

РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.34:631.54

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.249934>**Ефективність фотосинтезу сої залежно від впливу елементів технології вирощування****М. П. Байда**

Верхняцька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Шкільна, 1, смт Верхнячка, Христинівський р-н, Черкаська обл., 20022, Україна, e-mail: vdss2017@ukr.net

Мета. Визначити ефективність фотосинтезу сортів сої 'Устя', 'Кордоба', 'Естафета' залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту. **Методи.** Польові, лабораторні. **Результати.** У статті наведено результати досліджень щодо вивчення ефективності фотосинтезу за вирощування різних сортів сої. Встановлено, що за обробки рослин мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в поєднанні з регулятором росту Радостим в сорту 'Устя' було на 7,2 тис. м²/га більше листової площі, ніж на контролі, а в сортів 'Кордоба' та 'Естафета' – відповідно на 7,6 та 5,2 тис. м²/га. В той же час ефективність використання на фоні дворазової обробки мікродобривом регулятора росту Біосил була на рівні варіантів однократної обробки Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) в поєднанні з відповідними регуляторами росту. **Висновки.** Досліджено, що площа листової поверхні сорту 'Устя' за позакореневого підживлення мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), в поєднанні з регуляторами росту Біосил та Радостим, була 38,8 та 39,2 тис. м²/га, а застосування мікродобрив двічі в поєднанні з вищезначеними регуляторами росту сприяло збільшенню площі листя до рівня 38,9 та 39,5 тис. м²/га відповідно. Аналогічно в сорту сої 'Кордоба' кращим варіантом виявилось застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в комбінації з регулятором росту Радостим, що сприяло збільшенню площі листя до рівня 39,5 тис. м²/га. Встановлено, що поєднання позакореневого підживлення мікродобривами з застосуванням регуляторів росту забезпечує формування максимальних показників ЧПФ. Так, в сорту 'Устя' за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в поєднанні з Біовіт або Радостим отримано 1,47 та 1,45 г/м² добу, а у сорту 'Естафета' – 1,82 та 1,82 г/м² добу сухої речовини.

Ключові слова: ефективність фотосинтезу; накопичення сухої речовини; чиста продуктивність фотосинтезу; фотосинтетичний потенціал.

Вступ

Формування достатньої площі листової поверхні та ефективна її експлуатація рослинами будь-яких сільськогосподарських культур є важливою передумовою накопичення гарної біомаси та власне утворення високих врожаїв. А тому важливо не тільки забезпечити умови для створення посівів з оптимальним розвитком листового апарату, а й підтримувати його тривалу та інтенсивну експлуатацію в плані синтезу речовин. Адже потреба рослин в запасних поживних речовинах спостерігається впродовж всього вегетаційного періоду, але в другій половині росту і розвитку рослин найбільш важливо втримати достатньо активний

листяний апарат. Адже саме в другій половині вегетації на нього припадає значне навантаження в плані синтезу сполук, а також навантаження від негативного впливу факторів середовища (шкідників, хвороб тощо) [1, 2].

В дослідженнях інших вчених прослідковується думка про те, що площа листової поверхні досить серйозно впливає на продуктивність рослин. Так, є публікації, в яких стверджується, що в умовах Лісостепу України оптимальною для сої є площа листової поверхні на рівні 40–50 тис. м²/га. Хоча інші вчені стверджують, що оптимальна площа листя суттєво залежить в сортів сої від їх скоростиглості. Адже ультраранні сорти не здатні навіть чисто теоретично сформувати площу на рівні 50 тис. м²/га, в той же час пізньостиглі сорти сої можуть мати й показники вищі [3, 4].

В працях вчених доведено, що застосування комплексу наночасток металів у концентрації 240 мг/л для обприскування посівів сої на початку бутонізації сприяє збільшенню площі листя у фазі цвітіння до 22,9 для ультраранніх та 28,1 тис. м²/га для ранньостиглих сортів сої. Максимальна листовая поверхня в досліді – 24,4 тис. м²/га для сорту ‘Легенда’ та 30,9 тис. м²/га для сорту ‘Хорол’ – формувалася в разі поєднання інокуляції насіння «ХайКот Супер» + «ХайКот Супер Extender» і позакореневого підживлення комплексним мікродобривом «Росток Бобові» [5, 6].

