

УДК 631.547:57.087

Фотосинтетичні параметри посівів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України

О. І. Присяжнюк^{1*} , А. С. Заришняк², В. М. Сінченко¹, І. В. Свистунова³,
В. В. Слободянюк¹, Б. М. Борисенко¹, О. В. Лук'янчук¹, К. А. Калатур¹

¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна, *e-mail: ollpris@gmail.com

²Національна академія аграрних наук України, вул. Михайла Омеляновича-Павленка, 9, м. Київ, 01010, Україна

³Національний університет біоресурсів та природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Мета. Установити особливості формування фотосинтетичних параметрів посівів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (50.023194, 30.173895) упродовж 2014–2018 рр. Схема досліду передбачала внесення вологоутримувача Aquasorb (300 кг/га), обробку ґрунту концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 кг/га), застосування в період вегетації культури регулятора росту рослин Келпак РК (2 л/га, ВВСН 14 + 4 л/га, ВВСН 18) та мікродобрив Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18) і Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18). Вологоутримувач Aquasorb уносили під ранньовесняну культивування суцільним способом за допомогою розкидача типу Amazone ZA-TS 3200. **Результати.** У динаміці впродовж періоду вегетації буряків цукрових – у фазах 3-ї пари справжніх листків (ВВСН 16), змикання листків у рядках (ВВСН 30) і міжряддях (ВВСН 39) та в період технічної стиглості (ВВСН 49) вивчали особливості формування показників площі асиміляційного апарату та вмісту в листках фотосинтетичних пігментів (хлорофілів *a* і *b*), а у відповідні міжфазні періоди – фотосинтетичного потенціалу посівів та чистої продуктивності фотосинтезу залежно від впливу досліджуваних факторів. Установлено, що у фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) рослини буряків цукрових сформували площу асиміляційної поверхні на рівні 54,1 тис. м²/га, різниця між варіантами застосування гідрогелю та контролю була 3,5 тис. м²/га. Також кращі показники формування площі листя забезпечили варіанти комбінованого поєднання всіх елементів досліду – 56,36–56,47 тис. м²/га. Що, найімовірніше, зумовлено впливом їх на фізіологічний стан рослин та як наслідок – на формування дещо більшого асиміляційного апарату. У період змикання листків у рядках – змикання листків у міжряддях (ВВСН 30–39) варіанти застосування вологоутримувача Aquasorb у середньому на 0,9 г/м² за добу мали інтенсивніше накопичення сухої речовини. Водночас у міру росту головного кореня та освоєння кореневою системою глибших шарів ґрунту рослини буряків цукрових ставали все більш незалежними від впливу застосовуваних агротехнічних заходів. Особливо яскраво це видно за порівняння варіантів застосування Aquasorb, що в середньому на 0,2 г/м² за добу мали інтенсивніше накопичення сухої речовини в міжфазний період змикання листків у міжряддях – технічна стиглість (ВВСН 39–49). **Висновки.** Застосування агротехнічних заходів є дієвим чинником інтенсифікації фотосинтетичної діяльності рослин буряків цукрових упродовж усього вегетаційного періоду, ефективність яких значною мірою визначається варіантами їх поєднання. Загалом найоптимальніші умови для формування фотосинтетичних параметрів посівів культури склались у варіантах комбінованого поєднання всіх елементів досліду.

Ключові слова: адсорбент; регулятор росту рослин; мікродобриво; концентрат ґрунтових бактерій; площа листя; вміст хлорофілів; фотосинтетичний потенціал; чиста продуктивність фотосинтезу.

Присяжнюк О. І., Заришняк А. С., Сінченко В. М., Свистунова І. В., Слободянюк В. В., Борисенко Б. М., Лук'янчук О. В., Калатур К. А. Фотосинтетичні параметри посівів буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу в умовах Правобережного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 2. <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270626>

Вступ

Серед головних елементів, що прямо та істотно впливає на перебіг процесів формування сухої речовини в рослинах, є наявність доступної вологи в ґрунті. Адже вода є одним з найважливіших чинників формування життя на Землі загалом та забезпечення високого рівня продуктивності сільськогосподарських культур зокрема. Вона бере участь у переважній більшості процесів, пов'язаних із ростом і розвитком рослин, адже останні в період активної вегетації на 75–90 % складаються саме з води [1–3].

