННЯ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗА АЕРОДИНАМІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЯКОСТІ

ДРИГА В.В.,  
канд. с.-г. наук;  
ДОРОНІН В.А.,  
д.с.-г. наук;  
КРАВЧЕНКО Ю.А.,  
канд. с.-г. наук;  
ДОРОНІН В.В.,  
н.с.

Інститут біоенергетичних культур  
і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна,  
25, Київ, 03110, Україна  
Тел. (044) 275-50-00, факс (044) 275-  
50-00. E-mail: sugarbeet@ukr.net: www.  
sugarbeet.com.ua.

**Постановка проблеми.** Просо прутоподібне — багаторічна трав'яниста рослина з родини тонконогових (Poaceae) роду просових, містить більш ніж 450 різних видів, що різняться за морфологічними ознаками генеративних органів та мають п'ять різних базових хромосомних чисел (від 8 до 15) [1].

Стан спокою можна порушити різними способами, але більшість із них ґрунтується на створенні стресових умов у період проростання насіння або ж до початку його проростання [2]. Одним із таких способів є сортування насіння за аеродинамічними властивостями, за якого можна видалити біологічно-неповноцінне насіння, покращити його посівні якості й виділити насіння з високими врожайними властивостями [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якість насіння формується не лише зі створенням нових сортів та умов його вирощування, але й у процесі передпосівної обробки, яка ґрунтується на видаленні домішок машинами, що працюють на основі різниці за фізико-механічними властивостями компонентів вороху [4]. Технологія передпосівної підготовки насіння більшості сільськогосподарських культур включає цілу низку технологічних операцій, а саме: очистку, шліфування, калібрування, сортування за аеродинамічними властивостями та питомою масою, обробку захисно-стимулюючими речовинами, інкрустацію й дражування [5]. Найчастіше для сортування використовують такі властивості, як розміри, форма, питома маса, особливості поверхні, аеродинамічні властивості (критична швидкість) тощо [6].

Просо прутоподібне має відносно малі розміри насіння з високим рівнем

стану спокою, що є одним із головних стримуючих факторів широкого впровадження проса прутоподібного у виробництво, тому технологічні прийоми передпосівної підготовки насіння мають бути направлені на зниження стану біологічного спокою насіння та підвищення інтенсивності його проростання. Тому розробка заходів зниження біологічного стану спокою і, відповідно, підвищення схожості насіння є актуальними.

До технологічних прийомів, які направлені на зниження стану спокою, відносяться шліфування (скарифікація) насіння, очистка його від крупних і мілких домішок, сортування за аеродинамічними властивостями, питомою масою та сукупністю цих ознак.

За очистки й сортування посівного матеріалу повітряним потоком (критичною швидкістю) за аеродинамічними властивостями відокремлення домішок від насіння культури досягається без значних втрат повноцінного насіння [7]. Критична швидкість — це швидкість потоку повітря в метрах, за якої дане тіло лишається в підвішеному стані. Для насіння, що сортується, вона визначається залежно від його абсолютної й питомої маси, які тісно пов'язані з біологічними особливостями насіння, схожістю, масою проростків і, в кінцевому разі, його продуктивністю. Відокремлюючи плоди повітряним потоком за різної швидкості, ми розділяємо їх на групи з різною господарською цінністю [8].



**Рис. 1.** Лабораторна аспіраційна колонка для сортування насіння за аеродинамічними властивостями.

Таблиця 1.

Ефективність сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями (середнє по 5 дослідах, 2020 р.)

Варіант – швидкість повітря в аспіраційно-му каналі, м/сек.	Вихід насіння, %	Маса 1000 насінин, г	*)Енергія проростання, %	*)Схожість, %
Контроль – без сортування	-	1,65	12	14
2,5	96,85	1,78	16	16
2,8	96,47	1,48	21	24
3,4	95,23	1,65	12	16
4,0	94,53	1,58	19	20
5,2	94,27	1,68	19	20
НІР0,05		0,10	4,5	3,9

\*) якість насіння визначали без попереднього охолодження

Таблиця 2.

