

6. The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla / O. Jaillon, J. M. Aury, B. Noel [et al.] // Nature. – 2007. – Vol. 449. – P. 463–467.
7. Use of genetic markers to assess pedigrees of grape cultivars and breeding program selections / J. Bautista, G. S. Dangi, J. Yang [et al.] // Am. J. Enol. Viticult. – 2008. – Vol. 59, № 3. – P. 248–254.
8. Мікросателітний аналіз походження сортів та форм винограду селекції ННЦ «ІВіВ ім. В.С. Таїрова» / О. М. Карастан, Н. А. Мулюкіна, Г. В. Плачинда [та ін.] // Виноградарство і виноробство : міжвідомчий темат. наук. зб. – Одеса : ННЦ «ІВіВ ім. В. С. Таїрова», 2014. – Вип. 51. – С. 139–144.
9. Карастан О. М. Происхождение некоторых форм винограда селекции ННЦ «ИВив им. В. Е. Таирова» / О. М. Карастан, Н. А. Мулюкина, Е. С. Папина [и др.] // Агротехнологии XXI века: концепции устойчивого развития : материалы междунар. конф., посвященной 100-летию кафедры ботаники, защиты растений, биохимии и микробиологии (Воронеж, 17–18 апреля 2014 г.) : тезисы докл. – Воронеж, 2014. – С. 341–346.
10. Карастан О. М. Реконструкція генотипів та аналіз походження сортів винограду Северний, Одеський стійкий та Декоративний / О. М. Карастан // Вісник Одеського національного університету. – Серія «Біологія». – 2015. – Т. 20, вип. 1, № 36. – С. 82–91.
11. Ампеграфический атлас сортов и форм винограда селекции Национального научного центра «Институт виноградарства и виноделия им. В. Е. Таирова» / В. В. Власов, Н. А. Мулюкина, Л. В. Джабурия [и др.]. – Киев : Аграрна наука, 2014. – 135 с.

Карастан Ольга, Мулюкіна Ніна, Папіна Елена. Молекулярно-генетический анализ родительских и прародительских форм в верификации происхождения образцов винограда *Vitis vinifera* L. Аллельные профили девяти микросателлитных локусов (VVS2, ZAG62, ZAG79, VVMD5, VVMD7, VVMD27, VVMD28, VVMD25, VVMD32) 15 образцов винограда (*Агат таировский, Днестровский розовый, Золотистый устойчивый, Идилія мускатная, Селена, Кардишах, Кобзарь, Комета, Королева таировская, Призер, Ришелье, Румяный, Таурян, Флора, Чаривный*) использованы для исследования их происхождения путем сравнительного анализа генотипов. Микросателлитные характеристики вероятных родительских и прародительских форм получены в предыдущих исследованиях, а также заимствованы из международного каталога сортов *Vitis* с открытым доступом. Практически для всех исследованных образцов показана возможность происхождения от указанных в селекционных записях родительских форм. Для сорта *Флора* уточняется происхождение (*Мускат де Сен Валье x Хусайне белый*) *x* *Королева таировская*. Для сорта *Комета* показана возможность происхождения только от сорта *Таур*.

Ключевые слова: микросателлитный анализ, микросателлитные локусы, происхождение, виноград, *V. vinifera* L.

Karastan Olga, Mulyukina Nina, Papina Olena. Molecular-genetic Analysis of Parental and Ancestral Forms in Verifying the Origin of *Vitis Vinifera* L. Grapevine Samples. Allele profiles of nine microsatellite loci (VVS2, ZAG62, ZAG79, VVMD5, VVMD7, VVMD27, VVMD28, VVMD25, VVMD32) of 15 grapes samples (*Agat tairovskiy, Dnestrovskii rozovyi, Zolotistyi ustoichiviy, Idiliya muskatnaya, Selena, Kardishah, Kobzar, Kometa, Koroleva tairovskaya, Prizer, Rishelie, Rumyani, Tairyani, Flora, Charivnyi*) were used to study their origin by comparative analysis of genotypes. Microsatellite characteristics of probable parental and ancestral forms were obtained in previous studies, as well as borrowed from the *Vitis* International Variety Catalogue with open access. Practically for all investigated samples the possibility of an origin from the parental forms specified in selection records is shown by results of work. For the *Flora* variety, the origin is clarified (*Muscat de Saint Vallier x Khusaine belyi*) *x* *Koroleva tairovskaya*. For the *Kometa* variety, the possibility of origin only from the *Tair* variety is shown.

