

УДК 581.5:577.113:58.03

І.В. КОСАКІВСЬКА¹, В.А. НЕГРЕЦЬКИЙ¹, Д.Б. РАХМЕТОВ²,
О.І. КОВЗУН³, В.М. ПУШКАРЬОВ³, А.Ю. УСТИНОВА¹

¹ Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
Україна, 01601 м. Київ, вул. Терещенківська, 2

² Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тимірязєвська, 1

³ Інститут ендокринології та обміну речовин ім. В.П. Комісаренка НАМН України
Україна, 04114 м. Київ, вул. Вишгородська, 69

ВПЛИВ ГІПО- ТА ГІПЕРТЕРМІЇ НА ВМІСТ НУКЛЕЇНОВИХ КИСЛОТ У РОСЛИН З РІЗНИМИ ТИПАМИ ЕКОЛОГІЧНИХ СТРАТЕГІЙ

Вивчено вміст нуклеїнових кислот у рослин з різними типами екологічних стратегій. Установлено, що в контрольних умовах найбільший вміст ДНК був у пацієнта *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* і експлерента *Amaranthus caudatus*. Виявлено особливості зміни вмісту РНК після нетривалої дії температурних стресів. Тепловий стрес спричинив зменшення вмісту РНК у *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* і *Amaranthus caudatus* із С-4 типом фотосинтезу та зростання вмісту РНК у експлерента *Brassica campestris* із С-3 типом фотосинтезу. Всі досліджені рослини реагували на короткочасний холодний стрес збільшенням вмісту РНК. Рівень РНК у проростках віолента *Festuca pratensis* після короткочасних температурних стресів змінювався незначно. У *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* виявлено найменшу величину співвідношення вмісту РНК/ДНК, тоді як у *Amaranthus caudatus* ця величина була найбільшою.

Ключові слова: *Festuca pratensis* Huds., *Rumex patientia* L. × *R. tianshanicus* A. Los., *Brassica campestris* var. *olifera* f. *biennis* D.C., *Amaranthus caudatus* L., нуклеїнові кислоти, температурний стрес, екологічна стратегія.

Вивчення впливу абіотичних стресових чинників, серед яких одним з вирішальних є температурний режим, здійснюється на різних ієрархічних рівнях рослинних угруповань — від молекулярного до ценотичного [17]. Особливої уваги заслуговує дослідження механізмів адаптації рослин, які відрізняються за типом екологічної стратегії. Двовимірна класифікація екологічних стратегій Раменського-Грайма [8, 12, 13], яка враховує як впливи негативних зовнішніх факторів, так і позитивні умови, а також біологічну продуктивність рослин, на сьогодні є загально визнаною. Відповідно до неї виділяють три групи рослин: віоленти, експлеренти та пацієнти [7]. **Віоленти** — це рослини стабільних місць зростання,

«соло-домінанти» угруповань з високою біологічною продуктивністю. Нечисленна й гомогенна група представлена конкурентоспроможними рослинами. Віоленти нестійкі до дії стресів. Спеціальні пристосування для виживання в несприятливих умовах у них відсутні. **Пацієнти** — група видів, до складу якої входять рослини екстремальних місць зростання. Стійкі до дії стресів, здатні існувати за умов обмежених ресурсів. **Експлеренти** ростуть в умовах низької конкуренції подібно до віолентів. Чутливі до дії стресів, на несприятливі умови відповідають скороченням тривалості життєвого циклу та активною репродукцією.