Найвизначнішим процесом, у якому задіяна вода, є фотосинтез органічної речовини. Для формування 1 г сухої речовини рослинам потрібно від 200 до 1000 г води. А тому продуктивність сільськогосподарських культур напряду залежить від рівня їх вологозабезпечення. Саме за достатньої кількості вологи в ґрунті створюються умови, сприятливі для росту й розвитку рослин [4–6].

Серед різноманітних згубних факторів посуха є найдієвішим, що обмежує ріст сільськогосподарських культур і їхню продуктивність. Урожайність і якість урожаю значною мірою залежать від умов навколишнього середовища, включаючи вологість ґрунту та кількість і частоту опадів. Дослідники вираховували, що посуха щорічно спричиняє зниження врожайності цукрових буряків у Європі до 30 % [7].

Крім прямого впливу на рослини, відсутність достатньої кількості вологи та настання посухи визначає мікробіологічну активність ґрунту, інтенсивність розкладання органічних сполук і накопичення в ґрунті рухомих поживних речовин [8, 9].

Оскільки фотосинтез є головним процесом рослин, та саме завдяки йому і відбувається формування органічної речовини на Землі, то й згубний вплив дефіциту опадів позначається перш за все на цьому процесі. А тому висвітленню закономірностей формування умов для ефективного фотосинтезу буряків цукрових варто приділити достатньо уваги [10, 11].

Мета досліджень – установити закономірності перебігу процесів фотосинтезу буряків цукрових у разі застосування заходів підвищення толерантності до посухового стресу культури в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Польові дослідження виконували в умовах зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України на дослідному полі Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (50.023194, 30.173895) упродовж 2014–2018 рр. Схема досліду наведена в таблиці 1.

Ґрунт Дослідного поля ІБКЦБ – чорнозем глибокий середньосуглинковий на лесовидному суглинку: вміст гумусу – 2,58 % (за Тюрнімом), лужногідролізованого азоту – 176 мг/кг ґрунту (за Корнфільдом), рухомих сполук фосфору та калію – 160 і 95 мг/кг ґрунту (за Чиріковим), $pH_{\text{сольове}}$ – 6,75, сума ввібраних основ – 305 мг-екв/кг ґрунту, гідролітична кислотність – 9,1 мг-екв/кг. Уміст гумусу та лужногідролізованого азоту середній, вміст рухомого фосфору високий та підвищений вміст калію.

Погодні умови за роки досліджень були строкатими, з градацією від помірного зволоження до сильної посухи, що не тільки визначало ефективність росту й розвитку буряків цукрових, а й більше відповідало за показниками динамік зміни елементів погоди зоні недостатнього зволоження. Найбільша потреба рослин буряків цукрових у волозі спостерігається в період від змикання листків в рядку та до змикання листків у міжряддях. У фазі змикання рядків (ВВСН 30) найнижчі запаси вологи були в шарі ґрунту 0–50 см у 2017 р., а найвищі – у 2014-му. Решта ж років мали близькі до середніх показники наявності вологи. Застосування вологоутримувальних полімерів дало змогу стабільно накопичувати 5 мм доступної рослинам вологи у верхніх шарах ґрунту.

Площа елементарної ділянки становила 50 м², облікової – 35 м², чотири повторення.

Вологоутримувач Aquasorb уносили під ранньовесняну культивуацію суцільним способом за допомогою розкидача типу Amazone ZA-TS 3200. Концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) ґрунт обробляли безпосередньо перед культивуацією за допомогою польового навісного обприскувача типу Amazone UF з нормою витрати робочої рідини 200 л/га.

Параметри площі листя, вмісту хлорофілів, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу визначали за методиками, викладеними в [12]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали згідно з [13].

Таблиця 1

Розроблення елементів технології, спрямованих на підвищення толерантності до водного дефіциту буряків цукрових на ранніх етапах росту й розвитку

Волого-утримувач	Обробка ґрунту	Регулятор росту	Мікродобриво	№
Контроль	Контроль	Контроль	Контроль	1
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	2
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	3
		Келпак РК (2 л/га, ВВСН 14) + (4 л/га, ВВСН 18)	Контроль	4
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	5
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	6
	Концентрат ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га)	Контроль	Контроль	7
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	8
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	9
		Келпак РК (2 л/га, ВВСН 14) + (4 л/га, ВВСН 18)	Контроль	10
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	11
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	12
Вологоутримувальні полімери Aquasorb (300 кг/га)	Контроль	Контроль	Контроль	13
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	14
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	15
		Келпак РК (2 л/га, ВВСН 14) + (4 л/га, ВВСН 18)	Контроль	16
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	17
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	18
	Концентрат ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га)	Контроль	Контроль	19
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	20
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	21
		Келпак РК (2 л/га, ВВСН 14) + (4 л/га, ВВСН 18)	Контроль	22
			Альфа-Гроу-Екстра Буряки (3 л/га, ВВСН 18)	23
			Мікро-Мінераліс (Буряки) (1,5 л/га, ВВСН 18)	24

