

## **ДІЯ ГІБЕРЕЛІНУ НА МОРФОГЕНЕЗ, ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ТА УРОЖАЙНІСТЬ ТОМАТІВ**

**В. Г. Кур'ята**, доктор біологічних наук, професор

**В. В. Рогач**, кандидат біологічних наук, доцент

**О. О. Буйний**, аспірант

Вінницький державний педагогічний університет

ім. М. Коцюбинського

*Обґрунтовано, що застосування гібереліну (гіберелової кислоти, ГКЗ) у фазу бутонізації суттєво збільшувало листковий індекс, кількість листків, їх масу, площу листової поверхні та оптимізувало розвиток хлоренхіми листків томатів. Наслідком формування більш потужної донорної сфери, тимчасового депонування частини вуглеводів та азотовмісних сполук у вегетативних органах з наступною їх ремобілізацією на потреби карпогенезу під впливом гібереліну було суттєве збільшення урожайності плодів томатів. Встановлено, що підвищення урожайності досягалося через утворення більшої кількості плодів та збільшення їх маси.*

**Ключові слова:** *томати, гібереліни, морфогенез, вуглеводи, азотовмісні сполуки, врожайність.*

**Постановка проблеми.** Застосування фітогормонів та синтетичних регуляторів росту і розвитку рослин є перспективним напрямом рослинництва, оскільки дозволяє спрямовано посилювати або уповільнювати ростові процеси на різних фазах розвитку, регулювати плодоношення та впливати на якість продукції. Відомо, що в рослині функціонує донорно-акцепторна система, де в якості донора виступають фотосинтезуючі органи і тканини та процеси фотосинтезу, а в якості акцептора – процеси росту, відкладання речовин у запас та зони активного метаболізму. При цьому будь-які зміни у швидкості ростових процесів викликають аналогічні зміни інтенсивності фотосинтезу [1-3].

Координація функціонування донорної та акцепторної сфер рослини відбувається за участю різних систем регуляції [4-6]. Найбільш повно функціонування донорно-акцепторної системи вивчено при застосуванні інгібіторів росту – ретардантів, які за своїм механізмом дії є антигіберелінами [7, 8].

---

© Кур'ята В.Г., Рогач В.В., Буйний О.О., 2018

Встановлено важливу роль морфологічної та мезоструктурної складових цієї системи у формуванні продуктивності сільськогосподарських культур. З'ясовано, що обмеження швидкості ростових процесів препаратами цієї групи призводить до накопичення надлишку асимілятів, які використовуються для формування плодів і насіння, при цьому часто забезпечують зростання урожайності сільськогосподарських культур [9].

**Аналіз актуальних досліджень.** Значно менше вивчено особливості функціонування донорно-акцепторної системи рослин при дії стимуляторів росту. Відомо, що зміни в інтенсивності росту реалізуються за участі фітогормонів, зокрема гіберелінів [10]. Дія гіберелінів пов'язана з підвищенням активності різних груп меристематичних тканин і формуванням більш потужного рослинного організму внаслідок посилення поділу і розтягування клітин, що може забезпечити більшу біологічну продуктивність [11]. Разом з тим, в науковій літературі особливості дії гібереліну на формування і функціонування донорної та акцепторної сфер рослини вивчено недостатньо. Основну увагу дослідників привернуто до перерозподілу асимілятів між органами рослини. Під асимілятами мають на увазі різні сполуки асимільованого рослиною у процесі фотосинтезу вуглецю, в першу чергу – транспортні та запасні форми вуглеводів, які є основою енергетичних і метаболічних процесів, а також «будівельним матеріалом» у процесах росту і розвитку на всіх рівнях організації рослинного організму [1]. При цьому питання депонування і перерозподілу не лише фотоасимілятів, але й елементів живлення, зокрема азоту, між вегетативними органами та плодами при штучній зміні інтенсивності росту під впливом гіберелінів вивчено недостатньо.