Виживанню в трансформованих умовах докільля сприяють тимчасові зміни експресії генів. Індукція реакцій самозахисту супроводжується певними якісними та кількісними змінами в синтезі білків, які

призводять до модифікації метаболічних і захисних процесів. Важливу роль в активації біосинтезу білків відіграє транскриптом, зокрема різні типи РНК [19]. Так, рибосомна РНК (рРНК), на частку якої припадає понад 80% клітинної РНК, входить до складу рибосом і відповідає за біосинтез білка [1]. Вивчення впливу короточасних температурних стресів на вміст рРНК у рослин з різними типами екологічних стратегій не проводили. Водночас відомо, що температурний режим впливає на вміст інформаційної (матричної) РНК (мРНК). Так, підвищення температури збільшує вміст мРНК у рослинах гарбуза [15], змінює транскрипцію генів пластоми ячменю [2]. Показано, що до 4% геному (від кількості функціонуючих генів) можуть змінюватися під дією низькотемпературного стресу [11].

Мета дослідження — визначити вміст ДНК і рРНК у контрольних умовах, а також вивчити вплив короточасних температурних стресів на вміст рРНК у рослин з різними типами екологічних стратегій.

Матеріали та методи

Як віолент вивчали вівсяницю (кострицю) лучну (*Festuca pratensis* Huds.) — багаторічний нещільнокущовий верховий злак. Ареал костриці лучної охоплює територію Європи та Малої Азії. Ця рослина належить до середньоранніх. У рік сівби росте повільно, повного розвитку досягає на 2–3-й рік життя. У травостой зберігається 6–8 років і більше. Використовується для створення культурних пасовищ і сіножатей. Вид поширений у лісовій зоні й Лісостепу. Цвіте влітку. Після скошування та спасування добре відростає. У вологих умовах за сезон формує 2–3 укоси. На пасовищах витримує 5–6 циклів випасання. Урожайність сіна — 5,0–8,0 т/га і більше. Характеризується зимостійкістю та холодостійкістю. Має потужну систему поглинання, що забезпечує ефективне використання ресурсів. Коренева система проникає в ґрунт на глибину 100–160 см. Костриця добре росте на сухо-

дільних луках. Переносить тимчасову нестачу води. Витримує весняне затоплення впродовж 15–20 діб.

Як пацієнт вивчали щавнат — гібрид, створений унаслідок схрещування щавля шпинатного (*Rumex patienia* L.) і щавля тьянь-шанського (*Rumex tianshanicus* A. Los.) Щавнат — багаторічна рослина (тривалість життя — до 10 років). Як ультра-рання овочева, енергетична та кормова культура характеризується високою екологічною пластичністю. До зовнішніх факторів невибагливий, посухо-, холодо- і зимостійкий. На початку вегетації витримує приморозки до $-3...-5$ °С. Восени вегетуючі рослини витримують приморозки до $-4...-6$ °С. Коренева система не пошкоджується за температури $-25...-30$ °С, навіть коли ґрунт узимку не має сніжного покриву. Має високу репродуктивну здатність і властивість нагромаджувати та видаляти з ґрунту солі (до 300–375 кг солі з 1 га щорічно). Стійкий до вимокання та випрівання, полягання та осипання насіння. Щавнат як енергетична культура забезпечує до 20 т/га сухої сировини надземної маси, 12–15 т/га умовного фітопа-лива з калорійністю 3900–4500 ккал/м³.

Як експлеренти вивчали суріпицю озиму (*Brassica campestris* var. *olifera* f. *biennis* D.C.) і щирицю хвостату (*Amaranthus caudatus* L.). Суріпиця озима — однорічна, ранньостигла кормова, сидеральна, технічна, енергетична та медоносна рослина. Це високопродуктивна олійна культура, урожайність насіння якої досягає 3,0 т/га, а вихід ліпідів — до 1000 кг/га. Первинним центром формоутворення суріпиці вважають південний захід Азії. Належить до світлолюбних, холодо- і зимостійких рослин. Не переносить тривалого затоплення і може загинути під шаром льоду. Характеризується С-3 типом фотосинтезу.

