

Особенности морфогенеза осоки шершавой (*Carex hirta* L.) на нефтезагрязненной почве

Л. В. БУНЬО, О. Н. ЦВИЛЫНЮК

Львовский национальный университет им. И. Франко
79005, Львов, ул. Грушевского, 4
E-mail: bioza@ukr.net

Статья поступила 22.10.2014

Принята к печати 15.02.2015

АННОТАЦИЯ

Впервые изучены особенности роста осоки шершавой (*C. hirta*) на загрязненной нефтью почве. Установлено уменьшение морфометрических показателей листьев, корневищ и увеличение корней под влиянием нефти.

Под нефтяным загрязнением почвы у растений *C. hirta* сокращалась продолжительность морфогенеза. Наблюдалось более раннее старение листьев. Корневища растений с нефтезагрязненных почв меньше ветвятся. Их плагитропный рост продолжается недолго и скоро меняется на ортотропный.

В результате проведенных исследований дополнены данные по морфологии, морфогенезу, экологии осоки шершавой.

Ключевые слова: *Carex hirta* L., морфогенез, корень, корневище, листья, нефтяное загрязнение почвы.

В течение последних десятилетий ведутся работы по изучению роли растений в улучшении качества техногенной среды жизни в связи с их способностью поглощать промышленные экссудаты, включая их в свои метаболические процессы, и тем самым снижать их содержание в окружающей среде [Дурмишидзе, 1988; Franjić, 1994].

Для очистки среды используют разные растения, в том числе и корневищные [Маслова, 1999]. Корневищные растения широко распространены в природе [Тарутина, 1999]. Они отличаются высокой биологической продуктивностью, накапливают значительную часть биомассы в подземных органах. В под-

земных побегах сосредотачивается большой меристематический фонд, который способствует их конкурентоспособности и успеху при захвате территории [Маркаров, Головки, 1995], а также позволяет выживать на техногенных почвах [Цайтлер, 2000].

Известно, что у растений, развивающихся в стрессовых условиях, часто возникает ряд нарушений в вегетативном и генеративном развитии [Москалик, Костишен, 2008]. Исследования природы этих изменений имеют важное значение для понимания особенностей развития растений в природе, а также представляют весомый фитотехнологический интерес [Коровкин, 1999].

Среди корневищных растений, устойчивых к нефтяному загрязнению почвы, привлекают внимание *Carex hirta* L. [Цайтлер, 2000; Korovetska et al., 2009].

Выбор *C. hirta* для исследований связан с тем, что это стойкие к факторам среды длиннокорневищные растения, морфогенез которых недостаточно изучен [Игнатьева, 1994].

Наше внимание концентрировалось на экоморфологическом аспекте изучения особенностей морфогенеза осоки шершавой, растущей на нефтезагрязненной почве. Особое внимание уделялось подземным органам, поскольку у осоковых преобладает вегетативное размножение корневищами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Осока шершавая (*C. hirta*) – травянистый многолетник с длинными крепкими горизонтальными подземными побегами [Мамаев, Семериков, 1981; Агаев, 1983; Алексеев, 1996]. Корни бурые, диаметром 0,5–1,3 мм и длиной до 110 см, разветвленные до 2–3 порядков, развиваются как в зоне укоренения вертикальных побегов, так и на горизонтальных корневищах [Мамаев, Семериков, 1981; Алексеев, 1996].

C. hirta – мезогигрофит, который обычно растет на участках, где грунтовые воды расположены ближе к поверхности. Встречается на песчаных и глинистых субстратах с рН от сильно-щелочного до слабо-кислого. Населяет техногенные отвалы вдоль дорог и железнодорожных насыпей, нефтезагрязненные территории [Мамаев, Семериков, 1981].

Листья осок размещены трехрядно. Выделяют три категории – нижние, средние и верхние листья. Нижние листья чешуевидные, бурые, с красноватым оттенком и слабо выраженным сетчато-волокнистым распадом. Срединные листья размещаются выше по стеблю и состоят из трехгранного влагалища и листовой пластинки. Верхние – покровные листья отдельных колосков соцветия [Агаев, 1983]. Каждый симподиально образованный побег начинает расти под землей плагиотропно, потом побег постепенно приобретает ортотропное положение и выходит на поверхность почвы. Материалом исследо-

вания послужили корни, корневища и листья 30-суточных растений *C. hirta*, выращенных на опытных участках [Буньо, 2010].

Отбирали по 25 растений с участков с чистой и загрязненной нефтью (50 г/кг) почв. Использовали сырую нефть, добытую из Бориславского месторождения (Львовская обл.). Отбор проб происходил на протяжении 2007–2013 гг. Всего проанализировано 350 образцов. Для анализа жизненного состояния особи использовали такие морфометрические показатели, как воздушно-сухая масса особи, высота надземной части растения от корневой шейки до верхушки побега, ширина и длина листа, длина и характер ветвления корня, длина, диаметр и характер ветвления корневища, длина междоузлий. Также количественную характеристику: количество надземных побегов, листьев на одном побеге, число корней в одной зоне кущения, корневищ с одного куста, узлов от основания корневища к переходу его в ортотропный рост.