Key words: microsatellite analysis, microsatellite loci, origin, grapes, *V. vinifera* L.

Стаття надійшла до редколегії
19.10.2017 р.

УДК 575:631.53.027

Тетяна Лісовська

Цитогенетичні ефекти біостимуляторів рослин на основі природних сировинних ресурсів

Замочування насіння цибулі в розчинах трьох біостимуляторів, виготовлених на основі сапропелю й торфу, прискорювало проростання насіння та ріст корінців цибулі. Досліджені біостимулятори стимулюють проліферативну активність кореневої меристеми цибулі й не володіють мутагенним ефектом за результатами анателофазного тесту.

Ключові слова: природні сировинні ресурси, біостимулятори, мітотичний індекс, анателофазний тест, *Allium cepa* L.

© Лісовська Т., 2017

Постановка наукової проблеми та її значення. На сьогодні в сільському господарстві застосовують велику кількість дороговартісних хімічних добрив і штучних регуляторів росту рослин. Одночасно Україна й, зокрема, Волинська область володіють значними запасами цінних сировинних ресурсів, до яких належать торф і сапропель [9]. Останнім часом промисловість пропонує для використання в аграрному виробництві достатньо широкий спектр біостимуляторів на основі природних сировинних ресурсів (торф, сапропель, буре вугілля) [2]. Торф і сапропель містять дещо відмінні, але однаково цінні комплекси органічних речовин, найбільш важливими із яких є гумінові речовини, мікроелементи, амінокислоти та інші речовини, які покращують родючість і структуру бідних ґрунтів, стимулюють ріст та розвиток рослин, підвищують стійкість до несприятливих факторів середовища, патогенів і, зрештою, урожайність [16].

Якість біостимуляторів залежить від якості вихідної сировини й методів одержання біостимуляторів, які на сьогодні не стандартизовані [2, 20]. Стимулятори росту та розвитку рослин на основі природних сировинних ресурсів мають багатокomпонентний склад, що може зумовлювати різноспрямований вплив на клітини [16]. Даних щодо мутагенної й цитогенетичної активності біостимуляторів на основі сапропелю та торфу або основних діючих речовин – гумінових і фульвокислот мало, а ті, що є, досить суперечливі [1, 10, 11–20]. Через значну різноманітність джерел та способів одержання біостимуляторів бажано перевіряти всі препарати на генотоксичність.

Аналіз досліджень цієї проблеми. Гумінові речовини – це група органічних сполук, утворених об'єднанням високомолекулярних речовин мікробіологічного, рослинного й тваринного походження. Вони являють собою органічні макромолекули з різними властивостями та високою структурною складністю; поширені в ґрунті, природній воді й різноманітних наземних і водних середовищах. Групу гумінових речовин можна розділити на три компоненти, виходячи з їх розчинності: фульвокислоти, гумінові кислоти та гумін [16].

Гумінові препарати (ГП), виготовлені з природних сировинних ресурсів – торфу, сапропелю, бурого вугілля, – зазвичай містять у своєму складі, окрім власне гумінових і фульвокислот, більшість рослинних гормонів, амінокислоти, мікроелементи, прості органічні кислоти (янтарну, яблучну й ін.) [16, 20]. Найбільш широке застосування гумінові препарати знаходять у сільському господарстві як стимулятори росту рослин. В експериментах із різними культурами вищих рослин показано, що застосування промислових гуматів натрію, калію та амонію, незалежно від джерела сировини для їх виробництва, в оптимальних дозах помітно стимулює проростання насіння, покращує дихання й живлення рослин, збільшує довжину та біомасу проростків, підсилює ферментативну активність і скорочує надходження в рослини важких металів та радіонуклідів [1, 13].

Уважають, що біологічна активність ГП стосовно живих організмів зумовлена такими властивостями: здатністю ГП полегшувати транспорт поживних макро- й мікроелементів в організми; гормоноподібною активністю; участю в окисно-відновних процесах, впливом на синтез білка та обмін нуклеїнових кислот за рахунок активації процесів окисного та фотосинтетичного фосфорилування; антиоксидантною активністю [16]. При цьому існує проблема стандартизації препаратів із гумінових речовин. Їхні властивості залежать від особливостей технологічного процесу, виду сировини, умісту мікроелементів, зольності, окислення гуматів та інших характеристик [2, 3]. Так, гумат натрію, оброблений при температурі 250 °С, виявив генотоксичний ефект, який, як передбачають, пов'язаний з утворенням активних форм кисню, таких як супероксидний аніон [17].