Щириця хвостата — однорічна екологічно пластична рослина з широким діапазоном використання. Це високоврожайна культура, яка за різних умов забезпечує вихід надземної маси від 25 до 120 т/га, а

насіння — 0,8–1,5 т/га. Батьківщиною більшості видів щириці вважають Північну та «тропічну» Америку (Мексика, Аргентина, Венесуела, Перу), звідки як стародавня зернова культура вона поширилася до Центральної Америки, Азії, Африки, Австралії та Європи. Рослини щириці хвостатої невибагливі до ґрунтів, посухо- та солестійкі, стійкі до хвороб, легко адаптуються до різних екологічних умов. Щириця хвостата має С-4 тип фотосинтезу. На відміну від більшості сільськогосподарських культур у щириці відсутня так звана полуденна депресія фотосинтезу, під час якої рослини впродовж 3–4 год не синтезують органічні сполуки, а витрачають їх на дихання. Оптимальна температура для росту й розвитку щириці — 35 °С, проте рослина нормально переносить перепади нічної і денної температури. Швидкий ріст щириці спостерігається за температури 20–25 °С.

Відкаліброване за розміром насіння перші 2 доби пророщували в чашках Петрі на зволоженому фільтрувальному папері в термостаті за температури +20 °С і постійної темряви. Потім чашки Петрі переносили на світло (фотоперіод — 16 год світла : 8 год темряви). Для вивчення впливу короткочасних температурних стресів на вміст рРНК 7-добові проростки впродовж 2 год піддавали впливу температури +40 і +4 °С. Проростки зважували на електронних вагах OHAUS Adventurer (Китай) по 30 мг у трьох повторностях і фіксували в камері для глибокого заморожування (Jouan VX100, Чехія) за температури –82 °С.

Екстракцію нуклеїнових кислот проводили з використанням реагенту Trizol LS («Sigma», США) відповідно до рекомендацій фірми-виробника. Концентрацію РНК і ДНК визначали на спектрофотометрі «Nanodrop» (ND 1000, Labtech Int., Велика Британія) за довжини хвилі 260 та 280 нм. Якість, цілісність та концентрацію зразків РНК визначали на біоаналізаторі «Agilent 2100» з використанням інтегральних схем-чипів «NanoChip» відповідно до рекомендацій виробника

[4]. Екстракцію ДНК проводили з використанням QIAamp комплекту фірми «Quiagen» відповідно до протоколу. Метод передбачає гомогенізацію рослинного матеріалу в лізіс-буфері, обробку матеріалу ферментами, адсорбцію ДНК на спеціальних колонках, промивання ДНК на колонці та її елюцію спеціальним АЕ-буфером. Контроль якості отриманої ДНК здійснювали за допомогою спектрофотометра «Nanodrop» (Labtech Int., Велика Британія) за довжини хвилі 260/280 нм і електрофорезу в 1 %-му агарозному гелі з додаванням флуоресцентного барвника SYBR зеленого [5] (рис. 1).

Математичну обробку отриманих результатів проводили методами варіаційної статистики.

Результати та обговорення

Отримано нативні високоочищені препарати рРНК. Оцінка якості та цілісності зразків РНК дала змогу виявити зміни вмісту рРНК у різних видів. Екстрагована з рослинного матеріалу РНК характеризувалася співвідношенням A260/A280 у межах 1,85–2,0, що свідчить про незначну кількість домішок у препаратах. Співвідношення між кількістю 18S та 28S РНК становить у середньому близько 1,4, а індекс інтегрованості — близько 7 (рис. 2).

Дослідження рослин з різними екологічними стратегіями виявило відмінності у вмісті нуклеїнових кислот у контролі та після дії короткочасних температурних стресів.

У контрольних умовах найбільший вміст ДНК зафіксовано у щавнату (пацієнт). Дещо меншим вміст ДНК був у костриці лучної (віолент). Натомість вміст ДНК у щириці хвостатої та суріпиці озимої (експлерент) був майже вдвічі меншим порівняно із щавнатом (табл. 1).

