

УДК 633.9:631.54

Особливості функціонування фотосинтетичного апарату буряків цукрових в умовах дефіциту вологи

О. І. Присяжнюк* , С. С. Шульга

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

*e-mail: ollpris@gmail.com

Мета. Визначити особливості функціонування фотосинтетичного апарату буряків цукрових в умовах дефіциту вологи Степу України. **Методи.** Польові дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах ТОВ «Агрофірма імені Чкалова» (Кіровоградська обл.). Диплоїдний посухостійкий гібрид буряків цукрових 'Magistr' (SESVanderHave) вирощували на фоні застосування вологоутримувача (без гідрогелю; гідрогель Aquasorb, 300 кг/га) та різних систем удобрення [без добрив – контроль; гній, 20 т/га; N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀; Леонардит, 400 кг/га; Паросток (марка 20), 400 кг/га]. Органічні та мінеральні добрива (РК) вносили восени під оранку, а азотний компонент останніх (N) – під ранньовесняну культивування. Адсорбент вносили в ґрунт за два тижні до сівби культури локально в зону майбутнього рядка, орієнтуючись на дані GPS-трекера. Решта агрозаходів відповідали загальноприйнятій технології вирощування культури в зоні проведення досліджень. **Результати.** У середньому за роки досліджень густина буряків цукрових на час повних сходів (BBCH 11) була в межах від 104,0 до 115,7 тис. шт./га, висота рослин – від 12,0 до 15,7 см, площа листової поверхні – від 39,3 до 46,0 см², довжина головного кореня – від 3,1 до 5,1 см, при цьому на фоні внесення вологоутримувача їх показники були здебільшого вищими. У варіантах без застосування гідрогелю найвищі значення більшості досліджуваних показників рослин відзначено за внесення органічних добрив нової формуляції Паросток (марка 20) та Леонардит, і лише висота рослин була більшою у варіантах із гноєм та N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀. На фоні застосування гідрогелю Aquasorb густина рослин найбільшою була за внесення мінеральних добрив, їх висота – Леонардиту та гною, довжина кореня – Паросток (марка 20) та Леонардиту. Водночас параметри площі листя були приблизно однаковими за всіх варіантів удобрення. Упродовж вегетаційного періоду культури формування площі листової поверхні також значною мірою визначалось застосовуваними агротехнічними заходами. У фазі 3-ї пари листків (BBCH 16) у середньому по досліді площа листя становила 5,8 тис. м²/га, зокрема за варіантами без унесення вологоутримувача 5,5 тис. м²/га, а з гідрогелем Aquasorb – 6,0 тис. м²/га; у фазі змикання листків у рядках (BBCH 30) – 14,2 тис. м²/га (13,2 і 15,5 тис. м²/га), у фазі змикання листків у міжряддях (BBCH 39) – 22,9 тис. м²/га (22,2 і 23,7 тис. м²/га) та перед збиранням урожаю (BBCH 49) – 15,5 тис. м²/га (15,1 і 15,9 тис. м²/га). **Висновки.** Внесення гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) сприяє формуванню загалом кращих параметрів густоти рослин та їхніх біометричних показників як на початку, так і впродовж вегетації культури, незалежно від варіанту удобрення, що засвідчує про активізацію ростових процесів за наявності додаткової вологи в зоні розвитку кореневої системи. Загалом найоптимальніші умови для росту й розвитку рослин буряків цукрових, зокрема для формування їх фотосинтетичного апарату впродовж вегетації, створюються у варіантах застосування мінеральної системи удобрення та органічних добрив нової формуляції Леонардит та Паросток (марка 20) на фоні внесення вологоутримувача Aquasorb.

Ключові слова: площа листя; густина рослин; висота; довжина кореня; вологоутримувач; мінеральне удобрення; органічне удобрення.

Вступ

Буряки цукрові є культурою, рослини якої потребують достатньої кількості води для росту й розвитку. Брак вологи може негативно вплинути на різні етапи їх життєвого циклу. Зокрема на початковому етапі розвитку рослин нестача вологи може призвести до погіршення проростання насіння та, як наслідок, зменшення врожайності. У період активного вегетативного розвитку культури, нестача вологи може спричинити зменшення розміру коренеплідів, а також вмісту в

них цукрів. Це може позначитися на якості та кількості цукру, який видобувається з буряків цукрових, підвищити вміст нітратів та інших шкідливих речовин у коренеплодах рослинах [1–3].

Отже, дефіцит вологи може значно зменшити врожайність буряків цукрових та погіршити якість продукту, який вони надають. Щоб зменшити негативний вплив на рослини в умовах дефіциту вологи, можна застосовувати різні заходи, як-от зрошування, використання мульчі для збереження вологи в ґрунті та інші агрозаходи [4, 5].

