

UDC 633.62: 631.5: 620.9

Kalenska, S. M.*, & **Naidenko, V. M.** (2018). Grain sorghum yield as affected by row spacing and fertilization practice. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 64–72. [in Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: svitlana.kalenska@gmail.com*

Purpose. To establish varietal characteristics of yield formation in grain sorghum as affected by row spacing and fertilization system. **Methods.** The field experiment was carried out during the 2015–2017 period in a multifactorial stationary experiment in LLC Biotech LTD located in the central part of Boryspil district (Kyiv region) of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Experiment design: factor A – hybrid: ‘Lan 59’, ‘Burgo F1’, ‘Briggo F1’; factor B – dose of nitrogen fertilizers: $N_{60}P_{60}K_{60}$ (control), $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{20}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{40}$, $N_{60}P_{60}K_{60} + N_{60}$; factor C – row spacing: 35 cm, 50 cm, 70 cm. **Results.** The average yield of grain sorghum for years of research ranged from 3.98 to 9.14 t/ha, depending on hybrid, row spacing and fertilization practice. It was also found that average grain yield in 2015 amounted to 7.29 t/ha; 2016 was critical with regard to weather conditions – the realization of the biological potential of sorghum plants was significantly lower – at the level 6.33 t/ha; in 2017, the average yield was 7.15 t/ha of grain. Among the hybrids, the least productive was ‘Lan 59’ (5.14 t/ha), and an average yield of ‘Burgo F1’ and ‘Briggo F1’ were 7.57 and 8.06 t/ha, respectively. The maximum yield for all hybrids was formed at the 50-cm row spacing, namely ‘Lan 59’ – 5.40, ‘Briggo F1’ – 8.48 t/ha and ‘Burgo F1’ – 7.86 t/ha, respectively. With the pre-sowing application of N_{60} compared to N_{20} , the yield of hybrid ‘Lan 59’ grew by 0.41–0.51 t/ha, ‘Briggo F1’ by 0.27–0.40, ‘Burgo F1’ by 0.22–0.29 t/ha. **Conclusions.** The biggest share in sorghum yield formation had the ‘hybrid’ factor (43%). ‘Conditions of year’ factor (21%) and ‘dose of nitrogen’ (20%) had an equivalent effect, and ‘inter-row spacing’ factor amounted to 10%. Studies have shown that there is a positive moderate correlation between yield and dose of pre-sowing nitrogen ($r = 0.49$). Grain sorghum plants react positively to additional nitrogen, what is manifested in increased yields. This dependence can be explained not only by moderate nitrogen application rates but also by the low level of hydrolyzed nitrogen stock in the soil of the experimental plot.

Keywords: grain sorghum (*Sorghum bicolor*); hybrid; yield; inter-row spacing; fertilization.

Надійшла / Received 13.09.2018

Погоджено до друку / Accepted 16.10.2018

УДК 633.282:58.087

Залежність площі листкової поверхні та маси рослин міскантусу від морфометричних показників

Квак В. М.*, Ганженко О. М., Гументик М. Я., Цвігун Г. В.

*Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: kvak-vm@ukr.net*

Мета. Створити теоретичні основи для розроблення експрес-методів визначання ПЛП та МНЧ шляхом встановлення статистичних залежностей ПЛП та МНЧ рослин міскантусу гігантського від його морфометричних показників. **Методи.** Польовий, лабораторний, аналітичний та статистичний (кореляційний та регресійний). **Результати.** ПЛП та МНЧ рослини міскантусу складаються із суми площ або мас пагонів, які належать до цієї рослини. Для визначення ПЛП та МНЧ одного пагона використовували математичні розрахунки на