Якість насіння проса прутоподібного, що потрапило у відхід при сортуванні за аеродинамічними властивостями (середнє по 5 дослідах, 2020 р.)

Варіант – швидкість повітря в аспіраційному каналі, м/сек.	Відхід насіння, %	Маса 1000 насінин, г	*)Енергія проростання, %	*)Схожість, %
2,5	1,51	0,15	0	0
2,8	1,67	0,18	1	1
3,4	2,27	0,25	0	0
4,0	2,63	0,28	0	0
5,2	5,73	0,40	0	0

\*) якість насіння визначали без попереднього охолодження



Рис. 2. Аспіраційна колонка для сортування насіння за аеродинамічними властивостями в промислових умовах

**Мета дослідження:** дослідити ефективність сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями з метою підвищення його посівних якостей.

**Матеріали та методика досліджень.** Досліди з ефективності сортування насіння проса прутоподібного проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків упродовж 2020–2021 рр. із насінням за різних строків збирання (за побуріння волоті в 50, 75 та 100%), насінням зібраного з волотей першого й другого ярусів та насінням 1–5 років вегетації — сортів Морозко, Кейв-ін-рок та Санбурст. Схемою досліду передбачено сортування насіння за двома режимами з швидкості повітря в аспіраційному каналі від 2,5 до 5,2 м/сек. (за мінімальних втрат насіння підвищити його схожість) та від 5,6 до 8,82 м/сек. (значне підвищення швидкості для максимального збільшення схожості).

У лабораторних умовах сортування насіння проса прутоподібного проводили з використанням лабораторної аспіраційної колонки фірми «Петкус» (рис. 1), принцип роботи якої такий же, як і в промислових машинах.

Якість насіння очищеного та відходів — енергію проростання й схожість визначали за методикою, яка розроблена Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків [9]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали методами дисперсійного аналізу за методом Фішера [10] з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від StatSoft [11].

Результати досліджень. Технологічна схема підготовки насіння проса прутоподібного на відміну від технологій підготовки насіння інших сільськогосподарських культур простіша та включає менше технологічних операцій. Основним завданням передпосівної підготовки насіння є очистка від усіх домішок і покращення його фізико-механічних (збільшення маси насіння) й біологічних властивостей (підвищення енергії проростання та схожості насіння).

У виробничих умовах першим етапом передпосівної підготовки насіння є первинна (груба) очистка, яку проводять на повітряно-решітних машинах або інших очисних машинах, де видаляються всі великі й малі домішки, пил і занадто дрібне та дуже легке насіння.

Наступним етапом підготовки насіння є сортування за аеродинамічними властивостями з метою підвищення його схожості (рис. 2).



Раніше проведеними дослідженнями з'ясовано, що найвища інтенсивність проростання насіння була за його сортування при швидкості повітря в аспіраційному каналі 7 м/сек., яка становила від 21–35% на контролі до 27–45% після сортування. При цьому маса 1000 насінин збільшилася з 1,32 г (в контролі) до 1,62 г. Тобто в процесі сортування було видалене дрібне й легке насіння, що забезпечило підвищення маси 1000 насінин.

Насіння врожаю 2020 р., зібране за 100% ступеню дозрівання сорту Морозко, було крупнішим, маса 1000 насінин в контролі становила 1,65 г, що може свідчити про вищі показники його якості, тому було передбачено його сортування за тією ж схемою досліду, що й у попередніх дослідах, і за менших втрат насіння у відходах досягнути вищі показники його якості.

Зі збільшенням швидкості в каналі аспіраційної колонки з 2,5 до 5,2 м/сек. спостерігалася незначна зміна маси 1000 насінин, при цьому закономірного збільшення маси 1000 насінини зі збільшенням швидкості повітря не було відмічено (табл. 1).

