

УДК 632.51:632.9

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.16>

## ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРОСА ПРУТОПОДІБНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ЙОГО ГУСТОТИ ТА НАЯВНОСТІ БУР'ЯНІВ У ПОСІВАХ

**Макух Я.П.** – д.с.-г.н., старший науковий співробітник,  
завідувач лабораторії гербології,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України

**Ременюк С.О.** – к.с.-г.н., старший науковий співробітник,  
провідний науковий співробітник лабораторії гербології,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України

**Найденко В.В.** – аспірант,

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків  
Національної академії аграрних наук України

Найбільш важливим визначником ефективності освоєння культурними рослинами вільних ніш агрофітоценозу поля є їхні біометричні характеристики та власне рівень продуктивності. Адже ефективністю вирощування культури й можна виправдати доцільність застосування певних агротехнічних вимог і визначити ефективність посівів загалом. Встановлено, що вирощування проса прутоподібного з високою густотою рослин дозволило навіть на забур'яненних посівах отримати пристойні показники продуктивності, збору біопалива й енергії. Однак навіть на другий рік вегетації ці значення суттєво відрізняються від чистих від бур'янів посівів, що дозволяє зробити висновок про надзвичайну важливість підтримання посівів проса прутоподібного першого року вегетації в чистому стані. Так, за густоти рослин 150–200 шт./м<sup>2</sup> ми отримали вихід твердого біопалива 7,2 т/га та 10,3 т/га, що забезпечив збір енергії 114,6 ГДж/га та 165,3 ГДж/га на забур'яненних варіантах. Водночас чисті посіви за аналогічних густот дозволили отримати вихід біопалива 9,7 т/га та 12,8 т/га, що забезпечив збір енергії 154,9 ГДж/га та 205,4 ГДж/га.

**Ключові слова:** просо прутоподібне, бур'яни, рівень продуктивності.

**Макух Я.П., Ременюк С.А., Найденко В.В. Производительность проса прутоподобного в зависимости от его густоты и наличия сорняков в посевах**

Наиболее важным определителем эффективности освоения культурными растениями свободных ниш агрофитоценозов поля являются их биометрические характеристики и собственно уровень производительности. Ведь эффективностью выращивания культуры и можно оправдать целесообразность применения определенных агротехнических требований и определить эффективность посевов в целом. Установлено, что выращивание проса прутоподобного с высокой плотностью растений позволило даже на засоренных посевах получить приличные показатели производительности, сбора биотоплива и энергии. Однако даже на второй год вегетации эти значения существенно отличаются от чистых от сорняков посевов, что позволяет сделать вывод о чрезвычайной важности поддержания посевов проса прутоподобного первого года вегетации в чистом состоянии. Так, при густоте растений 150–200 шт./м<sup>2</sup> мы получили выход твердого биотоплива 7,2 т/га и 10,3 т/га, обеспечивший сбор энергии 114,6 ГДж/га и 165,3 ГДж/га на засоренных вариантах. В то же время чистые посевы при аналогичной плотности позволили получить выход биотоплива 9,7 т/га и 12,8 т/га, обеспечивший сбор энергии 154,9 ГДж/га и 205,4 ГДж/га.

**Ключевые слова:** просо прутоподобное, сорняки, уровень производительности.

**Makukh Ya.P., Remenyuk S.A., Naidenko V.V. Productivity of brown proteins depending on their hostility and presence of burns in combinations**

The most important determinant of the effectiveness of the development of free fields of agricultural fields is their biometric characteristics and the actual level of productivity. Indeed, the actual effectiveness of cultivating a crop can be justified by the expediency of applying certain

agrotechnical requirements and determining the effectiveness of crops in general. It was established that the cultivation of millet with a high density of plants made it possible to obtain decent yields, biofuel and energy collection even in irrigated crops. However, even in the second year of vegetation, these values differ significantly from pure crop weeds, which allows us to conclude that the importance of maintaining the crops of millet in the first stage of the vegetation in its pure condition is of prime importance. So, for plant densities 150–200 pcs/m<sup>2</sup> we obtained a yield of solid biofuels of 7,2 t / ha and 10,3 t / ha which provided energy collection of 114,6 GJ/ha and 165,3 GJ / ha variants. At the same time, pure crops of similar densities allowed the yield of biofuels to be 9,7 t / ha and 12,8 t / ha, which provided for the collection of energy 154,9 GJ / ha and 205,4 GJ / ha.