Результати досліджень

Зважаючи на те, що в буряків цукрових фотосинтезують не тільки листкові пластинки, ми визначали також площу верхньої частини черешків. Віддзеркалення від поверхні ґрунту та фотосинтез нижньої частини листкової пластинки до уваги не брали, оскільки у фазі змикання рядків цей показник нівелюється.

Дані щодо площі асиміляційного апарату буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології показані в таблиці 3.

У фазі формування третьої пари справжніх листків (ВВСН 16) площа асиміляційного апарату в середньому по досліді була незначною і становила 2,5 тис. м²/га, а відхилення між різними варіантами були незначними, та, на нашу думку, не мали чітко виражених закономірностей. Що пов'язано й з тим, що застосування таких варіантів досліді, як внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) та концентрату ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га) не було дієвим заходом збільшення площі листя рослин на ранніх етапах розвитку. Адже рослинам потрібен час, щоб кореневі волоски потрапили в зону розташування гранул гідрогелю, а мікроорганізмам своєю чергою необхідно асимілюватись у ґрунтовому середовищі та видозмінювати його під свої потреби.

У фазі змикання листків у рядку (ВВСН 30) асиміляційна поверхня рослин була вдвічі більшою за площу поля – 23,2 тис. м²/га, хоча розташування листків у розетках та прямокутна форма живлення буряків цукрових ще не змогла забезпечити ефективного поширення листкового апарату по всій площі поля. Істотно кращими варіантами за формуванням листкової поверхні в цій фазі були ті, де застосовували мікродобрива Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га (ВВСН 18) або Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га (ВВСН 18), особливо на фоні внесення вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га). А от застосування регулятора росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) не сприяло істотному зростанню площі листя, оскільки його основним спрямуванням було сприяння збільшенню кореневої системи рослин, а не вегетативної їх частини.

Площа асиміляційного апарату посівів буряків цукрових, тис. м²/га
(середнє за 2014–2018 рр.)

Варіант, №	Фаза росту й розвитку культури			
	Третя пара справжніх листків (ВВСН 16)	Змикання листків у рядку (ВВСН 30)	Змикання листків у міжряддях (ВВСН 39)	Технічна стиглість (ВВСН 49)
1	2,49	21,87	52,28	24,80
2	2,46	22,69	52,33	24,82
3	2,50	22,48	52,31	24,81
4	2,40	21,94	52,51	24,88
5	2,49	22,85	52,55	24,89
6	2,54	24,64	52,53	24,88
7	2,45	21,89	52,29	24,70
8	2,59	22,90	52,30	24,73
9	2,45	22,80	52,27	24,70
10	2,50	21,95	52,47	24,80
11	2,41	23,07	52,41	24,61
12	2,50	22,96	52,42	24,71
13	2,50	23,39	55,42	26,14
14	2,49	23,41	55,98	26,16
15	2,51	23,70	55,75	26,15
16	2,52	23,69	55,70	26,23
17	2,43	23,48	56,15	26,25
18	2,40	24,08	55,93	26,24
19	2,47	23,91	55,50	26,47
20	2,48	24,12	55,84	26,58
21	2,48	24,09	55,72	26,47
22	2,48	23,50	55,82	26,67
23	2,48	24,29	56,47	26,79
24	2,52	24,25	56,36	26,89
НР _{0,05}	0,23	1,56	2,23	3,10

У фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) рослини буряків цукрових сформували площу асиміляційної поверхні на рівні 54,1 тис. м²/га, різниця між варіантами застосування гідрогелю та контролю була 3,5 тис. м²/га. Також кращі показники формування площі листя забезпечили варіанти комбінованого поєднання усіх елементів досліджу – 56,36–56,47 тис. м²/га. Що, на нашу думку, викликано впливом їх на фізіологічний стан рослин та як наслідок – формування дещо більшого асиміляційного апарату.