Так, якщо в контролі маса 1000 насінин становила 1,65 г, то за максимальної швидкості повітря в аспіраційному каналі 5,2 м/сек. вона була 1,68 г (НІР0,05 = 0,10 г). За цього режиму сортування вихід насіння був найменшим і становив 94,27%. Енергія проростання та схожість насіння достовірно збільшувалися за всіх режимів сортування за винятком режиму зі швидкістю повітря в аспіраційному каналі 2,50 м/сек.

Маса 1000 насінин, яке потрапляло у відхід, закономірно підвищувалася зі збільшенням швидкості повітря в аспіраційному каналі з 0,15 г (швидкість повітря 2,50 м/сек.) до 0,40 г (швидкість повітря 5,2 м/сек.), а енергія проростання та схожість насіння були на рівні 0–1% (табл. 2).

На жаль, ці режими сортування не забезпечили очікуваних результатів із підвищення якості насіння, тому в 2021 р. були проведені дослідження з цим же насінням за режимів сортування зі значним збільшенням швидкості повітря в аспіраційному каналі — від 5,6 до 8,82 м/сек.

Установлено, що за сортування насіння проса прутноподібного за аеродинамічними властивостями зі швидкістю повітря в аспіраційному каналі від 5,60 до 7,49 м/сек. енергія проростання та схожість насіння істотно не збільшилася та була в межах, відповідно — від

39 до 44% та від 40 до 46% (табл. 3). Збільшення швидкості повітря до 7,87 м/сек. забезпечило істотне підвищення енергії проростання та схожості насіння порівняно з контролем і сортуван-

ням насіння зі швидкістю повітря 5,6 м/сек. та 7,49 м/сек., а втрати насіння у відхід збільшилися на 28,0% (рис. 4). Маса 1000 насінин очищеного насіння залежно від режимів його сортування

Таблиця 3.

Ефективність сортування насіння проса прутноподібного за аеродинамічними властивостями (середнє по 5 дослідах, 2021 р.)

Варіант – швидкість повітря в аспіраційному каналі, м/сек.	Маса 1000 насінин, г	*)Енергія проростання, %	*)Схожість, %
Контроль – без сортування	1,65	43	43
5,6	1,75	44	45
7,1	1,65	39	40
7,49	1,58	44	46
7,87	1,78	58	59
8,82	1,78	55	55
НІР0,05	0,2	8,3	8,7

\*) якість насіння визначали без попереднього охолодження

Таблиця 4.

Якість насіння проса прутноподібного, що потрапило у відхід при сортуванні за аеродинамічними властивостями (середнє по 5 дослідах, 2021 р.)

Варіант – швидкість повітря в аспіраційному каналі, м/сек.	Маса 1000 насінин, г	*)Енергія проростання, %	*)Схожість, %
5,6	0,50	3,5	4
7,1	0,83	14	16
7,49	1,08	27	28
7,87	1,25	32,5	33
8,82	1,50	41,5	42
НІР0,05	0,2	8,4	8,7