На сьогодні відомий переважно позитивний вплив біостимуляторів [1, 2, 9, 13–16] на ріст і розвиток рослин, але наявність у сапропелевих і торф'яних відкладах ароматичних вуглеводнів (бітумів, похідних бензолу й ін.) та деяких інших речовин не виключає цитотоксичний і мутагенний вплив як безпосередньо біостимуляторів [15], так і продуктів метаболізму гумінових і фульвокислот, які утворюються, зокрема, під час хлорування й озонування питної води, що показано в тесті Еймса [18, 19].

Відсутність мутагенної активності гумінових кислот переважно простежується в дослідженнях їхньої антимуутагенної/дисмуутагенної активності [11, 13, 14, 21], причому інколи не досліджують генетичний ефект власне гумінових речовин [14].

Однак у низці робіт наведено дані щодо мутагенного ефекту гумінових кислот. Так, гумінова кислота та гербіциди алахлор і малеїновий гідрозид значно підвищували частоту СХО (сестринських хроматидних обмінів) у культивованих лімфоцитах людини, хоча ефект гербіцидів виявився більш вираженим [12]. Відзначено підвищення кількості хромосомних перебудов та анеуплоїдних клітин в

епітеліальних клітинах кишківника миші під впливом продуктів хлорування гуматів у водопровідній воді [15], незначне зростання мутагенності й токсичності випробуваних гумінових кислот у клітинах яєчників китайських хом'яків [11], підвищення рівня перебудов хромосом у клітинах кореневої меристеми *Allium cepa* L. залежно від концентрації гумату [10].

Через значну різноманітність джерел і способів одержання біостимуляторів бажано перевіряти всі рекомендовані до застосування препарати на генотоксичність. Дані щодо цитогенетичної активності досліджених нами біостимуляторів на сьогодні відсутні.

Мета й завдання статті. Мета дослідження полягала у вивченні ростових процесів та цитогенетичних показників меристеми цибулі *Allium cepa* L. під впливом біостимуляторів на основі природних сировинних ресурсів (торфу й сапропелю). Для досягнення мети ми дослідили вплив біостимуляторів на швидкість проростання насіння, довжину первинних корінців, а також на цитогенетичні показники – мітотичний індекс, відносну тривалість фаз мітозу в апікальній кореневій меристемі цибулі ріпчастої *Allium cepa* – та оцінили мутагенний ефект за анателофазним тестом.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. У роботі досліджено біостимулятори на основі природних сировинних ресурсів: Сапрогум К, Сапрогум NH₄ ТМ Зендер, які отримують під час обробки сапропелю гідроксидом калію й амонію [8], відповідно, та Гумат калію ТМ Садівник, виготовлений на основі низинного торфу [7]. Насіння цибулі ріпчастої *Allium cepa* L. сорту *Штутгарт* (50 насінин на варіант, триразова повторність) замочували у відповідному розчині біостимулятора протягом 24 годин (згідно з рекомендаціями до застосування), потім поміщали в чашки Петрі на змочений дистильованою водою папір і пророщували в термостаті при температурі 24° С. Біостимулятори застосовували в концентраціях, які рекомендовані до застосування:

- Сапрогум К – у співвідношенні 20 мл торгового препарату на 3 л дистильованої води;
- Сапрогум NH₄ – у співвідношенні 7,5 мл стимулятора на 1 л дистильованої води;
- Гумат К – 0,01 % розчин у дистильованій воді.

Контролем було насіння цибулі, яке пророщували на дистильованій воді.

Для встановлення стимуляційного ефекту досліджуваних препаратів обраховували відсоток насіння цибулі, яке проросло на 4-ту добу, і довжину первинних корінців. Стимуляційний ефект [СЕ] розраховували як відсоток перевищення показників у варіантах досліду відносно контролю. Одночасно фіксували корінці довжиною 1,0...1,5 см у фіксаторі (суміш етилового спирту й льодяної оцтової кислоти у співвідношенні 3:1). Після фіксації впродовж 18 годин у холодильнику при температурі +8 °С переносили корінці в 70 % етиловий спирт і зберігали в холодильнику до виготовлення препаратів.