основі кореляційних зв'язків. Встановлено, що коефіцієнт кореляції між площею поверхні листків на пагоні (s) та його висотою (h) становить $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$. Аналогічно виявлено, що коефіцієнт кореляції між масою надземної частини пагона (m) та його висотою (h) становить $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$. При цьому взаємозв'язок між ПЛП та висотою пагона і кількістю на ньому листків є тісним ($R_{s,hn} = 0,914$) і суттєвим ($F_\phi = 246,5 > F_{0,05} = 3,09$), для маси – ($R_{m,hn} = 0,910$ при $F_\phi = 232,3 > F_{0,05} = 3,09$). Встановлено, залежності ПЛП ($s = 5,005h + 66,654n - 569,586$) та МНЧ ($m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759$) пагона міскантусу від висоти пагона та кількості листків на ньому. **Висновки.** Найбільший вплив на площу листової поверхні і масу пагонів чинять висота пагона (h) і кількістю на ньому листків (n). При цьому коефіцієнти парної кореляції становили $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$; $r_{sn} = 0,759 \pm 0,066$ та $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$; $r_{mn} = 0,689 \pm 0,073$ відповідно. Тісні множинні кореляційні зв'язки між площею поверхні листя та масою пагона і його висотою і кількістю на ньому листків, відповідно коефіцієнти множинної детермінації становили $R^2_{s,hn} = 0,836$ та $R^2_{m,hn} = 0,827$. Залежності $s = 5,005h + 66,654n - 569,586$ та $m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759$, які дають можливість розрахувати площу листової поверхні і масу пагонів на основі їх морфометричних показників (висоти пагона та кількості листків на ньому).

Ключові слова: площа листової поверхні; маса надземної частини; міскантус гігантський; продуктивність; кореляційні зв'язки; рівняння регресії.

Вступ

Під час проведення біологічних та агротехнічних досліджень часто виникає необхідність визначення площі листової поверхні (ПЛП) та маси надземної частини (МНЧ) рослин міскантусу гігантського в динаміці за вегетаційний період. Для цього у науково-дослідній роботі використовують різні способи визначення цих показників [0–0]. Проте існують ряд досліджень (вегетаційні, лізиметричні, ботанічні колекції, селекційні номери, тощо) у яких кількість рослин обмежена, тому необхідно користуватись неруйнівними (не пов'язано зі знищенням рослин) методами, які пов'язані з математичними залежностями на основі кореляційних зв'язків. Крім того, для оцінки стану існуючих плантацій міскантусу необхідні експрес методи, які б дозволяли оперативно та з достатнім рівнем точності визначати ПЛП та МНЧ. Тому нашими дослідженнями передбачалось встановити стохастичні залежності ПЛП та МНЧ рослин міскантусу гігантського від його морфометричних показників.

Ряд дослідників у своїх науково-дослідних роботах використовували кореляційні залежності ПЛП та МНЧ від морфометричних показників для оцінки стану рослин, прогнозу врожайності тощо. Зокрема було встановлено, що між параметрами садивного матеріалу (кількість бруньок на ризомі) та морфометричними показниками рослин (висота, кількість листків, ПЛП, маса кореневища) існують тісні парні кореляційні зв'язки [0, 0].

Також було встановлено тісний кореляційний зв'язок між площею листка та параметрами листка сорга цукрового, буряка цукрового [0, 0]. Аналогічні дослідження щодо розробки розрахункових методів оцінки продуктивності проводились для ехінацеї [0] та кукурудзи [0, 0].

Отже, як показує літературний огляд розрахункові методи для визначення ПЛП та МНЧ було розроблено для різних культур, проте для міскантусу гігантського – відсутні.

Мета досліджень – створити теоретичні основи для розроблення експрес-методів визначання ПЛП та МНЧ шляхом встановлення стохастичних залежностей ПЛП та МНЧ рослин міскантусу гігантського від його морфометричних показників.

Для досягнення поставленої мети передбачалось вирішити наступні завдання:

- 1) проранжувати морфометричні показники рослин міскантусу за ступенем їх впливу на ПЛП та МНЧ;
- 2) встановити множинні кореляційні зв'язки між морфометричними показниками рослин міскантусу та ПЛП і МНЧ.

3) здійснити розрахунок рівнянь множинної регресійної залежності ПЛП та МНЧ від основних морфометричних показників рослин міскантусу.

Матеріали та методика дослідження

Дослідження із визначання ПЛП та МНЧ рослин міскантусу проводили на дослідних ділянках ІБКіЦБ (м. Київ) в продовж 2013–2016 рр. на сорті 'Осінній зорецвіт' (ІБКіЦБ НААН) міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize).

Дослідження проводились за загальноприйнятими науковими та спеціальними агрономічними методами досліджень, експериментальні дані досліджень обробляли за статистичними методами: парним та множинним кореляційним, регресійним аналізами в програмному середовищі Excel і Statistica 6.0 [0, 0].

У рядку, який знаходився на відстані не менше 3 м від країв дослідної ділянки відбирали підряд щонайменше 10 рослин (без пропусків). На відібраних рослинах заміряли висоту, діаметр пагонів та кількість листків на них, потім рослини зрізали і визначали загальну МНЧ та масу кожного пагона з листками. Після цього листки визначали фактичну площу листової поверхні методом сканування [0].