\*) якість насіння визначали без попереднього охолодження

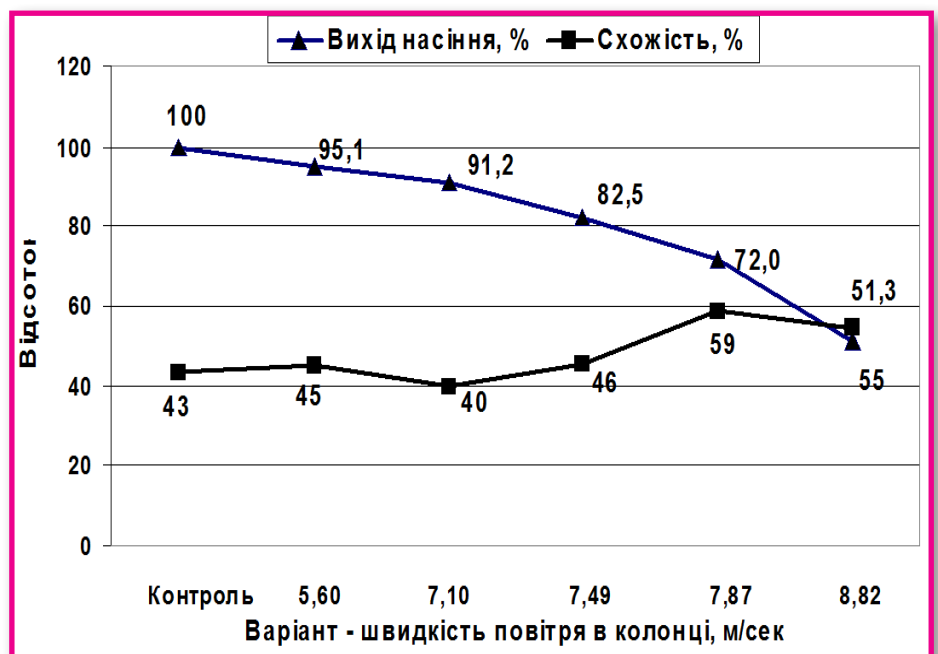


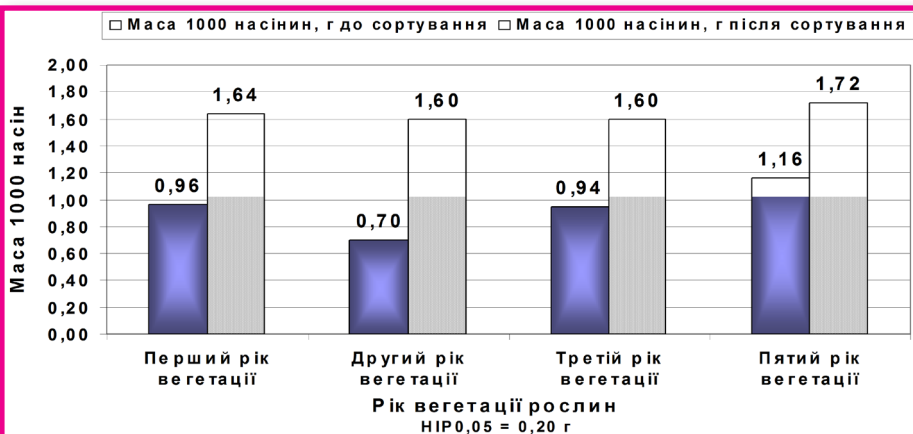
Рис. 3. Вихід насіння та його схожість при сортуванні за аеродинамічними властивостями (середнє по 5 дослідах, 2021 р.)

**Таблиця 5.** Вихід насіння (%) залежно від сортових особливостей та розміщення насіння на рослинах (середнє з 10 дослідів, 2019-2020 рр.)

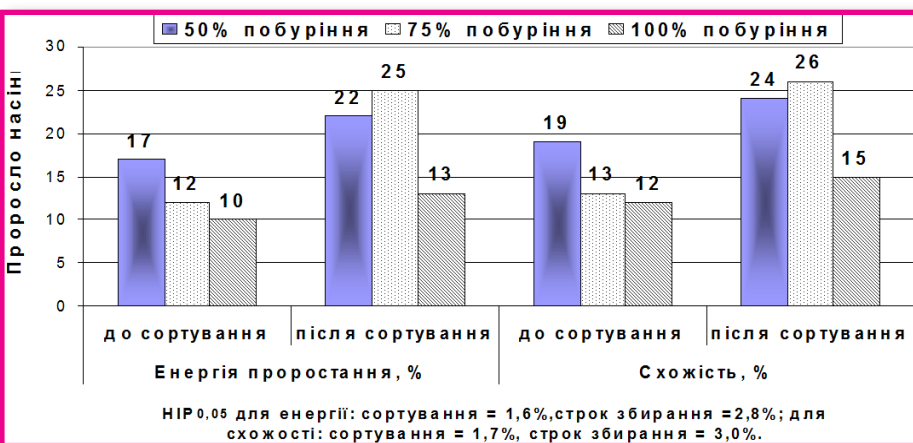
Сорт	Насіння зібране з волотей	
	першого ярусу	другого ярусу
Санбурст	90,7	89,9
Кейв-ін-Рок	93,1	91,8
Середнє	91,9	90,9
НІР0,05 заг.	8,5	
НІР0,05 СОРТ	3,2	
НІР0,05 ярус	3,7	