При изучении подземных частей растений пользовались методом горизонтальной раскопки П. К. Красильникова [1983]. В качестве метода исследования использован морфофизиологический анализ [Куперман и др., 1982]. Для морфологической характеристики органов *C. hirta* применяли терминологию, приведенную в монографии Ю. Е. Алексеева “Осоки” [Алексеев, 1996]. Анатомическое исследование корней проводили с помощью светового микроскопа “Jenaval”, оснащенного фотокамерой (× 400) [Таршис, 2007].

Корневую насыщенность почвы (КНГ) определяли по формуле:

$$\text{КНГ} = \frac{V_k n}{V_d} \times 100 \%,$$

где КНГ – корневая насыщенность почвы, %; V_k – объем корня; n – количество выросших растений; V_d – объем участка.

Линейные размеры макрообъектов с точностью до 0,01 мм измеряли штангенциркулем ШТЦ-125. Площадь листа измеряли с помощью программы для определения площади сложных фигур “Areas 2.1” [Пермяков, www.ssa.ru], работа которой основана на сканировании двух фигур, площадь одной из которых известна (шаблон), и их сравнении с последующим расчетом площади другой

фигуры. Погрешность определения площади не превышает 0,001 %.

Для определения площади фигур с помощью программы “Areas” использованы следующие оборудование и программное обеспечение: ПК, сканер, графический редактор с возможностью сканировать изображения (Irfanview). Статистическую обработку морфометрических данных проводили в программе Statistica 9.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Реакции побегов и корней на факторы внешней среды разные, это является отражением коррелятивных связей между формированием и ростом этих органов [Узбек, 2004; Таршис, 2007].

Морфометрический анализ особей показал, что есть существенная разница в размерах вегетативных органов *S. hirta* под действием нефтяного загрязнения почвы: высота надземной части и длина корневищ меньше по сравнению с контрольными растениями (табл. 1–3). Многие источники литературы [Anoliefo et al., 2006; Meudec et al., 2007] свидетельствуют о том, что нефтяное загрязнение почвы при высоких концентрациях нефти ингибирует рост надземных и подземных частей растений.

Однако длина корней из загрязненной среды оказалась больше на 20,4 % по сравнению с контрольными. Корни непосредственно контактируют с нефтью в почве, а нефть может влиять на рост и развитие растений так же, как и регуляторы роста [Merkl et al., 2005; Nageswara Rao et al., 2007]. Ростостимулирующие свойства в зависимости от концентрации сырой нефти имеют ее составляющие – нафтеновые углеводороды [Achuba, 2006]. Также показано [Itai, 1991], что загрязнение среды нефтью влияет на синтез и накопление растениями собственных регуляторов роста в корнях. Очевидно, что 5 % загрязнения почвы нефтью является стимулятором линейного роста корней осоки и ингибитором роста ее побегов. Минимизация размеров главного органа высших растений – побега – это типичная реакция растения на загрязненную среду [Кулагин, Шагиева, 2005].

Т а б л и ц а 1
Морфометрические показатели надземной части 30-суточных растений *S. hirta* под действием нефтяного загрязнения почвы (5 %) (n = 25)

	Количество надземных побегов, шт.	Высота надземной части, см	Высота стебля, см	Высота побегов, шт.	Количество листьев на побеге, шт.	Ширина листовой пластинки, см	Длина листовой пластинки, см	Площадь листа, см ²	Масса сырого вещества, г	Масса сухого вещества, г	Содержание сухого вещества, %	Содержание воды, %
Чистая почва (контроль)	10,9 ± 1,2	28,5 ± 2,7	11,4 ± 0,4	11,1 ± 0,7	0,36 ± 0,04	16,2 ± 1,3	7,4 ± 0,5	2,7 ± 0,06	0,85 ± 0,03	31,5 ± 0,8	68,5 ± 1,2	
Почва + нефть (5 %)	8,4 ± 0,9	17,1 ± 2,4	4,7 ± 0,2	10,2 ± 0,5	0,39 ± 0,03	10,3 ± 1,2	3,9 ± 0,2	1,7 ± 0,07	0,41 ± 0,02	23,5 ± 0,6	76,5 ± 0,9	

Морфометрические показатели корневища 30-суточных растений *S. hitra* под действием нефтяного загрязнения почвы (5 %) ($n = 25$)

