

**ГОРМОНАЛЬНИЙ СТАТУС РОСЛИН *CAREX HIRTA* L.,
ВИРОЩЕНИХ НА ҐРУНТАХ, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОЮ**

Л. Буньо^{1*}, Л. Войтенко², Л. Мусатенко², О. Цвілінюк¹, О. Терек¹

¹Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна
e-mail: bioza@ukr.net

²Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, Київ 01601, Україна
e-mail: phytohormones@ukr.net

Досліджено вміст ендогенних вільних і кон'югованих фітогормонів у листках, коренях та кореневищі *Carex hirta* L., яка росла на нафтозабрудненому ґрунті. Показано, що спрямованість відповіді гормонального комплексу на стресовий чинник відрізняється у різних органах. Виявлено, що в коренях і кореневищах – органах, які зазнають прямого впливу нафти, – відбувається накопичення АБК та ІОК. У листках спостерігається збільшення вмісту АБК та зменшення ІОК.

Ключові слова: *Carex hirta* L., нафтозабруднений ґрунт, гормональний статус.

Вплив нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості на природне середовище постійно зростає, площа забруднених територій збільшується. Нафта впливає на рослини як прямо, так і опосередковано. Більшість її компонентів, особливо леткі вуглеводні, є токсичними. Вони можуть безпосередньо, проникаючи в рослинний організм, пошкоджувати клітини рослин, метаболізуватись і транспортуватись, тим самим спричиняючи розвиток стресових реакцій [23]. Потрапляючи у ґрунт, нафта зумовлює також погіршення поживного і водно-повітряного режиму, зміну окисно-відновного потенціалу, збільшення кількості органічного вуглецю та солей хлору [34] й інактивацію важливих мікробіологічних процесів [26]. За цих умов, насамперед, порушується поглинання води із нафтозабрудненого ґрунту рослинами, які починають зазнавати впливу осмотичного стресу, що опосередковано негативно впливає на їхній ріст і розвиток.

Формування стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища включає як специфічні, так і загальні (неспецифічні) реакції [9, 10]. Фітогормони є месенджерами у забезпеченні зв'язку між стресовою дією та фізіологічною реакцією рослинного організму [11, 22]. Будь-який зовнішній подразник викликає в організмі рослини ланцюжок якісних і кількісних перетворень у комплексі ендогенних фітогормонів [15, 16]. Тому вони можуть відігравати ключову роль в адаптивних реакціях [9, 24, 28].

З'ясуванню ролі фітогормонів у регуляції стійкості рослин до дії різноманітних несприятливих чинників присвячено доволі багато праць. Однак недостатньо уваги приділяється вивченню їхньої участі в підвищенні стійкості рослин при нафтовому забрудненні ґрунту. Гормональний статус рослин, що ростуть на нафтозабруднених ґрунтах, не досліджений. Вивчали екзогенні регулятори росту, які підвищували стійкість рослин до нафтового забруднення середовища [27]. Було показано, що обробка насіння ріпи і цибулі екзогенною ГК₃ сприяла збільшенню відсотка схожості насіння за дії високих концентрацій фенолу і нафтолу (водорозчинних сполук сирової нафти).

Первинне заростання на розливах нафтового родовища у м. Бориславі створює осока шорстковолосиста (*Carex hirta* L.) [25]. З'ясовано, що нафтове забруднення ґрунту гальмує

ріст рослин, активує пероксидне окиснення ліпідів на фоні зростання вмісту каротину і аскорбінової кислоти, змінює вміст хлорофілів, збільшує кількість каротинів [7, 8, 29]. Це свідчить про фізіологічну адаптацію рослин до нафтового забруднення.

Враховуючи брак даних щодо участі фітогормонів у захисно-приспосувальних реакціях рослин за дії нафтового стресу, метою нашої роботи було визначити якісний і кількісний вміст індолілоптової кислоти (ІОК), цитокінінів (ЦТК) і абсцизової кислоти (АБК) у вегетативних органах рослин осоки шорстковолосистої (*C. hirta*), що росли на нафтозабрудненому ґрунті.