**Таблиця 6.** Якість насіння різних років вегетації залежно від його сортування за аеродинамічними властивостями

Рік вегетації	Енергія проростання, %		Схожість, %	
	до сортування	після сортування	до сортування	після сортування
Перший рік вегетації	1	36	1	37
Другий рік вегетації	1	73	1	73
Третій рік вегетації	2	57	3	59
П'ятий рік вегетації	4	77	4	77
НІР0,05	2	10,5	2	9,7



**Рис. 4.** Маса 1000 насінин різних років вегетації залежно від його сортування за аеродинамічними властивостями



**Рис. 5.** Якість насіння за різних строків збирання залежно від його сортування за аеродинамічними властивостями (середнє за 2018-2019 р.)

достовірно не змінювалася.

Збільшення швидкості повітря в аспіраційній колонці до 8,82 м/сек. не забезпечило достовірного підвищення схожості порівняно з сортуванням зі швидкістю 7,87 м/сек., але, порівняно з контролем, вона є достовірно вищою. Вихід очищеного насіння за цього режиму сортування зменшився в 1,4 рази, порівняно з сортуванням зі швидкістю повітря 7,87 м/сек. (рис. 3).

Підвищення схожості насіння проса прутноподібного та його маси 1000 насінин зумовлено відбором легкого та із нижчою схожістю насіння, про що свідчить якість відходу насіння. Зі збільшенням швидкості повітря в аспіраційному каналі достовірно підвищувалися енергія проростання, схожість та маса 1000 штук насіння, що потрапляло у відхід (табл. 4).

Між швидкістю повітря в аспіраційному каналі та кількістю очищеного насіння встановлено обернену тісну кореляцію. Коефіцієнт кореляції становить — 0,90, а між швидкістю повітря в аспіраційному каналі колонки та кількістю насіння, яке потрапляє у відхід — тісний прямий зв'язок, коефіцієнт кореляції становить 0,80.

Необхідно зазначити, що за збільшення маси 1000 насінин збільшувалася й схожість насіння. Найвищу схожість — 59% — мало насіння, маса 1000 штук якого була найвищою й становила 1,78 г. Ці результати гармонізують із дослідженнями Aiken G. E., Springer T. L. [12], які вказували, що крупніше насіння світчграсу за масою 1000 насінин здатне до більш швидкого проростання.

Важливим було виявити, яким може бути вихід насіння проса прутноподібного залежно від сортових особливостей та місця розміщення насіння на рослинах. Сортування проводили за швидкості повітря в аспіраційному каналі колонки 5,2 м/сек. З'ясовано, що істотної різниці з виходу насіння після сортування залежно від розміщення насіння на рослині не було. В середньому по двох сортах вихід насіння з волоті першого ярусу (волоті, які найбільш розвинуті та вищі інших) становив 91,9%, другого ярусу (волоті, які менш розвинуті й менші за висотою) — 90,9%, істотної різниці не було залежно від місця формування насіння. Насіння сорту Кейв-ін-рок було більш технологічним як із волоті першого ярусу, так і з волоті другого ярусу, що забезпечило достовірно більший його вихід за одного й того ж режиму сортування, як і сорту Санбурст (табл. 5).

За такого режиму сортування насіння у відхід було направлено 8,1% насіння, зібраного з волоті першого ярусу, і 9,1 — насіння з волоті другого ярусу. Навіть за незначного відходу енергія проростання та схожість насіння після сортування достовірно збільшилися.

Сортування насіння за аеродинамічними властивостями, яке було зібране в 2018 р. з насінників різних років вегетації, підтвердило високу ефективність цього технологічного заходу, енергія проростання та схожість достовірно підвищилися (табл. 6).