Количество корневищ, шт.	Длина корневи- ща, см	Толщина корневища, мм	Количество узлов на побеге, шт.	Масса сырого вещества, г	Масса сухого вещества, г	Содержание сухого веще- ства, %	Содержание воды, %	
Чистая почва (контроль)	3,6 ± 1,4	21,6 ± 2,5	2,8 ± 0,2	18,1 ± 0,8	3,5 ± 0,04	0,9 ± 0,02	26,4 ± 0,5	73,6 ± 0,3
Почва + + нефть (5 %)	1,7 ± 1,1	11,3 ± 1,8	2,6 ± 0,3	12,7 ± 1,2	1,5 ± 0,04	0,5 ± 0,02	33,2 ± 0,3	66,8 ± 0,4

Морфометрические показатели корневой системы 30-суточных растений *S. hitra* под действием нефтяного загрязнения почвы (5 %) ($n = 25$)

Количество корней, шт.	Длина корневой, см	Масса сырого вещества, г	Масса сухого вещества, г	Содержание сырого вещества, %	Содержание воды, %	Объем корневой системы, мл ³	
Чистая почва (контроль)	16,7 ± 5,2	15,7 ± 3,1	0,75 ± 0,09	0,15 ± 0,01	20,0 ± 1,3	80,0 ± 1,7	0,74 ± 0,05
Почва + нефть (5 %)	13,5 ± 2,6	18,9 ± 1,9	1,25 ± 0,13	0,48 ± 0,08	38,4 ± 1,8	61,6 ± 1,8	1,53 ± 0,07

Однако рост растений нельзя рассматривать только как процесс линейного увеличения размеров. Рост – это необратимое увеличение объема, массы растений, сопровождаемое новообразованием элементов структуры организма [Ермаков, 2005].

Под влиянием нефти у растений осоки уменьшается накопление массы сырого и сухого веществ в надземной части и в корневище (см. табл. 1, 2). Однако массовая доля сухого вещества в корневище этих растений оказалась больше на 26 % относительно контроля. Видимо, ухудшение аэрации, водообмена и физико-химических условий почвы под действием нефти приводит к снижению биомассы растений [Glick, 2003].

Масса сырого и сухого веществ корней под действием нефти оказалась больше в 1,7 и 3,2 раза относительно контроля соответственно (см. табл. 3). При ухудшении почвенных условий у многолетних растений наблюдается так называемый “отток углерода” из надземной части в подземную, что дает возможность растениям адаптироваться к неблагоприятным условиям в почве [Merkl et al., 2005].

Также наблюдается перераспределение воды в растениях осоки, располагающихся на нефтезагрязненных почвах: листья содержат большее количество воды, чем подземные органы (см. табл. 1). Это закономерное явление, так как нефтезагрязненные почвы являются гидрофобными, а при начальном водном дефиците листья оттягивают воду от корневой системы [Жолкевич и др., 1989].

Лист является боковым органом побега и выполняет важные физиологические функции. На 30 сутки насчитывается почти одинаковое количество листьев у контрольных и опытных растений – 11 и 10 соответственно (см. табл. 1). Однако внешний вид растений различается. У опытных растений длина стебля на 59 % меньше, поэтому листья размещены более компактно, чем в контроле (см. табл. 1).

Длина листьев *S. hirta* под действием нефти уменьшается на 36 % по сравнению с контрольными растениями. Однако их ширина преобладает над контрольными на 8 %.

Более информативными являются данные по изменению площади листовой пластинки, которые одновременно являются и показателями изменения ассимилирующей поверх-

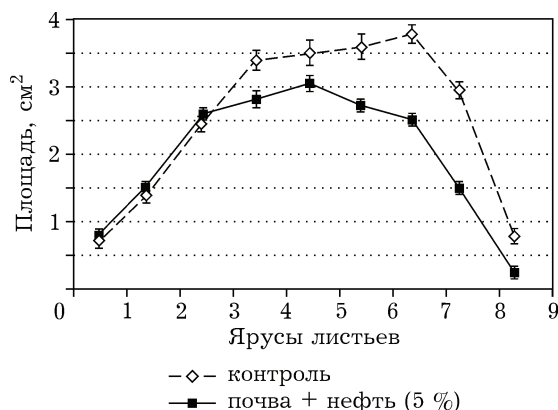


Рис. 1. Площадь листовых пластинок побега 30-суточных растений *S. hirta* под влиянием нефтяного загрязнения почвы

ности и массы листа под действием негативных факторов среды. Мы сосредоточили свое внимание на изучении ярусной изменчивости листовых пластинок у растений осоки шершавой, выращенных на нефтезагрязненной почве.

У растений *S. hirta* под действием нефти размеры листовой пластинки меняются по параболической кривой. У контрольных растений параболическая кривая имеет сравнительно пологую восходящую и более крутую нисходящую ветви (рис. 1).

