



УДК [581.1:582.926.2]:661.162.65

РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТОМАТІВ ЗА ДІЇ СИНТЕТИЧНИХ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

Рогач В.В. к.б.н., доц.

Orcid: 0000-0002-8916-8349

rogachv@ukr.net

Рогач Т.І. к.с.-г.н., доц.

Orcid: 0000-0002-6763-8266

rogach.tatyna.vas@gmail.com

Фурманець В.В.

id50500732@gmail.com

Стаття присвячена вивченню впливу стимуляторів росту гібереллової кислоти, 1-нафтилоцтової кислоти та 6-бензиламінопурину на ріст, розвиток та продуктивність томатів гібриду Хепінет. Обробка препаратами зумовлювала збільшення лінійних розмірів рослин томатів, призводила до зростання кількості листків на рослині та листкової маси. За дії стимуляторів росту збільшувалася площа листкової поверхні та листковий індекс. Застосування препаратів зумовило зростання концентрації хлорофілу у листках та хлорофільного індексу насаджень. Регулятори росту збільшували масу сирової і сухої речовини вегетативних органів та потовщували діаметр стебла і кореневої шийки. Під впливом препаратів пришвидшувалося накопичення сухої речовини плодів та зростала їх кількість на рослині. За дії стимуляторів росту зростала урожайність культури.

Ключові слова: *Lycopersicon esculentum* Mill, стимулятори росту, морфогенез, листковий препарат, ценотичні показники насаджень, урожайність.

The article is devoted to the study of the effect of growth stimulants of gibberellic acid, 1-naphthylacetic acid and 6-benzylaminopurine on the growth, development and productivity of tomatoes of the hybrid Hepinet. Treatment with drugs caused an increase in the linear size of tomato plants, led to an increase in the number of leaves per plant and leaf mass. Leaf surface area and leaf index increased under the action of growth stimulants. The use of drugs led to an increase in the concentration of chlorophyll in the leaves and the chlorophyll index of plantings. Growth regulators increased the mass of raw and dry matter of the vegetative organs and thickened the diameter of the stem and root collar. Under the influence of drugs accelerated the accumulation of dry matter of fruits and increased their number on the plant. Under the action of growth stimulants, crop yields increased.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, growth stimulants, morphogenesis, foliar preparation, coenotic indicators of plantations, yield.

Вступ. Регуляція росту і розвитку рослин є однією з важливих і багатограних проблем сучасного рослинництва в цілому і фізіології та біохімії рослин зокрема [22]. На даний час відомо близько 5000 біологічно активних речовин, з яких лише 10% знайшли практичне застосування в сільськогосподарському виробництві. Основними напрямками їх використання є управління життєвими функціями рослин, збільшення урожайності і покращення якості сільськогосподарської продукції, підвищення стійкості рослин до природних факторів середовища [22]. Швидка хімізація сільського господарства обумовила появу нових – синтетичних сполук, які стали аналогами нативних фітогормонів або модифікаторами



гормонального статусу стимулюючої та інгібуючої дії. Саме ці сполуки, починаючи із середини ХХ століття, зайняли чільне місце у аграрному виробництві. Серед регуляторів росту найпершою та найбільш застосовуваною є група стимуляторів росту та розвитку – ауксинів, гіберелінів та цитокінінів як нативних, так і синтетичних.

У сучасному аграрному виробництві широко застосовується ряд гіберелоподібних сполук. Їх світовий ринок знаходиться в межах 500 мільйонів доларів США. Гібереліни в основному використовуються для збільшення врожаю та його якості [12, 24]. Найчастіше для підвищення урожайності сільськогосподарських культур та покращення якості аграрної продукції застосовують гіберелову кислоту (ГК₃) [21, 24, 34] та такі гіберелоподібні сполуки як ГК₄, ГК₇ [24]. Так, рослини томатів на 30-й день після пересадки у піщану культуру з інтервалом у 15 діб трічі протягом вегетації обробляли різними концентраціями ГК₃ (10, 20 та 30 мг/л). Стимулятор росту збільшував лінійні розміри рослин на 15-45%, посилював галуження гілочок першого та другого порядку на 50-54% [30]. ГК₃ у дозах 25, 50 та 75 мг/л була застосована на рослинах томатів сорту Shivaji на 7-й день після пересаджування рослин із закритого ґрунту у відкритий у вегетаційні періоди 2016 та 2017 років в умовах Індії. Стимулятор росту подовжував рослини на 3-11%, збільшував кількість листків на них на 5-11% та посилював галуження стебла на 5-30% [10].

ГК₃ у концентраціях 10 та 15 мг/л суттєво збільшувала лінійні розміри перцю солодкого в умовах гідропонної культури під час двохрічних досліджень та масу сухої і сирої речовини цілої рослини за обробки на початку цвітіння [18]. Збільшення лінійних розмірів баклажанів за обробки ГК₃, зростання площі листя та кількості листків на рослині встановлено у попередніх наших дослідженнях [3].

Разом з тим, фоліарна обробка рослин солодкого перцю ГК₃ у концентраціях 10 та 50 мг/л перед цвітінням у 2013-2014 роках вкорочувала лінійні розміри рослин на 32-33%, потоншувала стебло на 7-8%, знижувала рівень галуження стебла на 20-28%, зменшувала кількість листків на рослині на 17-18%, але збільшувала площу листової поверхні на 12-24% [28]. Обробка ГК₃ у дозі 10 мг/л рослини баклажана в умовах Непалу практично не впливала на висоту рослин та товщину стебла [31].

На пасльонових культурах застосовують препарати і з ауксиноюю активністю. Зокрема, у вегетаційні сезони 2016-2017 років в умовах Індії рослини томатів обробляли 1-НОК у дозах 20, 30 та 40 мг/л та 2,4-Д у дозах 2,5, 5,0 та 7,5 мг/л. 1-НОК збільшувала висоту рослин на 14-25%, а 2,4-Д зменшувала лінійні розміри рослин до 11% або не впливала на їх висоту у низьких концентраціях. Обидва синтетичні аналоги ауксинів посилювали галуження пагонів томатів. Дія 1-НОК була більш значною [14]. В інших дослідженнях ці ж препарати у дозі 30 мг/л збільшували лінійні розміри томатів на 26 та 30%, кількість гілок першого порядку на 21 та 37% та кількість листків на рослині відповідно на 9 та 17% [35]. Схожі результати були отримані і іншими авторами у вегетаційних дослідах за обробки



культури томату розчинами 1-НОК та 2,4-Д в інших концентраціях [30, 36].