Сортування насіння всіх років вегетації рослин проводили за одного й того ж режиму — за швидкості повітря в аспіраційному каналі 5,2 м/сек. Енер-

гія проростання підвищилася від 1–4% до 36–77%, схожість, відповідно — від 1–4% до 37–77%. Значно збільшилася маса 1000 насінин (рис. 4).

Підвищення якості насіння зумовлено видаленням дуже легкого насіння, про що свідчить збільшення маси 1000 насінин.

Сортування за аеродинамічними властивостями насіння, зібраного залежно від строків його дозрівання, також забезпечило достовірне підвищення енергії проростання й схожості незалежно від строків його збирання (рис. 5).

Найменше підвищення енергії проростання й схожості після сортування було в насіння, яке зібране за побуріння 50% оплодня: енергія проростання та схожість збільшилися на

5% (НІР<sub>0,05</sub> сортування = 1,6 та 1,7%). Найбільшу ефективність отримано за сортування насіння, що зібране за 75% побуріння оплодня, енергія проростання й схожість збільшилися на 13%.

**Висновки.** Сортування насіння проса прутоподібного різних років вегетації, зібраного з волотей різних ярусів та строків дозрівання, забезпечувало достовірне підвищення його енергії проростання та схожості; його можна впроваджувати у виробництво, але він остаточно не вирішує проблеми зниження біологічного спокою насіння. Цей спосіб підготовки насіння до сівби можливий в кожному насінницькому господарстві, де є повітряно-решітні машини, які обладнані аспіраційним каналом.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Christian D. G., Elbersen H. W. Switchgrass (*Panicum virgatum* L.). In: N. El Bassam. Energy plant species. Their use and impact on environment and development. London: James and James publishers, 1998: 257–263.
2. Биология семян и семеноводство [перевод с польского Г. Н. Миросниченко]. М.: Колос, 1976. 415 с.
3. Доронін В. А., Карпук Л. М., Кравченко Ю. А. Передпосівна підготовка насіння як спосіб покращення його якості та продуктивних властивостей цукрових буряків. «Хелатні мікродобрива — 2007»: матеріали I Всеукраїнської спеціалізованої конференції (м. Київ 15 листопада 2007р.). Київ: НВЦ «Реаком». 2007. С. 24.
4. Доронін В. А. Біологічні особливості формування гібридного насіння цукрових буряків та способи підвищення його врожайності і якості. Київ: Поліпром, 2009. 299 с.
5. Доронін В. А., Поліщук В. В., Доронін А. В., та ін. Насінництво цукрових буряків. Умань: «Візаві» («Сочінський М. М.»), 2018. 380 с.
6. Брандербург Н. Р. Принципы и практика очистки семян: сортирование аппаратурой, которая учитывает размеры, форму, плотность и конечную скорость семян: Пер. с нем. М. 1980.
7. Ефримов А. Е. Эффективность калибровки семян односемянной сахарной свеклы. Львовская опытно-селекционная станция. сб. научных работ. Воронеж: 1965. Вып. 1. С. 133–135.
8. Задлер В. В. Качество семян сахарной свеклы как фактор урожайности: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: Киев, 1952. 12 с.
9. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В., Доронін В. В., Мандровська С. М., Гончарук Г. С. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (світчграссу) *Panicum virgatum* L. (Методичні рекомендації) — К., ІБКЦБ НААН. 2015. 10 с.
10. Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
11. Сайт компанії StatSoft, разработчика программы Statistica 6.0: <http://www.statsoft.ru/>.
12. Aiken G. E., Springer T. L. (1995). Seed size distribution, germination, and emergence of 6 switchgrass cultivars. J. Range Manage. 48. 455–458.