Окрім того, буряки цукрові мають певні адаптаційні можливості, які дають їм змогу виживати в умовах дефіциту вологи. Зокрема, вони можуть зменшувати свою поверхню листків, що допомагає зберегти вологу. Також коренева система культури має здатність розвиватися глибоко в ґрунті, що дає їй змогу отримувати воду з нижніх шарів ґрунту [5, 6].

У разі тривалого дефіциту вологи, буряки цукрові можуть значно вповільнювати свій ріст та формування кореневої системи, що може призвести до зменшення врожаю. Крім того, дефіцит вологи може спричинити зменшення вмісту цукрів у коренеплодах [7, 8].

Залежно від тривалості та інтенсивності дефіциту вологи, врожай культури може зменшуватися відносно значного до помірного, тому забезпечення достатньої кількості вологи є важливим фактором для формування високої її продуктивності [9–11].

Отже, застосування агротехнічних заходів, що сприяють підвищенню рівня забезпечення буряків цукрових вологою, є дієвим механізмом підвищення ефективності їх вирощування в умовах дефіциту вологи.

Мета досліджень – визначити особливості функціонування фотосинтетичного апарату буряків цукрових в умовах дефіциту вологи Степу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили впродовж 2020–2022 рр. в умовах ТОВ «Агрофірма імені Чкалова» (м. Новомиргород, Новоукраїнський р-н, Кіровоградська обл.), що розташоване в агрокліматичній зоні Степу України.

Схема досліду з вивчення впливу утримувача вологи та основного удобрення на продуктивність та технологічні якості буряків цукрових передбачала застосування таких варіантів:

Утримувач вологи	Система удобрення
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль
	Гній, 20 т/га
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)
	Леонардит – органічне викопне добриво, 400 кг/га
Гідрогель Aquasorb у зону рядка до сівби, 300 кг/га	Паросток (марка 20), 400 кг/га
	Без удобрення – контроль
	Гній, 20 т/га
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)
	Леонардит – органічне викопне добриво, 400 кг/га
	Паросток (марка 20), 400 кг/га

Площа посівної ділянки становила 70 м², облікової – 35 м², повторність – триразова. У досліді вирощували диплоїдний посухостійкий гібрид буряків цукрових ‘Magіstr’, оригінатор – SESVanderHave.

Органічні та мінеральні фосфорно-калійні добрива (РК) вносили восени під оранку, а азотний компонент останніх (N) – під ранньовесняну культивування. Адсорбент вносили в ґрунт за два тижні до сівби буряків цукрових локально в зону майбутнього рядка, орієнтуючись на дані GPS-трекера.

Основним типом ґрунту на території господарства є чорнозем типовий глибокий мало- або середньогумусний. Уміст гумусу в орному шарі ґрунту становить 2,59 %, рН – 6,2–6,8, ємність вбирання – 30,7–32,5 мг-екв на 100 г ґрунту. Підґрунтові води розташовані на глибині 4–6 м. До складу мінеральної твердої фази ґрунту входить 37 % фізичної глини та 63 % піску. Щільність ґрунту в рівноважному стані – 1,16–1,25 г/см³, вологість стійкого в’янення – 10,8 %. Повна вологоємність ґрунту в шарі 0–30 см – 38,4 %, у шарі 30–45 см – 42,7 %. Польова вологоємність цього ґрунту в шарі 0–30 см сягає 28,2 %, вологість розриву капілярів – 19,7 %, максимальна

гігроскопічність – 7,46 %, недоступна для рослин вологість – 10 %, загальна шпаруватість у рівноважному стані – 52–55 %.

Погодні умови впродовж років досліджень були строкатими і досить несприятливими для росту й розвитку буряків цукрових, особливо у вегетаційний період 2020 р., коли сумарно за квітень – вересень випало лише 179 мм опадів, а квітень, травень, серпень та вересень були вкрай жаркими (табл. 1). Тобто критичним для росту й розвитку рослин був період їх ранньої вегетації, а також формування коренеплодів та цукронакопичення. Загалом такі умови негативно позначились на показниках урожайності буряків цукрових, однак дали змогу повніше дослідити ефективність застосування вологоутримувача в технології вирощування культури.