А от у фазі технічної стиглості буряків цукрових (ВВСН 49) у середньому площа асиміляційного апарату становила 25,6 тис. м²/га. Причому вплив регуляторів росту та мікродобрих значно послабився в цю фазу. А істотний вплив на площу листя мали вологоутримувальні полімери Aquasorb (300 кг/га). Що підтверджує значну потребу рослин у волозі в цей період та взаємозв'язок її з площею асиміляційного апарату.

Дані щодо вмісту хлорофілів у листках буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології наведено в таблиці 4.

Окрім формування достатньо розвиненого фотосинтетичного апарату важливим є утворення в ньому активних структур, що відповідають за біосинтез органічних речовин – хлорофілів.

У фазі третьої пари справжніх листків (ВВСН16) у листках буряків цукрових у середньому було 3,9 мг/г сирої маси хлорофілу *a* та 1,6 мг/г хлорофілів *b*. А основні відхилення перебували в межах похибки досліджу.

У фазі змикання листків у рядку (ВВСН 30) у листових пластинках буряків цукрових було ідентифіковано в середньому хлорофілу *a* 7,6 мг/г сирої маси та 3,0 мг/г хлорофілу *b*. Аналогічно попередньому періоду істотного впливу на вміст хлорофілів варіантів досліджу нами не було зафіксовано.

У фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) концентрація хлорофілів у листках була дещо нижча, оскільки листові пластинки інтенсивно збільшувались у розмірах, і значною мірою хлорофіли перерозподілялись у межах листової пластинки, а надалі рослина синтезувала нові. Також нами не було виявлено істотного впливу досліджуваних препаратів на цей показник, оскільки застосування їх відбувалось на ранніх стадіях, навіть внесення мікродобрих у фазі ВВСН

18 уже не впливало у фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) істотно на концентрацію хлорофілів у листках буряків.

Таблиця 4

**Уміст хлорофілів *a* і *b* у листках буряків цукрових, мг/г сирої маси
(середнє за 2014–2018 рр.)**

Варіант, №	Фаза росту й розвитку культури							
	Третя пара справжніх листіків (ВВСН16)		Змикання листків у рядку (ВВСН 30)		Змикання листків у міжряддях (ВВСН 39)		Технічна стиглість (ВВСН 49)	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
1	3,99	1,61	7,60	2,90	6,07	2,05	5,40	2,93
2	3,92	1,56	7,63	2,94	6,05	2,04	5,30	2,91
3	3,93	1,52	7,61	2,94	6,20	2,00	5,40	3,01
4	3,94	1,55	7,62	3,00	6,21	2,13	5,34	2,88
5	3,89	1,57	7,68	3,05	6,17	2,06	5,47	2,94
6	3,96	1,56	7,66	3,03	6,22	2,04	5,33	2,84
7	3,90	1,60	7,58	2,93	6,15	1,99	5,29	2,87
8	3,90	1,57	7,60	2,90	6,11	2,06	5,36	2,89
9	3,90	1,59	7,60	2,91	6,16	2,14	5,29	2,94
10	3,92	1,52	7,59	2,92	6,13	2,03	5,33	2,88
11	3,88	1,53	7,66	2,95	6,13	2,07	5,40	2,88
12	3,92	1,54	7,62	2,93	6,19	2,09	5,23	2,95
13	3,95	1,61	7,61	2,88	6,19	2,12	5,39	2,90
14	3,88	1,64	7,64	2,92	6,11	2,03	5,38	2,87
15	3,88	1,55	7,64	2,93	6,15	2,08	5,39	2,90
16	3,87	1,52	7,65	3,00	6,12	2,09	5,35	2,92
17	3,87	1,54	7,70	3,03	6,04	2,09	5,42	2,83
18	3,84	1,57	7,68	3,00	6,25	2,00	5,34	2,90
19	3,89	1,56	7,63	2,90	6,13	2,09	5,26	2,90
20	3,81	1,56	7,65	2,91	6,19	2,03	5,35	2,92
21	3,95	1,53	7,68	2,93	6,24	2,10	5,40	2,84
22	3,93	1,57	7,65	3,00	6,20	2,05	5,37	2,83
23	3,86	1,55	7,78	3,06	6,17	2,10	5,39	2,89
24	3,85	1,55	7,75	3,03	6,24	2,15	5,43	2,88
НІР _{0,05}	0,23	0,18	0,42	0,22	0,39	0,25	0,44	0,30

У фазі технічної стиглості визначено, що в листових пластинках буряків цукрових було ідентифіковано в середньому хлорофілу *a* 5,4 мг/г сирої маси та 2,9 мг/г – хлорофілу *b*.

