

УДК [581.1:582.926.2]:661.162.66

БРОВКО О.В., аспірант

КУР'ЯТА В.Г., д-р біол. наук

РОГАЧ В.В., канд. біол. наук

Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського

e-mail: vsrun@sovamua.com

ВПЛИВ ГІБЕРЕЛІНУ НА ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПЕРЦЮ СОЛОДКОГО

Результати досліджень свідчать, що застосування екзогенного гібереліну на культурі перцю солодкого у фазу бутонізації приводить до змін морфогенезу рослин. Протягом усього періоду вегетації рослини, оброблені гібереліном, характеризувалися більш інтенсивним ростом, ніж рослини контрольного варіанта. Досліджено, що за дії препарату зростала кількість листків, сумарна площа листків на рослині, їхня маса сухої та сирої речовини, що свідчить про формування більш потужного листового апарату.

Гіберелова кислота сприяла збільшенню товщини хлоренхіми та підвищенню листового та хлорофільного індексів, що свідчить про формування більш потужного фотосинтетичного апарату.

Поліпшення фітометричних і мезоструктурних показників листків сприяли посиленню фотосинтетичної активності листового апарату. Це підтверджується більш високими показниками значення чистої продуктивності фотосинтезу.

Вказані зміни морфометричних та мезоструктурних показників рослин перцю під впливом 0,005 % гіберелової кислоти сприяли підвищенню продуктивності культури на 32 %.

Ключові слова: перець солодкий (*Capsicum annuum* L.), регулятори росту рослин, гіберелін, морфогенез, фотосинтетичний апарат, урожайність.

Постановка проблеми. Зростаючі потреби сучасного сільськогосподарського виробництва визначають необхідність пошуку нових шляхів і способів підвищення урожаю та покращення його якості. Вирішення цих завдань можливе на основі більш високого рівня реалізації генетичного потенціалу в продукційному процесі рослини [1]. Важливим компонентом сучасних технологій рослинництва стають регулятори росту [2, 3]. Інтерес до цієї групи сполук обумовлений широким спектром їх дії на рослини, можливістю спрямовано регулювати окремі етапи росту і розвитку з метою мобілізації потенціальних можливостей рослинного організму, для підвищення урожайності. Застосування регуляторів росту – це новий напрям агробіології, що заснований на сучасних досягненнях фітофізіології, молекулярної біології і біохімії [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За допомогою синтетичних рїстрегулюючих речовин можна впливати на інтенсивність і спрямованість фізіологічних процесів, пришвидшувати чи сповільнювати не лише ріст, але й цвітіння, процеси утворення і дозрівання плодів, викликати опадання листя, змінювати напрямки потоків асимілятів і метаболітів у рослинах в бік посиленого відкладання їх у запасуючих органах, що приводить до збільшення врожайності культур [5].

Зокрема, досліджено, що обробка різних сортів винограду гібереловою кислотою у концентрації 40 мл/л за 10 днів після цвітіння посилювала ріст пагонів ліани та збільшувала урожайність культури з одночасним підвищенням якості продукції [13]. Зростання врожайності винограду також спостерігалось після обробки рослин гібереловою кислотою в концентрації 50 мл/л [14].

Встановлено, що застосування гіберелової кислоти на посівах редису сприяло зростанню вмісту хлорофілу у листках та збільшувало площу листової поверхні, що в подальшому привело до збільшення урожаю коренеплоду [15]. Зростання урожайності також спостерігалось за обробки насаджень картоплі препаратом Гіберсіб-У [16].

Продуктивність рослин значною мірою визначається стратегією перерозподілу асимілятів, співвідношенням процесів росту і фотосинтезу, між якими встановлюється динамічний стан з постійною корекцією величин донорно-акцепторних відносин, залежно від різноманітних зовнішніх впливів [6].

У зв'язку з цим з'являється можливість застосування регуляторів росту для пізнання механізмів функціонування донорно-акцепторної системи рослини.

Перець є важливою овочевою культурою. Водночас, особливості впливу екзогенного гібереліну на морфогенез і продуктивність цієї культури вивчено недостатньо.

Мета і завдання дослідження – встановити вплив гіберелової кислоти на морфогенез, формування і функціонування фотосинтетичного апарату та продуктивність перцю солодкого.