Дослідженнями також відмічено вплив на площу листя інших агротехнічних факторів. Визначено, що збільшена норма висіву 600 тис./га сприяла підвищенню цього показника до 40,5–42,8 тис. м²/га, 700 тис./га – 43,2–45,7 тис. м²/га, 800 тис./га – 43,7–44,5 тис. м²/га [7, 8].

Встановлено, що інокуляція насіння штамом 614А збільшувала площу листової поверхні в сорту ‘Анжеліка’ – 43,8 і ‘Георгіна’ – 49,7 тис. м²/га, загортання сидерального добрива сприяло зростанню площі листової поверхні відповідно за сортами: 43,1; 50,5; 44,6; 52,5 тис. м²/га [9, 10].

Однак важливо забезпечити не тільки умови формування високого рівня утворення площі листової поверхні, а й ефективність її роботи. Так як значна площа, понад 50 тис. м²/га, сприяє зменшенню продуктивності рослин, особливо з розрахунку на одиницю площі листя. Адже листки затіняють один одного, більш інтенсивно використовують вологу ґрунту. Тому з агрономічної точки зору більш доцільно забезпечити формування оптимальної площі листя, ніж сформувати її нестачу або надлишок на рослинах сої [5, 11].

Мета досліджень – визначити ефективність фотосинтезу сортів сої ‘Устя’, ‘Кордоба’, ‘Естафета’ залежно від мікродобрив та регуляторів росту.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували в 2018–2020 рр. на Верхняцькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (Христинівський р-н, Черкаська обл.).

За характером випадання опадів та їх кількістю територія станції належить до зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Незважаючи на те, що погодні умови в роки досліджень відрізнялись від середньобагаторічних значень, загалом вони були сприятливими для росту та розвитку сої.

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкого механічного складу, що має такі агрохімічні показники: вміст гумусу (за методом Тюріна) 3,36–4,89 %, гідролітична кислотність (за Каппеном) 2,2–3,8 ммоль на 100 г ґрунту, вміст рухомих форм фосфору і калію (за Чиріковим) 90–140 і 70–100 мг/кг ґрунту відповідно, легкогідролізованого азоту (за Тюріним–Коновою) 100–120 мг/кг ґрунту, сума увібраних основ (за Каппеном–Гільковіцем) в орному шарі – 28–30 ммоль на 100 г ґрунту. За градацією такий ґрунт має середню забезпеченість рослин азотом.

Дослідження виконувались із залученням сортів сої ‘Устя’, ‘Кордоба’ та ‘Естафета’. Схема дослідів включала такі фактори: А – сорт, В – мікродобрива [Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) та у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)], С – регулятори росту (Біосил, Радостим).

Облікова площа ділянки – 35 м², повторність – чотириразова, розміщення ділянок рендомізоване, спосіб сівби – широкорядний – 45 см.

Ділянки досліду закладали в такій послідовності: спочатку висівали сорти сої, потім в межах кожного сорту створювались варіанти з застосуванням мікродобрив та регуляторів росту.

Визначення фотосинтетичних параметрів посівів сої встановлювали, проводячи аналізування площі листкової поверхні рослин (методом висічок), фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу за такими формулами:

– площа листкової поверхні:

$$П = \frac{Mnk}{m}, \quad (1)$$

де М – маса листя в пробі, г, n – площа однієї висічки, см², k – кількість висічок, шт., m – маса висічок, г.

– фотосинтетичний потенціал:

$$\Phi П = \frac{Л1+Л2}{2} T, \quad (2)$$

де Л1, Л2 – площа листя, тис. м² /га, T – довжина міжфазного періоду, діб.

– чиста продуктивність фотосинтезу:

$$\text{ЧПФ} = В1 - В2 / 0,5(Л1 + Л2) T \times 100, \quad (3)$$

де В1 і В2 – маса рослин, т/га.

Результати досліджень

По мірі росту та розвитку рослин сої площа листя з мінімальних значень на час сходів зростає до рівня 27,3 тис. м²/га у фазі бутонізації рослин (табл. 1).

Результати досліджень засвідчують, що зростання площі листкової поверхні сої більшою мірою залежить від впливу факторів досліду, а от сортові відмінності мінімальні. Це, на нашу думку, пов'язано з тим, що рослини сортів сої однієї групи стиглості за однакових площ живлення та інших факторів намагаються досягнути максимуму площі листя, достатньої для ефективної конкуренції з бур'янами та засвоєння сонячної енергії в межах посівів.