За фоліарної обробки перед цвітінням насаджень перцю солодкого 1-НОК (10 та 50 мг/л) встановлено, що препарат на 2-20% збільшував лінійні розміри рослин, потоншував стебло на 7-8%, підвищував галуженість стебла на 10-24%, збільшував кількість листків на рослині на 1-6%, але зменшував площу листової поверхні на 5-9% [28]. Застосування ІМК у дозі 0,25, 0,5, 0,75 і 1 мг/л збільшувало кількість корінців перцю при укоріненні на 9-42% [21].

За дії 0,001%-го гетероауксину зростав об'єм кореневої системи та маси сирової речовини вегетативних органів у розсади тютюну. При цьому лінійні розміри рослин при застосуванні нативного ауксину достовірно не змінювалися, а площа листя зростала. За використання синтетичного аналога ауксину 1-НОК у концентрації 0,003% вказані вище показники зменшувалися або достовірно не змінювалися [1].

Разом з тим, обробка рослин томатів 2,4-Д у дозах 0,5 та 10 мг/л зменшувала або не змінювала висоту рослин, потовщувала стебла, зменшувала розміри листків [11]. 2,4-Д (2,5, 5,0 та 7,5 мг/л) та 4-дихлорфеноксоцтова кислота (4-ХФО) (20, 30 та 40 мг/л) в умовах вегетаційного дослідження зменшували лінійні розміри рослин томатів на 14-19% та 4-8%, відповідно, і площу листя на 11-12% та 1-4% [18].

У науковій літературі зустрічається інформація про використання цитокінінів для регуляції ростових та морфоутворюючих процесів у пасльонових культур. Зокрема, кінетин у дозах 25, 50 та 75 мг/л був застосований на рослинах томатів сорту Shivaji на сьомий день після пересаджування рослин із закритого ґрунту у відкритий в умовах Індії. Стимулятор росту подовжував рослин на 1-3%, збільшував кількість листків на них на 5-7% та посилював галуження стебла на 1-21% [10].

Кінетин у дозі 10 мкМ нівелював негативний вплив засолення на рослини томатів та збільшував їх лінійні розміри. Препарат збільшував масу сирової речовини пагонів та коренів у безстресових умовах та знижував падіння біомаси рослин за дії сольового стресу. Оводненість листків рослин за дії стимулятора росту при цьому практично не змінювалася [6]. 6-БАП у дозі 5 та 10 мкМ/л нівелювала негативний вплив кобальту на рослини томатів та збільшувала площу листя, масу сирової та сухої речовини пагона та кореня, подовжувала і потовщувала корінь та збільшувала площу кореневої поверхні, її об'єм і посилювала галуження коріння [15]. Нові синтетичні аналоги цитокінінів N-феніл-N'-1,3,4-тіадіазол-2-ілюаза, N-феніл-N'-1,2,3-тіадіазол-5-ілюара; N-феніл-N'-(3-хлор-1,2-бензотіазол-7-іл) сечовина та N-феніл-N'-бензотіазол-6-ілюреа з різною активністю стимулювали регенерацію експлантів пагонів томатів [26]. Нами в попередніх дослідженнях зафіксовано посилення ростових процесів у рослин картоплі за обробки 0,005% 6-БАП. За дії препарату оптимізувався листовий апарат рослини та збільшувався вміст хлорофілу в листі [4].

Разом з тим, обробка насаджень баклажана 6-БАП у дозі 30 мг/л в умовах Непалу практично не впливала на висоту рослин та потоншувала стебла на 4% [31].

В аграрній практиці та з метою прикладних досліджень часто застосовують



суміші регуляторів росту. Наприклад, рослини *Lachenalia montana* обробляли синтетичним ауксином 1-НОК та трьома синтетичними цитокинінами – бензиладеніном, мета-тополин рибозидом та ізопентеніладеніном у концентраціях 1, 5 і 10 мкМ. Спостерігали збільшення кількості пагонів на рослині за дії мета-тополин рибозиду та кількість цибулин за дії бензиладеніну [8]. Насіннева та фоліарна обробка соняшника сумішшю стимуляторів росту «Stimulate®» (0,009% кінетин, 0,005% індоліл-3-масляна кислота і 0,005% гіберелова кислота) збільшувала лінійні розміри рослин та масу сухої речовини цілої рослини [29]. Посилення ростових процесів за обробки цієї ж культури сумішшю трептолему із ретардантом хлормекватхлоридом встановлено у наших попередніх дослідженнях [2].

Суміші стимуляторів росту також застосовують і на пасльонових культурах. Зокрема, обробка томатів у фазу цвітіння сумішшю ГК₃ та 2-НОК збільшувала масу сирої та сухої речовини [33]. У інших дослідженнях рослини томатів обробляли сумішшю ГК₃ та 1-НОК у дозах 20 мг/л, що збільшувало лінійні розміри рослин на 13%, масу сухої речовини коріння на 5%, масу сухої речовини цілої рослини на 36% [13]. На цю ж культуру діяли 4-ХФО та ГК₃ у дозах 20 мг/л, що збільшувало висоту рослин на 36% [25]. Рослини перцю солодкого вирощували на гідропонній культурі упродовж 2012-2013 та 2013-2014 років й обробляли сумішшю стимуляторів росту 1-НОК та ГК₃ у дозах 10 та 15 мг/л з різним комбінуванням. Суміш препаратів збільшувала лінійні розміри рослин і масу сирої та сухої речовини цілої рослини [20].

Разом з тим, суміш ІМК із зеатином, яку застосовували у різних концентраціях для обробки рослин перцю у фазу бутонізації та цвітіння, зменшувала висоту рослин і товщину стебла [9]. В іншому досліді рослини томатів обробляли сумішшю синтетичних аналогів ауксинів – 2,4-Д (2,5, 5,0 та 7,5 мг/л) та 4-ХФО (20, 30 та 40 мг/л) з ГК₃ (30 мг/л) в умовах вегетаційного досліді. Препарати зменшували або не змінювали лінійні розміри рослин та площу листя [18].