Таблиця 1

Кліматичні показники вегетаційного періоду							
Місяць	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень
2020							
Середньо добова температура повітря, °C	–1,6	+12,3	+18,1	+20,5	+21,2	+22,4	+16,4
Кількість опадів, мм	20,4	7,5	69,2	33,5	22,5	0,0	46,3
2021							
Середньо добова температура повітря, °C	+1,9	+7,5	+14,5	+19,6	+23,1	+20,2	+12,7
Кількість опадів, мм	26,7	24,7	106,0	74,0	87,5	113,9	70,6
2022							
Середньо добова температура повітря, °C	–0,1	+7,6	+12,3	+14,9	+16,3	+15,9	+11
Кількість опадів, мм	8,3	50,0	43,5	41	52,5	54,5	100,0

Зовсім інші погодні умови склались у період з квітня до вересня 2021 року, коли сумарно випало 476,7 мм опадів, особливо рясні дощі пройшли в травні (106,0 мм), червні (74,0 мм), липні (87,5 мм) та серпні (113,9 мм). А що стосується температури повітря, то квітень був прохолодним, травень та червень – близькими до норми, а найбільш жарким – липень (середньодобова температура повітря – 23,1 °C).

Експериментальні дослідження виконували згідно з методиками [12–15].

Результати досліджень

Одним із головних показників ефективного росту й розвитку буряків цукрових були густота стояння рослин, висота рослин, площа листової поверхні, а також довжина кореня порівняно з контролем.

Дані висоти рослин, площі листової поверхні, довжини головного кореня у період перша пара листків у 2020 р. наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Висота рослин, площа листової поверхні, довжина кореня у період перша пара листків у 2020 р. (ВВСН 11)					
Варіант		Густота рослин, тис. шт./га	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см ²	Довжина кореня, см
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	98	10	38	3,0
	Гній, 20 т/га	102	13	42	3,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	108	12	40	2,9
	Леонардит, 400 кг/га	105	13,5	46	3,5
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	112	13	43	3,7
Aquasorb, 300 кг/га	Без удобрення – контроль	100	12	39	4,0
	Гній, 20 т/га	97	14	45	4,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	118	13	42	4,0
	Леонардит, 400 кг/га	113	15	43	4,7
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	115	15,5	44	5,0
НІР _{0,05}		7	1	2	0,5

Важливим показником якості отримуваних посівів є їхня густота. Адже забезпечення оптично рівномірного розташування рослин на поверхні поля є гарантією успішного формування ними високого рівня продуктивності. Густота буряків цукрових на час повних сходів була в межах 97–118 тис. шт./га, при цьому у варіантах без застосування гідрогелю спостерігались менші параметри варіювання отриманих значень показника. Водночас у разі внесення гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) у варіантах мінерального удобрення та використання органічних добрив нової формуляції – Паросток (марка 20) та Леонардит отримано значно більше рослин – на рівні 113–118 тис. шт./га.

Застосування традиційного органічного удобрення сприяло формуванню добрих параметрів висоти рослин, однак максимальні її значення були отримані на фоні внесення гідрогелю Aquasorb та використання в основне удобрення Паросток (марка 20) – 15,5 см або Леонардиту – 15,0 см. Застосування останнього сприяло й кращому формуванню площі листової поверхні на ранніх стадіях розвитку культури.

Щодо довжини головного кореня, то внесення гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби сприяло формуванню в рослин кращих параметрів – 4,0–5,0 см незалежно від варіанту удобрення. Це свідчить про активізацію ростових процесів за наявності додаткової вологи в зоні насінини.

Буряки цукрові в процесі росту й розвитку формують відповідні показники площі листової поверхні як джерела накопичення продуктів фотосинтезу та подальшого формування коренеплоду. Відповідно до особливостей формування листової поверхні слід ставитися надзвичайно уважно, оскільки вона по суті визначає рівень продуктивності культури вже з ранніх етапів її онтогенезу. А отже, недотримання елементів технології вирощування, прорахунки із забезпеченням рослин елементами живлення, нестача вологи – всі ці фактори можуть суттєво вплинути на інтенсивність фотосинтезу культури.

Дані висоти рослин, площі листової поверхні та довжини головного кореня у період перша пара листків у 2021 р. наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

**Висота рослин, площа листової поверхні, довжина кореня
у період перша пара листків у 2021 р. (ВВСН 11)**

Варіант		Густота рослин, тис. шт./га	Висота рослин, см	Площа листяної поверхні, см²	Довжина кореня, см
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	110	12,0	41	3,3
	Гній, 20 т/га	128	15	45	3,9
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	112	14	43	3,2
	Леонардит, 400 кг/га	120	17	49	3,9
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	123	14	47	3,7
Aquasorb, 300 кг/га	Без удобрення – контроль	115	13	40	4,2
	Гній, 20 т/га	130	15,5	49	4,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	120	13	43	4,1
	Леонардит, 400 кг/га	123	18	47	5,0
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	125	16	48	5,1
НІР _{0,05}		18	2	5	2,1

Порівняно із попереднім, 2020 роком, густота буряків цукрових на час повних сходів була значно вищою – у межах від 110 до 128 тис. шт./га з найменшими показниками у варіантах без застосування гідрогелю. Найвищі ж показники густоти рослин отримано у варіантах внесення гідрогелю Aquasorb на фоні гною та органічних добрив Паросток (марка 20) та Леонардит – 123–130 тис. шт./га.