Також слід зауважити, що у фазі бутонізації, тобто власне застосування прийомів догляду, використовуваних в нашому досліді, площа листя залежала від впливу інших факторів, а тому закономірностей відхилення залежно від впливу показників нами не було виявлено.

Особливості формування площі листкової поверхні по мірі росту та розвитку рослин показують нам зростання від фази бутонізації і досягнення максимуму у фазі цвітіння. При цьому за мінімальних сортових відмінностей площа листя у фазі цвітіння варіювала в середньому по досліді у межах 31,1–39,2 тис. м²/га.

В сорту 'Устя' за застосування позакореневого підживлення рослин мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), в поєднанні з регуляторами росту Біосил та Радостим, площа листя була 38,8 та 39,2 тис. м²/га. В той же час застосування мікродобрив двічі в поєднанні з вищезначеними регуляторами росту сприяло збільшенню площі листя до рівня 38,9 та 39,5 тис. м²/га відповідно.

В сорту сої 'Кордоба' позакореневого підживлення рослин мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), в поєднанні з регулятором росту Радостим, площа листя була 38,8 тис. м²/га. А от кращим варіантом виявилось застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в комбінації з регулятором росту Радостим, що сприяло збільшенню площі листя до рівня 39,5 тис. м²/га.

Аналогічно в сорту сої 'Естафета' позакореневого підживлення рослин мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), в поєднанні з регулятором росту Радостим, забезпечувало площу листя 38,8 тис. м²/га, а двократне внесення мікродобрива з даним регулятором сприяло збільшенню площі листя до 39,0 тис. м²/га.

Асиміляційна поверхня сої (тис. м²/га) залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту (середнє за 2018–2020 рр.)

Сорт	Мікродобрива	Регулятор росту	Фаза		
			бутонізація	цвітіння	достигання
'Устя'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	27,1	31,5	27,3
		Біосил	27,6	33,5	29,2
		Радостим	27,1	34,5	30,2
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,3	36,7	31,9
		Біосил	27,8	38,8	33,7
		Радостим	27,3	39,2	34,0
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,5	37,5	32,8
		Біосил	27,2	38,9	33,8
		Радостим	27,5	39,5	34,5
'Кордоба'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	26,8	31,1	26,9
		Біосил	26,9	31,5	27,4
		Радостим	27,7	32,6	28,2
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,4	36,5	31,8
		Біосил	27,6	37,3	32,4
		Радостим	26,7	38,8	33,8
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,6	37,7	32,8
		Біосил	27,3	38,7	33,8
		Радостим	27,4	39,5	34,5
'Естафета'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	27,4	33,1	28,8
		Біосил	27,0	33,5	29,2
		Радостим	27,5	34,1	29,8
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,4	37,0	32,2
		Біосил	27,0	38,1	33,0
		Радостим	27,3	38,8	33,6
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,1	37,7	33,0
		Біосил	27,2	38,3	33,4
		Радостим	27,1	39,0	34,0
НІР _{0,05}			0,4	0,8	0,6

У фазі достигання насіння площа листя рослин сої зменшилась до рівня 31,7 тис. м²/га, тоді як в попередній обліковий період (цвітіння) спостерігалось в середньому по досліді 36,4 тис. м²/га. Що, на нашу думку, пов'язано з перерозподілом функцій рослин в плані достигання насіння та відсутністю формування нових листків на фоні старіння наявного листкового апарату рослин.

Аналогічно попередній фазі на даному етапі на варіантах позакореневого підживлення посівів сої комплексом мікродобриво + регулятор росту площа листової поверхні була збережена більш краще. Так, за обробки рослин мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в поєднанні з регулятором росту Радостим в сорту 'Устя' було на 7,2 тис. м²/га більше листової площі, ніж на контролі, а в сортів 'Кордоба' та 'Естафета' відповідно на 7,6 та 5,2 тис. м²/га. В той же час ефективність використання на фоні дворазової обробки мікродобривом регулятора росту Біосил була на рівні варіантів однократної обробки Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) в поєднанні з відповідними регуляторами росту.

Формування показників фотосинтетичної продуктивності рослин сої невідривно пов'язане з таким питанням, як визначення темпів утворення листової поверхні рослин.