Висоту пагона вимірювали рулеткою, як відстань від поверхні ґрунту до верхівки самого довгого (втягнутого) листка. Діаметр пагона заміряли штангенциркулем між першим та другим вузлами пагона рослин.

Аналіз відсканованих зображень листків здійснювали з використанням програми *AreaS 2.1*, розробленої А. М. Пермяковым у Самарській державній сільськогосподарській академії (Росія) [0].

Результати досліджень

ПЛП та МНЧ рослини міскантусу необхідно розглядати, як суми площ або мас пагонів, які належать до цієї рослини й описується такими рівняннями (1–2):

$$S = \sum_{i=1}^N s_i \quad (1)$$

де S – ПЛП рослини міскантусу, см²;

s_i – ПЛП i -го пагона, см²;

N – кількість пагонів у рослині, шт.

$$M = \sum_{i=1}^N m_i \quad (2)$$

де M – МНЧ рослини міскантусу, г;

m_i – маса i -го пагона, г;

N – кількість пагонів у рослині, шт.

За результатами парного кореляційного аналізу встановлено, що між ПЛП та морфометричними показниками пагона міскантусу існують тісні кореляційні зв'язки. Зокрема коефіцієнт кореляції між площею поверхні листків на пагоні (s) та його висотою (h) становить $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$ (табл. 1). Цей зв'язок є суттєвим оскільки $t_{\phi} = 18,16 > t_{0,05} = 1,98$. Також було встановлено суттєвий тісний кореляційний зв'язок між ПЛП та кількістю листків на пагоні ($r_{sn} = 0,759 \pm 0,066$ за $t_{\phi} = 11,54 > t_{0,05} = 1,98$). Між ПЛП і діаметром пагона було встановлено кореляційний зв'язок середньої сили ($r_{sd} = 0,562 \pm 0,084$).

Аналогічно виявлено, що коефіцієнт кореляції між масою надземної частини пагона (m) та його висотою (h) становить $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$. Цей зв'язок є суттєвим оскільки $t_{\phi} = 20,17 > t_{0,05} = 1,98$. Також було встановлено суттєвий кореляційний зв'язок середньої сили між МНЧ та кількістю листків на пагоні ($r_{mn} = 0,689 \pm 0,073$ за $t_{\phi} = 9,41 > t_{0,05} = 1,98$). Між МНЧ і діаметром пагона було встановлено кореляційний зв'язок середньої сили ($r_{md} = 0,623 \pm 0,079$).

Таким чином найбільший вплив на ПЛП і МНЧ чинять висота пагона (h) і кількість на ньому листків (n).

Було проведено розрахунок коефіцієнтів множинної кореляції та оцінено їх істотність (табл. 2). Встановлено, що взаємозв'язок між ПЛП та висотою пагона і кількістю на ньому листків є тісним ($R_{s,hn} = 0,914$) і суттєвим ($F_{\phi} = 246,5 > F_{0,05} = 3,09$). Оскільки коефіцієнт

множинної детермінації при цьому становить $R^2_{s,hn} = 0,836$, то можна зробити висновок, що 83,6 % варіації ПЛП пов'язана з дією досліджуваних факторів і лише 16,7 % спричинена дією інших факторів.

Таблиця 1

**Кореляційна залежність ПЛП та МНЧ
від основних морфометричних показників рослин**

Морфометричні показники	Коефіцієнт кореляції, r	Коефіцієнт детермінації, r^2	Стандартна помилка, S_r	Критерій істотності, t_ϕ ($t_{0,05} = 1,98$)
Площа листової поверхні одного пагона (s)				
Висота пагона (h)	0,878	0,771	0,048	18,16
Кількість листків на пагоні (n)	0,759	0,576	0,066	11,54
Діаметр пагона (d)	0,562	0,316	0,084	6,73
Маса надземної частини одного пагона (m)				
Висота пагона (h)	0,898	0,806	0,045	20,17
Кількість листків на пагоні (n)	0,689	0,475	0,073	9,41
Діаметр пагона (d)	0,623	0,388	0,079	7,89

Аналогічно визначено, що взаємозв'язок між МНЧ та висотою пагона і кількістю на ньому листків є тісним ($R_{m,hn} = 0,910$) і суттєвим ($F_\phi = 232,3 > F_{0,05} = 3,09$). При цьому коефіцієнт множинної детермінації становить $R^2_{m,hn} = 0,827$, тобто 82,7 % варіації МНЧ пов'язана з дією досліджуваних факторів і лише 17,3 % спричинена дією інших факторів.