Аналогічну ситуацію відзначено й щодо показників висоти рослин та площі листової поверхні буряків цукрових. Зокрема, найвищі їх значення фіксували у варіантах застосування органічних добрив – як класичного гною, так і сучасних формуляцій – Паросток (марка 20) та Леонардит у поєднанні з гідрогелем Aquasorb – 15,5–18 см та 47–49 см² відповідно.

За внесення гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) рослини культури формували ліпші показники довжини головного кореня – 4,2–5,1 см незалежно від варіанту удобрення.

Параметри висоти рослин, площі листової поверхні та довжини головного кореня у період перша пара листків у 2022 р. наведено в таблиці 4.

Таблиця 4

**Висота рослин, площа листової поверхні, довжина кореня
у період перша пара листків у 2022 р. (ВВСН 11)**

Варіант		Густота рослин, тис. шт./га	Висота рослин, см	Площа листової поверхні, см ²	Довжина кореня, см
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	104	15	44	3,1
	Гній, 20 т/га	92	17	40	3,7
	Мінеральна система удобрєння (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	104	16	43	3,5
	Леонардит, 400 кг/га	99	11	43	4,0
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	98	14	40	3,9
Aquasorb, 300 кг/га	Без удобрення – контроль	103	15	39	3,5
	Гній, 20 т/га	95	16	40	3,3
	Мінеральна система удобрєння (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	109	10	48	3,5
	Леонардит, 400 кг/га	104	14	43	4,3
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	97	13	41	5,1
	HP _{0,05}	16	3	6	2,5

Густота буряків цукрових на час повних сходів була в межах 92–109 тис. шт./га. При цьому найменші значення показника та більший їх діапазон варіювання отримано у варіантах без застосування гідрогелю. Водночас у разі застосування гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) на фоні мінеральної системи удобрення та органічного добрива Леонардит вдалось отримати значно більше рослин – 109 і 104 тис. шт./га відповідно.

Застосування традиційного органічного добрива – гною сприяло формуванню найліпших показників висоти рослин буряків цукрових, причому як на фоні внесення гідрогелю Aquasorb (16 см), так і без нього (17 см).

Натомість найбільші параметри довжини головного кореня відзначено саме за передпосівного внесення в зону рядка гідрогелю за всіх варіантів удобрення – 3,3–5,1 см.

Фотосинтетична активність рослин – це процес формування сухої речовини за допомогою енергії сонця. А тому до 95 % утворення сухої речовини в буряків цукрових під час фотосинтезу якраз і забезпечує листові поверхні рослин. Відповідно збільшення площі листя та поліпшення умов для оптимальної його роботи призводить до зростання маси сухої речовини, накопичуваної ними, та зрештою збільшення маси коренеплідів та вмісту цукрів у ньому, а отже, й продуктивності культури загалом.

Тому важливим питанням є саме вивчення показників фотосинтетичної активності посівів буряків цукрових загалом, оскільки без їх оптимізації та встановлення нормальності перебігу процесів фотосинтезу неможливо підвищити продуктивність культури та поліпшити її якісні показники. Причому в кращих умовах навіть відносно невелика площа листя може забезпечити гарний результат, а в гірших умовах не допоможе й значна листові поверхні.

Листова поверхня буряків цукрових формується під впливом факторів навколишнього середовища, у тісній взаємодії з іншими рослинами агрофітоценозу, та її можна змінювати відповідно до застосування елементів технології вирощування. А тому саме можливість агротехнічного впливу та направленість цих змін варто відслідкувати додатково.

Параметри площі листової поверхні цукрових буряків у різні фази їх росту й розвитку у 2020 р. наведено в таблиці 5.

На початкових етапах онтогенезу буряків цукрових їх рослини не в повному обсязі контролюють площу поля та значною мірою залежать від наявності бур'янів та шкідників. Зокрема, у фазі трьох пар листків (ВВСН 16) у середньому по досліді площа листя становила 5,9 тис. м²/га, а от у варіантах застосування гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) цей показник був більшим на 0,4 тис. м²/га.