Важливою овочевою культурою є томати. Вони багаті на аскорбінову кислоту, пектинові речовини, каротиноїди, органічні кислоти [26]. Такий хімічний склад плодів зумовлює високі смакові, дієтичні та лікувальні властивості томатів. Тому доцільним є вивчення дії регуляторів росту рослин з різним напрямком дії на анатомо-морфологічні особливості томатів та їх продуктивність.

Отже, пошук оптимальних регламентів застосування препаратів стимулюючої дії на культурі томатів в залежності від ґрунтово-кліматичних умов є важливим практичним завданням сучасної біологічної науки.

У зв'язку із цим вивчити вплив синтетичних стимуляторів росту 1-нафтилоцтової кислоти, гіберелової кислоти та 6-бензиламінопурину на ріст, розвиток, продуктивність томатів гібриду Хепінет.

Методи досліджень. Польові дрібноділянкові досліді закладали на землях селянського фермерського господарства “Бержан П.Г.” с. Горбанівка Вінницького району Вінницької області у вегетаційний період 2021 р.



Рослини обробляли вранці за допомогою ранцевого оприскувача ОП-2 до повного змочування листків 0,005%-ми розчинами 1-нафтилоцтової кислоти (1-НОК), гіберелової кислоти (ГК₃) та 6-бензиламінопурину (6-БАП) у фазу бутонізації 18 червня 2021 р. Контрольні рослини обприскували водою.

Насіння томатів на розсаду висівали у парники 7 березня 2021 року. Розсаду висаджували 8 травня 2021 р. стрічковим способом за формулою 80+50+50×25. Внесення мінеральних добрив N₅₀P₄₀K₃₀. Площа ділянок 33 м², повторність п'ятикратна.

Морфологічні показники вивчали кожні 10 днів. Площу листків визначали ваговим методом. Також визначали листковий та хлорофільний індекси за загальноприйнятими методиками. Діаметр стебла вимірювали за допомогою штангенциркуля. Масу окремих органів зважували на лабораторних вагах. Визначення сумарного вмісту хлорофілів проводили у свіжому матеріалі фотоелектроколориметричним методом [7]. Урожайність визначали методом підрахунку та зважування.

В таблицях і на графіках наведені середні значення та їх стандартні похибки. Результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (відмінності між середніми значеннями обчислювали за Стьюдентом, їх вважали вірогідними за $P \leq 0,05$).

Результати та обговорення. За результатами наших досліджень встановлено, що стимулятори росту інтенсифікували лінійний ріст рослин томатів гібриду Хепінет (рис. 1). На кінець досліджуваного періоду найвищими були рослини, оброблені гібереловою кислотою. Цей препарат збільшував висоту рослин на 26%. Після застосування 1-нафтилоцтової кислоти лінійні розміри рослин томатів збільшувалися на 11%, а за дії 6-бензиламінопурину на 16%.

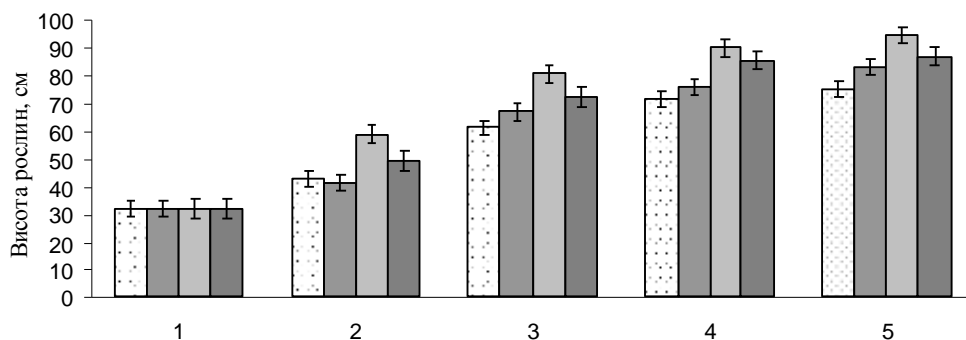


Рисунок 1. Вплив стимуляторів росту на висоту рослин томатів гібриду Хепінет. Обробку проводили у фазу бутонізації 18 червня 2021 р.
1 – дата обробки; 2 – 10-й день після обробки; 3 – 20-й день після обробки; 4 – 30-й день після обробки; 5 – 40-й день після обробки.
□ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-ий 6-бензиламінопурин.

Основним донором асимілятів у рослині є листок. Тому важливо встановити вплив стимуляторів росту на листковий апарат. Результати наших досліджень свідчать, що препарати позитивно вплинули на кількісні показники листків.



Досліджено, що найбільша кількість листків спостерігалася після обробки гібереловою кислотою. За її впливу показник зростав на 49% (рис. 2).

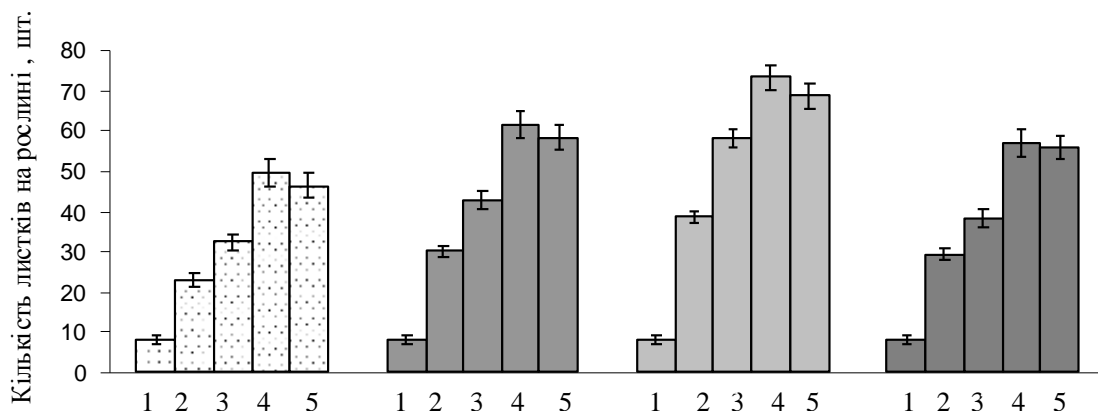


Рисунок 2. Вплив стимуляторів росту на кількість листків на рослині томатів гібриду Хепінет. Обробка у фазу бутонізації 18.06. 2021 р.
□ – контроль, ■ – 0,005% -а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005% -а гіберелова кислота, ■ – 0,005% -й 6-бензиламінопурин. 1 – дата обробки; 2 – 10-й день після обробки; 3 – 20-й день після обробки; 4 – 30-й день після обробки; 5 – 40-й день після обробки.