Матеріал і методика досліджень. Дослідження проводили на виробничих насадженнях перцю солодкого СФГ «Бережан П.Г.» с. Горбанівка Вінницького району Вінницької області у вегетаційні періоди 2013-2015 рр. Рослини сорту Антей обробляли у фазу бутонізації за допомогою ранцевого обприскувача ОП-2 0,005 % розчином гіберелової кислоти (ГК₃) до повного змочування листків. Рослини контрольного варіанта обприскували водопровідною водою. Площа ділянок 33 м², повторність – п'ятиразова. Фітометричні показники (висота рослин, площа листків, маса сирої та сухої речовини листків) визначали на 20 рослинах через кожні 10 днів. Площу листків вимірювали ваговим методом [7]. Вміст суми хлорофілів ($a+b$) визначали спектрофотометрично. Протягом вегетації визначали чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), листковий індекс (ЛІ), як площу всіх листків на рослинах на одиницю поверхні ґрунту, та хлорофільний індекс (Хл.І), як вміст хлорофілу на одиницю площі насаджень [8]. Мезоструктурну організацію листка визначали за методикою А.Т. Мокроносова та Р.А. Борзенкової на фіксованому матеріалі [10]. Склад фіксуєчої суміші – рівні частини етилового спирту, гліцерину і води з додаванням 1 % формаліну [5].

Результати досліджень обробляли статистично за програмою “STATISTICA-6,1”. У таблицях та на діаграмах наведено середньоарифметичні значення та їх стандартні похибки.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати досліджень свідчать про те, що застосування екзогенного гібереліну на культурі перцю солодкого у фазу бутонізації приводить до змін морфогенезу рослин. Протягом усього періоду вегетації рослини, оброблені гібереліном, характеризувалися більш інтенсивним ростом, ніж рослини контрольного варіанта. Зокрема, в період формування плодів висота рослин оброблених 0,005 % препаратом ГК₃ складала $55,28 \pm 1,23$ см порівняно із контролем, де цей показник складав $48,6 \pm 1,08$ см.

Відомо, що суттєву роль у продукційному процесі рослин відіграє площа листової поверхні. Результати досліджень свідчать, що за дії препарату зростала кількість листків, сумарна площа листків на рослині, їхня маса сухої та сирої речовини, що свідчить про формування більш потужного листового апарату за дії екзогенного гібереліну. Важливим ценотичним показником фотосинтетичної продуктивності посівів є листковий індекс. Нами встановлено, що за дії гібереліну цей показник був вищим порівняно з контролем (рис. 1).

Відомо, що фізіологічний стан листка знаходиться у тісній взаємодії з його структурними особливостями, що визначаються в науковій літературі як мезоструктура. За мезоструктурними характеристиками можна проаналізувати фотосинтетичну активність рослин у багатьох випадках, однак вивчення дії гіберелінів на формування фотосинтетичного апарату листків перцю солодкого, очевидно, не проводилося [9]. Отримані нами результати вивчення мезоструктурних показників листків цієї культури

за дії гіберелової кислоти свідчать про формування більш потужного фотосинтетичного апарату (табл. 1).

