

modern climate are effective for increase of productivity of vegetable spinach, at which quality of production is not worsened.

Based on the conducted research, it is developed and recommended for agricultural producers of industrial, private and personal sector to grow domestic early ripening varieties of spinach of the city Krasen Polissya and Malachite. Absorbents in arid conditions of modern climate contribute to increase of spinach of vegetable garden and reception of high quality of production.

Key words: *spinach, variety, absorbent, commodity products, yield, quality indices.*

УДК 633.63: 631. 531.12

DOI 10.31395/2415-8240-2020-96-1-193-205

БІОЛОГІЧНИЙ СТАН СПОКОЮ НАСІННЯ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО (*PANICUM VIRGATUM* L.) ТА СПОСІБ ЙОГО ЗНИЖЕННЯ

В. В. ДРИГА, кандидат сільськогосподарських наук

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України

Наведено результати дослідження ефективності скарифікації насіння проса прутоподібного з метою зниження біологічного стану його спокою залежно від сортових особливостей. Якість насіння залежала як від сортових особливостей, так і від кількості видаленої оболонки насінини під час скарифікації. За скарифікації окремих партій насіння обох сортів енергія проростання і схожість достовірно підвищувалися, а окремих, навіть зменшувалися.

Ключові слова: *схожість, енергія проростання, режими скарифікації, сортові особливості, оболонка насіння*

Постановка проблеми. Найпоширенішими видами палива для України є нафтопродукти та природний газ, які щорічно зменшуються. Тому, за збільшення їх дефіциту та значним подорожчанням, розпочато пошук альтернативних джерел енергії, які можуть зменшити залежність держави від традиційних видів палива [1]. Вагомою альтернативою традиційним видам палива нині є біопаливо [2]. Проводяться дослідження з вивчення ефективності використання для виробництва біопалива цілої низки видів рослин – міскантус, просо прутноподібне (свічграс), буряки цукрові та сорго цукрове та інші.

Серед нових перспективних енергетичних рослин родини злакових, що інтродукуються в Україні, на особливу увагу заслуговує багаторічна злакова культура, яка здатна нагромаджувати значні обсяги біомаси за рахунок фотосинтезу – просо прутноподібне (*Panicum virgatum* L.), яка належить до рослин з C₄ типом фотосинтезу [3]. Розмножується ця культура насінням і кореневищем [4]. Але для широкого впровадження проса прутноподібного у виробництво необхідно мати достатню кількість високоякісного насіння. Тому актуальним є вивчення природи біологічного стану спокою, щоб в майбутньому можна було управляти цим процесом та розробки способів зниження його і, відповідно – підвищення схожості насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Насінню проса прутноподібного притаманна низька схожість, що зумовлено тривалим біологічним станом спокою. Це є одним з головних стримуючих факторів для широкого впровадження культури у виробництво. За низької схожості насіння не можливо отримати дружні та рівномірні сходи, а відповідно – високу врожайність культури. За даними S. W. Adkins [5] стан біологічного спокою насіння може бути спричинений пониженням активності зародку або різноманітними властивостями його покриву (захисної оболонки). Більшість дослідників вважають, що стан спокою в переважній кількості видів, контролюється гормональною системою, а саме: наявністю абсцизової [6] або індолілоцтової [7] і концентрацією гіберелінової кислот [8].

Для порушення стану спокою насіння культур, яким він притаманний, застосовують різні способи, але всі вони ґрунтуються на створенні стресових умов для насіння до його пророщування або в період проростання.

Для порушення стану спокою насіння окремих культур попереднє його охолоджують за температури 5–10°C, а окремих, навпаки – попередню прогрівають [9]. Насіння окремих видів рослин пророщують на субстраті зволоженому 0,2% розчином нітрату калію (KNO_3) або розчином гіберілінової кислоти [10]. Якщо на насінні є речовини, що інгібірують проростання, або насіння має тверду оболонку, то його замочують [9, 11] або проводять скарифікацію [12] – руйнування твердої водонепроникної оболонки та часткове її видалення механічним або термічним чи хімічним способами, що забезпечує вільний доступ води та кисню до зародка і, відповідно – підвищує інтенсивність його проростання.