Матеріали та методи

Об'єкт дослідження – гормональний статус осоки шорстковолосистої за дії нафтового забруднення ґрунту. Рослини вирощували на дослідних ділянках, закладених у м. Бориславі [3]. У рови (дно яких вистелено поліетиленовою плівкою з дірками) розміром 4×1×0,25 м, вносили по 1000 кг ґрунту (вологість ґрунту на час зважування становила 15%). Ділянка з не забрудненим нафтою дерново-підзолистим ґрунтом з міста Борислава слугувала контролем. Дослідна ділянка – той самий ґрунт, але із внесенням у нього нафти із розрахунку 50 г на 1 кг ґрунту. Через 18 днів після внесення нафти у ґрунт висаджували вегетативні особини *C. hirta*, попередньо викопані з екологічно чистої території (околиць м. Трускавця). Рослини були однакові за віком і розмірами. Вологість ґрунту підтримували у межах 60% від повної вологості.

Для аналізу вмісту гормонів у 30-добових рослин відбирали листки, корені й кореневища і фіксували у рідкому азоті. Після цього рослинний матеріал гомогенізували та екстрагували фітогормони 80%-ним етанолом (із розрахунку 30 мл на 10 г фіксованого рослинного матеріалу) з 1–2 краплями антиоксиданту (0,02% диетилдитіокарбомат натрію). Екстракцію етанолом проводили два рази по дві години і один раз протягом двадцяти годин при +4°C. Гомогенат фільтрували і концентрували до водної фази при температурі +40 ... +45°C.

Три аліквоти із водного залишку заморозували і витримували за температури -18°C протягом 12 год для видалення білків і пігментів. Для виділення сумарної фракції ІОК і АБК аліквоту розмороженого водного залишку доводили розчином 2н HCl до рН 2,5 і центрифугували 20 хв при 15000 об./хв. Вільні форми ІОК і АБК тричі екстрагували діетиловим ефіром (співвідношення 1:1) із супернатанту. Кількість зв'язаних форм ІОК і АБК визначали після гідролізу водного залишку в 1н NaOH у 30%-ному етанолі. ІОК і АБК очищали методом тонкошарової хроматографії (ТШХ) на пластинках Silufol UV-254 ("Kavalier", Чехія) у системі розчинників хлороформ : етилацетат : оцтова кислота (співвідношення 70:30:5).

Аліквоту водного залишку для виділення ЦТК центрифугували 30 хв при 15000 об./хв. Із супернатанту тричі екстрагували ЦТК водонасиченим бутанолом при рН 8,0 (співвідношення 1:1). Об'єднані бутанольні екстракти випарювали на ротаційному випарнику під вакуумом при +60°C. Очищення ЦТК проводили методом ТШХ у системі розчинників н-бутанол : аміак : вода (співвідношення 86:5:9). Для ідентифікації гормонів використовували стандартні розчини: індоліл-3-оцтової кислоти, зеатину, зеатинрибозидглюкозиду, ізопентеніладеніну, ізопентеніладенозину, абсцизової кислоти фірми "Sigma" (США), зеатинрибозиду фірми "Serva" (ФРН) [18].

Аналітичне визначення фітогормонів проводили методом високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі Agilent 1200 LC із діодно-матричним детектором G 1315 B (США), колонка Eclipse XDB-C 18 4,5×150 мм, розмір часток 5 мкм. Аналіз проб проводили в режимі on-line, обчислення хроматограм здійснювали за допомогою програм-

ного забезпечення Chem Station (версія В.03.01) у режимі off-line. Вміст фітогормонів обчислювали у нг на г маси сирової речовини.

Коефіцієнт V_p , який характеризує баланс ендогенних фітогормонів [20], розраховували за формулою: $V_p = (IOK + ЦТК) / АБК$.

Кількісний і якісний склад фітогормонів визначали у трьох біологічних і трьох аналітичних повторностях у рослин, вирощених у 2007–2009 роках. Одержані дані обробляли за допомогою статистичної програми TSTAT 1.4. Розраховували значення середнього арифметичного, середнього квадратичного відхилення, стандартної похибки. Достовірність різниці оцінювали за критерієм Стьюдента, використовуючи 5% рівень значущості ($P \leq 0,05$).