Якраз саме визначення фотосинтетичного потенціалу рослин, тобто показника, скільки саме в одиницю часу площі листкової поверхні задіяно в фотосинтезі, дозволяє більш точно встановити закономірності формування сухої речовини та власне накопичення біомаси і формування урожаю насіння сортів сої.

Перш за все фотосинтетичний потенціал та площа листкової поверхні це фактори, що пов'язані один з одним напрому. Тобто збільшення площі листя неможливе без зростання відповідно й фотосинтетичного потенціалу. Однак великі показники площі листя рослини можуть сформувати за досить короткий проміжок часу, а значний фотосинтетичний потенціал можливий лише за стабільно високого рівня формування площі листя по усіх фазах вегетації. Адже саме це дозволяє говорити про можливість накопичення рослинами значних обсягів сухої речовини, а різкі зміни за короткий час площі листя часто призводять до виснаження запасів пластичних речовин, наявних в рослинах.

Результати встановлення ФП в досліді наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал (ФП) (млн м²/га) в міжфазний період цвітіння–достигання залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту (середнє за 2018–2020 рр.)

Сорт	Мікродобрива	Регулятор росту	Фаза		
			бутонізація	цвітіння	достигання
'Устя'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	0,53	0,30	1,49
		Біосил	0,52	0,28	1,62
		Радостим	0,52	0,28	1,64
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,53	0,26	1,73
		Біосил	0,53	0,24	1,83
		Радостим	0,53	0,24	1,85
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,53	0,27	1,78
		Біосил	0,52	0,24	1,91
		Радостим	0,53	0,24	1,87
'Кордоба'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	0,46	0,18	1,76
		Біосил	0,46	0,18	1,75
		Радостим	0,47	0,19	1,84
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,47	0,20	1,96
		Біосил	0,47	0,20	2,04
		Радостим	0,46	0,20	2,08
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,47	0,20	2,00
		Біосил	0,47	0,21	2,05
		Радостим	0,47	0,21	2,06
'Естафета'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	0,51	0,22	1,44
		Біосил	0,51	0,22	1,43
		Радостим	0,51	0,22	1,46
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,51	0,20	1,58
		Біосил	0,50	0,20	1,59
		Радостим	0,51	0,21	1,62
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	0,51	0,20	1,58
		Біосил	0,51	0,20	1,57
		Радостим	0,51	0,21	1,63

У фазі бутонізації аналогічно даним, отриманим з визначення площі листкової поверхні рослин сої, основні відмінності у формуванні фотосинтетичного потенціалу стосувались сортових особливостей. Встановлено, що в сорту 'Устя' середній фотосинтетичний потенціал був на рівні 0,53 млн м²/га, 'Кордоба' – 0,47 млн м²/га, а в сорту 'Естафета' – 0,51 млн м²/га.

У фазі цвітіння фотосинтетичний потенціал рослин сої дещо зменшився в порівнянні з попереднім періодом, що пов'язано з досить короткою тривалістю від бутонізації до цвітіння, а також з незначним приростом площі листової поверхні рослин сої за даний проміжок часу.

Максимальні показники фотосинтетичного потенціалу нами було отримано в проміжку часу від цвітіння до досягання насіння сої. Встановлено, що на контрольних варіантах отримано ФП в сорту 'Устя' 1,49 млн м²/га, у сорту 'Кордоба' – до 1,76 млн м²/га, у сорту 'Естафета' – 1,44 млн м²/га.

А от використання в досліді препаратів в комплексі (мікродобрива + регулятори росту) дозволило істотно збільшити показники фотосинтетичного потенціалу. Так, фотосинтетичний потенціал в сорту 'Устя' в середньому на варіантах застосування факторів досліді був на рівні 1,62–1,91 млн м²/га, у сорту 'Кордоба' – 1,75–2,08 млн м²/га, а у сорту 'Естафета' 1,43–1,63 млн м²/га.

Використання мікродобрив Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) та Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) дало прибавку відповідно по сортах 0,24–0,29, 0,20–0,24 і 0,14–0,14 млн м²/га.

А от за застосування позакореневого підживлення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) в поєднанні з регулятором росту Біосил або Радостим в сорту 'Устя' фотосинтетичний потенціал був на 0,34 та 0,36 млн м²/га вище контролю, в сорту 'Кордоба' – на 0,28 та 0,32 млн м²/га, а в сорту 'Естафета' – на 0,15–0,18 млн м²/га.