Таблиця 2

Коефіцієнти множинної кореляції

Множинна кореляція	Коефіцієнт кореляції, R	Коефіцієнт детермінації, R^2	Критерій істотності, F_ϕ ($F_{0,05} = 3,09$)
ПЛП від висоти пагона та кількості листків на пагоні	0,914	0,836	246,484
МНЧ від висоти пагона та кількості листків на пагоні	0,910	0,827	232,273

Таким чином, встановлено тісні множинні кореляційні зв'язки між площею поверхні листя та масою пагона і його висотою і кількістю на ньому листків.

Для визначення характеру множинної кореляційної залежності було застосовано методи множинного лінійного регресійного аналізу, результати якого наведено на рисунках 1 та 2.

Встановлено, що залежність ПЛП пагона міскантусу від висоти пагона та кількості листків на ньому виражається рівнянням:

$$s = 5,005h + 66,654n - 569,586, \quad (3)$$

де s – площа поверхні листків на пагоні, см^2 ;

h – висота пагона, см ;

n – кількість листків на пагоні, шт.

Залежність МНЧ пагона міскантусу від висоти пагона та кількості листків на ньому виражається рівнянням:

$$m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759, \quad (4)$$

де m – маса пагона, г ;

h – висота пагона, г ;

n – кількість листків на пагоні, шт.

РОСЛИННИЦТВО

$$s = -569,5855 + 5,0053 \cdot h + 66,6541 \cdot n$$

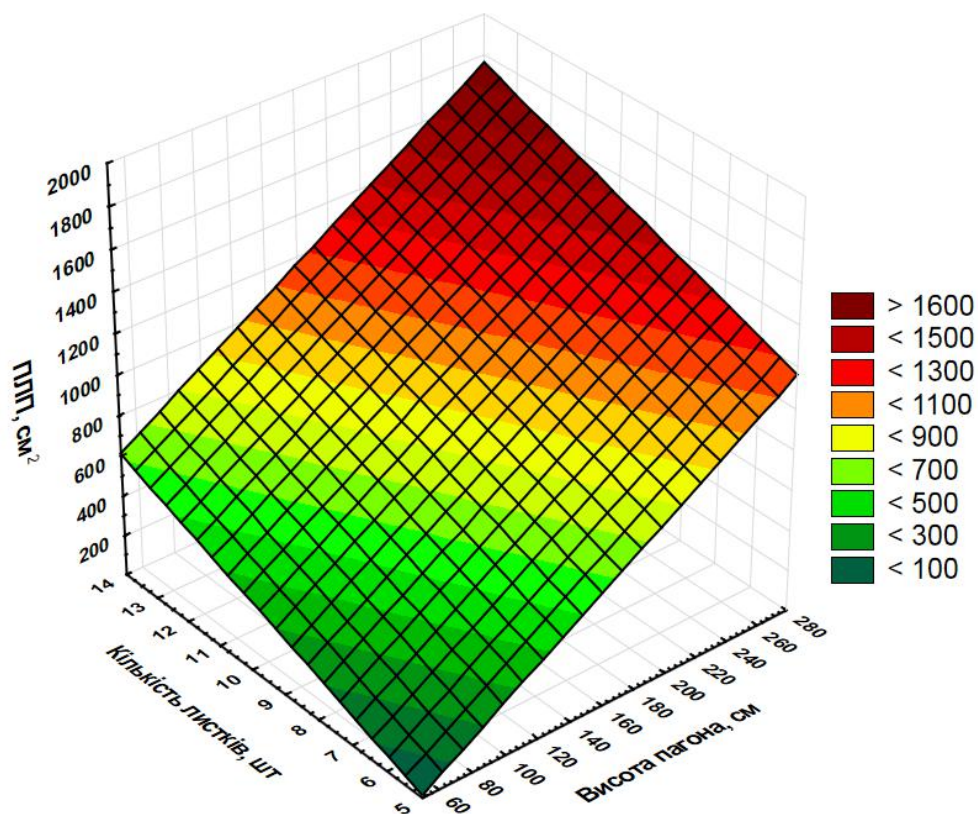


Рис. 1. Залежність ЛЛП пагона міскантусу від довжини пагона та кількості листків на ньому