1-нафтилоцтова кислота та 6-бензиламінопурин збільшували кількість листкових пластинок на 26 та 20% відповідно. Схожі результати було зафіксовано за дії цитокінінового препарату – трептолему на культурі льону олійного [15] та маку снотворного [16]. В цілому загальна кількість основних фотосинтезуючих органів найбільшою була після обробки рослин томатів гібереловою кислотою. Показник перевищував контрольний варіант на 60%. Після застосування 1-нафтилоцтової кислоти кількість листкових пластинок на рослині збільшувалася на 47%, а за дії 6-бензиламінопурину на 45% (рис. 3). Схожі результати нами зафіксовано на цій культурі у вегетаційному досліді [26] та культурі баклажана [5].

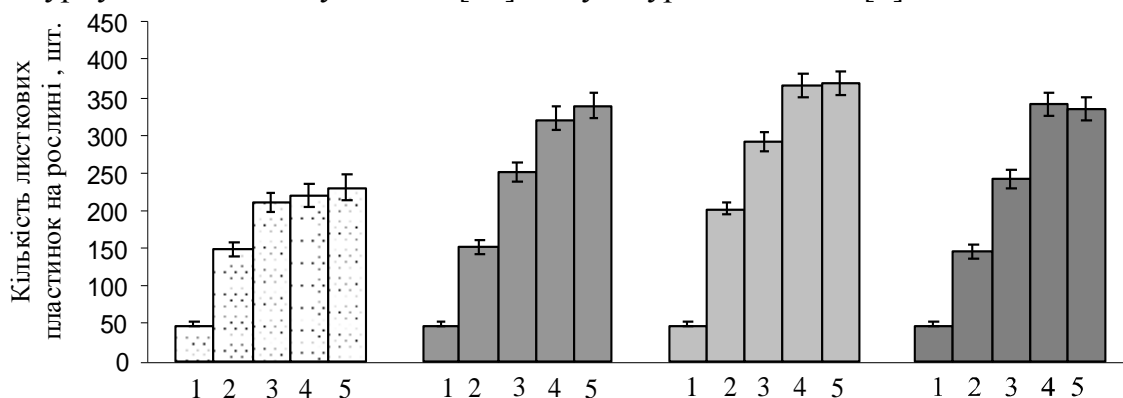


Рисунок 3. Вплив стимуляторів росту на кількість листкових пластинок на рослині томатів гібриду Хепінет. Обробка у фазу бутонізації 18.06. 2021 р.
□ – контроль, ■ – 0,005% -а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005% -а гіберелова кислота, ■ – 0,005% -й 6-бензиламінопурин. 1 – дата обробки; 2 – 10-й день після обробки; 3 – 20-й день після обробки; 4 – 30-й день після обробки; 5 – 40-й день після обробки.



Аналіз маси сирової речовини листків вказує на те, що всі стимулятори росту збільшували цей показник на кінець періоду досліджень (табл. 1). Найвищим він був за застосування гіберелової кислоти. Він перевищував контрольний показник на 45%. Дещо меншою була маса сирової речовини листків після обробки 6-БАП – 40%. На 28% зростала маса сирого листа за дії 1-НОК. Збільшення маси листа за обробки трептолемом встановлено у рослин льону олійного [15] та маку снотворного [16]

Таблиця 1

Вплив регуляторів росту на морфологічні показники рослин томатів гібриду Хепінет (фаза початку формування плодів, n = 10, $\bar{x} \pm SD$)

Варіант	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Маса сирової речовини стебел, г	207,99±9,98	240,11±11,01	332,71±15,58*	315,53±15,05*
Маса сухої речовини стебел, г	35,95±1,77	42,05±2,03*	58,12±2,88*	54,51±2,67*
Маса сирової речовини коріння, г	23,28±1,11	30,66±1,44*	33,86±1,67*	31,66±1,55*
Маса сухої речовини коріння, г	4,56±0,22	6,16±0,28*	7,03±0,32*	6,18±0,29*
Маса сирової речовини листя, г	80,08±3,88	102,25±4,74*	116,29±5,15*	111,77±5,75*
Маса сухої речовини листя, г	16,89±0,77	21,15±0,98*	23,32±1,11*	32,52±1,55*
Маса сирової речовини плодів, г	477,11±19,98	538,32±22,12	651,12±32,23*	556,67±22,02*
Маса сухої речовини плодів, г	52,43±2,28	59,91±2,88	71,86±3,32*	62,29±3,01*

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

Схожою була і тенденція зростання маси сухої речовини листя. За обробки ГК₃ показник зростав на 38%, після застосування 6-БАП на 33% та на 25% за дії 1-НОК (табл. 1). Аналогічні результати за обробки цими ж препаратами фіксувалися нами раніше у гібриду томатів Бобкат в умовах вегетаційного дослідження [26].

Важливим показником, що впливає на біологічну продуктивність рослини є площа листя (рис. 4).

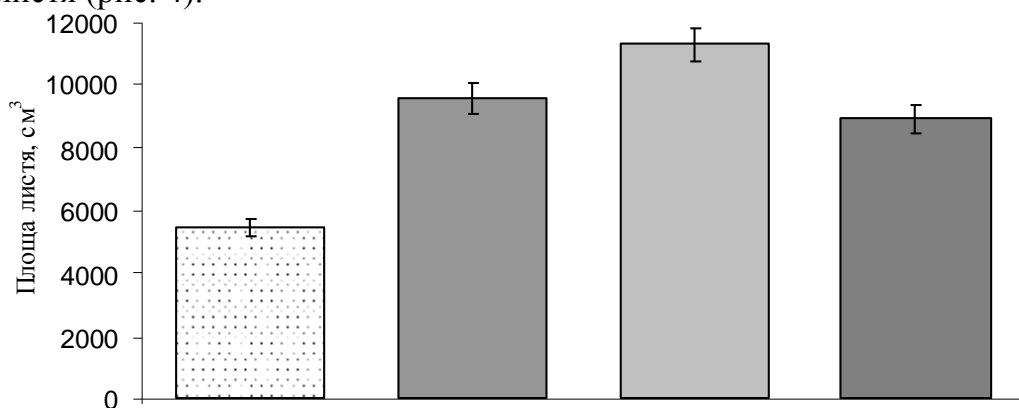


Рисунок 4. Вплив регуляторів росту на площу листя рослин томатів гібриду Хепінет. Обробку проводили у фазу бутонізації 18. 06. 2021 р. Фаза початку формування плодів.
 □ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