Результати і їхнє обговорення

Рослинам з родини Сурегасеае, зокрема, осоці шорстковолосистій притаманна висока стійкість до нафтового забруднення ґрунту, що забезпечує їхнє успішне проникнення на забруднені території [25].

У рослин *C. hirta* за дії нафти відбувалися суттєві зміни в балансі досліджуваних фітогормонів як у надземних, так і в підземних органах рослини. Характер цих змін був неоднаковий у різних органах і залежав від впливу нафтового навантаження на ці органи (табл. 1–3).

У листках, які не зазнавали прямого впливу нафти (на час відбору зразків леткі форми нафти, які є токсичними, майже випаровувалися з ґрунту), загальний вміст ІОК зменшився майже у 7 разів порівняно з контролем. Крім того, спостерігалось незначне збільшення зв'язаних форм ІОК – у 1,3 разу щодо контролю (табл. 1). Вміст інших гормонів стимуляторної дії – цитокінінів (ЦТК) у листках рослин осоки за дії нафти зростав у 3 рази порівняно з контролем (табл. 2).

Таблиця 1

Вміст вільних і зв'язаних форм ІОК та АБК (нг/г маси сирової речовини)
у зразках *C. hirta* за дії нафти (5% забруднення)

Органи рослини <i>Carex hirta</i> L.	Варіанти	ІОК		АБК		
		Вільна	Зв'язана	Вільна	Зв'язана	
Листки	Контроль	36,2±1,8	3,6±0,2	1,3±0,07	1,0±0,05	
	Ґрунт+нафта (50 г/кг)	1,0±0,05	4,8±0,2	1,3±0,06	2,2±0,1	
Корінь	Контроль	0,2±0,008	0,1±0,006	0,6±0,02	1,0±0,05	
	Ґрунт+нафта (50 г/кг)	0,2±0,01	1,7±0,09	1,5±0,08	0,4±0,02	
Частини кореневища	Базальна	Контроль	0,1±0,006	1,4±0,07	0,2±0,01	0,5±0,03
		Ґрунт+нафта (50 г/кг)	0,8±0,04	1,2±0,06	1,3±0,06	1,0±0,05
	Середня	Контроль	1,5±0,08	сліди	3,4±0,2	0,6±0,03
		Ґрунт+нафта (50 г/кг)	3,0±0,2	8,0±0,4	0,9±0,04	1,1±0,05
	Апікальна	Контроль	5,4±0,3	0,8±0,04	2,5±0,1	1,3±0,07
		Ґрунт+нафта (50 г/кг)	3,2±0,2	3,6±0,2	0,7±0,03	0,8±0,03

За умов нафтового забруднення у *C. hirta* в значних кількостях накопичувався зеатин (З) та ізопентеніладенозин (іПА) (табл. 2). За рахунок зв'язаних форм у 2,2 разу збільшився вміст АБК (табл. 1). Підземні органи (корінь і кореневище) рослин *C. hirta*, які зазнають

і прямого, і опосередкованого впливів нафти, мали інший характер змін гормонального статусу, ніж листки.

Таблиця 2

Вміст різних форм цитокінінів у органах рослин *C. hirta* (нг/г маси сирової речовини) за дії нафти (5% забруднення)