Восходящая ветвь кривой достигает максимума на седьмом листе у контрольных растений и на пятом – у опытных растений. Площадь первого листа контрольных растений составляет 0,69 см², и опытных – 0,83 см². Площадь самого большого листа у контрольных растений составляет 3,78 см², 3,02 см² – у опытных. От основания к вершине кривой площадь пластинки увеличивается в 5,2 и 3,6 раза у контрольных и опытных растений соответственно. Таким образом, площадь листовой пластинки постепенно возникающих листьев прогрессивно увеличивается.

Нисходящая ветвь изменения площади листовых пластинок более короткая. Она отражает изменения размеров двух листовых пластинок у контрольных и четырех – у опытных растений *S. hirta*. Таким образом, параболическая кривая, выражающая изменение размеров листовых пластинок главного побега осоки контрольного варианта является несколько асимметричной. Восходящая ветвь кривой показывает постепенное увели-

Количественные значения морфологических показателей подземных побегов *C. hirta*, которые росли на нефтезагрязненной почве (5 %) ($n = 25$)

	Число корневищ, шт.	Средняя длина корневища, см	Среднее число узлов на корневище, шт.	Средняя длина междоузлия, см
Чистая почва (контроль)	$3,6 \pm 1,4$	$21,6 \pm 2,5$	$18,1 \pm 0,8$	$1,1 \pm 0,02$
Почва + нефть (5 %)	$1,7 \pm 1,1$	$11,3 \pm 1,8$	$12,7 \pm 1,2$	$0,7 \pm 0,03$

чение, а нисходящая – уменьшение размеров листовой пластинки.

Ход кривой ярусного изменения размеров листовых пластинок отражает и скорость развития растения. Чем короче восходящая ветвь кривой, т. е. чем ближе к началу кривой размещается точка максимума, тем быстрее развивается растение. Исходя из этого мы можем предположить, что листья особей, которые росли на нефтезагрязненной почве, быстрее стареют.

Под влиянием нефти происходит ингибирование роста не только наземных побегов осоки шершавой, но и подземных – корневищ. У опытных растений средняя длина корневища оказалась почти в 2 раза меньше, чем у контрольных (табл. 4). Количество корневищ у осоки под влиянием нефти тоже уменьшилось, почти вдвое. Известно, что высокие концентрации нефти в почве снижают новообразования корневищ для устойчивых видов растений в 2 раза [Glick, 2003].

Параболическая кривая изменения длины междоузлия удлинённых вегетативных плагитропных побегов (корневищ) аналогична ходу кривой изменения площади листовых пластинок (рис. 2).

Длина междоузлия изменяется по одновершинной кривой, которая имеет восходящую и нисходящую ветви. Причем восходящая ветвь для опытных растений короче, чем нисходящая. У контрольных растений наоборот – восходящая длинная, а нисходящая короткая. Это также говорит о том, что морфогенез корневища опытных растений является ускоренным.

Ветвление корневищ осоки шершавой изменяется под влиянием нефтяного загрязнения. Корневища растений с чистой почвы на протяжении первого года плагитропно растут, сильно ветвятся (до 2–3 порядков),

но не меняют своего направления роста – из подземного на надземный (рис. 3). Корневища растений с нефтезагрязненных почв, наоборот, меньше ветвятся (до 1 порядка). Их плагитропный рост продолжается недолго и скоро меняется на ортотропный (см. рис. 3).

Биологически такое явление оправдано. Растению в сложных условиях необходимо быстрее развивать ассимилирующую поверхность. Образование длинных корневищ потребовало бы большего расхода ассимилятов главного побега, задерживало бы ростовые потребности последнего. Поэтому образование и рост плагитропных побегов происходит по мере увеличения ассимилирующей поверхности растения. В связи с увеличением этой поверхности плагитропная часть побегов формирует более длинные, с большим числом узлов и междоузлий корневища.

Деятельность корневой системы имеет большое влияние на рост и развитие надземных органов растения [Smith et al., 1989].

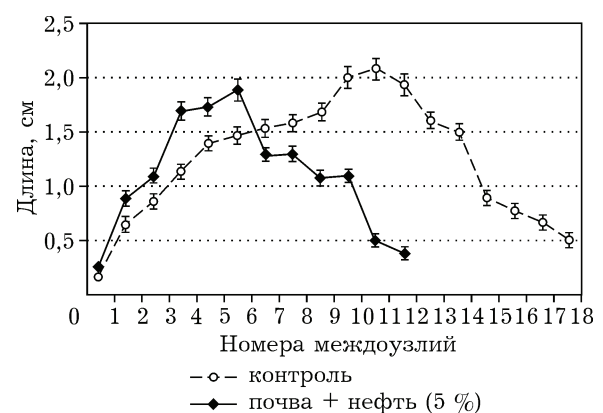


Рис. 2. Длина междоузлий корневищ 30-суточных растений *C. hirta* под влиянием нефтяного загрязнения почвы