У науковій літературі майже відсутня інформація з ефективності застосування скарифікації насіння проса прутоподібного з метою зниження його стану спокою. Тому, **метою** наших досліджень було вивчення ефективності скарифікації насіння проса прутоподібного залежно від його сортових особливостей.

Методика досліджень. Програмою досліджень передбачено визначення ефективності скарифікації насіння на його енергію проростання та схожість залежно від сортових особливостей культури. Лабораторні дослідження проводили в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України в 2020 р. Для дослідження використовували насіння 2019 р. урожаю, зібране з волотей першого ярусу, які розміщені на найбільш розвинутих високих стеблах. Схемою досліду передбачено проведення скарифікації насіння двох сортів Кейв-ін-рок та Санбурст, в контролі – без проведення скарифікації. Визначення кількості оболонки, яку видаляли проводили зважуванням насіння до та після скарифікації, попередньо видаливши пил від насіння на лабораторній аспіраційній колонці фірми «Петкус». Проведено дев'ять дослідів в чотиракратній повторності.

Скарифікацію насіння проводили на спеціальному обладнанні, де насіння активно перемішувало між двома абразивними поверхнями, при цьому відбувалося його самошліфування за рахунок тертя одне об одне, а також, частково по абразивній поверхні.

Лабораторна схожість насіння визначали згідно з методикою, розробленою Інститутом біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН [13], але для визначення впливу скарифікації на енергію проростання та схожість, насіння пророщували за температури 20⁰С без попереднього його охолодження. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за допомогою дисперсійного і кореляційного аналізів за методом Фішера [14] з використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 від компанії StatSoft.

Результати досліджень. Попередніми нашими дослідженнями встановлено, що застосування скарифікації насіння проса прутоподібного за видалення біля 9% оболонки насінини забезпечило достовірне підвищення його енергії проростання і схожості, відповідно – на 9 і 6 %.

Для більш загального вивчення впливу скарифікації на якість насіння були проведені дослідження щодо застосування цього заходу залежно від сортових особливостей. Так проведено скарифікацію насіння двох сортів проса прутоподібного різної плоїдності та з різних груп стиглості: оксаплоїдний середньопізній сорт Кейв-ін-рок і тетраплоїдний середньостиглий сорт Санбурст. Енергію проростання та схожість визначали без попереднього його охолодження.

Виявлено достовірну різницю з енергії проростання і схожості насіння залежно від застосування скарифікації обох сортів (рис. 1). Якщо за скарифікації насіння сорту Кейв-ін-рок в середньому по дослідах в контролі енергія проростання становила 23 %, а схожість 24 %, то за скарифікації ці показники становили, відповідно – 28 і 29 %, або були істотно вищими на 5 % порівняно з контролем – без скарифікації ($HP_{0,05 \text{ скарифікація}} = 2,8 \text{ та } 2,3 \text{ \%}$). Аналогічні результати отримані й у сорту Санбурст – енергія проростання і схожість насіння були вищими, відповідно – на 2 і 4 %.



Рис. 1. Якість насіння залежно від сортових особливостей та скарифікації (середнє з 9 дослідів, 2020 р.)

Залежно від сортових особливостей також виявлено достовірну різницю за вказаними показниками. Енергія проростання і схожість сорту Кейв-ін-рок в контролі – без обробки були вищими на 10 і 11 %, а за скарифікації – на 13 і 12 % порівняно з сортом Санбурст.

Аналіз впливу досліджувальних факторів показав, що вплив «скарифікація» на енергію проростання та схожість був незначним і становив, відповідно – 2 і 6 %, вплив фактору «сорт» був значним і становив 89 % (рис. 2).