Мітози досліджували на тимчасових давлених препаратах корінців, зафарбованих ацетокарміном за стандартною методикою [6]. Цитогенетичну активність біостимуляторів оцінювали за мітотичним індексом і відносною тривалістю фаз мітозу. Мітотичний індекс (*MI*) визначали за відношенням числа клітин, що містяться на всіх фазах мітозу, до загального числа клітин досліджуваної тканини [6]:

$$MI = \frac{I+M+A+T}{I+I+M+A+T} \cdot 100 \%,$$

де *MI* – мітотичний індекс, *I*, *II*, *M*, *A*, і *T* – відповідно, інтерфаза, профаза, метафаза, анафаза й телофаза.

Відносну тривалість фаз мітозу визначали як відношення клітин на певній фазі мітозу до загальної кількості клітин на всіх фазах мітозу:

$$II = \frac{II}{II+M+A+T} \cdot 100 \%.$$

Мутагенний ефект оцінювали за допомогою ана-телофазного тесту [6]. Ураховували хромосомні та хроматидні мости, одинарні й подвійні (парні) фрагменти, а також клітини з множинними абераціями на стадіях анафази та телофази мітозу. Статистичну обробку даних проводили за загальноприйнятими методами. Істотність різниці між варіантами досліду й контролем за досліджуваними показниками визначали за *t*-критерієм Стьюдента [5].

Результати досліду свідчать про стимуляційний ефект усіх досліджених біостимуляторів (від 10,9 % для Сапрогуму NH₄ до 52,2 % для Гумату К) на проростання насіння цибулі (рис. 1 а), однак статистично істотним цей ефект виявився лише за обробки Сапрогумом К і Гуматом К – $58,0 \pm 4,0$ та $70,0 \pm 3,7$ % пророслого насіння, порівняно з $46,0 \pm 4,1$ % у контролі (табл. 1).

Застосування всіх досліджених біостимуляторів також призвело до зростання середньої довжини корінців (рис. 1 б), однак лише при замочуванні насіння в Гуматі К стимуляційний ефект був істотним ($28,8 \pm 1,2$ мм, порівняно з $26,3 \pm 1,6$ мм у контролі (див табл. 1).

Таблиця 1

Відсоток проростання насіння й середня довжина корінців цибулі ріпчастої в контролі та за обробки біостимуляторами

| Варіант дослідження | Проросло насіння, % | Стимуляційний ефект, % | Довжина корінців, мм | Стимуляційний ефект, % |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Контроль (без біостимуляторів) | $46,0 \pm 4,1$ | | $23,2 \pm 1,8$ | |
| Сапрогум К | $58,0 \pm 4,0^*$ | 26,1 | $26,3 \pm 1,6$ | 13,4 |
| Сапрогум NH ₄ | $51,0 \pm 4,1$ | 10,9 | $24,0 \pm 1,4$ | 3,4 |
| Гумат К | $70,0 \pm 3,7^*$ | 52,2 | $28,8 \pm 1,2^*$ | 24,1 |

* – Різниця між контролем і дослідом істотна при $P \leq 0,01$.