$$m = -37,8759 + 0,4186 \cdot h + 2,7557 \cdot n$$

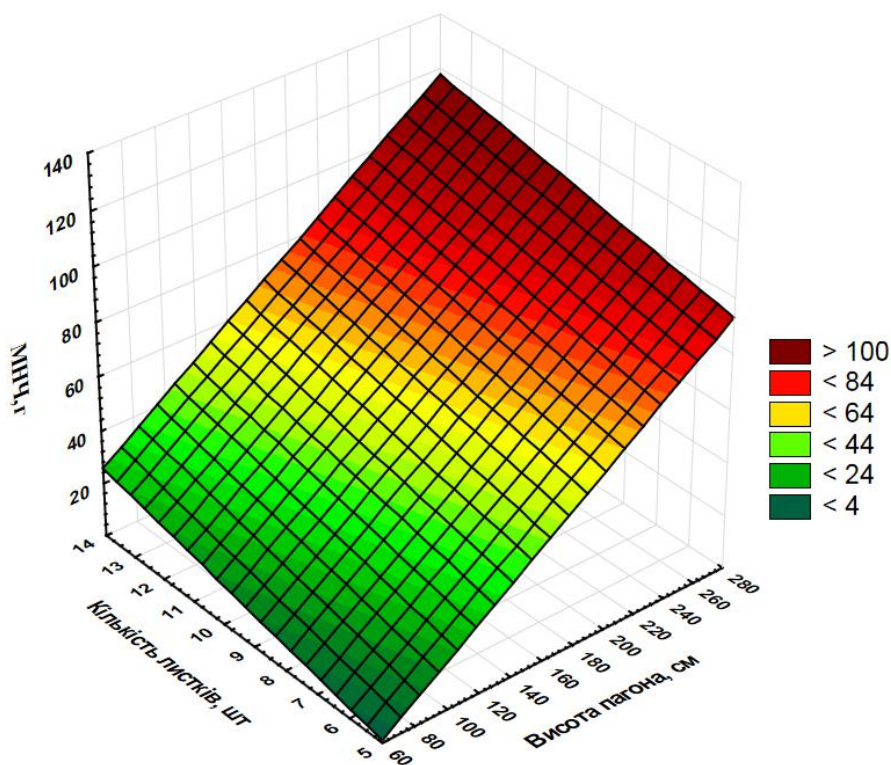


Рис. 2. Залежність МНЧ пагона міскантусу від довжини пагона та кількості листків на ньому

Математичні моделі для визначення ПЛП (3) та МНЧ (4) є адекватними, а усі коефіцієнти множинної регресії є суттєвими, оскільки фактичне значення t-критерію перевищує теоретичне на 5%-му рівні значущості (табл. 3).

Таблиця 3

Коефіцієнти множинної регресії

Площа листової поверхні одного пагона ($F_{\phi} = 246,48 > F_{0,05} = 2,97$)			
Коефіцієнти регресії	Значення коефіцієнтів регресії	Стандартна помилка Sb	Критерій істотності, $t_{\phi} (t_{0,05} = 1,98)$
c	-569,586	61,37196	9,28087
bx	5,005	0,40456	12,37195
by	66,654	10,79519	6,17443
Маса надземної частини одного пагона ($F_{\phi} = 232,27 > F_{0,05} = 2,97$)			
c	-37,8759	4,514199	8,39039
bx	0,4186	0,029758	14,06751
by	2,7557	0,794037	3,47047

Таким чином, використовуючи залежності (3) та (4) можна розрахувати площу листової поверхні і масу пагонів на основі їх морфометричних показників (висоти пагона та кількості листків на ньому) та підставивши ці значення у формули (1) та (2) визначити відповідно ПЛП та МНЧ рослин міскантусу.

Висновки

Найбільший вплив на площу листової поверхні (s) і масу (m) пагонів чинять висота пагона (h) і кількістю на ньому листків (n). При цьому коефіцієнти парної кореляції становили $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$; $r_{sn} = 0,759 \pm 0,066$ та $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$; $r_{mn} = 0,689 \pm 0,073$ відповідно.

Тісні сумісний вплив двох показників (висоти пагона та кількості на ньому листків) на площу листової поверхні пагона ($R_{s,hn} = 0,914$) та його масою ($R_{m,hn} = 0,910$).

Залежності $s = 5,005h + 66,654n - 569,586$ та $m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759$, які дають можливість розрахувати площу листової поверхні і масу пагонів на основі їх морфометричних показників (висоти пагона та кількості листків на ньому).