**Key words:** millet-barley, weeds, productivity level.

**Постановка проблеми.** За останні 15 років виробництво енергії з біоенергетичних рослин у світі зросло удвічі, виробництво рідкого біопалива збільшилося у 5 разів. Лідером у виробництві біопалива є Америка, проте найбільші темпи розвитку спостерігалися у країнах Євросоюзу, де упродовж останнього десятиріччя ці показники зросли у 23 рази. Біоенергетика стрімко розвивається і у країнах Азії, зокрема в Індії та Китаї. Значний ріст у даному сегменті показала також Бразилія [1]. Досить придатною сировиною для виробництва біопалива є багаторічні злакові культури, однією з яких є просо прутіподібне, або свічграс (*Panicum virgatum*). Це прямостояча теплолюбна і досить витривала в умовах посухи та високої температури культура із глибокопроникною (до 2,5 м) мичкуватою кореневою системою, що дає змогу рослинам витримувати короткострокові затоплення. У висоту свічграс досягає 2,5–3 м. Щільність кореневої системи цього виду проса в поверхневому 15-сантиметровому шарі вдвічі більша, ніж у люцерни, та втричі порівняно з кукурудзою [2]. Конкуренція з бур'янами є головною причиною невдач у справі формування плантацій біоенергетичних культур, особливо проса прутіподібного. Через це пропонується навіть відкладати закладання плантацій на один – два роки для боротьби з бур'янами та знищення запасів життєздатного насіння у ґрунті й окультурення ділянки [3]. Найбільш поширеними бур'янами для проса прутіподібного є однорічні види, особливо такі: *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop., *Setaria viridis* (L.) Beauv., *Setaria glauca* (L.) Beauv., *Panicum dichotomiflorum* Michx., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. [4].

Негативний вплив бур'янів на рослини проса прутіподібного найчастіше проявляється в перший рік вегетації, і шкода від нього набагато гірша, ніж у наступні роки, особливо якщо із самого початку посіви були зріджені або мали недостатню густоту. Проблема часто ускладнюється тим, що, за відсутності боротьби з бур'янами в рік сівби, загальна стійкість рослин проса прутіподібного на наступний рік може зменшитися і шкода, завдана забур'яненням поля, може бути збільшена. За адекватної боротьби з бур'янами протягом перших двох років подальші проблеми з конкуренцією можуть бути вирішені силами культурних рослин [5].

**Матеріали, методи та умови досліджень.** У дослідях використовували насіння сорту Морозко. Сівбу проводили з урахуванням лабораторної схожості насіння проса прутіподібного. А надалі, після сходів, виконували ручне коригування густоти посівів відповідно до параметрів схеми дослідження.

Досліди проводили відповідно до «Методики випробування й застосування пестицидів» за редакцією професора С. Трибеля та Методики проведення досліджень у буряківництві [6; 7].

Місце проведення: дослідна ділянка Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України (Київська область, Білоцерківський район). Ґрунтово-кліматична зона нестійкого зволоження.

Площа посівної ділянки – 20 м<sup>2</sup>, облікової – 15 м<sup>2</sup>; повторність – чотирикратна. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий вилугуваний крупнопилуватого середньо-суглинкового механічного складу, із глибиною гумусового горизонту від 100 до

120 см, із вмістом гумусу в орному шарі (0–30 см) 3,9%, що характерно для малогумусних чорноземів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З погляду всебічного визначення стану посівів рослин проса прутіноподібного вважаємо, що найбільш інформативними є показники висоти рослин, урожайності сирової та сухої біомаси, виходу твердого біопалива та виходу енергії з одиниці площі посівів культури.