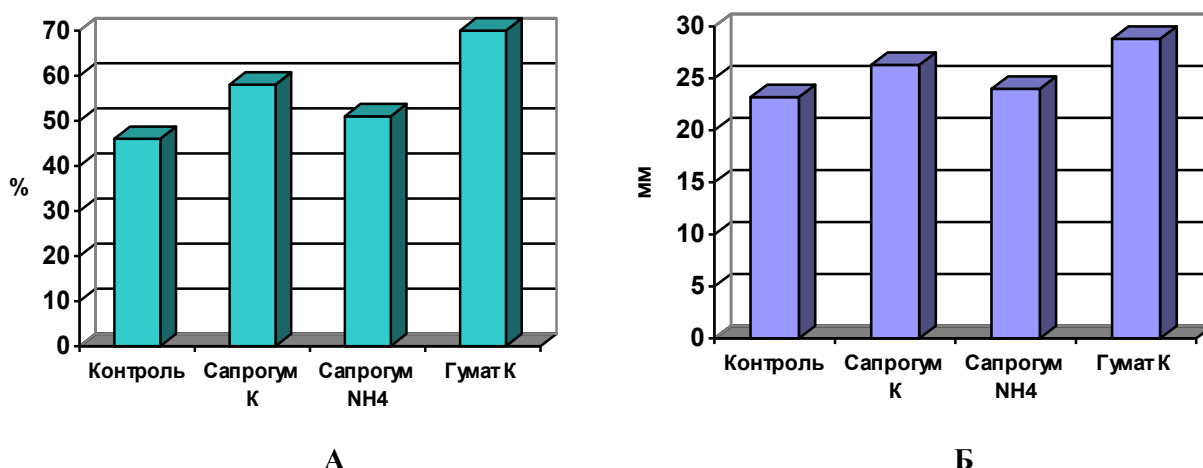


Рис. 1. Проростання насіння, % (А) і середня довжина корінців, мм (Б) цибулі ріпчастої в контролі та за обробки біостимуляторами

Цитогенетичну активність досліджуваних біостимуляторів визначали за інтенсивністю поділів клітин кореневої меристеми цибулі й відносною тривалістю окремих фаз мітозу (табл. 2).

Замочування насіння цибулі в розчинах усіх досліджених біостимуляторів призвело до зростання мітотичного індексу кореневої меристеми різною мірою (див. табл. 2), що свідчить про стимуляцію проліферативної активності тканин. Більш виражений стимуляційний ефект спостерігали за застосування Сапрогуму К і Гумату К (МІ дорівнює 11,1 та 12,0 %, відповідно, порівняно з 9,1 % у контролі). Застосування Сапрогуму NH₄ викликало найменший стимуляційний ефект – 9,7 % клітин на стадії мітозу, порівняно з 9,1 % у контролі.

Таблиця 2

Мітотичний індекс (МІ) та відносна тривалість фаз мітозу в контролі й у варіантах досліджу

| Варіант дослідження | МІ, % | Відносна тривалість фаз мітозу, % | | | |
|--------------------------|-------|-----------------------------------|----------|---------|----------|
| | | профаза | метафаза | анафаза | телофаза |
| Контроль | 9,1 | 41,5 | 25,5 | 13,6 | 19,4 |
| Сапрогум К | 11,1 | 39,8 | 24,1 | 15,7 | 20,4 |
| Сапрогум NH ₄ | 9,7 | 49,6 | 21,1 | 11,7 | 17,6 |
| Гумат К | 12,0 | 42,8 | 26,0 | 14,6 | 16,6 |

Відносна тривалість фаз мітозу при застосуванні Сапрогуму К і Гумату К практично не відрізнялася від контролю. Відносна тривалість профазі за обробки Сапрогумом NH₄ зростає (рис. 2), а метафази й анафази – скорочується, що може бути зумовлено затримкою мітотичного циклу на стадії профазі.

Класичним методом для дослідження мутагенної дії певних факторів на живі об'єкти є анателофазний тест на клітинах меристеми корінців цибулі, який дає змогу здійснити відносно швидкий скринінг хімічних сполук із визначенням їхнього потенціального ризику [7]. Важливою перевагою цього методу є хороша кореляція результатів цього тесту із даними, отриманими на інших тест-системах.

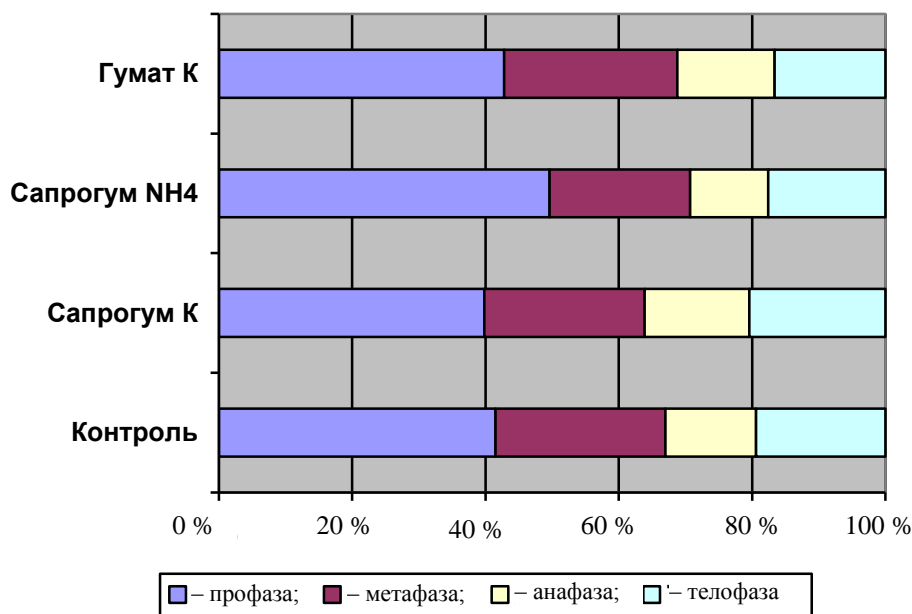


Рис. 2. Відносна тривалість фаз мітозу кореневої меристеми цибулі за обробітку насіння біостимуляторами