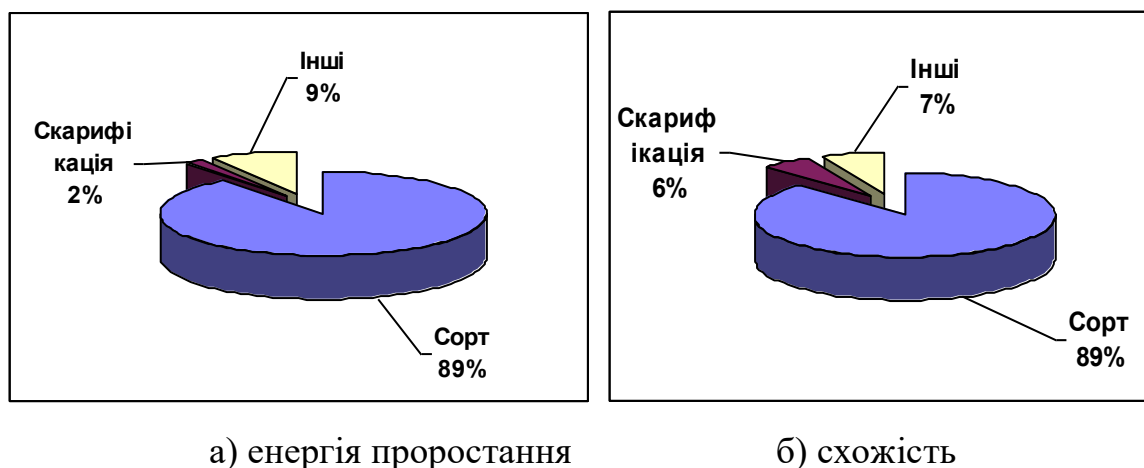


Рис. 2. Частка впливу досліджувальних елементів на якість насіння

З'ясовано, що скарифікація по різному впливала на якість насіння, зібраного з волотей першого ярусу залежно як від сортових особливостей, так і від ступеню скарифікації (кількості видаленої оболонки насінини).

За скарифікації окремих партій насіння обох сортів енергія проростання і схожість достовірно підвищувалися, а окремих, навіть зменшувалися (табл. 1).

Табл. 1. Якість насіння залежно від сортових особливостей та режимів скарифікації

Кейв-ін-рок			Санбурст		
видалено оплодня, %	енергія проростання, %	схожість, %	видалено оплодня, %	енергія проростання, %	схожість, %
Контроль (без скарифікації)	11	11	Контроль (без скарифікації)	14	14
5,65	16	16	4,35	8	12
3,34	19	20	1,28	14	14
10,90	17	18	3,05	12	17
Контроль (без скарифікації)	29	30	Контроль (без скарифікації)	11	11
10,94	25	26	3,43	11	12
3,86	23	24	3,70	15	15
4,55	25	25	3,68	21	24
Контроль(без скарифікації)	36	36	Контроль (без скарифікації)	15	15
2,19	40	41	2,08	17	17
2,93	40	40	2,07	18	21
3,65	39	40	2,91	20	20
<i>НІР_{0,05 заг.}</i>	4,0	3,2	<i>НІР_{0,05 заг.}</i>	4,0	3,2
<i>НІР_{0,05 сорт}</i>	2,8	2,3	<i>НІР_{0,05 сорт}</i>	2,8	2,3
<i>НІР_{0,05 скарифікація}</i>	2,8	2,3	<i>НІР_{0,05 скарифікація}</i>	2,8	2,3

Так, за скарифікації насіння сорту Санбурст з видаленням 4,35 % оболонки насінини енергія проростання істотно зменшилася – на 6 %, а за зменшення ступеню скарифікації (видалення 3,05 % оболонки) енергія була нижчою на 2 %, а схожість достовірно підвищилася – на 3 % порівняно з контролем – без скарифікації. Аналогічна партія насіння була і в сорту Кейв-ін-

рок, який характеризувався вищою схожістю до скарифікації (в контролі) порівняно з сортом Санбурст. У інших партіях насіння скарифікація забезпечила достовірне підвищення енергії проростання і схожості порівняно з контролем обох сортів. Не виявлено закономірного збільшення чи зменшення показників якості насіння залежно від режимів його скарифікації.