Отже, досліджувані нами елементи технології не чинили прямого впливу на формування концентрації хлорофілів у листках буряків цукрових. Вплив цих препаратів відбувався з точки зору фізіологічного поліпшення умов фотосинтезу, а не зростання концентрації зелених пігментів. На фоні достатнього рівня забезпечення мінерального живлення ефективність пропонованих агрозаходів була мінімальною. Хоча згідно з головною ідеєю досліджень метою цих агротехнічних прийомів було збереження активності фотосинтетичного апарату впродовж вегетації культури, а не отримання рослин із зеленішими листками, тоді як умови для їх ефективного фотосинтезу не дотримані.

Дані щодо фотосинтетичного потенціалу (ФП) буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології наведено в таблиці 5.

У першій половині вегетаційного періоду буряків цукрових фотосинтетичний потенціал був мінімальним та становив 0,03 (ВВСН 09–16) та 0,26 млн м² діб/га (ВВСН 14–30). Причому відмінності між варіантами досліду були досить незначні.

А от у міжфазний період від змикання міжрядь до технічної стиглості (ВВСН 39–49) ФП був на рівні високопродуктивних посівів (понад 2,2). Причому кращі параметри забезпечило поєднання вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га) з концентратом ґрунтових бактерій Міразоніт (20 л/га), застосуванням регулятора росту Келпак РК, 2 л/га (ВВСН 14) + 4 л/га (ВВСН 18) та мікродобрив Альфа-Гроу-Екстра Буряки, 3 л/га або Мікро-Мінераліс (Буряки), 1,5 л/га.

**Фотосинтетичний потенціал посівів буряків цукрових, млн м² діб/га
(середнє за 2014–2018 рр.)**

Варіант, №	Міжфазний період			
	Сходи – третя пара справжніх листків (ВВСН 09–16)	Третя пара справжніх листків – змикання рядків (ВВСН 14–30)	Змикання рядків – змикання міжрядь (ВВСН 30–39)	Змикання міжрядь – технічна стиглість (ВВСН 39–49)
1	0,03	0,26	0,99	2,93
2	0,03	0,26	1,01	2,98
3	0,03	0,26	1,01	2,97
4	0,03	0,25	1,00	2,99
5	0,03	0,26	1,01	3,01
6	0,03	0,28	1,04	3,00
7	0,03	0,25	1,00	2,99
8	0,03	0,26	1,01	3,00
9	0,03	0,26	1,00	3,00
10	0,03	0,26	1,01	3,03
11	0,03	0,26	1,02	3,04
12	0,03	0,26	1,01	3,04
13	0,03	0,26	0,99	3,14
14	0,03	0,26	1,00	3,21
15	0,03	0,26	1,00	3,20
16	0,03	0,26	1,00	3,21
17	0,03	0,26	1,00	3,24
18	0,03	0,26	1,00	3,23
19	0,03	0,25	0,95	3,22
20	0,03	0,25	0,97	3,26
21	0,03	0,25	0,96	3,25
22	0,03	0,25	0,96	3,27
23	0,03	0,25	0,97	3,33
24	0,03	0,25	0,97	3,32

Дані щодо чистої продуктивності фотосинтезу буряків цукрових у разі застосування досліджуваних елементів технології наведено в таблиці 6.

Незначні площі листової поверхні посівів буряків цукрових на початку вегетації спричинили зворотній ефект, коли чиста продуктивність фотосинтезу в міжфазний період третя пара справжніх листків – змикання листків в рядках (ВВСН 14–30) була найвищою по досліді та становила в середньому 8,4 г/м² за добу. Що також своєю чергою є свідченням ефективної роботи фотосинтетичного апарату буряків цукрових за рахунок підтримання посівів у вільному від бур'янів стані в критичний для рослин період.

Також попри відсутність активного збільшення площі листової поверхні в цей міжфазний період застосування додаткових елементів технології вирощування призвело до оптимізації параметрів фотосинтезу рослин. Зокрема, варіанти досліді, де були застосовані вологоутримувальні полімери Aquasorb (300 кг/га), у середньому на 1,1 г/м² за добу мали інтенсивніше накопичення сухої речовини.