Сапрогум К і Гумат К викликали незначне зменшення частоти хромосомних аберацій за результатами анателофазного тесту (2,78 і 2,53 %, відповідно, порівняно з 3,20 % у контролі), що свідчить про наявність певного антимутагенного впливу цих біостимуляторів (табл. 3). Обробка Сапрогумом NH₄ призвела до зростання частоти хромосомних аберацій до $5,88 \pm 1,52$ %, хоча різниця з контролем була несуттєвою.

Потрібно відзначити, що в контролі й у всіх варіантах досліду ми спостерігали переважно одинарні фрагменти (рис. 3 а) і хроматидні мости (рис. 3 б), що свідчить про порушення на стадіях мітозу після завершення синтезу ДНК.

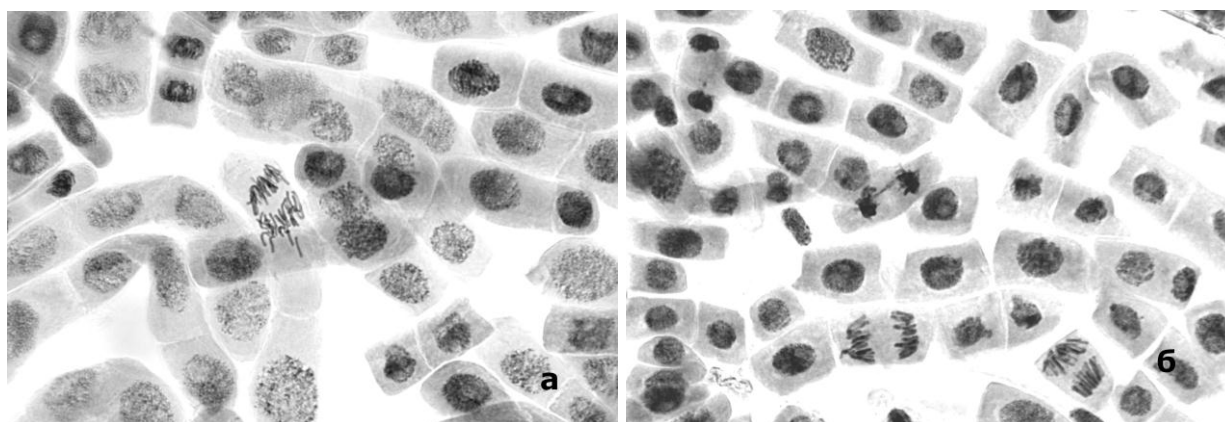


Рис. 3. Меристематичні клітини цибулі з порушеннями в мітозі: а – одинарний фрагмент в анафазі мітозу (Сапрогум К), б – хроматидний міст у телофазі мітозу (Сапрогум NH₄)

Частота клітин, % із порушеннями в анателофазі мітозу кореневої меристеми цибулі

| Варіант досліджу | Хромосоми і мости | Хроматидні мости | Подвійні фрагменти | Одинарні фрагменти | Множинні порушення | Разом |
|--------------------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Контроль | – | 1,60 ± 0,79 | 0,40 ± 0,40 | 1,20 ± 0,67 | – | 3,20 ± 1,11 |
| Сапрогум К | 0,35 ± 0,35 | 1,39 ± 0,69 | 0,69 ± 0,49 | 0,35 ± 0,35 | – | 2,78 ± 0,97 |
| Сапрогум NH ₄ | 0,42 ± 0,41 | 1,68 ± 0,83 | 0,84 ± 0,59 | 2,52 ± 1,02 | 0,40 ± 0,41 | 5,88 ± 1,52 |
| Гумат К | 0,42 ± 0,42 | 1,69 ± 0,84 | – | 0,42 ± 0,42 | – | 2,53 ± 1,02 |