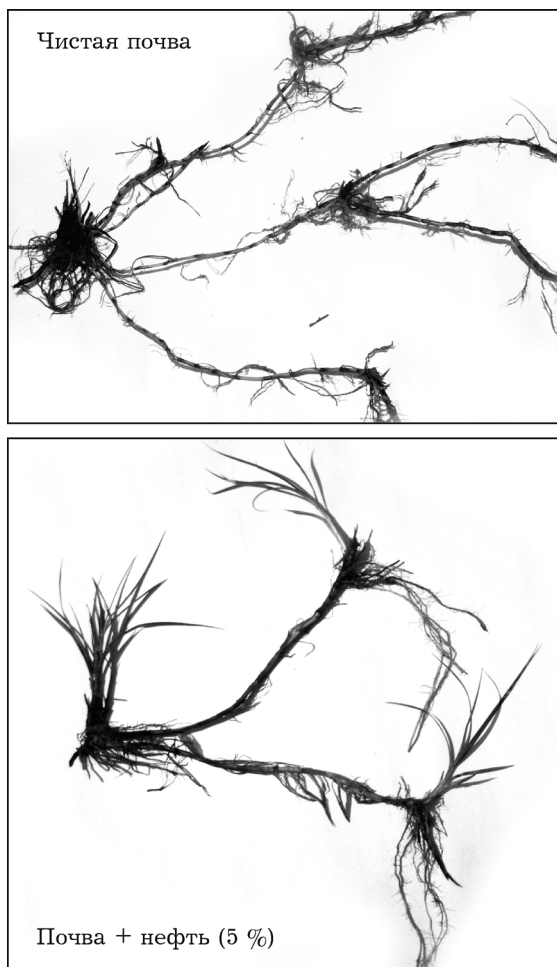


Рис. 3. Ветвление корневищ растений *C. hirta* под влиянием нефтяного загрязнения почвы на 30-е сутки

Корневая система осоки формируется, растет и функционирует в течение нескольких лет [Алексеев, 1996], образует большую массу и оказывает влияние на процесс становления структуры почвы и повышение ее плодородия. В отличие от стебля, корни имеют большую самостоятельность своей жизнедеятельности. Высокая степень самостоятельности корней показывает их большую метаболическую роль.

Известно, что корневой системе как органу активного продуцирования ассимилятов принадлежит важная стресс-толерантная роль в процессах адаптации растений к стрессу [Кононенко, 2008]. В нашем случае, на фоне ингибирования роста побега и корневищ нефтяное загрязнение почвы оказывает стимулирующее влияние на рост и объем корней растений *C. hirta* (см. табл. 3; рис. 4).

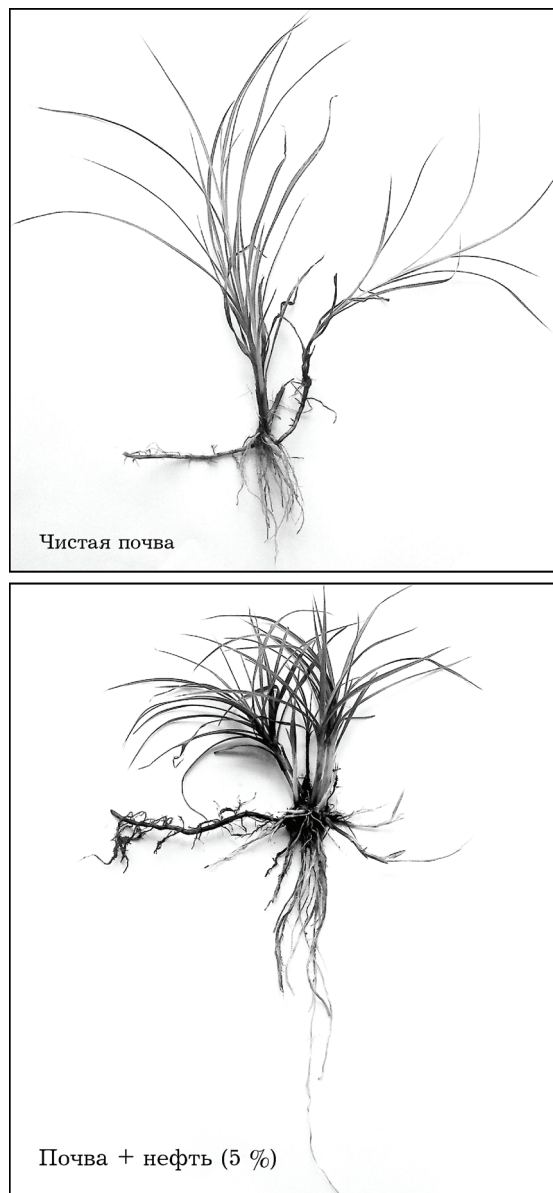
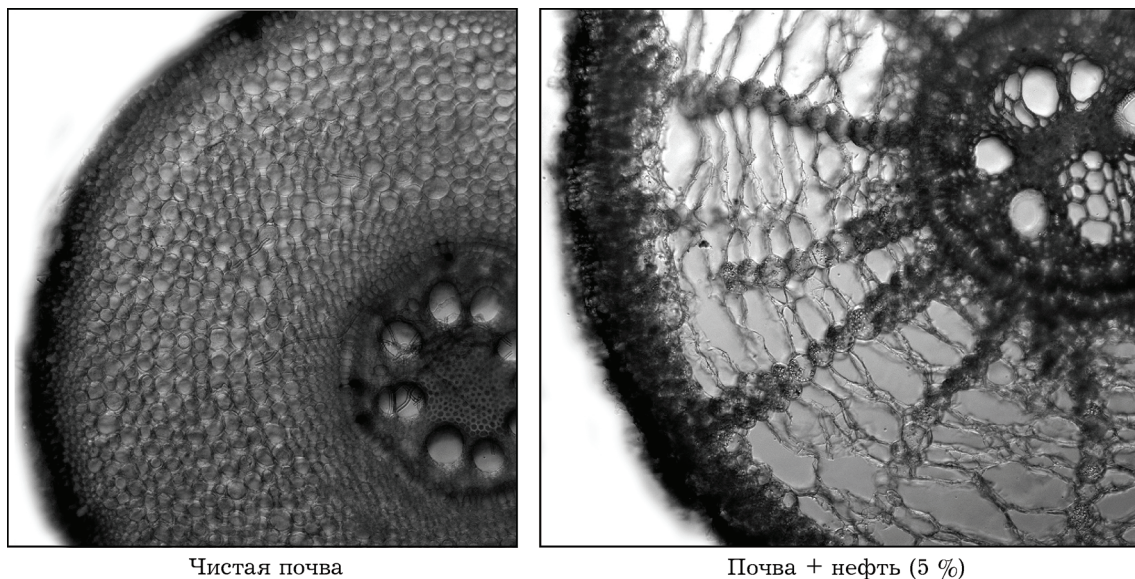