А от у період змикання листків у рядках – змикання листків у міжряддях (ВВСН 30–39) площа листової поверхні рослин істотно зросла, що позначилось на ефективності нагромадження сухої речовини, яке на одиницю листової поверхні зменшилось до 6,9 г/м² за добу. Аналогічно як і в попередній обліковий період істотно відрізнялись між собою варіанти застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb (300 кг/га), що в середньому на 0,9 г/м² за добу мали більш інтенсивне накопичення сухої речовини.

У міру росту головного кореня та освоєння кореневою системою глибших шарів ґрунту рослини буряків цукрових ставали все більш незалежними від впливу застосовуваних нами агротехнічних заходів. Особливо яскраво це видно за порівняння варіантів застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb, що в середньому на 0,2 г/м² за добу мали більш інтенсивне накопичення сухої речовини в міжфазний період змикання листків у міжряддях – технічна стиглість (ВВСН 39–49).

Загалом основні відмінності у формуванні чистої продуктивності фотосинтезу спостерігались лише у варіантах внесення вологоутримувальних полімерів як найбільш дієвого заходу підвищення фотосинтезу рослин.

Таблиця 6

**Чиста продуктивність фотосинтезу посівів буряків цукрових, г/м² за добу
(середнє за 2014–2018 рр.)**

Варіант, №	Міжфазний період		
	третя пара справжніх листків – змикання рядків (ВВСН 14–30)	змикання рядків – змикання міжрядь (ВВСН 30–39)	змикання міжрядь – технічна стиглість (ВВСН 39–49)
1	7,9	6,6	6,6
2	7,8	6,4	6,5
3	7,9	6,3	6,5
4	8,2	6,5	6,5
5	7,8	6,5	6,5
6	7,4	6,2	6,6
7	7,9	6,5	6,3
8	7,5	6,4	6,4
9	7,6	6,4	6,4
10	8,1	6,4	6,3
11	7,7	6,5	6,4
12	7,8	6,4	6,2
13	8,9	7,2	6,8
14	8,7	7,3	6,6
15	8,7	7,1	6,6
16	8,9	7,3	6,9
17	9,0	7,3	6,7
18	8,7	7,3	6,8
19	9,1	7,4	6,5
20	9,0	7,2	6,5
21	8,8	7,4	6,5
22	9,2	7,6	6,6
23	9,0	7,5	6,4
24	9,0	7,4	6,5

Висновки

У фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) рослини буряків цукрових сформували площу асиміляційної поверхні на рівні 54,1 тис. м²/га, різниця між варіантами застосування гідрогелю та контролю була 3,5 тис. м²/га. Також кращі показники формування площі листя забезпечили варіанти комбінованого поєднання усіх елементів дослідів – 56,36–56,47 тис. м²/га. Що, на нашу думку, зумовлено впливом їх на фізіологічний стан рослин та як наслідок – на формування дещо більшого асиміляційного апарату.

У період змикання листків у рядках – змикання листків у міжряддях (ВВСН 30–39) варіанти застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb у середньому на 0,9 г/м² за добу мали інтенсивніше накопичення сухої речовини. Водночас у міру росту головного кореня та освоєння кореневою системою глибших шарів ґрунту рослини буряків цукрових ставали все більш незалежними від впливу застосовуваних нами агротехнічних заходів. Особливо яскраво це видно за порівняння варіантів застосування вологоутримувальних полімерів Aquasorb, що в середньому на 0,2 г/м² за добу мали інтенсивніше накопичення сухої речовини в міжфазний період змикання листків у міжряддях – технічна стиглість (ВВСН 39–49).

Використана література

1. He M., He C.-Q., Ding N.-Z. Abiotic stresses: General defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 1771. doi: 10.3389/fpls.2018.01771
2. Xiloyannis C., Montanaro G., Dichio B. Sustainable orchard management in semi-arid areas to improve water use efficiency and soil fertility. *Acta Horticulturae*. 2016. Vol. 1139. P. 425–430. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.74
3. Jeandroz S., Lamotte O. Plant responses to biotic and abiotic stresses: Lessons from cell signaling. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. Article 1772. doi: 10.3389/fpls.2017.01772
4. Qin F., Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Achievements and challenges in understanding plant abiotic stress responses and tolerance. *Plant and Cell Physiology*. 2011. Vol. 52, Iss. 9. P. 1569–1582. doi: 10.1093/pcp/pcr106