Запропоновано методику розрахунку площу листової поверхні та маси рослин міскантусу на основі його морфометричних показників.

Використана література

1. Квак В. М., Ганженко О. М., Зиков П. Ю., Хіврич О. Б. Визначання площі листової поверхні в різних видів міскантусу розрахунковим методом. *Новітні технології*. 2017. № 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228>
2. Берсон Г. З., Назарова М. Л. Определение размера ассимиляционного аппарата томата расчетным способом. *Фундаментальные исследования*. 2008. № 8. С. 60–61.
3. Williams L., Martinson T. E. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'De Chaunac' grapevines. *Sci. Hortic.* 2003. Vol. 98. P. 493–498. doi: 10.1016/S0304-4238(03)00020-7
4. Montero F. J., de Juan J. A., Cuesta A., Brasa A. Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *Hort. Sci.* 2000. Vol. 35, Iss. 4. P. 696–698.
5. Stickler F., Wearden S., Pauli A. Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. J.* 1961. Vol. 53. P. 187–188.
6. Конлов Н. Ф. Математические методы определения площади листьев растений. *Доклады ВАСХИИЛ*. 1970. № 9. С. 5–11.
7. Ганженко О. М., Курило В. Л., Гамандій В. Л. та ін. Методичні рекомендації з визначання площі листової поверхні цукрового сорго. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2014. 32 с.
8. Белан С. С. Методика определения площади листовой поверхности редких и охраняемых видов растений с использованием неразрушающих методов морфометрии (на

примере видів семейства Orchidaceae Juss.). *Вісник Сумського нац. аграр. ун-ту. Серія : Агрономія і біологія*. 2012. Вип. 2. С. 17–21.

9. Ганженко О. М. Методика визначання площі листової поверхні цукрового сорго. *Наукові праці Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 22. С. 17–22.

10. Поспелов С. В. Методы оценки продуктивности представителей рода Эхинацея (*Echinacea* Moench) прегенеративного периода онтогенеза. *Вісник Полтавської держ. аграр. академії*. 2013. № 1. С. 24–30.

11. Доронін В. А., Дрига В. В., Кравченко Ю. А., Доронін В. В. Вихід садивного матеріалу міскантусу залежно від якості висаджених ризом. *Агробіологія*. 2017. № 2. С. 134–140.

12. Clifton-Brown J. C., Neilson B., Lewandowski I., Jones M. B. The modelled productivity of *Miscanthus* × *giganteus* (GREEF et DEU) in Ireland. *Ind. Crops Prod.* 2000. Vol. 12, Iss. 2. P. 97–109. doi: 10.1016/S0926-6690(00)00042-X

13. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка та Н. Г. Гізбуліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.

14. Edmeades G. O., Daynard T. B. The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plants. *Can. J. Plant Sci.* 1979. Vol. 59. P. 585–601. doi: 10.4141/cjps79-097

15. Huang S., Gao Y., Li Y. et al. Influence of plant architecture on maize physiology and yield in the Heilonggang River valley. *Crop J.* 2017. Vol. 5, Iss. 1. P. 52–62. doi: 10.1016/j.cj.2016.06.018

16. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

17. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 55 с.

18. Пермяков, А. Н., Васин, В. Г., Толпекин, А. А., Зуев Е. В. Методика определения площади листьев с помощью программы определения площади «AREAS 2.1». Самара : Самарская ГСХА, 2002.

References

1. Kvak, V. M., Hanzhenko, O. M., Zikov, P. Yu., & Khivrych, O. B. (2017). Method for determination of leaf area in miscanthus. *Novitni agrotehnol.* [Advanced agritechnologies], 5. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228> [in Ukrainian]

2. Berson, G. Z., & Nazarova, M. L. (2008). Determination of the size of the assimilation apparatus of tomato by calculation. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Research], 8, 60–61. [in Russian]

3. Williams, L., & Martinson, T. E. (2003). Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'De Chaunac' grapevines. *Sci. Hortic.*, 98, 493–498. doi: 10.1016/S0304-4238(03)00020-7

4. Montero, F. J., de Juan, J. A., Cuesta, A., & Brasa, A. (2000). Nondestructive methods to estimate leaf area in *Vitis vinifera* L. *Hort. Sci.*, 35(4), 696–698.