Рис. 4. Корневая система растений *C. hirta* в зоне кущения под влиянием нефтезагрязненной почвы

По данным объема определяется корневая насыщенность почвы, которая создает представление о значении в восстановлении структуры почвы и повышения ее плодородия. Наши данные показывают, что объем корневой массы значительно изменяется (см. табл. 3). С увеличением объема корней увеличивается и корневая насыщенность почвы. Для контрольных растений она составляла 0,13 %, исследовательских – 0,46 %. Это уникальная биологическая особенность многолетних трав, которая заключается в образова-



Чистая почва

Почва + нефть (5 %)

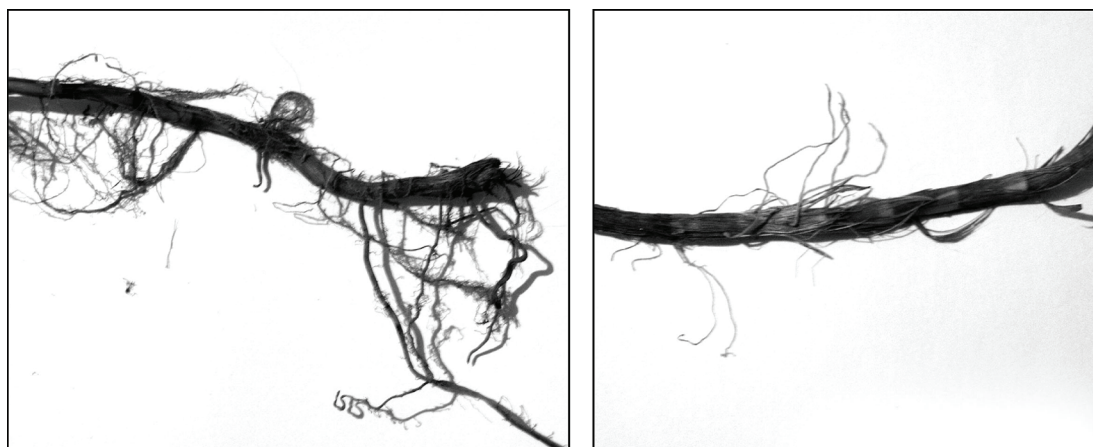
Рис. 5. Клеточное строение корня *S. hirta*, растущего на нефтезагрязненной почве (× 400)

нии ими подземной части такого объема и строения, которые способны обеспечить растение элементами питания и сформировать максимально возможный урожай в условиях сложной экологической среды [Узбек, 2004].

Для устойчивых к недостатку кислорода видов осок типичным признаком является развитие сети воздушных пространств в корнях – аэренхимы [Visser et al., 2000]. Ухудшение аэрации почвы под влиянием нефти вызывает интенсивное развитие аэренхимы в корнях осоки шершавой, что приводит к увеличению объема корня по сравнению с контролем (рис. 5). Постоянная внутренняя

аэрация корней предотвращает повреждение растений в загрязненной среде [Justin, Armstrong, 1987].