Тому параметри висоти рослин, урожайності біомаси, виходу твердого біопалива та виходу енергії з одиниці площі посівів проса прутіноподібного першого року вегетації залежно від його густоти та наявності бур'янів, у середньому за 2016–2018 рр. досліджень, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

**Продуктивність проса прутіноподібного першого року вегетації  
залежно від його густоти та наявності бур'янів у посівах  
на Білоцерківській дослідно-селекційній станції (за 2016–2018 рр.)**

Густота рослин проса прутіноподібного, шт./м <sup>2</sup>	Наявність бур'янів на посівах	Висота рослин, перший рік, см	Урожайність біомаси, перший рік, т/га		Вихід твердого біопалива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
			сирової	сухої		
50	забур'янені	15	0,23	0,11	0,12	1,97
	чисті	17	0,47	0,23	0,25	4,04
100	забур'янені	17	0,34	0,17	0,18	2,92
	чисті	19	0,62	0,30	0,33	5,32
150	забур'янені	25	0,58	0,28	0,31	4,98
	чисті	30	0,82	0,40	0,44	7,04
200	забур'янені	29	0,73	0,36	0,39	6,27
	чисті	37	0,97	0,47	0,52	8,33
НІР <sub>0,05</sub>		3	0,05	0,02	0,07	0,21

За результатами проведених досліджень встановлено, що за густоти рослин проса прутіноподібного 50 шт./м<sup>2</sup> висота рослин була 15 см на забур'янених посівах та 17 см на чистих. Максимальні показники висоти рослин спостерігалися за найбільшої густоти посівів 200 шт./м<sup>2</sup> та становили відповідно 29 і 37 см. По суті, наявність бур'янів у посівах призводила до зменшення загальної висоти рослин проса прутіноподібного через активізацію конкурентної боротьби за чинники середовища. Однак збільшення норми висіву рослин сприяло зменшенню загальної куцестості рослин, що призвело до утворення меншої кількості пагонів і росту їх у висоту. Зміни, що відбувалися з рослинами проса прутіноподібного, яскраво характеризують його особливості заповнення вільних екологічних ніш. За недостатньої кількості рослин на початку вегетації вони активно освоюють вільний простір утворенням додаткових пагонів, а за достатньої густоти – відбувається інтенсивний вертикальний ріст рослин.

Відповідно до густоти посівів мінімальні параметри збору сирової та сухої біомаси проса прутіноподібного 0,23 та 0,11 т/га було отримано на забур'яненому варіанті

з густотою посівів 50 шт./м<sup>2</sup>. Чисті ж посіви за аналогічної густоти дозволили отримати в перший рік вегетації удвічі більше біомаси.

Зі збільшенням густоти посівів ми отримували відповідне зростання збору сирової та сухої біомаси. Так, за густоти посівів проса прутоподібного 200 шт./м<sup>2</sup> на забур'яненних посівах було сформовано відповідно 0,73 та 0,36 т/га, а на чистих – 0,97 і 0,47 т/га біомаси. За збільшення густоти посівів зростає й ефективність конкурентної боротьби культурних рослин, і різниця в продуктивності між забур'яненими та чистими посівами була вже не 2, а 1,3 рази.

Вихід твердого біопалива на забур'яненних варіантах вирощування проса прутоподібного за густоти посівів 50 шт./м<sup>2</sup> був мінімальним за дослідом – 0,12 т/га, за густоти 100–150 шт./м<sup>2</sup> відповідно 0,18 та 0,33 т/га. А от максимальні параметри серед забур'яненних варіантів були за норми висіву 200 шт./м<sup>2</sup> 0,39 т/га.