**Мета статті.** Метою даної роботи було з'ясування особливостей морфогенезу, формування листкового апарату, накопичення та перерозподілу асимілятів та азотовмісних сполук між органами рослин томатів за дії гібереліну у зв'язку з продуктивністю культури.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові дрібноділянкові досліді закладали на землях СФГ «Бержан П.Г.» с. Горбанівка Вінницького району Вінницької області у вегетаційні

періоди 2013-2015 років. Розсаду томатів сорту Бобкат висаджували стрічковим способом за формулою 80+50+50×50. Вносили мінеральні добрива  $N_{50}P_{40}K_{30}$ . Площа ділянок 33 м<sup>2</sup>, повторність п'ятикратна. Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків 0,005%-м розчином гіберелової кислоти (ГКЗ) у фазу бутонізації 14.06.2013 р., 17.06.2014 р. і 19.06.2015 р. Контрольні рослини обприскували водопровідною водою. Фітометричні показники (висоту рослин, масу сухої та сирої речовини органів, площу листків) визначали на 20 рослинах. Мезоструктуру організації листка вивчали на кінець вегетації на фіксованому матеріалі. Для консервації матеріалу застосовували суміш однакових частин етилового спирту, гліцерину, води з додаванням 1% формаліну. Для анатомічного аналізу відбирали листки середнього ярусу, які повністю закінчили ріст. Вивчення розмірів анатомічних елементів проводили за допомогою мікроскопа «Микмед-1» та окулярного мікрометра МОВ-1-15Х. Кількісне визначення суми цукрів та крохмалю у вегетативних органах та плодах здійснювали йодометричним методом, вміст загального азоту – за Кельдалем. Відбір проб для аналізу здійснювали в середині дня. Вміст хлорофілів вимірювали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом на спектрофотометрі СФ – 16 [12].

У фазу плодоношення визначали чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) як приріст маси сухої речовини за одиницю часу на одиницю площі листків, індекс листкової поверхні (ЛІ) як відношення сумарної площі листків до одиниці площі насаджень. У таблицях наведено середні дані за три роки досліджень. Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями обчислювали за критерієм Стьюдента, їх вважали вірогідними за  $P < 0,05$ ). У таблицях наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

**Виклад основного матеріалу.** Отримані результати дослідження свідчать, що гіберелова кислота здійснювала типовий вплив на ріст рослин томатів – достовірно підвищувала

висоту, загальну масу та масу окремих вегетативних органів рослини (табл. 1). При цьому препарат суттєво впливав на анатомо-морфологічні та функціональні характеристики листкового апарату. Суттєво зростали ключові показники, які визначають фотосинтетичну активність рослини. Зокрема, відбувалося достовірне збільшення кількості, маси і площі листків дослідного варіанту у порівнянні з контролем.

У теорії продукційного процесу особливого значення надається важливому ценотичному показнику – листковому індексу, який визначається як відношення площі листкової поверхні до площі насаджень рослин. Отримані результати свідчать про збільшення цього показника за дії гібереліну. Отже, на морфологічному рівні за дії гібереліну формувалася більш потужна донорна сфера рослини, що є важливою передумовою підвищення урожайності культури.

Не встановлено достовірної різниці у вмісті хлорофілів, а також у показниках чистої продуктивності фотосинтезу рослин контрольного і дослідного варіантів. ЧПФ характеризує фотосинтетичну продуктивність одиниці площі листків [13]. Враховуючи загальне зростання площі та кількості листків під впливом гібереліну, можна констатувати збільшення валової фотосинтетичної продуктивності рослини у цьому варіанті. Отже, за дії гібереліну формується більш потужний фотосинтетичний апарат, внаслідок чого створюються оптимальні передумови для оптимізації продукційного процесу рослин томатів.

Результатом фотосинтетичної діяльності є утворення цукрів і резервного крохмалю, які в період плодоношення можуть використовуватися на формування і ріст плодів.

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст неструктурних вуглеводів (цукри + крохмаль) в органах рослини протягом періоду плодоношення змінювався (табл. 2).

При аналізі цих результатів слід враховувати, що частина асимілятів може тимчасово депонуватися в органах запасу з наступною їх реутилізацією на процеси карпогенезу (утворення і формування плодів) [14]. Від стадії формування плодів до стадії бурого плоду відбувалося зменшення вмісту суми цукрів та крохмалю у всіх вегетативних органах. Така дина-

міка вмісту вуглеводів не може бути пояснена простим біорозбавленням, оскільки в цей період ростові процеси завершені. Очевидно, такі зміни пов'язані з інтенсивним відтоком вуглеводів на потреби карпогенезу.

