

УДК 581.144.2+581.524+581.55

ВСИСНА СИЛА КЛІТИН КОРЕНІВ РОСЛИН СОЇ ЗА ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВОДНИХ УМОВ НАФТОЗАБРУДНЕНОГО ҐРУНТУ**О. Величко, О. Сокол, О. Терек***Львівський національний університет імені Івана Франка**вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна**e-mail: biofr@franko.lviv.ua*

Встановлено, що зі зростанням рівня нафтового забруднення знижується вміст гігроскопічної та капілярної води у ґрунті. Адаптація рослин сої до умов дефіциту вологи у нафтозабрудненому ґрунті відбувається за рахунок змін водного режиму рослин, а саме – внаслідок зростання всисної сили клітин коренів.

Ключові слова: нафтозабруднений ґрунт, гігроскопічна та капілярна вода, рослини сої, всисна сила клітин коренів.

Оскільки нафта є полікомпонентним забруднювачем (містить фракції рідких, твердих і газоподібних вуглеводнів), характерною особливістю навантаження ґрунту нафтою є одночасне формування різнобічних як за проявом та силою впливу, так і за тривалістю дії, наслідків. Якщо рівень забруднення ґрунту токсичними леткими компонентами, що є у складі нафти, через певний час знижується (шляхом вивітрювання, вимивання тощо), то набута внаслідок вивільнення важких вуглеводнів нафти (смоли, асфальтени), гідрофобність ґрунту є явищем тривалим у часі (десятиріччями). У наших дослідженнях істотне зниження вологосмності ґрунту, що зазнав нафтового забруднення, зберігалось через 6 місяців після внесення нафти. Показано, що здатністю виживати в умовах стабільно гідрофобного нафтозабрудненого ґрунту володіють багаторічні бобові трави [3, 7]. Вивчення природи адаптації бобових рослин до умов ґрунту, забрудненого нафтою, є актуальним завданням насамперед з огляду на можливий позитивний вплив функціонування бобово-ризобіального симбіозу на активність ґрунтової мікрофлори, окремі представники якої є ефективними деструкторами нафти у ґрунті. Крім цього, оскільки у нафтозабрудненому ґрунті за рахунок вуглецю нафти змінюється співвідношення азот/вуглець, – перспективними рослинами для вирощування на нафтозабруднених ґрунтах з метою їх ремедіації можуть бути саме бобові рослини через їхню здатність у симбіозі з ризобіями фіксувати атмосферний азот.

Об'єктом наших досліджень обрано представника бобових рослин – рослини сої. Насіння висаджували у зволожений ґрунт через 30 днів після внесення у нього нафти. Навантаження ґрунту нафтою становило 2, 5 і 8%. Проводили визначення рівня капілярної та гігроскопічної вологи у нафтозабрудненому ґрунті [1], а також – величини всисної сили клітин коренів, яку встановлювали плазмолітичним методом [11]. Для аналізу використовували тканини коренів (20×5 мм) рослин сої 2-місячного віку.

На тлі різноманітних негативних наслідків дії багатоконпонентного нафтового забруднення ґрунту особливо небезпечною для всієї ґрунтової екосистеми є стійка його гідрофобізація. Для рослинних організмів дефіцит вологи у ґрунті означає, насамперед, зниження вмісту води у тканинах і органах, зниження водного потенціалу та тургору клітин, що впливає на всі процеси життєдіяльності, оскільки вода є не лише домінуючим компонентом клітини порівняно з іншими речовинами, але й активною складовою та регулятором інтенсивності фізіологічних процесів і біохімічних реакцій (фотосинтезу, дихання тощо), які лежать в основі формування клітинних структур, самих клітин і біомаси в ціло-

му. Крім цього, відсутність вологи у ґрунті загрожує рослинам недоступністю наявних поживних речовин. Дефіциту ґрунтової вологи зазнають рослини, якщо ґрунт забруднено нафтою. Такий висновок зроблено на підставі встановленого нами зниження вологості нафтозабрудненого ґрунту. Зокрема, показано, що кількості капілярної та гігроскопічної води, які здатен утримувати нафтозабруднений ґрунт, є меншими відносно контролю і залежать від рівня навантаження ґрунту нафтою (див. таблицю).