Таблиця 5

Площа листової поверхні буряків цукрових у 2020 р., тис. м²/га

Варіант		Фаза розвитку			
		3-тя пара листіків (ВВСН 16)	змикання рядків (ВВСН 30)	змикання міжрядь (ВВСН 39)	перед збиранням (ВВСН 49)
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	4,9	12,6	20,8	12,9
	Гній, 20 т/га	5,3	12,8	21,4	14,4
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	5,7	13,3	22,5	15,0
	Леонардит, 400 кг/га	5,8	13,1	22,6	14,2
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	6,6	14,1	24,6	14,9
Aquasorb, 300 кг/га	Без удобрення – контроль	5,1	13,5	22,0	14,1
	Гній, 20 т/га	5,2	13,4	20,9	14,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	6,3	15,9	25,0	16,8
	Леонардит, 400 кг/га	6,7	15,1	24,1	16,3
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	7,0	16,0	25,2	16,1
НІР _{0,05}		1,1	2,3	4,5	1,8

У фазі змикання рядків (ВВСН 30) у середньому по досліді буряки цукрові формували площу листя 14,0 тис. м²/га, причому аналогічно попередньому обліковому періоду варіанти застосування гідрогелю мали перевагу в площі листків на 1,6 тис. м²/га.

У фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) рослини культури досягнули параметрів площі листової поверхні, достатньої для ефективного контролювання поверхні ґрунту та недопущення проростання сходів бур'янів – 22,9 тис. м²/га. Кращими були варіантами, де вносили гідрогель, причому максимум площі листя був сформований у разі застосування мінеральної системи удобрення – 25,0 тис. м²/га, а також органічних добрив Леонардит та Паросток (марка 20) – 24,1–25,2 тис. м²/га.

Перед збиранням урожаю (ВВСН 49) площа листової поверхні буряків цукрових зменшилась порівняно з попередніми обліковими періодами і становила 14,9 тис. м²/га, однак тенденції, висвітлені вище, збереглися. Зменшення показника у цей час пов'язане з досягненням буряками цукрової технічної або ж так званої збиральної стиглості, коли різко знижується інтенсивність фізіологічних процесів, а рослина готує коренеплід до перезимівлі, обмежуючи зокрема й площу листового апарату, а з часом – повністю скидаючи листя.

Параметри площі листової поверхні цукрових буряків у різні фази їх росту й розвитку у 2021 році наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Площа листової поверхні буряків цукрових у 2021 році, тис. м²/га

Варіант		Фаза розвитку			
		3-тя пара листіків (ВВСН 16)	змикаання рядків (ВВСН 30)	змикаання міжрядь (ВВСН 39)	перед збиранням (ВВСН 49)
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	5,0	12,9	20,7	13,0
	Гній, 20 т/га	5,5	12,7	21,6	14,7
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	5,8	13,7	22,9	14,9
	Леонардит, 400 кг/га	6,0	13,0	22,9	14,7
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	7,0	14,3	25,0	16
Aquasorb, 300 кг/га	Без удобрення – контроль	5,1	13,9	22,3	15,0
	Гній, 20 т/га	5,7	14,0	21,8	15,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	6,0	17,0	24,8	16,9
	Леонардит, 400 кг/га	6,7	15,0	24,7	16,8
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	7,1	18,0	27,2	16,3
НІР _{0,05}		1,0	2,1	4,2	2,0

На початкових етапах росту й розвитку буряків цукрових вони не в повному обсязі контролюють площу поля та значно залежать від присутності бур'янів та шкідників. Зокрема, у фазі 3-ї пари листків (ВВСН 6) у середньому по досліді площа листя в рослин була 5,86 тис. м²/га, а от у варіантах застосування гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) цей показник був вищим на 0,26 тис. м²/га.

У фазі змикання рядків (ВВСН 30) у середньому по досліді буряки цукрові формували площу листя 14,45 тис. м²/га, причому аналогічно попередньому періоду варіанти застосування гідрогелю Aquasorb мали перевагу в площі листків на 2,28 тис. м²/га.

У фазі змикання листків у міжряддях рослини буряків цукрових досягнули параметрів площі листкової поверхні, достатньої для ефективного контролювання поверхні ґрунту та недопущення проростання сходів бур'янів – 23,39 тис. м²/га. Кращими варіантами були ті, де вносили гідрогель, причому максимум спостерігався у разі застосування добрива Паросток (марка 20) – 27,2 тис. м²/га, також застосування Леонардиту та мінеральної системи удобрення сприяло формуванню площі листя 24,7–24,8 тис. м²/га. Перед збиранням площа листкової поверхні буряків цукрових зменшувалась порівняно з попередніми обліковими періодами й становила 15,38 тис. м²/га, однак тенденції висвітлені вище збереглися.

Параметри площі листкової поверхні цукрових буряків у різні фази їх росту й розвитку у 2022 році наведено в таблиці 7.