5. Topak R., Süheri S., Acar B. Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in middle Anatolian, Turkey. *Irrigation Science*. 2011. Vol. 2, Iss. 1. P. 79–89. doi: 10.1007/s00271-010-0219-3
6. Tognetti R., Palladino M., Minnocci A. et al. The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*. 2003. Vol. 60, Iss. 2. P. 135–155. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00167-1
7. Luković J., Maksimović, I. Zorić L. et al. Histological characteristics of sugar beet leaves potentially linked to drought tolerance. *Industrial Crops and Products*. 2009. Vol. 30, Iss. 2. P. 281–286. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.05.004
8. Chołuj D., Wiśniewska A., Szafranski K. M. et al. Assessment of the physiological responses to drought in different sugar beet genotypes in connection with their genetic distance. *Journal of Plant Physiology*. 2014. Vol. 171, Iss. 14. P. 1221–1230. doi: 10.1016/j.jplph.2014.04.016
9. Sadeghian S. Y., Fazli H., Mohammadian R. et al. Genetic variation for drought stress in sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research*. 2000. Vol. 37, Iss. 3. P. 55–78. doi: 10.5274/jsbr.37.3.55
10. Okom S., Russell A., Chaudhary A. J. et al. Impacts of projected precipitation changes on sugar beet yield in eastern England. *Meteorological Applications*. 2017. Vol. 24, Iss. 1. P. 52–61. doi: 10.1002/met.1604
11. Tarkalson D. D., King B. A., Bjorneberg D. L. Yield production functions of irrigated sugar beet in an arid climate. *Agricultural Water Management*. 2018. Vol. 200. P. 1–9. doi: 10.1016/j.agwat.2018.01.003
12. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
13. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : Поліграф Консалтинг, 2007. 56 с.

References

1. He, M., He, C.-Q., & Ding, N.-Z. (2018). Abiotic stresses: General defenses of land plants and chances for engineering multistress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 9, Article 1771. doi: 10.3389/fpls.2018.01771
2. Xiloyannis, C., Montanaro, G., & Dichio, B. (2016). Sustainable orchard management in semi-arid areas to improve water use efficiency and soil fertility. *Acta Horticulturae*, 1139, 425–430. doi: 10.17660/ActaHortic.2016.1139.74
3. Jeandroz, S., & Lamotte, O. (2017). Plant responses to biotic and abiotic stresses: Lessons from cell signaling. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 1772. doi: 10.3389/fpls.2017.01772
4. Qin, F., Shinozaki, K., & Yamaguchi-Shinozaki, K. (2011). Achievements and challenges in understanding plant abiotic stress responses and tolerance. *Plant and Cell Physiology*, 52(9), 1569–1582. doi: 10.1093/pcp/pcr106
5. Topak, R., Süheri, S., & Acar, B. (2010). Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in middle Anatolian, Turkey. *Irrigation Science*, 2(1), 79–89. doi: 10.1007/s00271-010-0219-3
6. Tognetti, R., Palladino, M., Minnocci, A., Delfine, S., & Alvino, A. (2003). The response of sugar beet to drip and low-pressure sprinkler irrigation in southern Italy. *Agricultural Water Management*, 60(2), 135–155. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00167-1
7. Luković, J., Maksimović, I., Zorić, L., Nagl, N., Perčić, M., Polić, D., & Putnik-Delić, M. (2009). Histological characteristics of sugar beet leaves potentially linked to drought tolerance. *Industrial Crops and Products*, 30(2), 281–286. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.05.004
8. Chołuj, D., Wiśniewska, A., Szafranski, K. M., Cebula, J., Gozdowski, D., & Podlaski, S. (2014). Assessment of the physiological responses to drought in different sugar beet genotypes in connection with their genetic distance. *Journal of Plant Physiology*, 171(14), 1221–1230. doi: 10.1016/j.jplph.2014.04.016
9. Sadeghian, S. Y., Fazli, H., Mohammadian, R., Taleghani, D. F., & Mesbah, M. (2000). Genetic variation for drought stress in sugarbeet. *Journal of Sugar Beet Research*, 37(3), 55–78. doi: 10.5274/jsbr.37.3.55
10. Okom, S., Russell, A., Chaudhary, A. J., Scrimshaw, M. D., & Francis, R. A. (2017). Impacts of projected precipitation changes on sugar beet yield in eastern England. *Meteorological Applications*, 24(1), 52–61. doi: 10.1002/met.1604
11. Tarkalson, D. D., King, B. A., & Bjorneberg, D. L. (2018). Yield production functions of irrigated sugar beet in an arid climate. *Agricultural Water Management*, 200, 1–9. doi: 10.1016/j.agwat.2018.01.003
12. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). *Methods of research in sugar beet*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
13. Ermantraut, E. R., Prisyazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in package Statistica 6.0*. Kyiv: PolygraphConsaltyn. [In Ukrainian]