Найнижчий вміст рРНК у контрольних умовах мав щавнат, найвищий — щириця хвостата (1697,5 нг/мкл). Костриця лучна мала невисокий вміст РНК порівняно із суріпицею озимою (див. табл. 1).

Після короткочасного теплового стресу зафіксовано зростання вмісту РНК у суріпиці озимої, зменшення — у щавнату і щириці хвостатої. Залишався стабільним вміст РНК у костриці лучної (див. табл. 1).

Усі досліджені рослини реагували на короткочасний холодний стрес збільшенням вмісту РНК. Найбільші зміни спостерігали в експлерента щириці хвостатої і пацієнта щавнату (табл. 2).

Установлено, що в пацієнта щавнату було найменше значення співвідношення РНК/ДНК, тоді як для експлерента щириці хвостатої це співвідношення було найвищим.

Адаптація рослин до стресів контролюється складною молекулярно-генетичною системою, яка запускає стресреагуючий механізм, що забезпечує гомеостаз і захищає від руйнування білки та клітинні компоненти [4, 8]. На відміну від стійкості до біотичних стресів, яка контролюється переважно поодинокими генами, абіотичні стреси експресують мультигенну систему, тому контроль та інженерія резистентності до того чи іншого негативного впливу є досить складними [14, 16]. Створення стійких до абіотичних стресів рослин ґрунтується на експресії генів, задіяних у сигнальних або регуляторних системах, початку синтезу стресових білків, функціональних і структурних метаболітів [9, 18]. Неадекватні реакції під час передачі сигналів та експресії генів можуть призвести до незворотних змін клітинного гомеостазу, руйнування білків і мембран, зрештою — до загибелі клітини [20].

У результаті проведених нами досліджень зафіксовано відмінності у вмісті ДНК і РНК у контрольних умовах у проростках рослин з різними типами екологічних стратегій. Так, пацієнт щавнат і віолент костриця лучна характеризувалися високим вмістом ДНК, тоді як експлеренти щириця хвостата і суріпиця озима — рРНК. Виявлено особливості

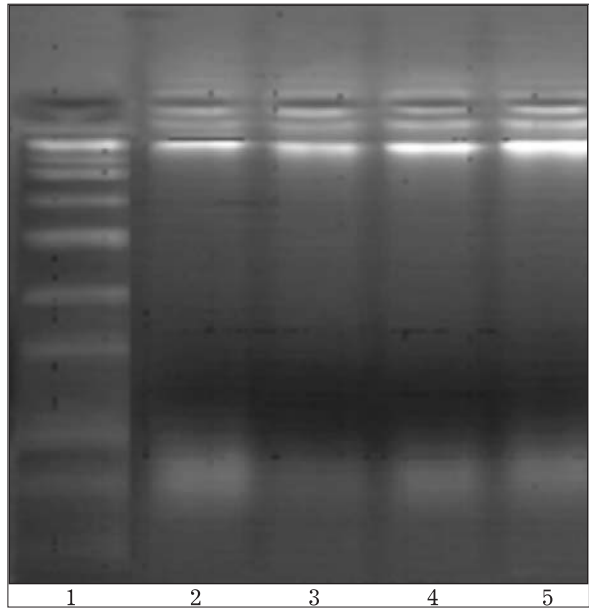


Рис. 1. Електрофореграма ДНК у 1 %-му агарозному гелі: 1 — маркер; 2 — *Festuca pratensis*; 3 — *Rumex patientia* × *R. tianshanicus*; 4 — *Amaranthus caudatus*; 5 — *Brassica campestris*