Таблиця 1

**Дія гібереліну на морфологічні показники та формування фотосинтетичного апарату томатів сорту Бобкат**

Показники	Контроль	Гіберелова кислота
Висота рослин, см	64,3±1,57	74,9±1,89*
Маса сухої речовини рослини, г	120,39±5,73	170,75±8,17*
Маса сухої речовини кореня, г	7,84±0,34	11,35±0,51*
Маса сухої речовини стебла, г	58,22±2,79	81,29±3,95*
Маса сухої речовини листків, г	54,33±2,61	78,11±3,71*
Кількість листків, шт.	72,1±1,74	89,4±2,21*
Площа листової поверхні, см <sup>2</sup>	10937±414,4	19177±832,1*
Листковий індекс, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	3,64±0,173	6,39±0,280*
Товщина листка, мкм	239±3,2	289± 8,8*
Товщина хлоренхіми, мкм	186±1,58	242±7,65*
Вміст хлорофілів (а +б), % на масу сирої речовини	0,58± 0,03	0,55± 0,03
Чиста продуктивність фотосинтезу, г/(м <sup>2</sup> · доба)	8,81± 0,38	8,72 ± 0,42

Примітка: \* – різниця достовірна при  $P < 0,05$

Отримані результати свідчать також про важливу роль коренів і стебла у формуванні плодів: відбувалася реутилізація депонованих в цих органах неструктурних вуглеводів на потреби росту і розвитку плодів. Можливості такої реутилізації виявлені і для інших культур [9]. Не встановлено чіткої тенденції у вмісті вуглеводів за дії гібереліну в перерахунку на одиницю сухої маси, що чітко корелює з відсутністю різниці показників ЧПФ контролю і досліду. Однак, враховуючи більшу загальну площу і масу листків за дії гібереліну, можна констатувати збільшення валового виробництва вуглеводів у рослин цього варіанту, що створює передумови для збільшення урожаю плодів.

Таблиця 2

**Вплив гібереліну на динаміку вмісту цукрів і крохмалю на різних стадіях фази плодоношення томатів сорту Бобкат (% на масу сухої речовини)**

Період вегетації	Орган рослини	Контроль			Гіберелова кислота		
		Сума вуглеводів	Сума цукрів	Крохмаль	Сума вуглеводів	Сума цукрів	Крохмаль
Стадія формування плодів	Корінь	6,7±0,21	4,2±0,13	2,5±0,08	7,6±0,22*	4,8±0,14*	2,8±0,08*
	Стебло	10,0±0,21	3,3±0,1	6,7±0,20	9,5±0,19*	3,5±0,1	6,0±0,18*
	Листя	15,6±0,47	4,4±0,13	11,2±0,34	15,7±0,44	4,7±0,11*	11,0±0,33*
Стадія плодоношення (зелена ступінь стиглості)	Корінь	6,4±0,19	3,3±0,10	3,1±0,09	6,8±0,20	3,7±0,11*	3,1±0,09
	Стебло	9,1±0,18	3,3±0,10	5,8±0,17	8,3±0,25*	3,4±0,10	5,0±0,15*
	Листя	14,2±0,16	4,2±0,13	10,0±0,3	14,3±0,14	4,3±0,11	10,0±0,3
Стадія плодоношення (бура ступінь стиглості)	Корінь	4,7±0,14	2,8±0,08	1,9±0,06	5,3±0,16*	2,9±0,09	2,4±0,07*
	Стебло	6,8±0,20	3,1±0,09	3,7±0,11	6,4±0,19	3,0±0,09	3,4±0,10*
	Листя	10,5±0,22	3,4±0,1	7,1±0,21	10,5±0,23	3,3±0,1	7,2±0,22

Примітка: позначення див. табл.1

Таблиця 3

**Динаміка різних форм азоту у вегетативних органах на різних стадіях фази  
плодоношення томатів сорту Бобкат (% на масу сухої речовини)**