Експериментально встановлено, що між ступенем скарифікації насіння сорту Кейв-ін-рок та енергією проростання та між ступенем скарифікації і схожістю існують середні зворотні зв'язки, коефіцієнт кореляції становить, відповідно – $-0,54$ та $-0,52$.

Побудовані рівняння регресії, що описують цю залежність: для енергії проростання $y = 1,6038x + 35,552$, величина достовірності апроксимації становить $0,2865$; для схожості насіння, відповідно – $y = 1,5381x + 35,729$ та $0,2729$.

Аналогічні залежності виявлені і в сорту Санбурст але кореляційна залежність слабка, коефіцієнт кореляції між кількістю видаленої оболонки та енергією проростання становить $0,26$, а між кількістю видаленої оболонки насіння та схожістю – $0,12$.

Висновки. Не всі партії насіння однаково реагують на цей спосіб підвищення якості. За скарифікації окремих партій насіння обох сортів енергія проростання і схожість достовірно підвищувалися, а окремих, навіть зменшувалися. Скарифікація насіння забезпечує достовірне підвищення його якості і цей спосіб можливий для впровадження у виробництво але він не вирішує проблеми зниження біологічного спокою насіння, тому доцільно продовжити вивчення природи спокою насіння з метою з'ясування можливостей управління цим явищем і вдосконалення технологій отримання достатньої кількості високосхожого насіння.

Література

1. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Дрига В. В., Доронін В. В. Формування садивного матеріалу міскантусу в другому році вегетації залежно

від елементів технології його вирощування. *Біоенергетика*. 2018. № 2 (12). С. 28–31.

2. Сінченко В. М., Гументик М. Я., Бондар В. С. Перспективи технології виробництва біопалива. *Біоенергетика*. №2 (4). Київ. 2014. С. 13.

3. Щербакова Т. О., Рахметов Д. Б. Особливості будови пагонів проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.) в умовах інтродукції в Правобережному Лісостепу та Поліссі України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2017. Т. 13. № 1. С. 85–88.

4. Elbersen H. W., Christian D. G., Bassen N. El., Bacher W., Sauerbeck G., Aleopoulou E., Sharma N., Piscioneri I., De Visser P., Van Den Berg D. Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*. 2001. № 65. P. 21–28.

5. Adkins S. W., Bellaires S. M., Loch D. S. Seed dormancy mechanismus in warm season grass species. *Euphytica*. 2002. V. 126. № 1. P. 13–20.

6. Кулаева О. Н. Как регулируется жизнь растений. *Образовательный журнал*. 1995. № 1. С. 20–27.

7. Finch-Savage A. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*. 2006. V. 171. № 3. P. 501–523.

8. Николаева М. Г. Лянгузова И. В., Поздова Л. М. Биология семян. СПб: НИИ химии СПбГУ, 1999. 232 с.

9. Sorten – und Saatgutrecht der Europäischen Union, Brüssel, Stand 19. 2003, 532 p.

10. OESD Scheme for the Varietal Certification of Sugar Beet and Fodder Beet Seed, moving in international trade. Fnnex IX to the descision, 2003. P. 123–145.

11. Фиросова М. К Семенной контроль. М., Колос, 1969. С. 148–154.

12. Курило В. Л., Кулик М. І., Рожко І. І. Методичні рекомендації: допосівна підготовка насіння проса прутоподібного (*Panicum virgatum* L.). Полтава: Астроя, 2019. 24 с.

13. Доронін В. А., Кравченко Ю. А., Бусол М. В., та ін. Визначення схожості насіння проса прутоподібного (свічграсу) *Panicum virgatum* L. Київ: ІБКІЦБ НААН. 2015. 10 с.

14. Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi : Cosmo Publications, 2006. 354 p.