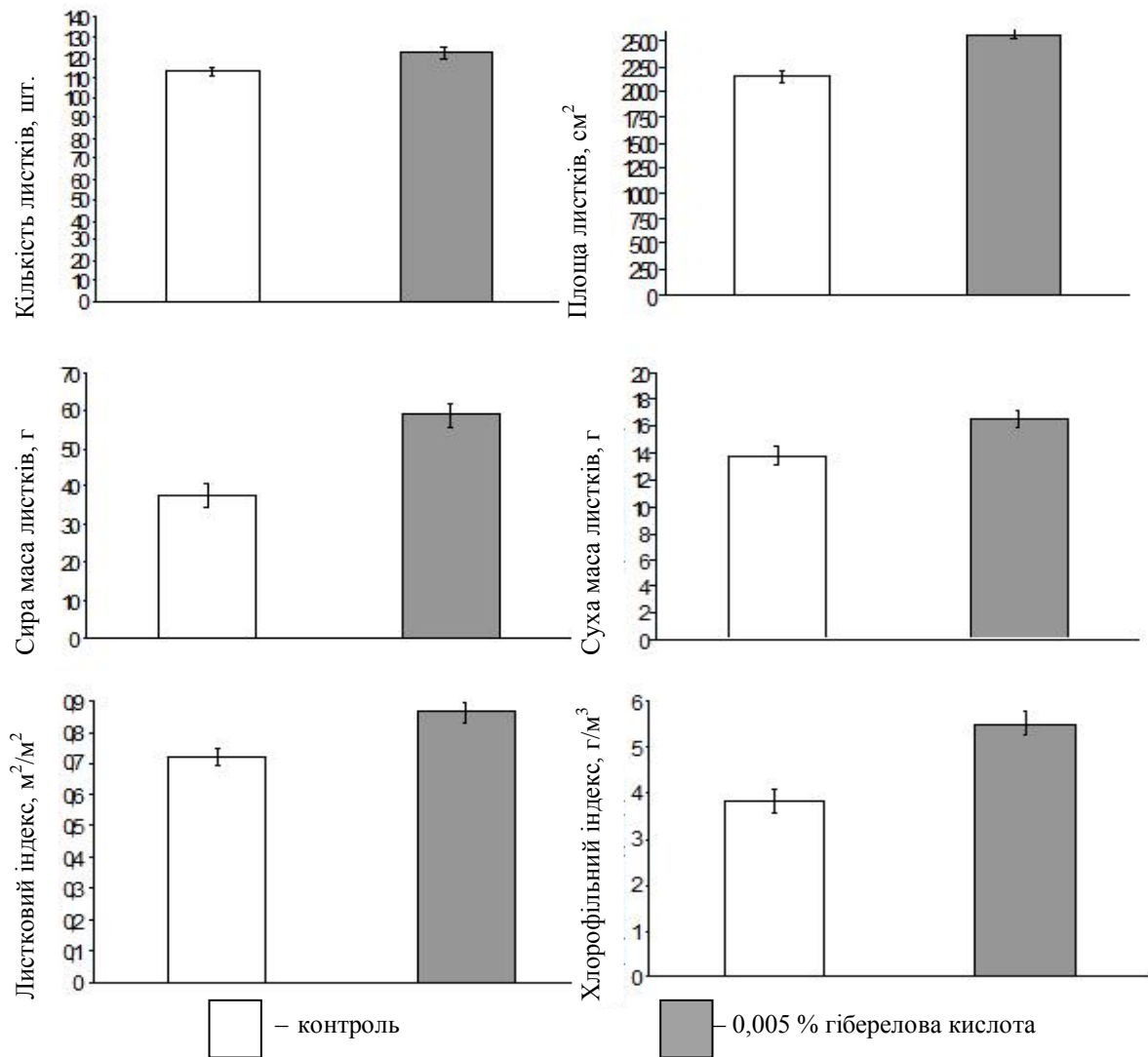


Рис.1. Вплив гіберелової кислоти (0,005 %) на формування листкового апарату рослин перцю солодкого сорту Антей в період інтенсивного росту плодів (середні дані за 2013-2015 рр.).

Таблиця 1 – Вплив 0,005 % гібереліну на мезоструктурні показники листків рослин перцю солодкого сорту Антей, 2014 р. (початок фази цвітіння)

Варіант досліду	Контроль	Гіберелова кислота
Товщина листка, мкм	263,72±12,89	*327,42±15,78
Товщина хлоренхіми, мкм	216,48±1,68	*266,71±5,79
Товщина верхнього епідермісу, мкм	23,32± 0,62	*31,08±0,21
Товщина нижнього епідермісу, мкм	23,92±0,49	*29,63±0,53
Об'єм клітин стовбчастої паренхіми, мкм ³	19857,02±896,32	*26688,83±1117,20
Довжина клітин губчастої паренхіми, мкм	33,28±0,95	*39,81±0,78
Ширина клітин губчастої паренхіми, мкм	24,95±0,75	*32,43±0,89

Примітка. * – різниця достовірна за P≤0,05.