У многолетних трав формируется и растет вторичная (узловая) корневая система, которая состоит из придаточных корней. Они возникают в узлах и на междоузлиях подземного побега. Поэтому динамика количества дополнительных корней непосредственно связана с процессом кущения этих растений. Новообразование придаточных корней является приближением их к вновь возникающим ассимилирующим органам, приводит к сохранению постоянной длины проводящих пучков



Чистая почва

Почва + нефть (5 %)

Рис. 6. Придаточные корни на корневищах растений *S. hirta* под влиянием нефтяного загрязнения почвы

от корней к листьям и улучшению условий вегетативного размножения этих растений. Образование дополнительных корней способствует интенсивному кущению, обеспечивает самостоятельность каждого побега, создает лучшие условия вегетативного возобновления и размножения растений. На 30 сутки корни, образовавшиеся на корневище контрольных растений, составляли 45 % от общего количества корней растения (зоны кущения), у растений под действием нефти их оказалось только 7 % (рис. 6).

Нефтяное загрязнение почвы ингибировало образование дополнительных корней на корневищах *C. hirta*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нефтяное загрязнение почвы в большей степени негативно влияет на рост надземной части растений *C. hirta*, чем подземной. Уменьшается размер, площадь и масса листовых пластинок *C. hirta*. Кроме того, наблюдается их более раннее старение. Это очевидное доказательство сокращения продолжительности морфогенеза растений под влиянием негативных факторов.

Уменьшение морфометрических параметров листьев *C. hirta* можно рассматривать как адаптивную реакцию данного вида к нефтяному загрязнению почвы, направленную на обеспечение устойчивого роста и развития в экстремальных условиях.

Полученные результаты подтверждают, что пластичность корневой системы исследуемого вида является ответом на изменение условий обитания. Большое поступление углерода объясняет лучшее развитие корневой системы растений в условиях снижения доступности воды, содержания минеральных элементов и кислорода.

Нефтяное загрязнение почвы привело к уменьшению размеров, массы, диаметра корневища. Плагиотропный рост корневища под действием нефти продолжается недолго и скоро меняется на ортотропный. Это также является одним из факторов приспособления к стрессовым условиям.

Таким образом, в результате проведенных исследований дополнены данные по морфологии, морфогенезу, экологии осоки шерша-

вой. Впервые изучены особенности роста *C. hirta* в нефтезагрязненной почве.

ЛИТЕРАТУРА

- Агаев М. Г. Популяционная ботаника как интегральная наука // Тез. докл. VII Делегат. съезда ВБО. М.: Наука, 1983. С. 122.
- Алексеев Ю. Е. Осоки (морфология, биология, онтогенез, эволюция). М.: Аргус, 1996. 251 с.
- Буньо Л. В., Цвілинюк О. М., Терек О. І., Величко О. І., Микієвич І. М. Активність мікрофлори нафтозабрудненого ґрунту у ризосферній зоні рослин *Carex hirta* L. // Біологічні студії. *Studia Biologica*. 2010. Т. 4, № 3. С. 55–62.
- Дурмишидзе С. В., Девдариани Т. В., Кахнашвили Х. А., Буадзе О. А. Биотрансформация ксенобиотиков в растениях. Тбилиси: Мецниереба, 1988. 287 с.
- Ермаков И. П. Физиология растений. М.: Академия, 2005. 637 с.
- Жолкевич В. Н., Зубкова В. Н., Маевская С. Н., Волков В. С., Ракитин В. Ю., Кузнецов В. В. Взаимодействие теплового шока и водного стресса у растений. Осморегуляция в листьях хлопчатника при последовательной кратковременной гипертермии и почвенной засухи // Физиология растений. 1997. Т. 44, № 4. С. 613–623.
- Игнатъева И. П. Классификация и биоморфологические особенности корневищ двудольных и однодольных травянистых поликарпиков // Изв. ТСХА. М.: Изд-во МСХА, 1994. Вып. 1. С. 60–77.
- Кононенко В. О. Адаптаційні зміни кореневої системи озимого ячменю в умовах ґрунтових посух // Матли Міжнар. наук. конф. "Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти", (Харків, 13–15 жовт. 2008 р.) / М-во освіти і науки України, Харк. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. Х.: Харків. нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна, 2008. С. 88–89.
- Коровкин О. А. О закономерностях онтогенеза клона на примере столонообразующих травянистых поликарпиков: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: МСХА, 1999. 36 с.
- Красильников П. К. Методика полевого изучения подземных частей растений (с учетом специфики ресурсоведческих исследований). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 208 с.
- Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука, 2005. 190 с.
- Куперман Ф. М., Ржанова Е. И., Мурашев В. В., Львова И. Н., Седова Е. А., Ахундова В. А., Щербина И. П. Биология развития культурных растений. М.: Наука, 1982. 343 с.
- Мамаев С. А., Семериков Л. Ф. Актуальные проблемы популяционной биологии растений // Экология. 1981. № 2. С. 5–14.
- Маркаров А. М., Головки Т. К. Ростовая ориентация подземных побегов многолетних травянистых растений 3. Морфофизиология подземных побегов и развитие сарментов // Физиология растений. 1995. Т. 42, № 5. С. 709–713.
- Маслова С. П. Структурно-функциональная организация подземных побегов клубнеобразующих расте-