Цитокініни	Листки				Корінь				Кореневище			
	Контроль		Ґрунт+нафта (50г/кг)		Контроль		Ґрунт+нафта (50г/кг)		Контроль		Ґрунт+нафта (50г/кг)	
	нг/г	% до загального вмісту	нг/г	% до загального вмісту	нг/г	% до загального вмісту	нг/г	% до загального вмісту	нг/г	% до загального вмісту	нг/г	% до загального вмісту
Загальний вміст	6,2±0,06	100	19,2±0,3	100	4,7±0,07	100	4,9±0,06	100	144±0,6	100	89,6±0,3	100
Зеатинґлюкозид (ЗГ)	1,9±0,1	30,6	–	–	3,3±0,2	70,2	0,7±0,03	14,3	129,1±2,7	89,7	26,8±0,4	29,9
Зеатин (З)	0,6±0,03	9,7	8,8±0,4	45,8	0,3±0,01	6,4	2,9±0,1	55,1	7,5±0,18	5,2	39,5±0,9	44,1
Зеатинрибозид (ЗР)	0,6±0,03	9,7	–	–	0,6±0,03	12,8	0,3±0,01	6,1	5,6±0,09	3,4	10,0±0,2	11,2
Ізопентеніладенін (іП)	2,2±0,1	35,5	0,9±0,03	4,7	0,5±0,02	10,6	0,3±0,01	6,1	0,9±0,02	0,6	8,8±0,08	9,8
Ізопентеніладенозин (іПА)	0,9±0,04	14,5	9,5±0,4	49,5	–	–	0,9±0,03	18,4	0,9±0,02	0,6	4,5±0,05	5,0

У коренях осоки шорстковолосистої вміст вільної ІОК та загального пулу ЦТК за дії нафти майже не змінювався. Проте зростала кількість вільних форм АБК (приблизно у 2,5 разу) та зв'язаної ІОК (більш ніж у 6 разів) порівняно з контролем (табл. 1, 2).

Дослідження гормонального статусу у трьох частинах кореневища осоки шорстковолосистої – апікальній, середній і базальній, – показали, що найбільше ІОК накопичувалась у базальній і середній частинах – на 33 та 86% відповідно (табл. 1). Хоча загальний вміст АБК у кореневищі зменшувався в 1,5 разу до контролю, однак у базальній частині, яка найближча до кореневої системи, – відбувається її накопичення на 70% щодо контролю (табл. 1). Середня частина кореневища *C. hirta*, яка має найбільші розміри міжвузлів порівняно з іншими частинами рослин [1], відрізнялася накопиченням як вільних, так і зв'язаних форм ІОК (табл. 1).

Загальний вміст ЦТК у кореневищі *C. hirta* під впливом нафти зменшився на 62% щодо контролю (табл. 2). Але в базальній частині, яка мала менші розміри міжвузлів, ніж середня [1], накопичувалося в 1,6 разу більше ЦТК щодо контролю (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст різних форм ЦТК у кореневищі *C. hirta* (нг/г маси сирової речовини) за дії нафти (5% забруднення)

Частини кореневища	Варіанти	ЗГ	З	ЗР	іП	іПА
Базальна	Контроль	13,5±0,7	5,7±0,3	2,6±0,1	0,2±0,01	0,3±0,01
	Ґрунт+нафта (50 г/кг)	10,4±0,5	17,1±0,8	6,8±0,3	0,6±0,02	0,3±0,01
Середня	Контроль	92,5±4,6	0,6±0,1	1,7±0,08	–	–
	Ґрунт+нафта (50 г/кг)	11,4±0,5	22,4±1,1	1,6±0,1	7,6±0,4	3,2±0,1
Апікальна	Контроль	23,1±1,2	1,2±0,1	1,3±0,1	0,7±0,03	0,6±0,03
	Ґрунт+нафта (50 г/кг)	5,0±0,2	–	1,6±0,1	0,6±0,03	1,0±0,04

У досліджуваних частинах кореневища осоки шорстковолосистої за дії нафти спостерігалось накопичення активних форм ЦТК (З, ЗР, П, ПА), на фоні загального зниження запасної форми – зеатинглюкозиду. Водночас у кореневищах контрольних рослин переважали кон'юговані форми ЦТК – зеатинглюкозиди (табл. 3).

Важливими для рослини є не стільки зміни вмісту того чи іншого гормону, скільки їх співвідношення. Розрахунок коефіцієнта балансу фітогормонів показав, що у листках рослин *C. hirta*, які росли на нафтозабрудненому ґрунті, коефіцієнт балансу гормонів майже у 3 рази нижчий ($V_p=7,1$), ніж у контрольних рослин ($V_p=20$). Ці зміщення в балансі фітогормонів відобразились у зменшенні коефіцієнтів ІОК/АБК та ІОК/ЦТК і збільшенні коефіцієнтів ЦТК/АБК і ЦТК/ІОК щодо контролю (табл. 4).