5. Stickler, F., Wearden, S., & Pauli, A. (1961). Leaf area determination in grain sorghum. *Agron. J.*, 53, 187–188.

6. Konlov, N. F. (1970). Mathematical methods for determining the area of leaves of plants. *Doklady VASKhNIL* [Proceedings of the Lenin Academy of Agricultural Sciences of the U.S.S.R.], 9, 5–11. [in Russian]

7. Hanzhenko, O. M., Kurylo, V. L., Hamandii, V. L., Khivrych, O. B., Zikov, P. Yu., Kvak, V. M., ... Herasymenko, L. A. (2014). *Metodychni rekomendatsii z vyznachannia ploshchi lystkovoi poverkhni tsukrovoho sorho* [Methodical recommendations for determining the area of the leaf surface of sugar sorghum]. Vinnytsia: Nilan-LTD. [in Ukrainian]

8. Belan, S. S. (2012). Method for determination of the leaf area of rare and protected plant species using non-destructive morphometry methods (case study of the Orchidaceae Juss. family). *Visnik Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universitetu. Agronomiâ i biologîâ* [Herald of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology], 2, 17–21. [in Ukrainian]

9. Hanzhenko, O. M. (2014). Methodology for determining leaf area of sugar sorghum. *Nauk. praci Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burakiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 22, 17–22. [in Ukrainian]
10. Pospelov, S. V. (2013). Methods for assessing the productivity of the species of the genus *Echinacea* Moench) of the pregenerative period of ontogenesis. *Visn. Poltav. derzh. agrar. akad.* [News of Poltava State Agrarian Academy], 1, 24–30. [in Russian]
11. Doronin, V. A., Dryha, V. V., Kravchenko, Yu. A., & Doronin, V. V. (2017). The output of the planting material of miscanthus as affected by rhizome quality. *Agrobiologiya* [Agrobiology], 2, 134–140. [in Ukrainian]
12. Clifton-Brown, J. C., Neilson, B., Lewandowski, I., & Jones, M. B. (2000). The modelled productivity of *Miscanthus* × *giganteus* (GREEF et DEU) in Ireland. *Ind. Crops Prod.*, 12(2), 97–109. doi: 10.1016/S0926-6690(00)00042-X
13. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Metodyky provedennia doslidzhen u buriakivnytstvi* [Methods of research in sugar beet growing]. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
14. Edmeades, G. O., & Daynard, T. B. (1979). The relationship between final yield and photosynthesis at flowering in individual maize plants. *Can. J. Plant Sci.*, 59, 585–601. doi: 10.4141/cjps79-097
15. Huang, S., Gao, Y., Li, Y., Xu, L., Tao, H., & Wang, P. (2017). Influence of plant architecture on maize physiology and yield in the Heilonggang River valley. *Crop J.*, 5(1), 52–62. doi: 10.1016/j.cj.2016.06.018
16. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. (5nd ed., rev.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian]
17. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0* [Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0]. Kyiv: PolihrafKonsal'tynh. [in Ukrainian]
18. Permyakov, A. N., Vasin, V. G., Tolpekin, A. A., & Zuev, E. V. (2002). *Metodika opredeleniya ploshchadi list'ev s pomoshch' programmy opredeleniya ploshchadi «AREAS 2.1»* [Method for determining leaf area using the program for determining the area AREAS 2.1]. Samara: Samarskaya GSKhA. [in Russian]

УДК 633.282:58.087

Квак В. М.*, Ганженко А. Н., Гументик М. Я., Цвигун Г. В. Зависимость площади листовой поверхности и массы растений мискантуса от морфометрических показателей // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 75–83.

*Інститут біоенергетических культур и сахарной свеклы НААН Украины, ул. Клиническая, 25, г. Киев, 03110, Украина, *e-mail: kvak-vm@ukr.net*

Цель. Целью исследований было создание теоретических основ для разработки экспресс-методов определения ПЛП и МНЧ путем установления статистических зависимостей ПЛП и МНЧ растений мискантуса гигантского от его морфометрических показателей. **Методы.** Полевой, лабораторный, аналитический и статистический (корреляционный и регрессионный). **Результаты.** ПЛП и МНЧ растения мискантуса состоят из суммы площадей или масс побегов, которые принадлежат к этому растению. Для определения ПЛП и МНЧ одного побега использовали математические расчеты на основе корреляционных связей. Установлено, что коэффициент корреляции между площадью поверхности листьев на побеге (s) и его высотой (h) составляет $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$. Аналогично обнаружено, что коэффициент корреляции между массой надземной части побега (m) и его высотой (h) составляет $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$. При этом взаимосвязь между ПЛП и высотой побега и количеством на нем листьев является тесным ($R_{s,hn} = 0,914$) и существенным ($F_{\phi} = 246,5 > F_{0,05} = 3,09$), для массы – ($R_{m,hn} = 0,910$ при $F_{\phi} = 232,3 > F_{0,05} = 3,09$). Установлено, зависимость ПЛП ($s = 5,005h + 66,654n - 569,586$) и МНЧ ($m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759$)