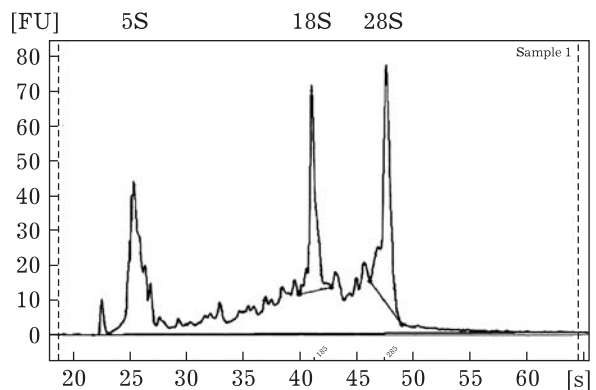


Рис. 2. Якісний аналіз РНК *Festuca pratensis* методом електрофорезу на біочіпах

зміни вмісту РНК у рослинах з різними типами екологічних стратегій після короткочасної дії температурних стресів, які відповідали отриманим раніше даним щодо впливу температурного режиму на вміст і склад розчинних білків досліджених видів [3]. Тепловий стрес спричинив

Таблиця 1. Вміст ДНК та РНК у рослин з різними типами екологічних стратегій у контролі та після дії теплового стресу (ТС)

| Вид | Варіант | ДНК, нг/мкл | РНК, нг/мкл | % від контролю | РНК/ ДНК |
|-----------------------------------|----------|----------------|----------------|-------------------|-------------|
| Festuca pratensis | Контроль | 81,5 | 512,2 | 100 | 6,2 |
| | ТС | | 501,9 | 97,8 | |
| Rumex patientia × R. tianshanicus | Контроль | 99,3 | 346,5 | 100 | 3,4 |
| | ТС | | 212,0 | 61 | |
| Amaranthus caudatus | Контроль | 57,8 | 1697,5 | 100 | 29,3 |
| | ТС | | 1399,0 | 82,4 | |
| Brassica campestris | Контроль | 55,0 | 1157,0 | 100 | 21,0 |
| | ТС | | 1282,0 | 110 | |

зменшення вмісту РНК у пацієнта щавнату і експлерента щиріці хвостатої, яка має С-4 тип фотосинтезу, та зростання вмісту РНК у експлерента суріпиці озимої, яка має С-3 тип фотосинтезу. Вміст РНК у віолента костриці лучної практично не змінювався.

Усі досліджені рослини реагували на короточасний холодний стрес збільшенням вмісту РНК. Найбільш виражені зміни зафіксовано для пацієнта щавнату і експлерента щиріці хвостатої.

У щавнату виявлено найменшу величину співвідношення РНК/ДНК, тоді як у експлерента щиріці хвостатої — найбільшу.

Висновки

Установлені неспецифічні та специфічні особливості зміни вмісту РНК у рослин з різними типами екологічних стратегій після дії температурних стресів. Реакція на короточасний холодний стрес була односторонньою в усіх досліджених видів, але відрізнялася за зміною вмісту РНК. Зміни після короточасного теплового стресу відбувалися по-різному. На прикладі пацієнта щавнату, який відзначається стійкістю до впливів абіотичних стресових чинників, виявлено кореляцію між екологічною пластичністю виду та рівнем зміни вмісту РНК у відповідь на температурні стреси.

Таблиця 2. Вміст ДНК та РНК у рослин з різними типами екологічних стратегій у контролі та після дії холодного стресу (ХС)

| Вид | Варіант | ДНК, нг/мкл | РНК, нг/мкл | % від контролю | РНК/ ДНК |
|-----------------------------------|----------|----------------|----------------|-------------------|-------------|
| Festuca pratensis | Контроль | 81,5 | 512,2 | 100 | 6,2 |
| | ХС | | 543,6 | 106 | |
| Rumex patientia × R. tianshanicus | Контроль | 99,3 | 346,5 | 100 | 3,4 |
| | ХС | | 435,0 | 125 | |
| Amaranthus caudatus | Контроль | 57,8 | 1291,0 | 100 | 29,3 |
| | ХС | | 1697,5 | 131 | |
| Brassica campestris | Контроль | 55,0 | 1157,0 | 100 | 21,0 |
| | ХС | | 1003,5 | 115 | |

Автори висловлюють щире подяку члену-кореспонденту НАН України Я.П. Дідуху за наукове обговорення та консультації щодо визначення екологічної стратегії досліджених видів.