Ефективність застосування двократного внесення мікродобрива на фоні поєднання з регулятором росту Біосил або Радостим була на попередньому рівні, і в сорту 'Устя' фотосинтетичний потенціал був на 0,42 та 0,38 млн м²/га, в сорту 'Кордоба' – на 0,29 та 0,30 млн м²/га, а в сорту 'Естафета' – на 0,13–0,19 млн м²/га вище контролю.

Найбільш важливою складовою визначення ефективності роботи фотосинтетичного апарату рослин є встановлення особливостей чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ), що показує нам, наскільки елементарна частинка асиміляційного апарату здатна ефективно накопичувати суху речовину.

Адже рослини можуть мати велику площу листової поверхні та відносно гарні показники фотосинтетичного потенціалу, а при цьому не ефективно накопичувати суху речовину в силу негативного впливу тих чи інших факторів. Відповідно за таких обставин агрономічна цінність посівів має оцінюватись по кінцевому показнику – отримуваний урожайності та якості продукції. Однак лише розуміння інтенсивності накопичення сухої речовини на одиницю площі листової поверхні дозволяє визначити вузькі місця технології вирощування та поліпшити загальну продуктивність посівів.

Вивчення особливостей формування сухої речовини залежно від площі листя дозволяють розрахувати особливості зміни чистої продуктивності фотосинтезу залежно від впливу факторів досліді на сорти сої (табл. 3).

Проведені дослідження показують, що у фазі цвітіння показники чистої продуктивності фотосинтезу посівів сої в середньому по досліді були на рівні 1,95 г/м² добу, з варіюванням показників від 1,63 до 2,26 г/м² добу. Причому хороші значення формування чистої продуктивності фотосинтезу спостерігались як на варіантах внесення додаткових заходів впливу, так і на варіантах без проведення таких обробітків. Що додатково формулює наголос на тому, що навіть попри визначення показника чистої продуктивності фотосинтезу після нещодавнього обробітку мікродобривами та регуляторами росту рослини сої по-різному реагують на інші фактори впливу, накопичуючи більш або менш інтенсивно суху речовину за рахунок фотосинтезу. Що також викликає потребу більш глибокого аналізу показників ЧПФ посівів в майбутньому заради оптимізації засвоєння сонячної енергії.

Також проведені дослідження дозволили виявити біологічні особливості зміни ЧПФ в розрізі сортів сої, що вивчались. Так, ми виявили, що в першу чергу закономірності зміни чистої продуктивності фотосинтезу визначаються сортовими особливостями, також в тому числі й варіювання розмаху відхилень досліджуваної ознаки. Так, в сорту 'Устя' було

отримане найменше значення ЧПФ на рівні 1,77, для сорту 'Естафета' – 1,94, а у сорту 'Кордоба' – максимум по досліді становив 2,12 г/м² добу відповідно.

Таблиця 3

Чиста продуктивність фотосинтезу (г/м² добу) залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту (середнє за 2018–2020 рр.)

Сорт	Мікродобрива	Регулятор росту	ЧПФ		
			бутонізація	цвітіння	достигання
'Устя'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	1,63	1,02	1,23
		Біосил	1,63	1,09	1,13
		Радостим	1,67	1,08	1,12
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	1,81	1,29	1,17
		Біосил	1,79	1,42	1,12
		Радостим	1,89	1,46	1,14
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	1,83	1,28	1,15
		Біосил	1,87	1,47	1,11
		Радостим	1,85	1,45	1,12
'Кордоба'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	2,00	1,82	1,12
		Біосил	2,00	1,81	1,13
		Радостим	1,96	1,77	1,08
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	2,13	1,79	1,09
		Біосил	2,13	1,77	1,05
		Радостим	2,26	1,81	1,06
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	2,17	1,81	1,10
		Біосил	2,21	1,80	1,08
		Радостим	2,26	1,80	1,09
'Естафета'	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	1,75	1,45	1,32
		Біосил	1,75	1,45	1,33
		Радостим	1,73	1,43	1,31
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	1,98	1,81	1,38
		Біосил	2,07	1,82	1,39
		Радостим	2,03	1,81	1,38
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	2,01	1,81	1,39
		Біосил	2,07	1,82	1,42
		Радостим	2,05	1,82	1,37

В наступному обліковому періоді, на час цвітіння розвиваються елементи квітки, відбуваються процеси власне цвітіння, зав'язування та наливання насіння. Оскільки такі кардинальні зміни відбуваються з рослинами за досить короткий проміжок часу, то як наслідок – маємо дещо менші значення чистої продуктивності посівів.