UDC 631.547:57.087

Prysiashniuk, O. I.¹, Zaryshniak, A. S.², Sinchenko, V. M.¹, Svystunova, I. V.³, Slobodianiuk, V. V.¹, Borysenko, B. M.¹, Lukianchuk, O. V.¹, & Kalatur, K. A.¹ (2022). Photosynthetic parameters of sugar beet crops under application of measures to increase tolerance to drought stress in the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, 10(2). <https://doi.org/10.47414/na.10.2.2022.270626> [In Ukrainian]

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine,*

**e-mail: ollpris@gmail.com*

²*National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 9 Mykhailo Omelianovich-Pavlenko, Kyiv, 01010, Ukraine*

³*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine*

Purpose. To establish the peculiarities of the photosynthetic parameters of sugar beet crops under the application of measures to increase the crop tolerance to drought stress in the zone of unstable soil moisture of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was carried out at the experimental field of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the National Academy of Agrarian sciences of Ukraine (50.023194, 30.173895) in 2014–2018. The research scheme included the application of the moisture retainer Aquasorb (300 kg/ha), soil treatment with the Mirazonit soil bacteria concentrate (20 kg/ha), application of the plant growth regulator Kelpak RK (2 l/ha, BBCH 14 + 4 l/ha, BBCH 18) and microfertilizers Alpha-Grow-Extra Buriaky (3 l/ha, BBCH 18) and Micro-Mineralis (Buriaky) (1.5 l/ha, BBCH 18) during vegetation season. Aquasorb moisture retainer was applied to the soil during early spring cultivation using an Amazone ZA-TS 3200 spreader. **Results.** During the vegetation period of sugar beets, specifically in the 6-leaf stages (BBCH 16), closing of leaves in rows (BBCH 30) and between rows (BBCH 39) and in the period of technical ripeness (BBCH 49) we studied the peculiarities of the formation of indicators of the assimilation apparatus area and the content of photosynthetic pigments (chlorophylls *a* and *b*) in the leaves, in the corresponding interphase periods, we studied the photosynthetic potential of crops and the net productivity of photosynthesis under the influence of the studied factors. It was established that in the phase of leaf closure between rows (BBCH 39), sugar beet plants formed an assimilation surface area of 54.1 thousand m²/ha, the difference between the hydrogel application options and the control was 3.5 thousand m²/ha. Also, the best indicators of the formation of the leaf area were provided by the variants of the combined combination of all elements of the experiment – 56.36–56.47 thousand m²/ha, which, most likely, was caused by their influence on the physiological state of plants and, as a result, on the formation of a somewhat larger assimilation apparatus. In the period of closing of leaves in rows – closing of leaves between inter-rows (BBCH 30–39), the options for using the Aquasorb moisture retainer had a more intense accumulation of dry matter by an average of 0.9 g/m² per day. At the same time, as the main root grew and the root system developed the deeper layers of the soil, the sugar beet plants became more and more independent of the influence of applied agrotechnical measures. This is especially evident when comparing the Aquasorb application options, which on average had a more intensive accumulation of dry matter by 0.2 g/m² per day in the interphase period of leaf closure in the between rows – technical ripeness (BBCH 39–49). **Conclusions.** The use of agrotechnical measures is an effective factor in intensifying the photosynthetic activity of sugar beet plants throughout the growing season, the effectiveness of which is largely determined by their combination options. In general, the most optimal conditions for the formation of photosynthetic parameters of crops were provided by combination of all factors of the experiment.

Keywords: adsorbent; plant growth regulator; micro fertilizer; concentrate of soil bacteria; leaf area; chlorophyll content; photosynthetic potential; net photosynthetic productivity.

Надійшла / Received 23.08.2022

Погоджено до друку / Accepted 12.09.2022