Проаналізувавши площу листової поверхні на кінець дослідження, нами встановлено, що у фазу початку формування плодів найбільшою була площа після обробки гібереловою та 1-нафтилоцтовою кислотами. За дії цих препаратів показник був вищим, ніж у контролі, на 108 та 79% відповідно. Після застосування 6-



бензиламінопурину площа листків збільшувалася на 65% [5, 19, 26].

Стимулятори росту також підвищували такий важливий ценотичний показник насаджень як листковий індекс. Результати досліджень свідчать, що 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП підвищували його на 77, 108 та 65% відповідно (рис. 5).

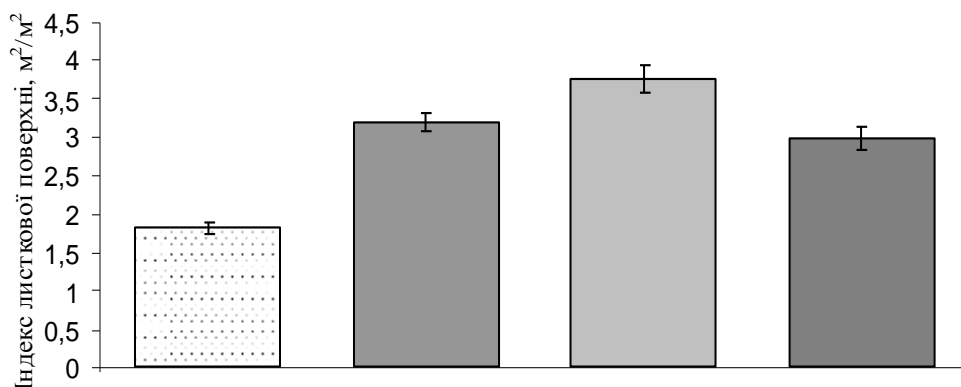


Рисунок 5. Вплив регуляторів росту на листковий індекс гібриду Хепінет. Обробку проводили у фазу бутонізації 18. 06. 2021 р. Фаза початку формування плодів.
■ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

З метою більш глибокого вивчення змін фотосинтетичного апарату томатів за дії стимуляторів росту нами проведено дослідження концентрації хлорофілів у листках дослідних рослин. Так, цитокініновий стимулятор росту найбільш суттєво збільшував суму хлорофілів у листках (64%). Після застосування 1-нафтилоцтової кислоти показник зростав на 45%, а під впливом гіберелової кислоти на 37% (рис. 6).

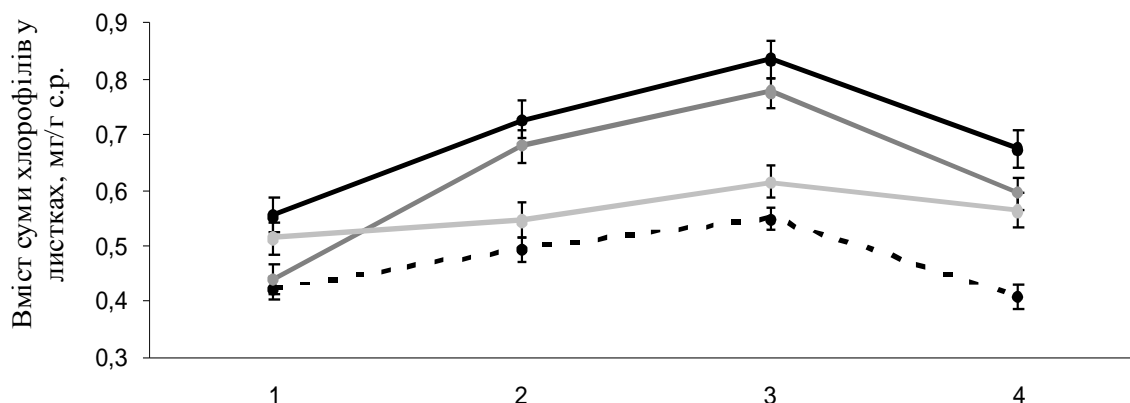


Рисунок 6. Вплив регуляторів росту на вміст суми хлорофілів ($a+b$) у листках рослин томатів гібриду Хепінат. Обробка у фазу бутонізації 18.06.2021 р.
1 – дата обробки; 2 – 10-й день після обробки; 3 – 20-й день після обробки; 4 – 30-й день після обробки; 5 – 40-й день після обробки.
- - - - - контроль, — — — — — 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, — — — — — 0,005%-а гіберелова кислота, — — — — — 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

Іншими авторами встановлено зростання вмісту хлорофілу також у листках квасолі за обробки емістимом С (суміш ауксинів, гіберелінів та цитокінінів) [31]. Ще одним ценотичним показником, який вказує на вміст хлорофілів на одиницю площі насаджень, є хлорофільний індекс. Результати наших досліджень свідчать, що



максимальне значення цього показника спостерігалось за обробки синтетичним цитокініном 6-бензиламінопурином (40%). При застосуванні синтетичного ауксину – 1-нафтилоцтової кислоти він мав лише тенденцію до зростання, а за дії гіберелової кислоти тенденцію до зниження у порівнянні з контролем (рис. 7).

Зміни у структурі листкового апарату позитивно впливали на інші анатомо-морфологічні показники рослин. Нами встановлено, що усі стимулятори росту, збільшували масу сирої та сухої речовини стебел та коріння. Найбільш суттєво показники зростали після застосування ГК₃ та 6-БАП (табл. 1). За обробки синтетичними гібереліном та цитокініном маси сирої та сухої речовини збільшувалися на 35-60%. При застосуванні 1-НОК зростання мас осьових органів було не таким суттєвим.