Період вегетації	Орган рослини	Контроль			Гіберелін		
		Загальний азот	Білковий азот	Небілковий азот	Загальний азот	Білковий азот	Небілковий азот
Стадія формування плодів	Корінь	1,7±0,08	1,3±0,06	0,4±0,02	1,5±0,07*	1,1±0,05*	0,4±0,02
	Стебло	2,2±0,1	1,7±0,08	0,5±0,02	2,0±0,1	1,5±0,07*	0,5±0,02
	Листки	3,0±0,13	2,5±0,12	0,5±0,02	3,0±0,14	2,5±0,12	0,5±0,03
Стадія плодоношення (зелена ступінь стиглості)	Корінь	1,7±0,08	1,3±0,06	0,4±0,02	1,5±0,07*	1,1±0,05*	0,4±0,02
	Стебло	2,1±0,10	1,6±0,08	0,5±0,02	2,0±0,09	1,6±0,07	0,4±0,02*
	Листки	2,7±0,13	2,2±0,1	0,5±0,02	2,8±0,13	2,4±0,11	0,4±0,02
Стадія плодоношення (бура ступінь стиглості)	Корінь	1,8±0,09	1,4±0,07	0,4±0,02	1,8±0,08	1,4±0,07	0,4±0,02
	Стебло	2,0±0,09	1,6±0,07	0,4±0,02	1,9±0,09	1,5±0,07	0,4±0,02
	Листки	2,6±0,12	2,1±0,1	0,5±0,02	2,6±0,13	2,3±0,1*	0,3±0,02*

Примітка: позначення див. табл.1

Оскільки азотовмісні сполуки відіграють важливу роль у фізіології рослини, доцільно було проаналізувати накопичення і перерозподіл різних фракцій азоту між органами томатів за дії гібереліну. Встановлено, що максимальний вміст загального, білкового та небілкового азоту визначено у стеблах і листках, у коренях його містилося найменше (табл. 3). Аналіз динаміки вмісту різних форм азоту протягом періоду дозрівання свідчить, що їх концентрація в стеблах і листках поступово зменшувалася, що очевидно пов'язано з перерозподілом цього елемента на формування і ріст плодів. Зменшення відбувалося за рахунок білкової фракції азоту.

Отже, стебло і листки були основними донорами забезпечення процесів карпогенезу резервним азотом. Більш низький вміст азоту в цих органах за дії гібереліну свідчить, на нашу думку, про більш інтенсивний відтік елемента до акцепторної зони: у рослин цього варіанту зростало навантаження кущів плодами, кількість і маса яких була більшою порівнянно з контролем (табл. 4).

Таблиця 4

#### Вплив гібереліну на урожайність томатів сорту Бобкат

Показник	Контроль	ГКЗ
Кількість плодів на рослині, шт.	10,01±0,483	12,60±0,611*
Середня маса одного плоду, г	152,6±7,14	159,5±7,47
Урожайність плодів, т/га	53,4±2,54	69,6±3,44*

Примітка: позначення див. табл.1

Таким чином, можна констатувати важливу роль вегетативних органів рослини як тимчасового депо не лише асимілятів, але і елементів живлення, зокрема азоту. Відкладені в цих органах сполуки азоту реутилізуються на потреби карпогенезу.

Внаслідок формування більш потужного фотосинтетичного апарату, посилення синтезу, накопичення та інтенсивного перерозподілу потоків асимілятів та азотовмісних сполук з



вегетативних органів до плодів за дії гібереліну зростала урожайність томатів (табл. 4)

Підвищення урожайності досягалося внаслідок зав'язування більшої кількості плодів та збільшення їх маси.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Застосування гібереліну у фазу бутонізації суттєво збільшувало кількість листків, їх масу, площу листової поверхні та оптимізувало розвиток хлоренхіми листків томатів. Наслідком формування більш потужної донорної сфери, тимчасового депонування частини вуглеводів та азотовмісних сполук у вегетативних органах з наступною їх ремобілізацією на потреби карпогенезу під впливом гібереліну було суттєве зростання урожайності плодів культури томатів.

Список використаних джерел:

1. Фотосинтез. Т. 2: Ассимиляция CO<sub>2</sub> и механизмы ее регуляции / Д. А. Киризий, А. А. Стасик, Г. А. Прядкина, Т. М. Шадчина - М.: Логос, 2014. - 480 с.
2. Кур'ята В. Г. Ретарданти – модифікатори гормонального статусу рослин. – Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку: у 2 т., Т. 2 / В. Г. Кур'ята // НАН України, Ін-т фізіології рослин та генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; голов. ред. В. В. Моргун. – К.: Логос, 2009. -- С. 565--589.
3. Попроцька І.В. Зміни в полісахаридному комплексі клітинних стінок сім'ядолей проростків гарбуза за різної напруженості донорно-акцепторних відносин в процесі проростання / І.В. Попроцька. – 2014. – Т.46, №3. – С. 190-195. – (Фізіологія і біохімія культ. рослин).
4. Maize grain yield components and source-sink relationship as affected by the delay in sowing date / [L. E. Bonelli, J. P. Monzon, A. Cerrudo, and other]. – 2016. – 198. – P. 215–225. (Field Crops Research)
5. Poprotska, I. V. Features of gas exchange and use of reserve substances in pumpkin seedlings in conditions of skoto- and photomorphogenesis under the influence of gibberellin and chlormequat-chloride. / I. V. Poprotska, V. G. Kuryata // Regulatory mechanisms in biosystems, 8(1), 71-76. – 2017
6. Yu S. M. Source–Sink Communication: Regulated by Hormone, Nutrient, and Stress Cross-Signaling/ S. M. Yu, S. F. Lo, T. D. Ho // Trends in plant science.-2015. - 20(12). - P. 844–857.
7. Кур'ята В. Г. Потужність фотосинтетичного апарату та насіннева продуктивність маку олійного за дії ретарданту фолікуру / В. Г. Кур'ята, С. В. Поливаний // Физиология растений и генетика. – 2015. – 47, № 4. – С. 313–320.
8. Милювене Л. Эффект соединения 17-DMC на уровень фитогормонов и рост рапса Brassica napus / Л. Милювене, Л. Новицкене, В. Гавелене // Физиология растений. – 2003. – 50, № 5. – С. 733-737.
9. Кур'ята В. Г. Фізіологічні основи застосування ретардантів на олійних культурах /В.Г. Кур'ята, І.В. Попроцька // Физиология растений и генетика. – 2016. – Т. 48, № 6. – С. 313–320.
10. Рогач В.В. Дія гібереліну та ретардантів на морфогенез, фотосинтетичний апарат і продуктивність картоплі /В.В. Рогач, І.В. Попроцька, В.Г. Кур'ята // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. – 2016. – Т. 24(2). – С. 416-420.

11. Rademacher W. Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production / W. Rademacher // Annual Plant Reviews. – 2016. – vol. 49. – P. 359-403.
12. AOAC. Official Methods of Analysis of Association of Analytical Chemist International 18th ed. Rev. 3.2010 // Asso. of Analytical Chemist. – Gaithersburg, Maryland, USA., – 2010.
13. Байер Я. Формирование урожая основных сельскохозяйственных культур /Я. Байер ; [пер.с чешского З.К. Благовещенского]. – М.: Колос, 1984 – С.188-192.
14. Прядкіна Г.О Депонувальна здатність стебла сучасних сортів озимої пшениці за змінних умов довкілля як фізіологічний маркер їх продуктивності / Г.О. Прядкіна, В.П. Зборівська, П.Л. Рижикова // Вісник українського товариства генетиків і селекціонерів. – 2016. – Т.14, №2. – С.44-50.

**В. Г. Курьята, О. О. Буйный, В. В. Рогач. Влияние гиббереллина на морфогенез, формирование фотосинтетического аппарата и урожайность томатов.**

*Обосновано, что применение гиббереллина (гибберелловой кислоты, ГКЗ) в фазу бутонизации существенно увеличивало листовой индекс, количество листьев, их массу, площадь листовой поверхности и оптимизировало развитие хлоренхимы листьев томатов сорта Бобкат. Вследствие формирования более мощной донорной сферы, временного депонирования части углеводов и азотсодержащих соединений в вегетативных органах с последующей их ремобилизацией на потребности карпогенеза под воздействием гиббереллина происходило существенное возрастание урожайности культуры томатов. Установлено, что увеличение урожайности достигалось вследствие закладки большего количества плодов и увеличения их массы.*

**Ключевые слова:** томаты, гиббереллины, морфогенез, углеводы, азотсодержащие соединения, урожайность.

**V. Kuryata, O. Buinyi, V. Rogach. Effect of gibberellin on morphogenesis, formation of photosynthetic apparatus and yield of tomatoes.**

*Application of gibberellin (gibberellic acid, GA3) at the budding stage significantly increased the leaf index, number of leaves per plant, leaf mass, leaf surface area and optimized the chlorenchyma development of tomatoes. The results of the research indicate that gibberellic acid led to increase yields of tomatoes due to formation of a more powerful donor sphere, the temporary deposition of carbohydrates and nitrogen containing compounds in vegetative organs, followed by the active reutilization of these substances for the carpogenesis needs. Enhancement of tomato yield is realized by increasing in values for average fruit weight and number of fruit per plant.*

**Keywords:** tomatoes, gibberellins, morphogenesis, carbohydrates, nitrogen-containing compounds, yield.