Досліджені нами біостимулятори на основі природних сировинних ресурсів (сапропелю й торфу) не мають істотного мутагенного впливу, хоча при застосуванні всіх біостимуляторів спостерігали окремі клітини з хромосомними мостами, при застосуванні Сапрогуму NH₄ з'явилися клітини з множинними порушеннями, відсутні в контролі, а обробка насіння Сапрогумом NH₄ призвела до зростання загальної частоти хромосомних аберацій на 83,75 %, проте різниця з контролем була неістотною.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Обробіток біостимуляторами прискорював проростання насіння й швидкість росту корінців цибулі у всіх варіантах досліджу, але лише за обробітку Сапрогумом К і Гуматом К різниця з контролем була статистично достовірною.

Обробіток насіння досліджуваними препаратами стимулює проліферативну активність кореневої меристеми цибулі, що відбивається в зростанні мітотичного індексу. Відносна тривалість профазы за обробітку Сапрогумом NH₄ зростає, що свідчить про можливу затримку мітотичного циклу на цій стадії мітозу.

Усі досліджені нами біостимулятори в рекомендованій до застосування дозі не володіють мутагенним ефектом за результатами анателофазного тесту й можуть застосовуватися безпечно. Уважасмо необхідним продовжити дослідження антимутагенної активності біостимуляторів на основі торфу та сапропелю – Гумату К і Сапрогуму К.

Джерела та література

1. Дідковська Т. П. Технологічні основи виготовлення та застосування гуматів під овочеві культури : автор. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.04 – «Агрохімія» / Дідковська Тетяна Павлівна. – Харків, 2009. – 20 с.
2. Инновационные удобрения на основе гуминовых кислот / О. А. Шаповал, И. П. Можарова, М. Т. Мухина, А. С. Лазарева // Десятая Международная конференция daRostim «Гуминовые вещества и другие биологически активные соединения в сельском хозяйстве» : сб. тезисов. – Москва : НП «ЭАЦПОС» Гумус Сапиенс», 2014. – С. 80–83.
3. Комиссаров И. Д. Влияние способа извлечения гуминовых кислот из сырья на химический состав получаемых препаратов / И. Д. Комиссаров, И. Н. Стрельцова // Гуминовые препараты. Научные труды ТСХИ. – Тюмень, 1971. – Т. XIV. – С. 48–63.
4. Куцоконь Н. І. Рослинні тест-системи для визначення генотоксичності / Н. І. Куцоконь // Вісник НАН України. – 2010. – 4. – С. 48–52.
5. Лакин Г. Р. Биометрия / Г. Р. Лакин. – Москва : Высш. шк., 1990. – 352 с.
6. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / З. П. Паушева. – Москва : Агропромиздат, 1988. – С. 208–209.
7. Препарат ГУМАТ КАЛІЮ 50г ТМ АГРОХИМПАК ТМ Садівник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://prom.ua/p520314026-preparat-gumat-kalyu;all.html>
8. Сапрогум – Зендер-Україна [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zander-ukraine.com/ua/products/saprogum>
9. Шевчук М. Й. Сировинна база матеріалів Волинської області для виробництва екологічно безпечних добрив та гумінових препаратів / М. Й. Шевчук, Т. П. Дідковська // Агроекологічний журнал. – 2008. – Черв. (спец. вип.). – С. 268–270.
10. Цитогенетичні ефекти при дії гумату натрію в діапазоні високих концентрацій / І. Р. Бариліак, В. М. Шкарупа, Л. В. Неумержицька, І. Д. Гуменюк // Проблеми екологічної та медичної генетики і клінічної імунології. – 2009. – № 4 (91). – С. 15-19.
11. Desmutagenic activity of natural humic acids: inhibition of mitomycin C and maleic hydrazide mutagenicity / R. Cozzi, M. Nicolai, P. Perticone et al. // Mutation Research. – 1993. – Vol. 299 (1). – P. 37–44.