Таблиця 4

Баланс фітогормонів у *C. hirta* (нг/г маси сирової речовини) за дії нафти (5% забруднення)

Коефіцієнт балансу гормонів	Листки		Корінь		Кореневище	
	Контроль	Ґрунт+нафта (50г/кг)	Контроль	Ґрунт+нафта (50г/кг)	Контроль	Ґрунт+нафта (50г/кг)
<u>ІОК+ЦТК</u> АБК	20	7,1	3,1	3,6	18,0	18,9
ІОК/ЦТК	6,4	0,3	0,06	0,39	0,06	0,22
ІОК/АБК	17,3	1,7	0,19	1	1,1	3,4
ЦТК/ІОК	0,16	3,3	15,7	2,6	15,7	4,5
ЦТК/АБК	2,7	5,5	2,9	2,6	16,9	15,4

У коренях і кореневищах осоки за дії нафти загальний баланс фітогормонів щодо контролю майже не змінився, а коефіцієнти ІОК/АБК та ІОК/ЦТК підвищувалися, ЦТК/АБК і особливо ЦТК/ІОК – зменшувалися у рослин із нафтозабрудненого ґрунту порівняно з контрольними.

Досліджені перебудови стану гормональної системи рослин *C. hirta* можна віднести до характерних відповідей рослин на стресові фактори. У зв'язку з тим, що в доступній нам літературі відсутні повідомлення про зміну гормонального статусу в рослин за дії нафти, ми вважали за можливе проаналізувати отримані результати, спираючись на дані про вплив засолення і посухи як на основні наслідки нафтового забруднення ґрунту.

Показано, що при засоленні зростає вміст вільної та зв'язаної ІОК у коренях кукурудзи [12], листках пшениці [2], збільшується вміст АБК у рослинних тканинах як при засоленні [5], так і за дії посухи [6, 21]. Вважається, що підвищення вмісту ІОК є індуктором збільшення кількості АБК [22]. У рослин *C. hirta* за дії нафти збільшувався вміст АБК у коренях і листках на фоні зростання зв'язаних форм ІОК, які, за даними Г. Кенде [33], є активними. Саме накопичення АБК в організмі є одним із тригерних механізмів процесу формування стійкості рослин [21].

Збільшення рівня ІОК у середній і апікальній частинах кореневищ при низькому вмісті АБК у них може свідчити про постшоковий репараційний період *C. hirta*, для якого характерним є подібний перерозподіл гормонів [22]. Однак для базальної частини характерне одночасне зростання вмісту ІОК і АБК.

Відомо, що цитокінінова система рослин характеризується високою надійністю у стресових умовах [19]. Проте немає чіткої залежності між стресовим впливом і нагромадженням ЦТК. Водночас є дані про зниження загального вмісту ЦТК у відповідь на сольовий стрес [12, 32, 37]. Показано, що збільшення рівня ЦТК у коренях в умовах посухи сприяло стрес-стійкості рослин [13, 14].

Зменшення вмісту ЦТК у підземному пагоні осоки шорстковолосистої, де вони синтезуються у вузлах [19], у відповідь на стрес спричинене, з одного боку, пригніченням

синтезу ЦТК у коренях і кореневищі, з іншого – їхнім транспортуванням у листки [35]. Не виключено також, що зниження загального вмісту ЦТК у кореневищах осоки може бути результатом їхнього прискореного окислення під впливом нафти [30]. Проте найбільш вірогідним є те, що різке збільшення кількості ЦТК у листках свідчить про їх перерозподіл між органами рослини.

Як відомо, найбільш інтенсивно нагромаджується активна форма цитокінінів – зеатин [31]. Його вміст зростає у всіх органах *C. hirta* порівняно з контролем. Він утворюється в основному у кінчику кореня [36] і є сигналом, який посилюється коренями в надземні органи [35]. Тому накопичення зеатину в усіх органах осоки (максимальне у листках) може свідчити про посилення сигналу на стресове навантаження у ґрунті коренями в надземну частину.