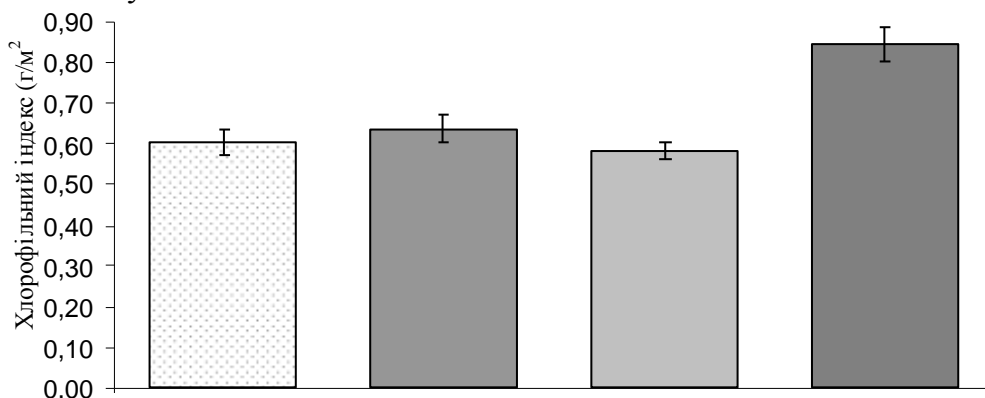


Рисунок 7. Вплив регуляторів росту на хлорофільний індекс насаджень томатів гібриду Хепінет. Обробку проводили у фазу бутонізації 18. 06. 2021 р. Фаза формування плодів.
 □ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

Для рослин томатів важливим морфологічним показником є стійкість стебла до вилягання. Оскільки при значному навантаженні рослин плодами на кінцевих етапах онтогенезу стебла у них часто ламаються, що обумовлює псування врожаю та зменшує його комерційну привабливість. Нами встановлено, що стимулятори росту потовщували кореневу шийку та діаметр стебла в середній частині. Максимальне потовщення зафіксовано за обробки ГК₃ та 6-БАП (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив стимуляторів росту на діаметр стебла та кореневої шийки у рослин томатів гібриду Хепінет

Варіант досліджу	Діаметр стебла, см					Діаметр кореневої шийки, см				
	18.06.	28.06.	08.07.	18.07.	28.07.	18.06.	28.06.	08.07.	18.07.	28.07.
Контроль	0,58± 0,02	0,90± 0,04	0,90± 0,04	0,95± 0,04	1,14± 0,05	0,61± 0,03	0,98± 0,04	1,12± 0,05	1,15± 0,05	1,26± 0,06
1-НОК	0,58± 0,02	0,94± 0,04*	1,02± 0,04	1,10± 0,04*	1,23± 0,06	0,61± 0,03*	0,91± 0,04	1,24± 0,06	1,37± 0,06*	1,36± 0,06
ГК ₃	0,58± 0,02	0,96± 0,04*	1,13± 0,05*	1,24± 0,06*	1,38± 0,06*	0,61± 0,03	1,12± 0,05	1,54± 0,07*	1,71± 0,06*	1,65± 0,08*
6-БАП	0,58± 0,02	0,91± 0,04*	1,02± 0,04	1,17± 0,05*	1,32± 0,06*	0,61± 0,03	1,09± 0,05*	1,37± 0,06*	1,57± 0,07*	1,54± 0,07*

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



Товщина кореневої шийки за обробки цими препаратами збільшувалася на 22-31%, а товщина стебла в середній частині на 16-21%.

Важливим з точки зору ефективності біологічної продуктивності дослідних рослин є вивчення динаміки накопичення сухої речовини рослинами (рис. 8). Усі три стимулятори росту суттєво збільшували масу сухої речовини цілої рослини. На кінець періоду досліджень найвищі показники спостерігалися після застосування гіберелової кислоти. Показник зростав на 46%. За дії 6-бензиламінопурину маса сухої речовини рослини збільшувалася на 32%, а за обробки нафтилоцтової кислоти – на 18%.

Одним з основних напрямків використання регуляторів росту та розвитку рослин є оптимізація продукційного процесу та покращення якісних характеристик сільськогосподарської продукції. За результатами проведених нами досліджень встановлено, що зміни морфометричних та біохімічних показників дослідних рослин під впливом регуляторів росту обумовлювали позитивні зміни у продуктивності рослин томатів.

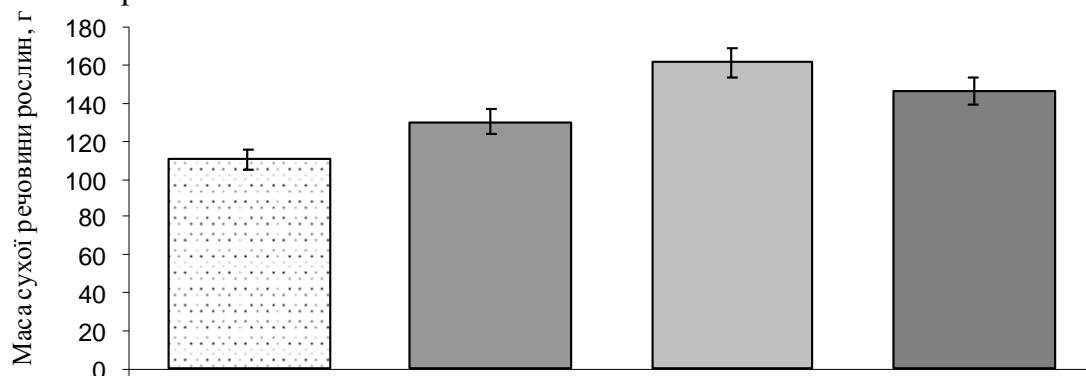


Рисунок 8 . Вплив регуляторів росту на масу сухої речовини рослин томатів гібриду Хепінет. Обробку проводили у фазу бутонізації 18. 06. 2021 р. Фаза початку формування плодів.
□ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

Зокрема, встановлено, що стимулятори росту та розвитку збільшували кількість плодів на рослині. Найбільше цей показник зростав після застосування гіберелової кислоти (46%) та 6-бензиламінопурину (27%). 1-НОК збільшувала кількість плодів на 13% (рис. 9). Стимулятори росту також збільшували масу сирогої та сухої речовини плодів. Найбільш ефективним було застосування гіберелової кислоти, під впливом якої величини цих показників були в 1,36 рази більшими, ніж в контролі (див. табл. 1).