Таблиця 7

Площа листкової поверхні буряків цукрових у 2022 р., тис. м²/га

Варіант		Фаза розвитку			
		3-тя пара листіків (ВВСН 16)	змикання рядків (ВВСН 30)	змикання міжрядь (ВВСН 39)	перед збиранням (ВВСН 49)
Без гідрогелю	Без удобрення – контроль	4,7	12,8	21,1	17
	Гній, 20 т/га	5,1	13,0	21,6	16,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	5,1	13,1	22,0	15,7
	Леонардит, 400 кг/га	5,0	13,0	22,5	15,8
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	4,9	13,2	20,9	17,2
	Без удобрення – контроль	5,0	13,9	22,1	17,2
Aquasorb, 300 кг/га	Гній, 20 т/га	5,7	14,0	21,8	15,5
	Мінеральна система удобрення (N ₁₇₀ P ₁₈₀ K ₃₅₀)	5,5	17,0	24,8	15,7
	Леонардит, 400 кг/га	6,0	14,8	21,0	16,8
	Паросток (марка 20), 400 кг/га	7,0	17,9	27,2	15,0
	НІР _{0,05}	1,1	2,3	4,5	1,8

У фазі 3-ї пари листків у середньому по досліді площа листя в рослин була 5,4 тис. м²/га, у варіантах застосування гідрогелю Aquasorb у зону рядка до сівби (300 кг/га) – на 0,88 тис. м²/га більше. У фазі змикання листків у рядках (ВВСН 30) у середньому по досліді буряки цукрові формували площу листя 14,27 тис. м²/га, причому аналогічно попередньому періоду варіанти застосування гідрогелю Aquasorb мали перевагу в площі листків на 2,5 тис. м²/га.

У фазі змикання листків в міжряддях рослини буряків цукрових (ВВСН 39) не досягнули параметрів площі листкової поверхні, достатньої для ефективного контролювання поверхні ґрунту та недопущення проростання сходів бур'янів – 22,5 тис. м²/га. Кращими варіантами були ті, де вносили гідрогель, причому максимум площі листя був сформований у разі застосування добрива Паросток (марка 20) – 27,2 тис. м²/га, у варіантах внесення Леонардиту та без добрив площа листя була в межах 22,1–24,8 тис. м²/га.

Перед збиранням площа листкової поверхні буряків цукрових зменшилась порівняно з попередніми обліковими періодами та становила 16,24 тис. м²/га, однак тенденції висвітлені вище збереглися. Отже, в усі роки проведення досліджень ми змогли зафіксувати фазу настання технічної стиглості коренеплодів буряків цукрових (ВВСН 49), першою найбільш примітною ознакою якої є значне зменшення площі листкової поверхні.

Висновки

У середньому за роки досліджень густота буряків цукрових на час повних сходів (ВВСН 11) була в межах від 104,0 до 115,7 тис. шт./га, висота рослин – від 12,0 до 15,7 см, площа листової поверхні – від 39,3 до 46,0 см², довжина головного кореня – від 3,1 до 5,1 см, при цьому на фоні внесення вологоутримувача їх показники були здебільшого вищими.

У варіантах без застосування гідрогелю найвищі значення більшості досліджуваних показників рослин відзначено за внесення органічних добрив нової формуляції Паросток (марка 20) та Леонардит, і лише висота рослин була більшою у варіантах із гноем та N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀.

На фоні застосування гідрогелю Aquasorb густота рослин найбільшою була за внесення мінеральних добрив, їх висота – Леонардиту та гною, довжина кореня – Паросток (марка 20) та Леонардиту. Водночас параметри площі листя були приблизно однаковими за всіх варіантів удобрення.

Упродовж вегетаційного періоду культури формування площі листової поверхні також значною мірою визначалось застосовуваними агротехнічними заходами. У фазі 3-ї пари листків (ВВСН 16) у середньому по досліді площа листя становила 5,8 тис. м²/га, зокрема за варіантами без унесення вологоутримувача 5,5 тис. м²/га, а з гідрогелем Aquasorb – 6,0 тис. м²/га; у фазі змикання листків у рядках (ВВСН 30) – 14,2 тис. м²/га (13,2 і 15,5 тис. м²/га), у фазі змикання листків у міжряддях (ВВСН 39) – 22,9 тис. м²/га (22,2 і 23,7 тис. м²/га) та перед збиранням урожаю – 15,5 тис. м²/га (15,1 і 15,9 тис. м²/га).