Як видно з отриманих результатів, листки дослідного варіанта відрізнялися більшою товщиною за рахунок розростання основної фотосинтетичної тканини – хлоренхіми. Достовірно зростав об'єм стовбчастої паренхіми та лінійні розміри клітини губчастої паренхіми. Водночас, за дії ГК₃ відмічалось зменшення вмісту суми хлорофілів (табл. 1). При цьому за рахунок формування більшої маси листків у рослин дослідного варіанта, сумарний вміст хлорофілів у перерахунку на одну рослину під впливом ГК₃ зростав. Зокрема, у рослин дослідного варіанта він становив $0,76 \pm 0,03$ г, а у контролі – $0,83 \pm 0,04$ г. Відповідно, зростав і хлорофільний індекс рослин за дії препарату – $3,8 \pm 0,19$ г/м² проти $4,9 \pm 0,25$ г/м² у контролі.

Таким чином, поліпшення фітометричних і мезоструктурних показників листків, збільшення показників листового індексу та вмісту хлорофілів у перерахунку на рослину та одиницю площі ценозу сприяли посиленню фотосинтетичної активності листового апарату. Це підтверджується більш високими показниками значення чистої продуктивності фотосинтезу. Найбільш інтенсивно зростання цього показника за дії препарату відмічалось на ранніх етапах онтогенезу.

Отже, застосування 0,005 % гіберелової кислоти приводить до формування більш розвиненого фотосинтетичного апарату, що дозволяє рослині формувати потужний донорний потенціал і є передумовою підвищення урожайності культури. Аналіз урожайності рослин перцю солодкого за дії ГК₃ свідчить, що зміни у морфометричних показниках та мезоструктурі листків приводили до підвищення урожайності культури перцю солодкого (рис. 2).

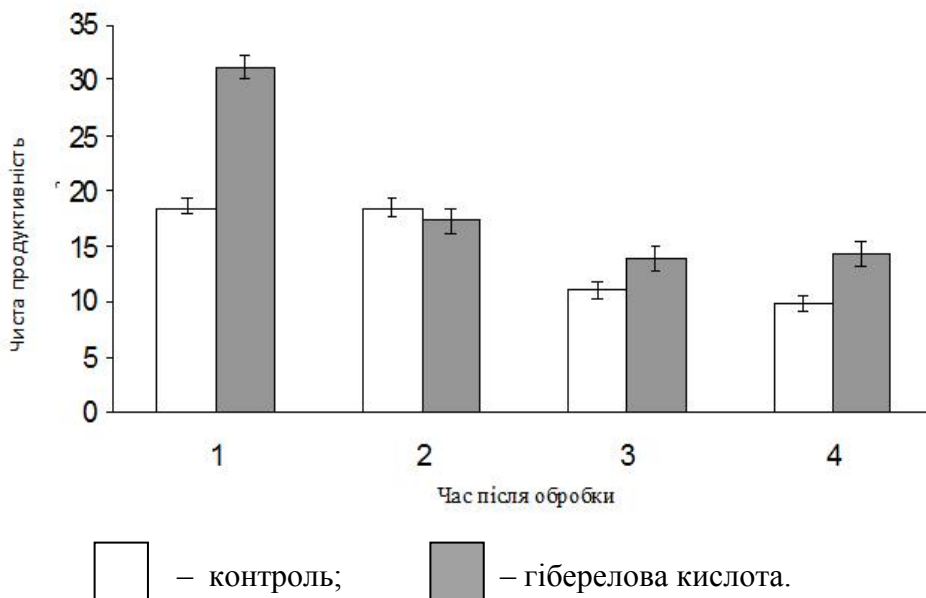


Рис. 2. Вплив гіберелової кислоти на чисту продуктивність фотосинтезу рослин перцю сорту Антей.
Час після обробки: 1 – 1-10-а, 2 – 10-20-а, 3 – 20-30-а, 4 – 30-40-а доба.

Таблиця 2 – Вплив гіберелової кислоти ГК₃ на урожайність перцю солодкого сорту Антей (середні дані за 2013-2015 роки)

Показник Варіант досліджу	Урожай з одного куща, г	Урожайність, т/га
Контроль	498,2±24,9	*32,8±1,6
Гіберелін	639,4±31,9	*43,2±2,1

Примітка. * – різниця достовірна за $P \leq 0,05$.