References

1. Doronin, V. A., Kravchenko, Y. A., Dryga, V. V., Doronin, V. V. (2018). Formation of miscanthus planting material in the second year of vegetation depending on the elements of its growing technology. *Bioenergy*, no. 2 (12), pp. 28–31. (in Ukrainian).
2. Sinchenko, V. M., Gumentik, M. Ya., Bondar, V. S. (2014). Prospects for biofuel production technology. *Bioenergy*, no. 2 (4), pp. 13. (in Ukrainian).
3. Shcherbakova, T. O., Rakhmetov, D. B. (2017). Peculiarities of the structure of shoots of panic-shaped millet (*Panicum virgatum* L.) under the conditions of introduction in the Right-bank Forest-steppe and Polissya of Ukraine. *Plant Varieties Studying and protection*, vol. 13, no. 1, pp. 85–88. (in Ukrainian).
4. Elbersen, H. W., Christian, D. G., Bassen, N. El., Bacher, W., Sauerbeck, G., Aleopoulou, E., Sharma, N., Piscioneri, I., De Visser, P., Van Den Berg D. (2001). Switchgrass variety choice in Europe. *Aspects of Applied Biology*, no. 65, pp. 21–28.
5. Adkins, S. W., Bellaires, S. M., Loch, D. S. (2002). Seed dormancy mechanismus in warm season grass species. *Euphytica*, vol. 126, no. 1, pp. 13–20.
6. Kulaeva, O. N. (1995). How plant life is regulated. *Educational Journal*, no. 1, pp. 20–27. (in Ukrainian).
7. Finch-Savage, A. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, vol. 171, no. 3, pp. 501–523.
8. Nikolaeva, M. G. Languzova, I. V., Pozdova, L. M. (1999). Seed biology. St. Petersburg: *Research Institute of Chemistry*, St. Petersburg State University, 232 p. (in Russian).
9. Sorten – und Saatgutrecht der Europäischen Union, Brüssel, Stand 19 (2003). 532 p.
10. OESD Scheme for the Varietal Certification of Sugar Beet and Fodder Beet Seed, moving in international trade. Fnnex IX to the descision (2003). pp. 123–145.

11. Firosova, M. K. (1969). Seed control. M., Colossus, pp. 148–154. (in Ukrainian).
12. Kurilo, V. L., Kulik, M. I., Rozhko, I. I. (2019). Methodological recommendations: pre-seed preparation of millet seeds of panicum (*Panicum virgatum* L.). Poltava: Astra. 24 p. (in Ukrainian).
13. Doronin, V. A., Kravchenko, Yu. A., Busol, M. V., et al. (2015). Determination of germination of millet seeds of *Panicum virgatum* L.. Kiev: IBKICB NAAS. 10 p. (in Ukrainian).
14. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi : Cosmo Publications. 354 p.

Аннотация

Дрига В. В.

Биологическое состояние покоя семян проса прутьевидного (*Panicum virgatum* L.) и способ его снижения

Цель. Изучение эффективности скарификации семян проса прутьевидного в зависимости от сортовых особенностей.

Методы. Лабораторный, математически-статистический.

Результаты. Одним из главных сдерживающих факторов, который сдерживает широкое внедрение проса прутьевидного в производство, является длительный биологический покой семян и, соответственно, низкая его всхожесть. Для снижения состояния покоя семян применяют различные способы, но все они основаны на создании стрессовых условий для семян до их проращивания или в период прорастания.

Одним из способов снижения состояния покоя является скарификацию – разрушение его твердой водонепроницаемой поверхности оболочки и частичное ее удаление механическим способом, обеспечивающим свободный доступ воды и кислорода к зародышу и, соответственно - повышает интенсивность их прорастания. Предыдущими нашими исследованиями

выявлено, что этот способ обеспечивает существенное повышение качества семян.

С целью более глубокого изучения влияния скарификации на качество семян были проведены опыты применения этого способа в зависимости от сортовых особенностей. Было проведено скарификацию семени двух сортов проса прутьевидного различной плоидности и из разных групп спелости: среднепоздний сорт Кейв-ин-рок и среднеспелый — Санбурст.