У зв'язку із зміною кількісних показників елементів продуктивності за дії регуляторів росту відбувалося покращення біологічної продуктивності культури (табл. 3.). Ауксиновий, гібереліновий та цитокініновий стимулятори росту збільшували загальну кількість плодів на рослині на 11,6, 44,5 та 26,5%, відповідно. В результаті застосування препаратів відбувалося збільшення урожайності плодів з однієї рослини відповідно на 12,87%, 36,52% та 16,62%.



Таблиця 3

Вплив регуляторів росту на елементи урожайності рослин томатів гібриду Хепінет

Показник	Контроль	1-НОК	ГК ₃	6-БАП
Кількість плодів на рослині, шт.	8,88 ±0,41	9,91 ±0,48	12,83 ±0,58*	11,23 ±0,55*
Маса плодів з однієї рослини, г	477,03 ±22,02	538,42 ±25,08	651,23 ±28,84*	556,32 ±22,63*

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

В цілому урожайність з ділянки при застосуванні 1-НОК, ГК₃ та 6-БАП перевищувала контрольний показник відповідно на 16,9, 36,6 та 29,7% (рис. 10). Оптимізація продуктивності зафіксована іншими дослідниками на культурах льону олійного [15] та маку снодійного [16] після застосування трептолему.

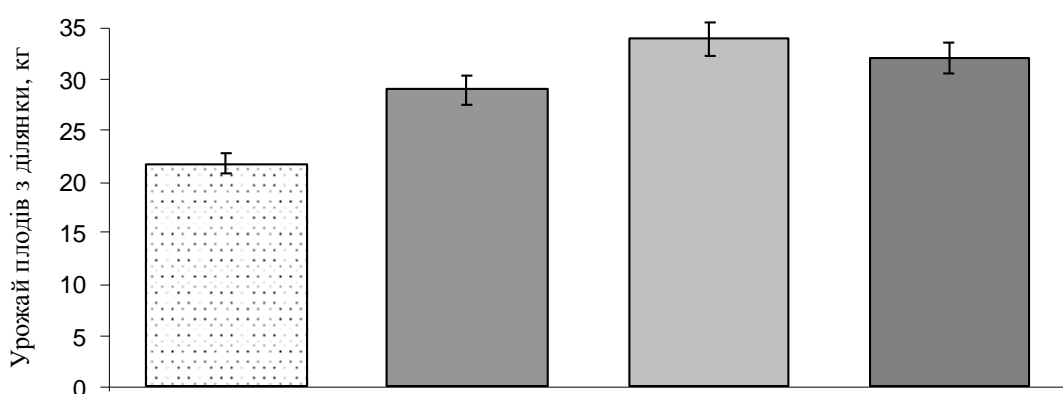


Рисунок 10. Вплив регуляторів росту на урожай плодів рослин томатів гібриду Хепінет з ділянки. Обробка у фазу бутонізації 18. 06. 2021 р. Фаза початку формування плодів.

□ – контроль, ■ – 0,005%-а 1-нафтилоцтова кислота, ■ – 0,005%-а гіберелова кислота, ■ – 0,005%-й 6-бензиламінопурин.

Висновки. Синтетичні стимулятори росту та розвитку рослин 1-нафтилоцтова кислота, гіберелова кислота, 6-бензиламінопурин зумовлювали зміни у морфогенезі і продуктивності рослин томатів гібриду Хепінет. Усі стимулятори росту збільшували висоту рослин, кількість листків та кількість листкових пластинок на рослині. Препарати збільшували масу сирої та сухої речовини листків, масу сухої речовини цілої рослини, вміст суми хлорофілів у листках, площу листової поверхні дослідних рослин та листовий індекс насаджень 1-нафтилоцтова кислота, гіберелова кислота та 6-бензиламінопурин підвищували загальну урожайність плодів з дослідних ділянок відповідно на 17, 37 та 30%.

Література

1. Дженго, Д. М. (1992). Использование регуляторов роста растений при выращивании табака на выщелоченном черноземе Западного Предкавказья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09. Краснодар, 24 с.
2. Кур'ята, В. Г., Попроцька, І. В., & Рогач, Т. І. (2017). Вплив стимуляторів росту та ретардантів на утилізацію резервної олії проростками соняшнику. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8(3), 317–322.
3. Рогач, В. В. (2017). Вплив стимуляторів росту на фотосинтетичний апарат, морфогенез і продукційний процес баклажана (*Solanum melongena*). *Biosystems Diversity*, 25(4), 297-304.
4. Рогач, В. В., & Рогач, Т. І. (2015). Вплив синтетичних стимуляторів росту на морфофізіологічні характеристики та біологічну продуктивність культури картоплі. *Вісник Дніпропетровського*