Висновок. Отже, застосування 0,005 % розчину гіберелової кислоти в період бутонізації рослин перцю солодкого приводить до суттєвих змін у морфогенезі рослин, формування потужного фотосинтетичного апарату, в результаті чого підвищується продуктивність культури. За дії препарату урожайність перцю солодкого зростала на 32 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рогач Т.І. Особливості морфогенезу і продуктивність соняшнику за дії трептолему / Т.І. Рогач // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. – Київ, 2009. – С. 680-686.
2. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Карпенко В.П., Леонтюк І.Б. – К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. – 352 с.
3. Вплив концентрату метанового бродиння на підвищення продуктивності сільськогосподарських культур / В.К. Яворська, І.В. Драговоз, М.І. Кошель та ін. // Вісн. аграр. науки. – 1997. – № 4. – С. 42-44.
4. Біологічні та агроекологічні основи підвищення продуктивності с/г культур / А.Ф. Гойчук, П.Г. Копитко, З.Й. Грицаєнко та ін. // Біологічні науки і проблеми рослинництва: Зб. наук. праць Уманського держ. аграр. ун-ту. – Умань, 2003. – С. 5-14.
5. Кур'ята В.Г. Фізіолого-біохімічні механізми дії ретардантів і етиленпродуцентів на рослини ягідних культур: дис... доктора біол. наук / В.Г. Кур'ята. – Київ, 1999.
6. Фотосинтез / Д.А. Киризий, О.О. Стасик, Г.А. Прядкіна, Т.М. Шадшина // Асиміляція CO₂ і механізми її регуляції. – Київ: Логос, 2014. – С. 301.
7. Козаков Є.О. Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин / Є.О. Козаков // Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
8. Гавриленко В.Ф. Большой практикум по физиологии растений / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина. – М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
9. Прядкіна Г.О. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої озимої пшениці за різного рівня мінерального живлення / Г.О. Прядкіна, В.В. Швартау, Л.М. Михальська // Физиология и биохимия культ. растений. – 2011. – 43. – № 2. – С. 158-163.
10. Мокроносів А.Т. Методика количественной оценки структуры и функциональной активности фотосинтезирующих тканей и органов / А.Т. Мокроносів, Р.А. Борзенкова // Тр. по прикл. ботанике, генетике и селекции. – 1978. – Т. 61, № 3. – С. 119-131.
11. Brassinosteroids – a new class of phytohormones / Seeta S. Ram Rao, Vardhini B.V. et al. // Curr. Sci. – 2002. – Vol. 82. – № 10. – P. 1239-1245.
12. Shtilman M.J. Phytoactive polymeric derivatives of plant growth regulators / M.J. Shtilman // Ibid. – 1993. – Vol. 20. – P. 208-209.
13. Брановицька Т.Ю. Дія гібереліну на ріст, розвиток та деякі біохімічні показники сортів винограду Бастардо магарацький // Каберне Совінйон, Сапераві 2001 года: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.08 / Т.Ю. Брановицька. – Ялта, 2001. – 17 с.
14. Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Влияние гиббереллина на плодообразование семенных сортов винограда в условиях Крыма (Мананкова О.П.) / Серия «Биология, химия». Том 23 (62). – 2010. – № 4. – С. 151-157.
15. Панин Г.И. Влияние гиббереллина и гетероауксина на прорастание семян и физиологические процессы некоторых овощных культур / Г.И. Панин, С.В. Фивейская // Рост растений. Пути регуляции: межвуз. сб. науч. тр. – М.: МОПИ им. Н. К. Крупской, 1991. – С. 71-75.
16. Новиков И.С. Гибберсиб-У – биостимулятор плодообразования растений / И.С. Новиков // Защита и карантин растений. – 1997. – № 1. – С. 41-42.