При цьому нами було визначено, що поєднання позакореневого підживлення мікродобривами із застосуванням регуляторів росту забезпечує в рослин формування максимальних показників ЧПФ. Так, в сорту 'Устя' за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в поєднанні з Біовіт або Радостим отримано 1,47 та 1,45 г/м² добу, а у сорту 'Естафета' – 1,82 та 1,82 г/м² добу сухої речовини.

Якщо аналізувати сортові відмінності формування чистої продуктивності фотосинтезу в даний період, то вони були аналогічні попередній фазі розвитку рослин. Так, мінімум ЧПФ мали рослини сорту 'Устя' – 1,28 г/м² добу, середні значення формували рослини сорту 'Естафета' – 1,69 г/м² добу, а максимум забезпечували посіви сорту 'Кордоба' – 1,80 г/м² добу.

Оскільки застосування препаратів в досліді сприяло зростанню площі листкової поверхні, а накопичення сухої речовини розраховується власне на одиницю площі, то у фазі

достигання значення між контрольними варіантами та удобреними позакореневим підживленням були мінімальними. Лише в посівах сорту 'Естафета' спостерігалось переважання показників ЧПФ на варіантах комплексного застосування мікродобрив та регуляторів росту над контрольними варіантами. В сортів 'Устя' та 'Кордоба' ми отримали дещо менші, але співставні з контролями значення ЧПФ, що побічно засвідчує, що попри зростання рівня продуктивності рослин на даних варіантах досліду існують обмежуючі фактори, і ефективність роботи асиміляційного апарату дещо обмежена.

Аналіз сортових відмінностей формування чистої продуктивності фотосинтезу в даний період показує нам різницю з попередньою фазою розвитку рослин. Так, мінімум ЧПФ мали рослини сорту 'Кордоба' – 1,09 г/м² добу, середні значення формували рослини сорту 'Устя' – 1,14 г/м² добу, а максимум забезпечували посіви сорту 'Естафета' – 1,37 г/м² добу.

Висновки

Досліджено, що площа листової поверхні сорту 'Устя' за позакореневого підживлення мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), в поєднанні з регуляторами росту Біосил та Радостим, була 38,8 та 39,2 тис. м²/га, а застосування мікродобрив двічі в поєднанні з вищезначеними регуляторами росту сприяло збільшенню площі листя до рівня 38,9 та 39,5 тис. м²/га відповідно. Аналогічно в сорту сої 'Кордоба' кращим варіантом виявилось застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в комбінації з регулятором росту Радостим, що сприяло збільшенню площі листя до рівня 39,5 тис. м²/га.

Встановлено, що поєднання позакореневого підживлення мікродобривами з застосуванням регуляторів росту забезпечує формування максимальних показників ЧПФ. Так, в сорту 'Устя' за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га) в поєднанні з Біовіт або Радостим отримано 1,47 та 1,45 г/м² добу, а у сорту 'Естафета' – 1,82 та 1,82 г/м² добу сухої речовини.

Використана література

1. Заболотний Г. М., Циганська О. І. Роль мінерального живлення у формуванні фотосинтетичного потенціалу сої в умовах Лісостепу правобережного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2015. Т. 58, № 2. С. 56–62.
2. Мойсієнко В. В., Дідора В. Г. Агроекономічне обґрунтування ролі сої у вирішенні проблеми рослинного білка в Україні. *Вісник ЖНАЕУ*. 2010. № 1. С. 153–166.
3. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Колісник С. І. Шляхи підвищення продуктивності сої в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2005. Вип. 90. С. 50–58.
4. Присяжнюк О. И., Григоренко С. В. Состояние и перспективы производства сои в Украине. *Научное обеспечение производства сои: проблемы и перспективы*. Благовещенск : ОДЕОН, 2018. С. 264–271.
5. Заболотний О. Г. Проблеми підвищення ефективності виробництва сої і технології її переробки. Вінниця : Книга-Вега, 2006. 168 с.
6. Присяжнюк О. І., Григоренко С. В., Половинчук О. Ю. Особливості реалізації біологічного потенціалу сортів сої залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України. *Plant Var. Stud. Prot.* 2018. Т. 14, № 2. С. 215–223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773
7. Тараріко О. Г., Ільєнко Т. В. Прогнозування впливу погодних умов на урожайність зернових культур. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 66–72.
8. Патица М. В., Патица В. П. Сучасні проблеми біорізноманітності і зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 6. С. 5–10.
9. Мосьондз Н. П. Формування продуктивності сої залежно від технологічних заходів вирощування в умовах північної частини Лісостепу. *Землеробство*. 2014. Вип. 1–2. С. 74–78.
10. Стрижак А. М. Вивчення реакції сої різних груп стиглості на посуху в умовах центрального Лісостепу України. *Селекція та генетика бобових культур: сучасні аспекти*