#### АНОТАЦІЯ

УДК 633.179: 631. 53.01:631.559

**Сортування насіння проса прутоподібного за аеродинамічними властивостями як спосіб підвищення його якості**

Дрига В. В., канд. с.-г. наук;

Доронін В. А., д.с.-г. наук;

Кравченко Ю. А., канд. с.-г. наук;

Доронін В. В., н.с.

**Вступ.** У статті наведено результати досліджень із впливу режимів сортування насіння за аеродинамічними властивостями на його енергію проростання й схожість із метою зниження біологічного стану спокою насіння та значного підвищення якості. **Методи.** Лабораторний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. Результати. Зі збільшенням швидкості в каналі аспіраційної колонки з 2,5 до 5,2 м/сек. спостерігалася незначна зміна маси 1000 насінин, при цьому закономірного збільшення маси 1000 насінини зі збільшенням швид-

кості повітря не було відмічено. Так, якщо в контролі маса 1000 насінин становила 1,65 г, то за максимальної швидкості повітря в аспіраційному каналі 5,2 м/сек. вона була 1,68 г (НІР<sub>0,05</sub> = 0,10 г). Енергія проростання та схожість насіння достовірно збільшувалися за всіх режимів сортування, за винятком режиму зі швидкістю повітря в аспіраційному каналі 2,50 м/сек. Маса 1000 насінин, яке потрапляло у відхід закономірно підвищувалася зі збільшенням швидкості повітря в аспіраційному каналі з 0,15 г до 0,40 г, а енергія проростання та схожість насіння були на рівні 0–1%. Збільшення швидкості повітря до 7,87 м/сек. забезпечило істотне підвищення енергії проростання та схожості насіння порівняно з контролем та сортуванням насіння зі швидкістю повітря 5,6 м/сек. та 7,49 м/сек., а втрати насіння у відхід збільшилися на 28,0%. **Висновки.** Сортування насіння проса прутоподібного різних років вегетації, зібраного з волотей різних ярусів та строків дозрівання, забезпечувало достовірне підвищення його енергії проростання й схожості і його можна впроваджувати у виробництво, але він остаточно не вирішує проблеми зниження біологічного стану спокою насіння.

**Ключові слова:** стан спокою, енергія проростання, схожість, маса 1000 насінин, вихід насіння.

#### ABSTRACT

**Separation of switchgrass seeds by aerodynamic properties as a way of quality improvement**

Dryha V. V., PhD in Agriculture;

Doronin V. A., Doctor of Agricultural Sciences;

Kravchenko Yu. A., PhD in Agriculture;

Doronin V. V., Researcher;

Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine

**Purpose.** The article presents the research results on the effect of seed separation (by aerodynamic properties) regime on germination energy and germination in order to reduce the biological dormancy of seeds and significantly improve the quality. **Methods.** Laboratory, measuring and weighing, mathematical and statistical. Results. With speed increasing in the aspiration column channel from 2.5 to 5.2 m/sec there was a slight change in the 1000-seed weight. There was not dependency in increase in the 1000-seed weight along with increasing air velocity. Thus, if in the control the 1000-seed weight was 1.65 g, then at the maximum 5.2 m/sec air velocity in the aspiration channel it was 1.68 g (SSD<sub>0.05</sub> = 0.10 g). Germination energy and seed germination significantly increased in all separation modes except for the mode with 2.50 m/sec air velocity in the aspiration channel. The 1000-seed weight that fell into the waste naturally increased with increasing air velocity in the aspiration channel from 0.15 g to 0.40 g, and germination energy and seed similarity were at the level of 0–1%. Increasing the air speed to 7.87 m/sec provided a significant increase in seed germination energy and germination compared to the control and sorting of seeds at an air speed of 5.6 m/sec and 7.49 m/sec, and waste losses in waste increased by 28.0%. **Conclusions.** Separation of switchgrass seeds of different years of vegetation, collected from panicles of different tiers and maturation dates provided a significant increase in its germination energy and germination and can be introduced into production but it does not completely solve the problem of reducing the biological dormancy of seeds.

**Keywords:** dormancy, germination energy, germination, 1000-seed weight, seed yield.