REFERENCES

1. Rogach T.I. Osoblyvosti morfogenezu i produktyvnist' sonjashnyku za dii' treptolemu / T.I. Rogach // Fiziologija roslyn: problemy ta perspektvyu rozvytku. – Kyi'v, 2009. – S. 680-686.
2. Biologichno aktyvni rechovyny v roslynnnyctvi / Grycajenko Z.M., Ponomarenko S.P., Karpenko V.P., Leontjuk I.B. – K.: ZAT «NICH LAVA», 2008. – 352 s.
3. Vplyv koncentratu metanovogo brodynnja na pidvyshhennja produktyvnosti sil's'kogospodars'kyh kul'tur / V.K. Javors'ka, I.V. Dragovoz, M.I. Koshel' ta in. // Visn. agrar. nauky. – 1997. – № 4. – S. 42-44.
4. Biologichni ta agroekologichni osnovy pidvyshhennja produktyvnosti s/g kul'tur / A.F. Gojchuk, P.G. Kopytko, Z.J. Grycajenko ta in. // Biologichni nauky i problemy roslynnnyctva: Zb. nauk. prac' Umans'kogo derzh. agrar. un-tu. – Uman', 2003. – S. 5-14.
5. Kur'jata V.G. Fiziologo-biohimichni mehanizmy dii' retardantiv i etylenproducentiv na roslyny jagidnyh kul'tur: dys... doktora biol. nauk / V.G. Kur'jata. – Kyi'v, 1999.
6. Fotosintez / D.A. Kirizij, O.O. Stasik, G.A. Prjadkina, T.M. Shadshina // Asimiljacija SO₂ i mehanizmy ee reguljacji. – Kiev: Logos, 2014. – S. 301.

7. Kozakov Je.O. Metodologichni osnovy postanovky eksperymentu z fiziologii' roslin / Je.O. Kozakov // Fitosociocentr, 2000. – 272 s.
8. Gavrilenko V.F. Bol'shoj praktikum po fiziologii' rastenij / V.F. Gavrilenko, M.E. Ladygina. – M.: Vyssh. shk., 1975. – 392 s.
9. Prjadkina G.O. Potuzhnist' fotosyntetichnogo aparatu, zernova produktyvnist' ta jakist' zerna intensyvnyh sortiv m'jakoi' ozymoi' pshenyци za riznogo rivnja mineral'nogo zhyvlennja / G.O. Prjadkina, V.V. Shvartau, L.M. Myhal's'ka // Fyzyologija y byohymija kul't. rastenij. – 2011. – 43. – № 2. – S. 158-163.
10. Mokronosov A.T. Metodika kolichestvennoj ocenki struktury i funkcional'noj aktivnosti fotosintezirujushhijh tkanej i organov / A.T. Mokronosov, R.A. Borzenkova // Tr. po prikl. botanike, genetike i selekcii. – 1978. – T. 61, № 3. – S. 119-131.
11. Brassinosteroids – a new class of phytohormones / Seeta S. Ram Rao, Vardhini B.V. et al. // Curr. Sci. – 2002. – Vol. 82. – № 10. – P. 1239-1245.
12. Shtilman M.J. Phytoactive polymeric derivatives of plant growth regulators / M.J. Shtilman // Ibid. – 1993. – Vol. 20. – P. 208-209.
13. Branovyc'ka T.Ju. Dija giberelinu na rist, rozvytok ta dejaki biohimichni pokaznyky sortiv vynugradu Bastardo magarac'kyj // Kaberne Sovin'on, Saperavi 2001 goda: avtoref. dys... kand. s.-g. nauk: 06.01.08 / T.Ju. Branovyc'ka. – Jalta, 2001. – 17 s.
14. Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Vlijanie gibberellina na plodoobrazovanie semennyh sortov vinograda v uslovijah Kryma (Manankova O.P.) / Serija «Biologija, himija». Tom 23 (62). – 2010. – № 4. – S. 151-157.
15. Panin G.I. Vlijanie gibberellina i geteroauksina na prorastanie semjan i fiziologicheskie processy nekotoryh ovoshhnyh kul'tur / G.I. Panin, S.V. Fivejskaja // Rost rastenij. Puti reguljacji: mezhvuz. sb. nauch. tr. – M.: MOPI im. N. K. Krupskoj, 1991. – S. 71-75.
16. Novikov I.S. Gibbersib-U – biostimuljator plodoobrazovanija rastenij / I.S. Novikov // Zashhita i karantin rastenij. – 1997. – № 1. – S. 41-42.