1. Дэвидсон Дж. Биохимия нуклеиновых кислот. — М.: Мир, 1976. — 385 с.
2. Зубо Я.О., Лысенко Е.А., Алейникова А.Ю. и др. Изменение транскрипционной активности генов пластома ячменя в условиях теплового шока // Физиол. раст. — 2008. — **55**, № 3. — С. 323–331.
3. Косаковская И.В., Климчук Д.А., Блюма Д.А. и др. Влияние температурных стрессов на белки и ультраструктуру растений с разными типами экологических стратегий // Вісн. Харків. НАУ. Сер. біологія. — 2010. — Вип. 1 (19). — С. 34–43.
4. Негрецкий В.А., Косаковская И.В., Ковзун Е.И. и др. Содержание РНК и ДНК в листьях генотипов винограда различной устойчивости к биотическим и абиотическим факторам // Виноградство и виноделие. — 2007. — № 4. — С. 4–5.
5. Пушкарьов В.М., Ковзун О.І., Воскобийник Л.Г. та ін. Екстракція та зберігання нуклеїнових кислот з умовно нормальної та пухлинної тканин щитоподібної залози: порівняння сучасних методів // Ендокринологія. — 2008. — **13**, № 1. — С. 58–65.
6. Пятыйгин С.С. Стресс у растений: физиологический подход // Физиол. раст. — 2008. — **69**, № 4. — С. 290–298.
7. Работнов Т.А. О типах стратегий растений // Экология. — 1985. — **3**. — С. 3–11.
8. Раменский Л.Г. Избранные работы. — Л.: Наука, 1971. — 334 с.
9. Юрина Н.П., Одинцова М.С. Сигнальные системы растений. Пластидные сигналы и их роль в экспрессии ядерных генов // Физиол. раст. — 2007. — **54**, № 4. — С. 485–498.
10. Brenner E.D., Stahlberg R., Mancuso S. et al. Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling // TRENDS Plant Sci. — 2006. — **11**. — P. 413–419.
11. Fowler S., Thomashow M.F. Arabidopsis transcriptome profiling indicates that multiple regulatory pathways are activated during cold acclimation in addition to the CBF cold response pathway // Plant Cell. — 2002. — **14**. — P. 1675–1690.
12. Grime J.P. Vegetation classification by reference to strategies // Nature. — 1974. — **250**. — P. 26–31.
13. Grime J.P., Hongson J.G., Hunt R. Comparative plant ecology. — L.: Univin Human. — 1988. — 739 p.
14. Kotak S., Larkindale J., Lee U. et al. Complexity of heat stress response in plants // Current Opinion in Plant Biology. — 2007. — **10** (2). — P. 310–316.
15. Kusnetsov V.V., Mikulovich T.P., Kukina I.M. et al. Changes in the level of chloroplast transcripts in pumpkin cotyledons during heat shock // FEBS Lett. — 1993. — **321** (1). — P. 189–193.
16. Nakaminami K., Matsui A., Shinizaki K., Seki N. RNA regulation in plant abiotic stress responses // Biochim. Biophys. Acta. — 2012. — **1819** (2). — P. 149–153.
17. Pierce S., Vianelli A., Cerabolini B. From ancient genes to modern communities: the cellular stress response and the evolution of plant strategies // Funct. Ecol. — 2005. — **19** (4). — P. 763–776.
18. Rampitsch Ch., Srinivasan H. The application of proteomics to plant biology: a review // Can. J. Botany. — 2006. — **84** (4). — P. 883–892.
19. Timperio A.M., Egidi M.G., Zolla L. Proteomics applied on plant abiotic stresses: Role of heat shock proteins (HSP) // J. Proteom. — 2008. — **71**. — P. 391–411.
20. Vinocur B., Altman A. Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievements and limitation // Current Opinion in Biotechnology. — 2005. — **16** (1). — P. 123–132.