- університету. *Біологія, екологія*, 23 (2), 221-224.
5. Рогач В. В., Кірізій Д. А., Стасик О. О., & Рогач Т. І. (2020). Морфогенез, фотосинтез і продуктивність баклажанів за впливу регуляторів росту з різними механізмами дії. *Фізіологія рослин і генетика*, 2 (52), 152-168.
 6. Ahanger, M.A., Alyemeni, M.N., Wijaya, L., Alamri, S.A., Alam, P., Ashraf, M., et al. (2018). Potential of exogenously sourced kinetin in protecting *Solanum lycopersicum* from NaCl-induced oxidative stress through up-regulation of the antioxidant system, ascorbate-glutathione cycle and glyoxalase system. *PLoS ONE*, 13(9): e0202175.
 7. AOAC (2010) Official Methods of Analysis of Association of Analytical Chemist International 18th ed. Rev. 3. 2010. Asso of Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland, USA.
 8. Aremu, A.O., Plackova, L., Masondo, N.A., Amoo, S.O., Moyo, M., Novak, O., Dolezal, K., & Staden, J.V. (2017). Regulating the regulators: responses of four plant growth regulators during clonal propagation of *Lachenalia montana*. *Plant Growth Regul.*, 82, (2), 305-315.
 9. Deepak Jakhar, T., Nain, S., & Jakhar, N. (2018). Effect of Plant Growth Regulator on Growth, Yield & Quality of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Cultivar 'Shivaji' under Punjab Condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 7(6), 2630-2636.
 10. Gelmesa, D., Abebie, B., & Desalegn, L. (2013). Effects of Gibberellic acid and 2,4-Dichlorophenoxy Acetic Acid Spray on Vegetative Growth, Fruit Anatomy and Seed Setting of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Sci. Technol. Arts Res. J.*, 2(3), 25-34.
 11. Gosai, S., Adhikari, S., Khanal, S., & Poudel, P.B. (2020). Effects of plant growth regulators on growth, flowering, fruiting and fruit yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) : A review. *Archives of Agriculture and Environmental Science*, 5(3), 268 -274.
 12. Hossain, M. E., Amin, R., Sani, M. N. H., Ahamed, K. U., Hosain, M. T., & Nizam, R. (2018). Impact of Exogenous Application of Plant Growth Regulators on Growth and Yield Contributing Attributes of Summer Tomato. *International Journal of Plant and Soil Science*, 24(5), 1-14.
 13. Jyoti Singh, A.K. Dwivedi, Poornima Devi, Jyoti Bajeli, Arunima Tripathi, & Sunil Kumar Maurya. (2019). Effect of Plant Growth Regulators on Growth and Yield Attributes of Tomato (*Solanum lycopersicom* Mill.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(1), 1635-1641.
 14. Kamran, M., Danish, M., Saleem, M. H., Malik, Z., Parveen, A., Abbasi, G. H., Jamil, M., Ali, S., Afzal S., Riaz M., Rizwan M., Ali M., & Zhou, Y. (2021). Application of abscisic acid and 6-benzylaminopurine modulated morpho-physiological and antioxidative defense responses of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by minimizing cobalt uptake. *Chemosphere*, 263, 128169.
 15. Khodanitska, O. O., Kuryata, V. G., Shevchuk, O. A., Tkachuk, O. O., & Poprotska, I. V. (2019). Effect of treptolem on morphogenesis and productivity of linseed plants. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (2), 119-126.
 16. Kuryata, V. G., Polyvanyi, S. V., Shevchuk, O. A., & Tkachuk, O. O. (2019). Morphogenesis and the effectiveness of the production process of oil poppy under the complex action of retardant chlormequat chloride and growth stimulant treptolem. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 127-134.
 17. Lathiya Jasmin, B., Sanjeev Kumar, & Shivani Modi. (2018). Influence of Plant Growth Regulators on Growth and Yield of Greenhouse Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(8), 1603-1609.
 18. Maboko, M. M., & Du Plooy, C. P. (2015). Effect of plant growth regulators on growth, yield, and quality of sweet pepper plants grown hydroponically. *HortScience*, 50(3), 383-386.
 19. Nielsen, T. H., & Ulvskov, P. (1992). Cytokinins and leaf development in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Planta*, 188(1), 78-84.
 20. Patel, J. B., & Vaja, A. D. (2016). Effect of plant growth regulators on plant growth, yield and its components in brinjal: a review. *AGRES – An International e-Journal*, 5(1), 1-12.
 21. Patil, Y. K., Thakur, V. V., Choudhari, N. B., Zote, R. K., & Lagad, V. S. (2018). Influence of plant growth regulators on seed germination and regeneration of shoots and roots in Chili (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 242-248.
 22. Poprotska, I. V., & Kuryata, V. G. (2017). 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. *Regulatory mechanisms in biosystems*, 8(1), 71-76.
 23. Rademacher, W. (2018). Chemical regulators of gibberellin status and their application in plant production. *Annual Plant Reviews online*, 359-403.
 24. Rahman, M., Nahar, M. A., Sahariar, M. S., & Karim, M. R. (2015). Plant growth regulators promote growth and yield of summer tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Progressive Agriculture*, 26(1), 32-37.
 25. Ricci, A., Carra, A., Torelli, A., Maggiali, C. A., Vicini, P., Zani, F., & Branca, C. (2001). Cytokinin-like activity of N'-substituted N-phenylureas. *Plant growth regulation*, 34(2), 167-172.
 26. Rohach, V.V., Kiriziy, D.A., Stasik, O.O., Mickevicius, S., & Rohach, T.I. (2020). The effect of growth promoters and retardants on the morphogenesis, photosynthesis and productivity of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Fiziol. rast. genet.*, 52 (4), 279-294.



27. Sahu, G., Aslam, T., Das, S. P., Maity, T. K., & Gupta, N. K. (2017). A study on pre-flowering foliar spray of plant growth regulator on growth and yield parameters in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under protected condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(7), 3998-4007.
28. Santos, C. A. C., Peixoto, C. P., Vieira, E. L., Carvalho, E. V., & Peixoto, V. A. B. (2012). Ação da interação cinetina, ácido indolbutírico e ácido giberélico no crescimento inicial e florescimento do girassol. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 310-315.
29. Saurabh, T., Singh Sanjive, K., Dubey, A. K., & Pratap, S. J. Abhishek (2017). Role of Plant Hormones on Vegetative Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(9), 3319-3323.
30. Sharma, M. D. (2006). Effect of plant growth regulators on growth and yield of brinjal at Khajura, Banke. *Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science*, 27, 153-156.
31. Shevchuk, O. A., Kravets, O. O., Shevchuk, V. V., Khodanitska, O. O., Tkachuk, O. O., Golunova, L. A., Polyvaniy, S. V., Knyazyuk, O. V., & Zavalnyuk, O. L. (2020). Features of leaf mesostructure organization under plant growth regulators treatment on broad bean plants. *Modern Phytomorphology*, 14, 104-106.
32. Starck, Z., Stahl, E., & Witek-Czupryńska, B. (1987). Responsiveness of tomato plants to growth regulators depends on light and temperature conditions. *Journal of plant physiology*, 128(1-2), 121-131.
33. Tomar, S., Rajiv, Singh, D. P., & Kumari, M. (2020). Effect of GA₃ and NAA on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) – a review. *Plant Archives*, 20, Special Issue (AIAAS-2020), 71-72.
34. Uddain, J., Hossain, K. M. A., Mostafa, M.G., & Rahman, M. J. (2009). Effect of Different Plant Growth Regulators on Growth and Yield of Tomato. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 1(3), 58-63.
35. Verma, P. P. S., Meena, M. L., & Meena, S. K. (2014). Influence of plant growth regulators on growth, flowering and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv. H-86. *Indian Journal of Hill Farming*, 27(2), 19-22.