У рослин, які росли на чистому ґрунті й не зазнавали негативного впливу нафти, накопичувалось найбільше ЗГ, який, згідно з новітніми узагальненнями, є і запасною неактивною, і функціонально активною формою З [19].

Збільшення ПП та ППА у *C. hirta*, можливо, також зумовлене нафтовим навантаженням на ґрунт, що включає й засоленість. Накопичення цих форм спостерігалось також при сольовому забрудненні [4].

Рослини з довгим кореневищем характеризуються високим відношенням АБК/ЦТК [17]. Однак ми показали збільшення співвідношення ЦТК/АБК. Аналогічні дані були одержані раніше для кореневищ м'яти [5], що могло бути результатом зниження активного транспорту ЦТК у надземні органи в кінці вегетаційного періоду.

Попередніми нашими підрахунками було встановлено, що при одноразовому внесенні 50 г/кг нафти у ґрунт кількість супровідних солей така мізерна, що менша за гранично допустиму концентрацію і, відповідно, негативного впливу вони на рослини не мають. Тому ми можемо припустити, що зміни у гормональній системі *C. hirta* зумовлені саме складовими нафти, а не сольовим забрудненням.

Прийняття до стресових умов рослин осоки шорстковолохистої регулюється усіма компонентами фітогормонального комплексу. Характерна ознака – одночасне зростання ІОК і АБК у підземних органах, які зазнають прямого впливу нафти.

Значні зміни у гормональному статусі листків осоки та відносна його стійкість у коренях і кореневищах свідчать про те, що всі фізіологічні процеси досліджуваної багаторічної рослини спрямовані на збереження життєздатності підземних органів – кореневища та коренів, які підтримують існування виду *C. hirta* у стресових умовах.

Висловлюємо щире подяку Західно-Українському Біомедичному Дослідницькому Центру (WUBMRC, 2009-2010) за грант, наданий на проведення досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеев Ю. Е. Осоки (морфология, биология, онтогенез, эволюция). М.: Агрус, 1996. 251 с.
2. Ахиярова Г. Р., Сабиржинова И. Б. Участие гормонов в возобновлении роста побегов пшеницы при кратковременном засолении NaCl // Физиология растений. 2005. Т. 52. № 6. С. 891–896.
3. Буньо Л. В., Цвілинюк О. М., Терек О. І. та ін. Активність мікрофлори нафтозабрудненого ґрунту у ризосферній зоні рослин *Carex hirta* L. // Біологічні студії / *Studia Biologica*. 2010. Т. 4. № 3. С. 55–62.
4. Веденичева Н. П., Войтенко Л. В., Мусатенко Л. И. и др. Влияние засоления на содержание фитогормонов в листьях *Mesembryanthemum crystallinum* L. // Вісн. Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. біол. 2010. Т. 3 (21). С. 30–36.