Чисті посіви проса прутоподібного за густоти 150 та 200 шт./м<sup>2</sup> забезпечували формування максимальних параметрів збору біопалива – 0,44 та 0,52 т/га відповідно.

Аналогічно до збору біопалива від його кількості і формувалися закономірності виходу енергії з одиниці площі. Мінімальні показники були на забур'яненних посівах за густоти 50 шт./м<sup>2</sup> – 1,97 ГДж/га, за густоти 100–150 шт./м<sup>2</sup> відповідно формувалось енергії 2,92 та 4,98 ГДж/га. А от максимальні параметри серед забур'яненних варіантів були за норми висіву 200 шт./м<sup>2</sup> – 6,27 ГДж/га. Водночас максимальні за дослідом значення цього показника були за густоти 150 та 200 шт./м<sup>2</sup> – 7,04 та 8,33 ГДж/га відповідно.

Графічне зображення рівняння регресії між густотою забур'яненних рослин проса прутоподібного та їхньою висотою наведено на рисунку 1.

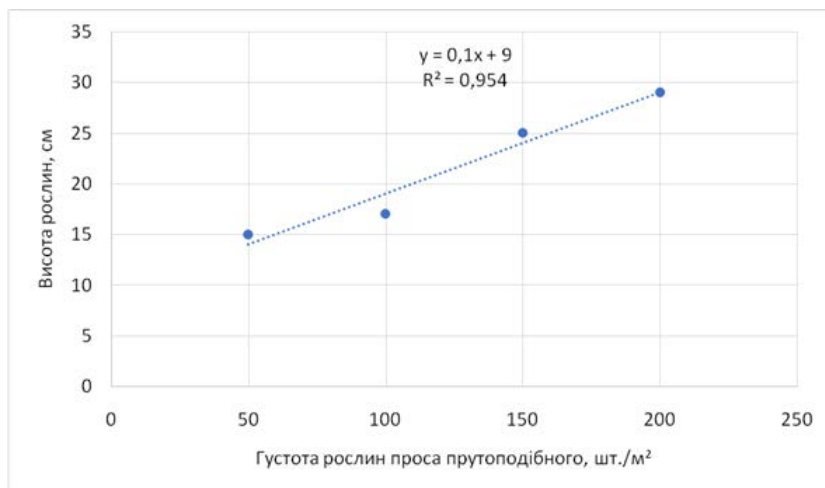


Рис. 1. Рівняння регресії між густотою забур'яненних рослин проса прутоподібного та їхньою висотою (за даними 2016–2018 рр.)

За результатами проведеного кореляційно-регресійного аналізу визначено, що висота рослин проса прутоподібного тісно корелює з густотою посівів  $r = 0,95$  (зв'язок дуже сильний), а отримані залежності можна описати лінійним рівнянням типу:  $y = 0,1x + 9$ .

Параметри графічного зображення рівняння регресії між густотою забур'яненних рослин проса прутоподібного та їхньою урожайністю подано на рисунку 2.

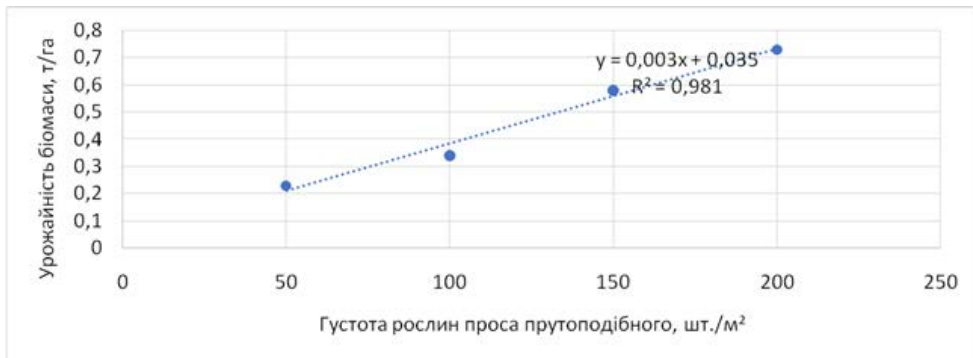


Рис. 2. Рівняння регресії між густрою забур'ячених рослин проса прутоподібного та їхньою урожайністю (за даними 2016–2018 рр.)