побега мискантуса от высоты побега и количества листьев на нем. **Выводы.** Наибольшее влияние на площадь листовой поверхности и массу побегов оказывают высота побега (h) и количеством на нем листьев (n). При этом коэффициенты парной корреляции составляли $r_{sh} = 0,878 \pm 0,048$; $r_{sn} = 0,759 \pm 0,066$ и $r_{mh} = 0,898 \pm 0,045$; $r_{mn} = 0,689 \pm 0,073$ соответственно. Тесные множественные корреляционные связи между площадью поверхности листьев и массой побега и его высотой и количеством на нем листьев, соответственно коэффициенты множественной детерминации составляли $R^2_{s,hn} = 0,836$ и $R^2_{m,hn} = 0,827$. Зависимости $s = 5,005h + 66,654n - 569,586$ и $m = 0,4186h + 2,7557n - 37,8759$, позволяющие рассчитать площадь листовой поверхности и массу побегов на основе их морфометрических показателей (высоты побега и количества листьев на нем).

Ключевые слова: площадь листовой поверхности; масса надземной части; мискантус гигантский; продуктивность; корреляционные связи; уравнения регрессии.

UDC 633.282:58.087

Kvak, V. M.*, **Hanzhenko, O. M.**, **Humentyk, M. Ya.**, & **Tsvihun, H. V.** (2018). Relationship between leaf area, above-ground mass and morphometric indices in miscanthus. *Nauk. pracì Inst. bioenerg. kul't. cukrov. burâkiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 26, 75–83. [in Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: kvak-vm@ukr.net*

Purpose. The aim of the research was to create theoretical bases for the development of experimental methods for the determination of LAI and AGM by establishing the statistical relationship between LAI and AGM of giant miscanthus and the morphometric indices. **Methods.** Field, laboratory, analytical and statistical (correlation and regression). **Results.** LAI and AGM of miscanthus consist of the sum of areas or masses of shoots belonging to a plant. To determine the LAI and AGM of a shoot, mathematical calculations were used on the basis of correlations. It was established that the correlation coefficient between the leaf area (s) of a shoot and its height (h) is $r_{sh} = 0.878 \pm 0.048$. Similarly, it was found that the correlation coefficient between above-ground mass of a shoots (m) and its height (h) is $r_{mh} = 0.898 \pm 0.045$. In this connection, the relationship between LAI and the height of the shoots and the number of leaves on it is close ($R_{s,hn} = 0.914$) and significant ($F_f = 246.5 > F_{0.05} = 3.09$), for the mass ($R_{m,hn} = 0.910$ at $F_f = 232.3 > F_{0.05} = 3.09$). The dependencies of the LAI ($s = 5.005h + 66.654n - 569.586$) and the AGM ($m = 0.4186h + 2.7557n - 37.8759$) of the miscanthus shoots were determined from the height of the shoots and the number of leaves on them. **Conclusions.** The greatest influence on the leaf area and the above-ground mass of the shoots have the height of the shoots (h) and the number of leaves on it (n). At the same time, the coefficients of the pair correlation were $r_{sh} = 0.878 \pm 0.048$; $r_{sn} = 0.759 \pm 0.066$ and $r_{mh} = 0.898 \pm 0.045$; $r_{mn} = 0.689 \pm 0.073$, respectively. Close correlations between LAI and AGM and the height and the number of leaves on it, respectively, the coefficients of the multiple determination were $R^2_{s,hn} = 0.836$ and $R^2_{m,hn} = 0.827$. Dependences $s = 5.005h + 66.654n - 569.586$ and $m = 0.4186h + 2.7557n - 37.8759$, which make it possible to calculate leaf area and above-ground mass of the shoots based on their morphometric indices (the height of the shoots and the number of leaves on them)

Keywords: leaf area; above-ground mass; giant miscanthus; productivity; correlation relations; regression equation.

Надійшла / Received 08082018

Погоджено до друку / Accepted 19.09.2018