та перспективи: тези Міжнар. наук. конф. (м. Одеса, 23–26 червня 2014 р.). Одеса: Астропринт, 2014. С. 224–227.

11. Петриченко В. Ф., Бабич А. О., Іванюк С. В. Роль кліматичних факторів у формуванні сортової політики в умовах Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2006. Вип. 93. С. 60–67.

12. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М. та ін. *Методика селекційного експерименту (в рослинництві)*. Харків, 2014. 229 с.

References

1. Zabolotnyi, H. M., & Tsyhanska, O. I. (2015). The role of mineral nutrition in the formation of the photosynthetic potential of soyabean in the conditions of the forest-steppe of the right-bank. *Peredčirne ta girs'ke zemlerobstvo i tvarinnictvo* [Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding], 58(2), 56–62.

2. Moisiienko, V. V., & Didora, V. H. (2010). Agroeconomic substantiation of the role of soybean in solving the problem of vegetable protein in Ukraine. *Vіsник Žitomir's'kogo naціonal'nogo agroekologičnogo unіversitetu* [Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University], 1, 153–166. [in Ukrainian]

3. Petrychenko, V. F., Babych, A. O., & Kolisnyk, S. I. (2005). Ways of increasing the productivity of soya in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Selekcіâ i nasіnnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 90, 50–58. [in Ukrainian]

4. Prysiazhniuk, O. I., & Hryhorenko, S. V. (2018). Status and Prospects of Soybean Production in Ukraine. In *Nauchnoe obespechenie proizvodstva soi: problemy i perspektivy* [Scientific support for soy production: challenges and perspectives] (pp. 264–271). Blagoveshchensk: ODEON. [in Russian]

5. Zabolotnyi, O. H. (2006). *Problemy pidvyshchennia efektyvnosti vyrobnytstva soi i tekhnologii yii pererobky* [Problems of increasing the efficiency of soybean production and processing technology]. Vinnytsia: Knyha-Veha. [in Ukrainian]

6. Prysiazhniuk, O. I., Hryhorenko, S. V., & Polovynchuk, O. Yu. (2018). Peculiarities of realization of biological potential of soybean varieties depending on technological methods of cultivation in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Var. Stud. Prot.*, 14(2), 215–223. doi: 10.21498/2518-1017.14.2.2018.134773 [in Ukrainian]

7. Tarariko, O. H., & Ilienکو, T. V. (2015) Predicting the impact of weather conditions on the yield of grain crops. *Zemlerobstvo* [Agriculture], 2, 66–72. [in Ukrainian]

8. Patyka, M. V., & Patyka, V. P. (2014). Current issues of biodiversity and climate fluctuation. *Vіsник agrarnoi nauki* [Bulletin of Agricultural Science], 6, 5–10. [in Ukrainian]

9. Mosondz, N. P. (2014). Formation of soybean productivity as affected by agronomical practices under the conditions of the northern part of the Forest-Steppe. *Zemlerobstvo* [Agriculture], 1–2, 74–78. [in Ukrainian]

10. Stryzhak, A. M. (2014). Studying the response of soybean of various maturity groups to drought under the conditions of the Central Forest-Steppe zone of Ukraine. In *Selektsiia ta henetyka bobovykh kultur: suchasni aspekty ta perspektvy: tezy Mizhnar. nauk. conf.* [Breeding and genetics of legumes: modern aspects and prospects: Proc. Int. Sci. Conf.] (pp. 224–227). June 23–26, 2014, Odessa, Ukraine. [in Ukrainian]