5. *Веселов А. П.* Быстрый “всплеск” ИУК при тепловом шоке растений // Тез. Междунар. съезда общества физиологов растений России. (М., 1999). Т. 2. С. 333–345.
6. *Григорюк І. П., Мусієнко М. М.* Водний і високотемпературний стреси. Молекулярні та фізіологічні механізми стійкості рослин // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. (К.: Фітосоціоцентр, 2001). Т. 2. С. 118–129.
7. *Джура Н., Цвілинюк О., Терек О.* Вплив нафтового забруднення ґрунту на морфо-фізіологічні особливості осоки шершаволистої (*Carex hirta*) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 40. С. 51–58.
8. *Джура Н., Цвілинюк О., Терек О.* Реакції осоки шершавої на нафтове забруднення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер.біол. 2006. Вип. 42. С. 142–146.
9. *Ершова А. Н.* Метаболическая адаптация растений к гипоксии и повышенному содержанию диоксида углерода. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2007. 264 с.
10. *Жиров В. К., Голубева Е. И., Говорова А. Ф., Хаитбаев А. Х.* Структурно-функциональные изменения растительности в условиях техногенного загрязнения на Крайнем Севере. М.: Наука, 2007. 166 с.
11. *Калашиников С. Г., Кулик О. П.* Вивчення впливу озонування на процеси клітинного метаболізму. Місце озонування серед індукторів активності ендогенних цитокінінів // Вопросы химии и химической технологии. 2009. № 2. С. 37–43.
12. *Калинина Н. А., Драгозов И. В., Яворская В. К.* Фитогормональный баланс корней кукурузы на фоне действия хлоридного засоления и 6-БАП // Уч. зап. Таврич. нац. ун-та. 2001. № 14(53). Ч. 1. С. 84–87.
13. *Колупаєв Ю. Є.* Стресові реакції рослин (молекулярно-клітинний рівень). Харків: Харк. держ. аграр. ун-т, 2001. 173 с.
14. *Колупаєв Ю. Є., Косаківська І. В.* Роль сигнальних систем і фітогормонів у реалізації стресових реакцій рослин // Укр. ботан. журнал. 2008. Т. 65. № 3. С. 418–430.
15. *Косаківська І. В.* Фітогормональна регуляція процесів адаптації рослин до стресів // Укр. ботан. журнал. 1997. Т. 54. С. 330–333.
16. *Кулаєва О. Н., Прокопцева О. С.* Новейшие достижения в изучении механизма действия фитогормонов // Биохимия. 2004. Т. 69. № 3. С. 293–310.
17. *Маслова С. П., Табаленкова Г. Н.* Гормональный статус подземных побегов и распределение ассимилятов у длиннокорневищных видов // Вестн. Нижегород. ун-та. 2010. №5 (1). С. 119–126.
18. *Мусатенко Л. И., Веденичева Н. П., Васюк В. А.* и др. Комплекс фитогормонов в проростках различных по устойчивости к повышенным температурам гибридов кукурузы // Физиология растений. 2003. Т. 50. № 4. С. 499–504.
19. *Романов Г. А.* Как цитокинины действуют на клетку // Физиология растений. 2009. Т. 56. №2. С. 295–319.
20. *Савинский С. В., Драгозов И. В., Педченко В. К.* Определение содержания зеатина, индоллил-3-уксусной и абсцизовой кислот в одной растительной пробе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии // Физиология и биохимия культ. растений. 1991. Т. 23. С. 611–619.
21. *Таланова В. В.* Фитогормоны как регуляторы устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды: дис. ... д-ра биол. наук: 03. 00. 12. Петрозаводск, 2009. 377 с.
22. *Терек О. І.* Механізми адаптації та стійкості рослин до несприятливих факторів довкілля // Журнал агробіології та екології. 2004. Т. 1. № 1–2. С. 41–56.
23. *Угрехелидзе Д. Ш.* Метаболизм экзогенных алканов и ароматических углеводов в растениях. Тбилиси: Мецниереба, 1976. 222 с.