Використана література

1. Anjum S. A., Xie X. Y., Wang L. C. et al. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. 2011. Vol. 6, Iss. 9. P. 2026–2032. doi: 10.5897/AJAR10027
2. Koch H. J., Dieckmann J., Büchse A., Märlander B. Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*. 2009. Vol. 30, Iss. 2. P. 101–109. doi: 10.1016/j.eja.2008.08.001
3. Theobald K. Welches Fruchtfolgeintervall ist optimal? *Zuckerrübe*. 2016. No. 2. P. 35–37.
4. Meissner S. T. Water potential gradients imply an apoplastic separation between red beet storage organ sink regions and the central xylem. *Journal of Sugarbeet Research*. 1999. Vol. 36, Iss. 1. P. 33–49. doi: 10.5274/jsbr.36.1.33
5. Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24, Iss. 1. P. 23–58. doi: 10.1080/07352680590910410
6. Campbell L. G. Sugar beet quality improvement. *Journal of Crop Production*. 2002. Vol. 5, Iss. 1–2. P. 395–413. doi: 10.1300/J144v05n01_16
7. Conde A., Chaves M.M., Geros H. Membrane Transport, Sensing and Signaling in Plant Adaptation to Environmental Stress. *Plant and Cell Physiology*. 2011. Vol. 52, Iss. 9. P. 1583–1602. doi: 10.1093/pcp/pcr107
8. Olesen J., Trnka M., Kersebaum K. et al. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*. 2011. Vol. 34, Iss. 2. P. 96–112. doi: 10.1016/j.eja.2010.11.003
9. Pidgeon J. D., Werker A. R., Jaggard K. W. et al. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2001. Vol. 109, Iss. 1. P. 27–37. doi: 10.1016/S0168-1923(01)00254-4
10. Supit I., Van Diepen C., De Wit A. et al. Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*. 2010. Vol. 103, Iss. 9. P. 683–694. doi: 10.1016/j.agsy.2010.08.009
11. Iannucci A., Rascio A., Russo M., Di Fonzo N., Martiniello P. Physiological responses to water stress following a conditioning period in berseem clover. *Plant and Soil*. 2000. Vol. 223, Iss. 1/2. P. 217–227. doi: 10.1023/A:1004842927653
12. Ермантраут Е. Р., Гопцій Т. І., Каленська С. М., Криворученко Р. В., Турчинова Н. П., Присяжнюк О. І. Методика селекційного експерименту (в рослинництві). Харків, 2014. 229 с.
13. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
14. Роїк М. В., Гізбуллін Н. Г., Сінченко В. М., Присяжнюк О. І. та ін. Методики проведення досліджень у буряківництві / за ред. М. В. Роїка, Н. Г. Гізбулліна. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 373 с.
15. Роїк М. В., Сінченко В. М., Присяжнюк О. І., Ермантраут Е. Р. Проведення демонстраційних дослідів. Методичні рекомендації. Київ : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 22 с.
16. Ткачик С. О., Присяжнюк О. І., Лещук Н. В. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина. 4-те вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 118 с.

References

1. Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., & Lei, W. (2011). Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6(9), 2026–2032. doi: 10.5897/AJAR10027
2. Koch, H.-J., Dieckmann, J., Büchse, A., & Märlander, B. (2009). Yield decrease in sugar beet caused by reduced tillage and direct drilling. *European Journal of Agronomy*, 30(2), 101–109. doi: 10.1016/j.eja.2008.08.001
3. Theobald, K. (2016). Welches Fruchtfolgeintervall ist optimal? *Zuckerrübe*, 2, 35–37.
4. Meissner, S. T. (1999). Water potential gradients imply an apoplastic separation between red beet storage organ sink regions and the central xylem. *Journal of Sugarbeet Research*, 36(1), 33–49. doi: 10.5274/jsbr.36.1.33
5. Bartels, D., & Sunkar, R. (2005). Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(1), 23–58. doi: 10.1080/07352680590910410
6. Campbell, L. G. (2002). Sugar beet quality improvement. *Journal of Crop Production*, 5(1–2), 395–413. doi: 10.1300/J144v05n01_16
7. Conde, A., Chaves, M. M., & Geros, H. (2011). Membrane Transport, Sensing and Signaling in Plant Adaptation to Environmental Stress. *Plant and Cell Physiology*, 52(9), 1583–1602. doi: 10.1093/pcp/pcr107
8. Olesen, J. E., Trnka, M., Kersebaum, K. C., Skjelvåg, A. O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., & Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96–112. doi: 10.1016/j.eja.2010.11.003
9. Pidgeon, J. D., Werker, A. R., Jaggard, K. W., Richter, G. M., Lister, D. H., & Jones, P. D. (2001). Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe 1961–1995. *Agricultural and Forest Meteorology*, 109(1), 27–37. doi: 10.1016/S0168-1923(01)00254-4
10. Supit, I., van Diepen, C. A., de Wit, A. J. W., Kabat, P., Baruth, B., & Ludwig, F. (2010). Recent changes in the climatic yield potential of various crops in Europe. *Agricultural Systems*, 103(9), 683–694. doi: 10.1016/j.agsy.2010.08.009
11. Iannucci, A., Rascio, A., Russo, M., Di Fonzo, N., & Martiniello, P. (2000). Physiological responses to water stress following a conditioning period in berseem clover. *Plant and Soil*, 223(1/2), 217–227. doi: 10.1023/A:1004842927653
12. Ermantraut, E. R., Hoptsi, T. I., Kalenska, S. M., Kryvoruchenko, R. V., Turchynova, N. P., & Prysiazniuk, O. I. (2014). *Methods of selection experiment (in crop production)*. Kharkiv: N.p. [In Ukrainian]
13. Ermantraut, E. R., Prysiazniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data in the Statistica 6.0 package*. Kyiv: PolighrafConsaltyn. [In Ukrainian]
14. Roik, M. V., & Hizbullin, N. H. (Eds.). (2014). *Methods of research in sugar beet growing*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
15. Roik, M. V., Sinchenko, V. M., Prysiazniuk, O. I., & Ermantraut, E. R. (2017). *Conducting demonstration experiments*. Kyiv: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]
16. Tkachyk, S. O., Prysiazniuk, O. I., & Leshchuk, N. V. (2016). *The method of conducting a qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. General part* (4th ed., rev. and enl.). Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [In Ukrainian]