- ний: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Сыктывкар, 1999. 112 с.
- Москалик Г. Г., Костишин С. С. Морфологічні особливості *Picea pungens* "Глауса" в умовах урбоекосистеми (на прикладі м. Чернівців) // Укр. ботан. журн. 2008. Т. 65, № 3. С. 437–444.
- Пермяков А. Н. www.ssaa.ru сайт ФГОУ ВПО "Самарская государственная сельскохозяйственная академия".
- Таршис Л. Г. Анатомия подземных органов высших сосудистых растений. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 224 с.
- Узбек І. Х. Розвиток корневих систем рослин як показник внутрішньотканинної транслокації речовини й енергії // Вісн. аграрної науки. 2004. № 9. С. 45–47.
- 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.
- Anoliefo G. O., Isikhuemhen O. S., Ohimain E. I. Sensitivity studies of the common bean (*Vigna unguiculata*) and maize (*Zea mays*) to different soil types from the crude oil drilling site at Kutchalli, Nigeria // J. Soils Sediments. 2006. Vol. 6, N 1. P. 30–36.
- Achuba F. I. The effect of sublethal concentrations of crude oil on the growth and metabolism of cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings // The Environmentalist. 2006. Vol. 26, N 1. P. 17–20.
- Franjić J. Morphometric leaf analysis as an indicator of common oak (*Quercus rubur* L.) variability in Croatia // An. șumar. 1994. Vol. 19, N 1. P. 1–32.
- Glick B. R. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment // Biotechnol. Advances. 2003. N 21. P. 383–393.
- Itai C., Birnbaum H. Synthesis of plant growth regulators by roots // Plant roots. The hidden half / eds. Y. Waisel, U. Eshel, U. Kafkafi. N.Y.: Marcel Dekker Inc., 1991. P. 163–167.
- Justin S. H. F. W., Armstrong W. The anatomical characteristics of roots and plant response to soil flooding // New Phytologist. 1987. Vol. 106. P. 465–495.
- Korovetska H., Tsvilynjuk O., Terek O. Evaluation of crude oil contaminated soil on the proline and soluble sugars content in sedge (*Carex hirta* L.) plants // Studia Biologica. 2009. Vol. 3, N 2. P. 115–122.
- Merkl N., Schultze-Kraft R., Arias M. Influence of fertilizer levels on phytoremediation of crude oil-contaminated soils with the tropical pasture grass *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf // Int. Journ. of Phytoremediation. 2005. Vol. 7, N 3. P. 217–230.
- Nageswara Rao C. V., Afzal M., Malallah G., Kurian M., Gulshan S. Hydrocarbon Uptake by Roots of *Vicia faba* (Fabaceae) // Environ. Monitoring Assessment. 2007. Vol. 132. P. 439–443.
- Smith B., Stachowisk M., Volkenburgh E. Cellular processes limiting leaf growth in plants under hypoxic root stress // J. Exptl. Bot. 1989. Vol. 40. P. 89–94.
- Visser E. J. W., Bögemann J. M., Van De Steeg H. M., Pierik R., Blom C. W. P. M. Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation // New Phytol. 2000. Vol. 148. P. 93–103.

Peculiarities of Morphogenesis of *Carex hirta* L. on the Oil-Contaminated Soil

L. V. BUNIO, O. M. TSVILYNYUK

*Ivan Franko National University of Lviv
Department of Plant Physiology and Ecology
79005, Ukraine, Lviv, Hrushevsky str., 4
E-mail: bioza@ukr.net*

The features of growth of *C. hirta* on the oil-contaminated soil were studied for the first time. Reduction of morphometric parameters of leaves, rhizomes, and enlargement of roots under the influence of oil were determined. Duration of morphogenesis of *C. hirta* plants on the oil-polluted soil was also reduced. Early ageing of leaves was observed. Rhizomes of the plants from the petropolluted soils branched less. Their plagiotropic growth soon changed to the orthotropic. As the result of the study, the data on morphology, morphogenesis and ecology of *C. hirta* were replenished.

Key words: *Carex hirta* L., morphogenesis, leaves, rhizomes, roots, crude oil contamination of soils.