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що врожайність біомаси проса прутоподібного тісно корелює з густрою посівів  $r = 0,98$  (зв'язок дуже сильний), а отримані залежності можна описати лінійним рівнянням типу:  $y = 0,0035x + 0,035$ .

Як показали результати досліджень біометричних параметрів проса прутоподібного першого року вегетації, посіви формують незначні рівні продуктивності та збору біопалива й енергії з одиниці площі. Тому для визначення ефективності конкурентної боротьби з бур'янами за вільні ніші агрофітоценозу ми провели вивчення біометричних параметрів рослин проса прутоподібного на другий рік їхньої вегетації.

Показники висоти рослин, урожайності біомаси, виходу твердого біопалива та виходу енергії з одиниці площі посівів проса прутоподібного другого року вегетації залежно від його густоти та наявності бур'янів, у середньому за 2017–2018 рр. досліджень, наведено в таблиці 2.

На другий рік вегетації на посівах, де в перший рік ріст бур'янів не обмежували, висота рослин була нижчою порівняно із чистими посівами. Так, за мінімальної густоти в досліді рослини проса прутоподібного мали висоту 26 см, а на чистих посівах – 31 см, за максимальної густоти 67 та 73 см відповідно.

За аналогією з біометричними параметрами рослин невеликі норми висіву та забур'янені посіви призводили до формування рослинами незначних показників продуктивності та виходу твердого біопалива і збору енергії з одиниці площі. Так, за густоти проса прутоподібного 50 шт./м² отримали вихід твердого біопалива 1,7 т/га, що забезпечив збір енергії 27,9 ГДж/га.

Оптимальними у плані ефективності росту та розвитку рослин проса прутоподібного були посіви за густоти рослин 150–200 шт./м², на яких ми отримали вихід твердого біопалива 7,2 т/га та 10,3 т/га, що забезпечив збір енергії 114,6 ГДж/га та 165,3 ГДж/га на забур'ячених варіантах. А от чисті посіви за аналогічних густот дозволили отримати вихід біопалива 9,7 т/га та 12,8 т/га, що забезпечив збір енергії 154,9 ГДж/га та 205,4 ГДж/га.

Звичайно, у наступні роки вегетації рослини проса прутоподібного сформуєть достатню кількість пагонів на одиницю площі, щоб контролювати у своїх посівах появу сходів інших рослин, зокрема і бур'янів, однак неефективні заходи агротехніки можуть значно зменшити віддачу від закладених плантацій біоенергетичних культур загалом.

Таблиця 2

**Продуктивність проса прутноподібного другого року вегетації залежно від його густоти та наявності бур'янів в посівах, за 2017–2018 рр. на Білоцерківській ДСС**

Густота рослин проса прутноподібного, шт./м <sup>2</sup>	Наявність бур'янів на посівах	Висота рослин, другий рік, см	Урожайність біомаси, другий рік, т/га		Вихід твердо-го біо-палива, т/га	Вихід енергії, ГДж/га
			сирої	сухої		
50	забур'янені	26	3,2	1,6	1,7	27,9
	чисті	31	5,7	2,8	3,1	48,9
100	забур'янені	37	7,6	3,8	4,1	66
	чисті	42	11,2	5,5	6,1	97,1
150	забур'янені	60	13	6,5	7,2	114,6
	чисті	64	17,6	8,8	9,7	154,9
200	забур'янені	67	18,6	9,4	10,3	165,3
	чисті	73	23,1	11,7	12,8	205,4
НІР <sub>0,05</sub>		4	0,2	0,1	0,11	0,98

Результати графічного представлення рівняння регресії між густрою забур'янених рослин проса прутноподібного другого року вегетації та виходом твердого біопалива зображено на рисунку 3.