24. Фархутдинов Р. Г. Температурный фактор в гормональной регуляции водного обмена растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03. 00. 12. Уфа, 2005. 46 с.
25. Цайтлер М. Й. Зміни структури ценопопуляцій *Carex hirta* в умовах нафтового забруднення екотопів на Бориславському нафтовому родовищі // Екологія та ноосферологія. 2000. Т. 9. № 1–2. С. 127–132.
26. Amadi A. Chronic effects of oil spill on soil properties and microflora of a rainforest ecosystem in Nigeria // Water, Air Soil Pollut. 1996. Vol. 86. P. 1–11.
27. Barghathi M., Asori H. Effect of phenol, naphthol and gibberellic acid on seed germination of *Allum cepa* L. (Onion) // J. Sci. Its Applications. 2007. Vol. 1. N 1. P. 6–13.
28. Gusta L. V., Trischuk R., Weiser C. J. Plant cold acclimation: the role of abscisic acid // J. Plant Growth Regul. 2005. Vol. 24. P. 308–318.
29. Dzhura N., Romanyuk O., Oshchapovsky I. et al. Using plants for recultivation of oilpolluted soils // J. Envir. Protect. Ecol. 2008. Vol. 9. N 1. P. 55–59.
30. Hare P. D., Staden J. Cytokinin oxidase: biochemical features and physiological significance // Physiologia Plantarum. 1994. Vol. 91. P. 128–136.
31. Horgan R. Cytokinin analysis // Physiology and biochemistry of cytokinis in plants. The Hague: Academic Publishing, 1992. Vol.3. P. 12.
32. Hussein M. M., Nadia H., El-Gereadly M. Role of putrescine in resistance to salinity of pea plants (*Pisum sativum* L.) // J. Appl. Sci. Res. 2006. Vol. 2. N 9. P. 598–604.
33. Kende H., Zeevaart J. A. D. The five «classical» plant hormones // Plant Cell. 1997. Vol. 9. P. 1197–1210.
34. Kusic I., Mesic S., Brkic V. et al. Growing crops on polluted soil // Proceedings of the VII Alps-Adria Scientific Workshop : Conf. proceedings, 28 April–2 May 2008, Stara Lesna / ed. S. Hidvégi. (Stara Lesna: CRC, 2008). Vol. 36. P. 1215–1218.
35. Sakakibara H. Cytokinin Biosynthesis and Metabolism // Plant Hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action Ed. Davies P.J. Dordrecht: Kluwer, 2004. P. 95–114.
36. Takei K., Sakakibara H., Taniguchi M., Sugiyama T. Nitrogen-dependent accumulation of cytokinins in root and the translocation to leaf: implication of cytokinin species that induces gene expression of maize response regulator // Plant Cell Physiol. 2001. Vol. 42. P. 85–93.
37. Yang J., Zhang J., Wang Z. et al. Hormonal changes in the grains of rice subjected to water stress during grain filling // Plant Physiol. 2001. Vol. 127. P. 315–323.

Стаття: надійшла до редакції 01.07.14

доопрацьована 08.12.14

прийнята до друку 09.12.14

**HORMONAL STATUS OF *CAREX HIRTA* L. PLANTS GROWN ON
THE OIL POLLUTION SOIL****L. Bunio¹, L. Vojtenko², L. Musatenko², O. Tsvilynjuk¹, O. Terek¹**

¹*Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: bioza@ukr.net*

²*N.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine
2, Tereshchenkivska St., Kyiv 01601, Ukraine
e-mail: phytohormones@ukr.net*

The content of endogenous both free and conjugated phytohormones in leaves, roots and rhizomes of *Carex hirta* L. plants was investigated under oil pollution of soil. It was shown, that hormonal complex response under stress factor differs in plants organs. It was revealed, that in roots and rhizomes which are directly influenced by oil, there was a simultaneous accumulation of both ABA and IAA. It was observed the increased level of ABA leaves under condition of reduction of IAA content.

Keywords: Carex hirta, oil polluted soil, phytohormones.

**ГОРМОНАЛЬНЫЙ СТАТУС РАСТЕНИЙ *CAREX HIRTA* L.,
ВЫРАЩЕННЫХ НА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ****Л. Буньо¹, Л. Войтенко², Л. Мусатенко², О. Цвильнюк¹, О. Терек¹**

¹*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина
e-mail: bioza@ukr.net*

²*Институт ботаники имени Н. Г. Холодного НАН Украины
ул. Терещенковская, 2, Киев 01601, Украина
e-mail: phytohormones@ukr.net*

Исследовано содержание эндогенных свободных и связанных фитогормонов в листьях, корнях и корневище *Carex hirta* L., росшей на нефтезагрязненной почве. Показано, что направленность ответа гормонального комплекса на стрессовый фактор отличается в разных органах. Показано, что в корнях и корневищах – органах, которые испытывают прямое влияние нефти, – происходит одновременное накопление АБК и ИУК. В листьях наблюдается увеличение содержания АБК на фоне уменьшения ИУК.

Ключевые слова: Carex hirta, нефтезагрязненная почва, гормональный статус.