12. Genotoxicity of humic acid in cultured human lymphocytes and its interaction with the herbicides alachlor and maleic hydrazide / G. Ribas, E. Carbonell, A. Creus et al. // P. Environ. Mol. Mutagen. – 1997. – № 3. – P. 272–276.
13. Gorova A. Cytogenetic Effects of Humic Substances and Their Use for Remediation of Polluted Environments / A. Gorova, T. Skvortsova, I. Klimkina, A. Pavlichenko // Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice / [I. V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn (eds)] // NATO Science Series (Series IV : Earth and Environmental Series. – Dordrecht : Springer, 2005. – Vol. 52. – P. 311–328.
14. Humic acids protective activity against manganese induced LTR (long terminal repeat) retrotransposon polymorphism and genomic instability effects in Zea mays / E. Yigider, M. S. Taspinar, B. Sigmaz et al. // Plant Gene. – 2016. – Vol. 6. – P. 13–17.
15. In vivo cytogenetic effects of natural humic acid / F. Bernacchi, I. Ponzanelli, M. Minunni et al. // Mutagenesis. – 1996. – Vol. 11 (5). – P. 467–469.
16. Kulikova N. A. Mitigating activity of humic substances: direct influence on biota / N. A. Kulikova, E. V. Stepanova, O. V. Koroleva // Use of Humic Substances to Remediate Polluted Environments: From Theory to Practice / [I. V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkorn (eds)]. NATO Science Series (Series IV : Earth and Environmental Series. – Dordrecht : Springer, 2005. – Vol. 52. – P. 285–309.
17. Marova D. Antimutagenic and/or genotoxic effects of processed humic acids as tested upon *S. cerevisiae* / D. Marova, J. Kucerik, K. Duronova et al. // Environmental Chemistry Letters. – 2011. – Vol. 9 (2). – P. 229–233.
18. Mutagenic by-products from chlorination of humic acid / J. R. Meier, H. P. Ringhand, W. E. Coleman et al. // Environ Health Perspect. – 1986. – Vol. 69. – P. 101–107.
19. Mutagenicity of drinking water sampled from the Yangtze River and Hanshui River (Wuhan section) and correlations with water quality parameters / X. Lv, Y. Lu, X. Yang et al. // Sci. Rep. – 2015; 5, 9572. doi: 10.1038/srep09572.
20. Pena-Mendez E. M. Humic substances – compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine / E. M. Pena-Mendez, J. Havel, J. Patocka // J. Appl. Biomed. – 2005. – № 3. – P. 13–24.
21. Shkarupa V. M. Radioprotective properties of sodium humate in radiation-induced mutagenesis in cultured lymphocytes of thyroid cancer patients / V. M. Shkarupa, S. V. Klymenko // Exp. Oncol. – 2016. – Vol. 38, № 2. – P. 108–111.

Лисовская Татьяна. Цитогенетические эффекты биостимуляторов растений на основе природных сырьевых ресурсов. В работе изучали влияние трех биостимуляторов (Сапрогум К, Сапрогум NH₄, Гумат К), изготовленных на основе сапропеля и торфа в рекомендованной к применению дозе на скорость прорастания семян, рост первичных корней и цитогенетические показатели апикальной меристемы лука *Allium cepa*. Все исследованные биостимуляторы ускоряют прорастание семян и рост корешков лука, но только при применении Гумата К и Сапрогума К разница с контролем статистически достоверна. Исследованные препараты стимулируют в разной степени пролиферативную активность меристемы. Применение Сапрогума NH₄ вызывало задержку митотического цикла на стадии профазы. Все исследованные биостимуляторы в рекомендованной к применению концентрации не обладают мутагенным эффектом по результатам ана-телофазного теста.

Ключевые слова: природные сырьевые ресурсы, биостимуляторы, митотический индекс, ана-телофазный тест, *Allium cepa* L.

Lisovska Tatiana. Cytogenetic Effects of Plant Biostimulants on the Basis of Natural Raw Materials. The influence of three biostimulants (Saprogum K, Saprogum NH₄, Humat K), made on the basis of sapropel and peat, in the recommended dose, on the germination rate of seeds, growth of primary roots and cytogenetic indices of the apical meristem of *Allium cepa* are studied. All investigated biostimulants stimulate seed germination and growth of onion roots, but only when used Humate K and Saprogum K to differences with the control was statistically significant. The studied drugs stimulate the proliferative activity of the meristem in varying degrees. The use of Saprogum NH₄ caused a delay in the mitotic cycle at the prophase stage. All the studied biostimulants in the tested concentration do not have a mutagenic effect according to the results of an ana-telophase test.

Key words: natural raw materials, biostimulants, mitotic index, ana-telophase test, *Allium cepa* L.

Стаття надійшла до редколегії
16.11.2017 р.