Выяснено, что скарификация по-разному влияла на качество семян, в зависимости от сортовых особенностей и степени скарификации - количества удаленной оболочки семени. При скарификации отдельных партий семян обоих сортов энергия прорастания и всхожесть существенно повышались, а отдельных, даже уменьшались.

В зависимости от сортовых особенностей также выявлено существенную разницу по этим показателям. Энергия прорастания и всхожесть сорта Кейв-ин-рок в контроле были выше на 10 и 11 %, а при скарификации — на 13 и 12 % по сравнению с сортом Санбурст. Влияние фактора «скарификация» на энергию прорастания и всхожесть была незначительными и составила соответственно — 2 и 6 %, влияние фактора «сорт» был значительным и составил 89 %. Между степенью скарификации семян сорта Кейв-ин-рок и энергией прорастания и между степенью скарификации и всхожестью существуют средние обратные связи, коэффициент корреляции составляет, соответственно - $-0,54$ и $-0,52$. Аналогичные зависимости обнаружена и у сорта Санбурст но корреляционная зависимость была слабой.

Выводы. Не все партии семян одинаково реагируют на этот способ повышения качества. При скарификации отдельных партий семян обоих сортов энергия прорастания и всхожесть существенно повышались, а отдельных, даже уменьшались. Этот способ обеспечивает достоверное повышение качества семян и возможен для внедрения в производство, но он не решает проблемы снижения биологического покоя семян.

Ключевые слова: всхожесть, энергия прорастания, режимы скарификации, сортовые особенности, оболочка семени.

Annotation

Dryga V. V.

The biological resting state of millet seeds (*Panicum virgatum* L.) and method of its reduction

Goal. The effectiveness of millet seeds scarification, depending on its varietal characteristics was studied.

Methods. Laboratory, mathematical and statistical.

Results. One of the main limiting factors that constrain the millet widespread introduction in the production is the long biological state of seeds dormancy and, consequently, its low germination. Different methods are used to disrupt the dormancy of seeds, but they are all based on stressful conditions creating for the seeds before germination or during germination. One way of the resting state reducing is scarification - the destruction of its hard-waterproof surface of the shell and its partial removal by mechanical means, which provides free access to water and oxygen to the embryo and, accordingly, increases the intensity of its germination. Our previous research has shown that this method provides a significant improvement in seed quality.

To further study the effect of scarification on seed quality, experiments were conducted on the application of this measure depending on varietal characteristics. The seeds of two varieties of rod millet different ploidy and of different maturity groups were scarified: the medium-late Cave-in-Rock variety and the medium-ripe variety Sunburst.

The scarification affected on the quality of seeds in different ways, depending on the varietal characteristics and the degree of scarification - the amount of seed coat removed was found. With the scarification of individual batches of seeds of both

varieties, germination energy and germination significantly increased, and some even decreased.

The significant difference was also found in these indicators depending on the varietal characteristics. The germination energy and similarity of the Cave-in-Rock variety were higher by 10 and 11 % in the control, and for scarification — by 13 and 12 % compared to the Sunburst variety. The influence of the factor "scarification" on the germination energy and germination was insignificant and amounted to 2 and 6 %, respectively, the influence of the factor "variety" was significant and amounted to 89 %. There are average feedbacks between the degree of scarification of Cave-in-Rock seeds and germination energy and between the degree of scarification and germination, with a correlation coefficient of -0,54 and -0,52, respectively. Similar dependences are found in the Sunburst variety, but the correlation is weak.

Conclusions. Not all batches of seeds respond equally to this method of quality improvement. With the scarification of individual batches of seeds of both varieties, germination energy and germination significantly increased, and some even decreased. Scarification of seeds provides a significant increase on its quality and this method is possible for implementation in production but it does not solve the problem of reducing the biological dormancy of seeds.

Key words: germination, germination energy, scarification regimes, varietal characteristics, seed coat.