Рекомендував до друку
П.А. Мороз

І.В. Косаковская¹, В.А. Негрецький¹,
Д.Б. Рахметов², Е.І. Ковзун³, В.М. Пушкарев³,
А.Ю. Устінова¹

¹ Інститут ботаніки ім. Н.Г Холодного
НАН України, Україна, г. Київ

² Національний ботанічний сад
ім. Н.Н. Гришко НАН України,
Україна, г. Київ

³ Інститут ендокринології і обміну речовин
ім. В.П. Комиссаренко НАМН України,
Україна, г. Київ

ВЛИЯНИЕ ГИПО- И ГИПЕРТЕРМИИ НА СОДЕРЖАНИЕ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ У РАСТЕНИЙ С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТРАТЕГИЙ

Изучено содержание нуклеиновых кислот у растений с разными типами экологических стратегий. Установлено, что в контрольных условиях наибольшее содержание ДНК было у пациента *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* и эксплорента *Amaranthus caudatus*. Выявлены особенности изменения содержания РНК после кратковременного действия температурных стрессов. Тепловой стресс вызывал уменьшение содержания РНК у *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* и *Amaranthus caudatus* с C-4 типом фотосинтеза, а также увеличение содержания РНК у эксплорента *Brassica campestris* с C-3 типом фотосинтеза. Все исследованные растения реагировали на кратковременный холодовой стресс увеличением содержания РНК. Уровень РНК в проростках виолента *Festuca pratensis* после кратковременных температурных стрессов изменялся незначительно. У *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* выявлена самая низкая величина соотношения содержания РНК/ДНК, тогда как у *Amaranthus caudatus* эта величина была наибольшей.

Ключевые слова: *Festuca pratensis* Huds., *Rumex patientia* L. × *R. tianshanicus* A. Los., *Brassica campestris* var. *olifera* f. *biennis* D.C., *Amaranthus caudatus* L.,

нуклеиновые кислоты, температурный стресс, экологическая стратегия.

*I.V. Kosakivska*¹, *V.A. Negretzky*¹, *D.B. Rakhmetov*²,
*O.I. Kovzun*³, *V.M. Pushkarev*³, *A.Yu. Ustinova*¹

¹ M.G. Kholodny Institute of Botany,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

² M.M. Gryshko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

³ V.P. Komisarenko Institute of Endocrinology and
Metabolism, National Academy of Medical Sciences
of Ukraine, Ukraine, Kyiv

EFFECT OF SHORT-TERM TEMPERATURE STRESSES ON LEVEL OF NUCLEIC ACIDS IN PLANTS WITH DIFFERENT TYPES OF ECOLOGICAL STRATEGY

We investigated nucleic acid content in plants with different types of ecological strategies. Special features in character of RNA content changes were shown after short time temperature stresses. After heat stress level of RNA in patient *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* and *ruderales* with C-4 pathway of photosynthesis *Amaranthus caudatus* seedlings became lower and in *ruderales* *Brassica campestris* seedlings with C-3 pathway of photosynthesis became higher. After short time cold stress content of RNA in all analyzed plants became higher. Content of RNA in violent *Festuca pratensis* seedlings after temperature stresses was practically stable. Lowest balance RNA/DNA was in patient *Rumex patientia* × *R. tianshanicus* seedlings. *Ruderales* *Amaranthus caudatus* seedlings had highest balance RNA/DNA.

Key words: *Festuca pratensis* Huds., *Rumex patientia* L. × *R. tianshanicus* A. Los., *Brassica campestris* var. *olifera* f. *biennis* D.C., *Amaranthus caudatus* L., nuclear acids, temperature stress, ecological strategy.