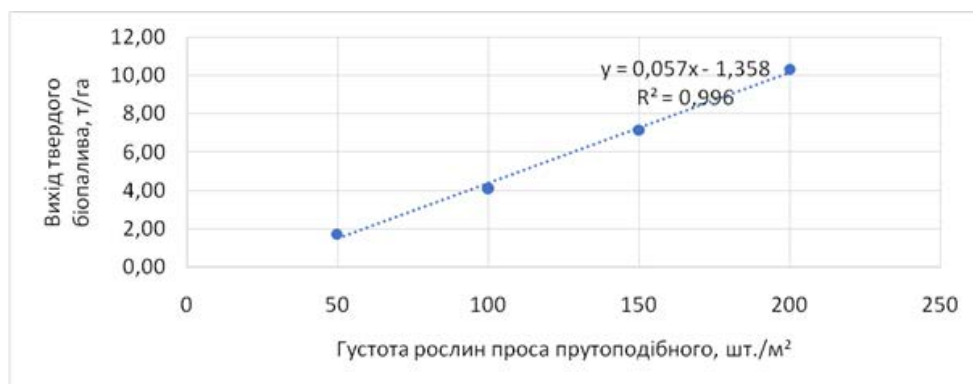


Рис. 3. Рівняння регресії між густрою забур'янених рослин проса прутноподібного другого року вегетації та виходом твердого біопалива (за даними 2017–2018 рр.)

**Висновки і пропозиції.** Вирощування проса прутноподібного з високою густрою рослин дозволило навіть на забур'янених посівах отримати пристойні показники продуктивності, збору біопалива й енергії. Однак навіть на другий

рік вегетації ці значення суттєво відрізняються від чистих від бур'янів посівів, що дозволяє зробити висновок про надзвичайну важливість підтримання посівів проса прутоподібного першого року вегетації в чистому стані. Адже помилки в технології вирощування, яких припустилися в перший рік вегетації, важко виправити в майбутньому, що свідчить про надзвичайну вимогливість рослин до рівня агротехніки вирощування.

Отже, за результатами проведеного кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що вихід біопалива проса прутоподібного тісно корелює з густиною посівів  $r = 0,99$  (зв'язок дуже сильний), а отримані залежності можна описати лінійним рівнянням типу:  $y = 0,0576 x + 1,3587$ .

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кузнєцова А. Виробництво пелет в Україні: прибутковий варіант сталого розвитку? Німецько-український аграрний діалог. Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection. Київ, 2012. 23 с.
2. Big bluestem and switch grass establishment as influenced by seed priming / J. Beckman et al. *Agron. J.* 1993. № 85. P. 199–202.
3. Establishment stand thresholds for switch grass grown as a bioenergy crop / K. Vogel et al. *Crop Sci.* 2006. № 46. P. 157–161.
4. Mitchell R., Britton C. Managing weeds to establish and maintain warm-season grasses. *Native warm-season grasses: research trends and issues* / К. Moore et al. CSSA Spec. Publ. 30. CSSA and ASA, Madison.
5. Herbicides for establishing switchgrass in the central and northern Great Plains / R. Mitchell et al. *Bioenerg Res.* 2010. № 3. P. 321–327. *Biofuels. Crit. Rev. Plant. Sci.* 24. 423–459.
6. Методика випробування і застосування пестицидів / С. Трибель та ін. ; за ред. С. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 448 с.
7. Методики проведення досліджень у буряківництві / М.В. Роїк та ін. ; за заг. ред. М. Роїка, Н. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д.Ю., 2014. 374 с.