11. Petrychenko, V. F., Babych, A. O., & Ivaniuk, S. V. (2006). The role of climatic factors in the formation of breeding policy in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Selekcіâ i nasіnnictvo* [Plant Breeding and Seed Production], 93, 60–67. [in Ukrainian]

12. Ermantraut, E. R., Hoptsiі, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiazhniuk, O. I. (2014). *Metodyka selektsiinoho eksperymentu (v roslynnytstvi)* [Methods of selection experiment (in crop production)]. Kharkiv: N.p. [in Ukrainian]

UDC 633.34:631.54

Baida, M. P. (2021). Efficiency of soybean photosynthesis as affected by the components of cultivation technology. *Naukovi pracì Institutu bioenergetičnih kul'tur ta cukrovih burákiv* [Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet], 29, 129–138. [in Ukrainian]

Verkhniatska Research and Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS of Ukraine, 1 Shkilna St., village Verkhniachka, Khrystynivka district, Cherkasy region, 20022, Ukraine, e-mail: vdss2017@ukr.net

Purpose. Determine the efficiency of photosynthesis of soybean varieties ‘Ustia’, ‘Kordoba’, ‘Estafeta’ as affected by the use of microfertilizers and growth regulators. **Methods.** Field, laboratory. **Results.** The article presents the results of research to study the effectiveness of photosynthesis in the cultivation of different varieties of soybean. It was found that the treatment of plants with microfertilizer Yara Vita Mono Molitrak in the budding phase (0.25 l/ha) + in the flowering phase (0.25 l/ha) in combination with the growth regulator Radostym ensured a leaf area (1000 m²/ha) increase of 7.2 m²/ha in variety ‘Ustia’, 7.6 in ‘Kordoba’ and 5.2 in ‘Estafeta’, compared to control. At the same time, the efficiency of using the growth regulator Biosil against the background of double treatment with the microfertilizer was at the level of the treatments with single treatments with Yara Vita Mono Molitrak in the budding phase (0.25 l/ha) in combination with appropriate growth regulators. **Conclusions.** It was investigated that the leaf surface area of ‘Ustia’ variety with foliar fertilization using Yara Vita Mono Molitrak microfertilizer in the budding phase (0.25 l/ha) in combination with growth regulators Biosil and Radostym was 38.8 and 39.2 thousand m²/ha. The use of microfertilizers twice in combination with the above-mentioned growth regulators contributed to the increase of leaf area to the level of 38.9 and 39.5 thousand m²/ha, respectively. Similarly, in ‘Kordoba’ soybean variety, the best option was the use of Yara Vita Mono Molitrak in the budding phase (0.25 l/ha) + in the flowering phase (0.25 l/ha) in combination with the growth regulator Radostym, which helped to increase the leaf area to 39.5 thousand m²/ha. Foliar fertilization with microfertilizers combined with the use of growth regulators provides the formation of maximum NPP. Thus, in ‘Ustia’ variety, it was 1.47 and 1.45 g/m², in ‘Estafeta’ 1.82 and 1.82 g/m² of dry matter per day.

Keywords: *efficiency of photosynthesis; accumulation of dry matter; net productivity of photosynthesis; photosynthetic potential.*

Надійшла / Received 20.10.2021

Погоджено до друку / Accepted 05.11.2021

УДК 633.282:631

DOI: <https://doi.org/10.47414/np.29.2021.249947>

Вміст сухої маси і золи у листках та стеблах біоенергетичних культур

І. І. Бойко¹, В. О. Грищенко¹, Т. П. Новікова², О. П. Шевченко¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна

²Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, вул. Садова 2, м. Умань, 20300

Мета. Визначити вміст сухої маси і золи у листках та стеблах біоенергетичних культур (міскантус, світчграс, верба). **Методи.** Зразки відбирали наприкінці вегетаційного періоду (жовтень). Вміст сухої маси визначали термогравіметричним методом, вміст золи – спалюванням в муфельній печі. **Результати.** Вміст сухої маси у листках змінювався залежно від року проведення досліджень і культури. Так, у середньому за роки проведення досліджень цей показник найвищим був у світчграсу та верби – 65,8–66,0 % з вмістом золи 4,3–4,5 %. У листках міскантусу вміст сухої маси був на 9–10 % нижчим порівняно з іншими