UDC 633.9:631.54

Prysiazniuk, O. I.*, & **Shulha, S. S.** (2022). Peculiarities of the photosynthetic apparatus functioning in sugar beet sowings under the conditions of moisture deficiency. *Advanced Agritechnologies*, 10(3). <https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270505> [In Ukrainian]

*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03110, Ukraine, *e-mail: ollpris@gmail.com*

Purpose. To determine the peculiarities of the functioning of the photosynthetic apparatus of sugar beets under water deficit in the Steppe of Ukraine. **Methods.** The field experiment was conducted in the years 2020–2022 at Chkalov Agrocompany LLC (Kirovohrad region). A drought-resistant diploid sugar beet hybrid ‘Magister’ (SESVanderHave) was grown against the background of the application of a moisture retainer (without hydrogel and hydrogel Aquasorb, 300 kg/ha) and different fertilization management [without fertilizers – control; manure, 20 t/ha; N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀; Leonardyt, 400 kg/ha; Parostok-20, 400 kg/ha]. Organic and mineral fertilizers (PK) were applied in autumn under ploughing, while nitrogen was applied under early spring cultivation. The adsorbent was applied to the soil two weeks before sowing the crop locally in the zone of the row, based on the data of the GPS tracker. The rest of the agricultural activities carried out were convenient components of cultivation technology in the research area. **Results.** On average, over the years of research, the density of sugar beets at the time of full germination (BBCH 11) was in the range from 104.0 to 115.7 thousand plants per hectare, plant height from 12.0 to 15.7 cm, leaf area from 39.3 to 46.0 cm², and the length of the main root from 3.1 to 5.1 cm, while against the

background of the application of a water retaining agent the indicators were mostly higher. In the treatments without the use of hydrogel, the highest values of most of the investigated plant indicators were noted for the application of organic fertilizers of the new formulation Parostok-20 and Leonardyt, and only the height of the plants was higher in the treatments with manure and N₁₇₀P₁₈₀K₃₅₀. Against the background of the use of Aquasorb hydrogel, the maximum plant density was reached under mineral fertilizers application, maximum plant height under Leonardyt and manure application and maximum root length under Parostok-20 and Leonardyt application. At the same time, the parameters of the leaf area were approximately the same for all fertilization options. Leaf area formation during the vegetation season was largely determined by the applied agrotechnical measures. In the six-leaf stage (BBCH 16), the leaf area was 5.8 thousand m²/ha on average of the experiment. In particular, in the treatment without the application of moisture retainer, it was 5.5 thousand m²/ha, while with Aquasorb hydrogel it was 6.0 thousand m²/ha. In the stage of closing leaves in rows (BBCH 30), leaf area was 14.2 thousand m²/ha (13.2 and 15.5 thousand m²/ha). In the stage of closing leaves in rows (BBCH 39) it was 22.9 thousand m²/ha (22.2 and 23.7 thousand m²/ha) and before harvesting 15.5 thousand m²/ha (15.1 and 15.9 thousand m²/ha). **Conclusions.** Application of Aquasorb hydrogel to the row zone before sowing (300 kg/ha) contributes to the formation of better plant density and biometrics both at the beginning and throughout the vegetation season, regardless the fertilization management, which indicates the activation of growth processes at the availability of soil water in the root zone of sugar beet. In general, the most optimal conditions for the growth and development of sugar beet plants, in particular for the formation of their photosynthetic apparatus during the vegetation season were ensured by application of the mineral fertilizer and organic fertilizers of the new formulation Leonardyt and Parostok-20 against the background of the application of the Aquasorb hydrogel.

Keywords: leaf area; plant density; height; root length; moisture retaining agent; mineral fertilizer; organic fertilizer.

Надійшла / Received 28.09.2022
Погоджено до друку / Accepted 14.11.2022