**Действие гиббереллина на формирование фотосинтетического аппарата и продуктивность перца сладкого
А.В. Бровко, В.Г. Курьята, В.В. Рогач**

Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение экзогенного гиббереллина на культуре перца сладкого в фазу бутонизация приводит к изменениям морфогенеза растений. В течение всего периода вегетации растения, обработанные гиббереллином, характеризовались более интенсивным ростом, чем растения контрольного варианта. Доказано, что под действием препарата увеличивалось число листьев, суммарная площадь листьев на растении, их масса сухого и сырого вещества, что свидетельствует о формировании более мощного листового аппарата под действием экзогенного гиббереллина.

Гибберелловая кислота способствовала увеличению толщины хлоренхимы и повышению листового и хлорофильного индексов, что свидетельствует о формировании более мощного фотосинтетического аппарата.

Улучшение фитометрических и мезоструктурных показателей листьев способствовали усилению фотосинтетической активности листового аппарата. Это подтверждается более высокими показателями значения чистой продуктивности фотосинтеза.

Указанные изменения морфометрических и мезоструктурных показателей растений перца под влиянием 0,005 % гибберелловой кислоты обусловили повышение продуктивности культуры на 32 %.

Ключевые слова: перец сладкий (*Capsicum annuum* L.), регуляторы роста растений, гиббереллин, морфогенез, фотосинтетический аппарат, урожайность.

Gibberellin effects on formation and performance of sweet pepper photosynthetic apparatus

O. Brovko, V. Kuriata, V. Rogach

The results of the study suggest that exogenous gibberellin application to sweet pepper in the budding phase leads to the changes in plant morphogenesis. The plants treated with gibberellin were characterized by more intensive growth than the plants of the control group. In particular, during the fruit formation the height of the plants that had been treated with 0,005 % GA₃ preparation was 55,28±1,23 sm compared to the control plants of 48,6±1,08 sm high.

The importance leaf surface area in plant productive process is a well known fact. During the study we observed that the quantity of leaves, their total area and the dry and raw substance weight increased. This suggests that exogenous gibberellin application leads to the formation of more powerful leaf apparatus. An important coenocytic indicator of photosynthetic productivity of seeding-down is leaf index. An important coenocytic indicator of photosynthetic productivity of inoculations is the leaf index. We proved that after gibberellin application this indicator was higher compared to the control group.

It is known that leaf physiological state is closely connected with its structural features, and it is defined as mesostructure in the scientific literature.

Notwithstanding that in many cases the mesostructural indicators of leaves display the photosynthetic activity of plants, gibberellin effect on red pepper photosynthetic apparatus formation was not studied. The results obtained during the study show that the formation of photosynthetic apparatus becomes more potential.

The plant leaves of the studied group differed by bigger thickness due to extension of the main photosynthetic tissue – chlorenchyma. The volume of columnar parenchyma and linear sizes of the spongy parenchyma cell increased. At the same time, the total sum of chlorophylls reduced after GA₃ application. Moreover, due to bigger leafy mass formation in the plants of the research group the total content of chlorophylls in one plant under the effect of GA₃ increased. In particular, in plants of

research group it was $0,76 \pm 0,03$ g and in control group it was $0,83 \pm 0,04$ g. Accordingly, the chlorophyll index also grew after the preparation application. It was $3,8 \pm 0,19$ g/m² in the plants treated by gibberellin against $4,9 \pm 0,25$ g/m² in the control group.

The improvement of photometric and mesostructural indicators of leaves, the increase of leaf index rate and the content of chlorophylls in one plant per a unit of coenosis area contributed to the strengthening of photosynthetic activity of the leaf apparatus. It was confirmed by higher indicators of net productivity photosynthesis. The most intensive growth of this indicator was noted at the early stages of ontogenesis.

Thus, 0,005 % gibberellin acid application leads to more developed photosynthetic apparatus, which encourages plants to form powerful donor potential and is a prerequisite for increasing of the crop yield capacity. The analysis of yielding capacity of sweet pepper treated with GA₃ suggests that changes in morphometric indicators and leaf mesostructure of leaves lead to the increase of sweet pepper yield rate.

Key words: sweet pepper (*Capsicum annuum* L.), plant growth regulators, gibberellin, morphogenesis, photosynthetic apparatus, crop productivity.

Надійшла 13.04.2016 р.