Зміни вологості ґрунту, спричинені забрудненням нафтою

Навантаження ґрунту нафтою	Кількість гігроскопічної води, г/100 г абсолютно сухого ґрунту	Кількість капілярної води, г/100 г абсолютно сухого ґрунту
Контроль	1,57±1,1	46,02±3,23
2%	1,28±0,9	38,98±2,76
5%	1,03±0,7	34,94±2,48
8%	1,06±0,5	33,92±2,16

Наведені у таблиці дані свідчать, що зниження вологості ґрунту відбувалося уже за наявності 2% нафти у ґрунті. Зростання рівня забруднення ґрунту нафтою до 5% призводило до зменшення кількості гігроскопічної води, утримуваної ґрунтом, на 34%, а капілярної – на 24% стосовно контролю. Вода, що утримується у порах ґрунту капілярними силами, серед доступних рослинам форм ґрунтової вологи є найменш залежною від природних явищ, які обумовлюють надходження, пересування по профільних горизонтах і утримання її у ґрунтах [10], а тому є основним стабільним джерелом води для рослинних організмів. Тобто рослини сої, які росли у нафтозабрудненому ґрунті (5%), позбавлені 1/4 доступної контрольним рослинам капілярної вологи.

Рослинні організми здатні пристосовуватися до екстремальних умов водозабезпечення шляхом адаптивних перебудов на усіх рівнях організації [8, 10, 12, 13]. Прикладами механізмів регуляції водообміну на рівні організму є зміни морфологічної будови рослин, спрямовані на зменшення транспіраційної поверхні листків на тлі зростання площі поглинаючої поверхні кореневої системи та посиленого розвитку провідних тканин [17, 18, 8]. Швидке закінчення росту клітин розтягом і початок диференціювання клітин, які ще не досягли своїх остаточних розмірів, тобто їхня ксероморфність, як і ступінь вакуолізації, а також окорковіння, суберенізація екзодерми й більш раннє формування поясів Каспарі у клітинах коренів тощо є проявом механізмів регуляції на різних рівнях: органа, клітинному та субклітинному [16, 19]. Зниження провідності мембран, іонного транспортування, зростання здатності протоплазми клітин витримувати зневоднення шляхом змін спрямованості обміну речовин і нагромадженням у клітинах високогідрофільних та осмотично активних сполук [8, 13] та ін. пов'язані з регуляцією водообміну на молекулярному рівні.

У тимчасові та помірні стресові умови, зумовлені незначною посухою, час від часу потрапляє більшість рослин у природі. Можливі механізми, що беруть участь у формуванні їхньої стійкості до нетривалої посухи, є вивченими досить детально. За дії ж нафтохімічного забруднення характерним є формування гідрофобних властивостей ґрунту стабільного характеру. З огляду на дану обставину передбачалося, що адаптація рослин до нафтозабрудненого ґрунту відбувається, насамперед, за рахунок змін їхнього водного режиму. В наших експериментах досліджено значення однієї зі складових водного статусу рослин – всисної сили клітин коренів залежно від кількості доступної вологи у нафтозабрудненому ґрунті.

У результаті проведених досліджень встановлено, що значення всисної сили коренів рослин сої за наявності 5 та 8% нафти у ґрунті може зростати (рис. 1).

Відомо, що всисна сила клітин визначається їхнім осмотичним потенціалом. Згідно з даними літератури [10], осмотичний потенціал рослинних клітин коливається в межах від 0,1 до 20 МПа: у водних рослин він найменший і становить 0,1 МПа, у мезофітів – коливається від 0,5 МПа до 3 МПа, а в багатьох галофітів сягає 20 МПа. Під впливом різноманітних чинників значення осмотичного потенціалу може змінюватися навіть у сусідніх клітинах однієї тканини [10]. Зростання осмотичного потенціалу клітин відбувається за екстремальних умов погіршеного водозабезпечення. Як встановлено нами, всисна сила коренів рослин сої становить 1 МПа, а за наявності 5 та 8% нафти у ґрунті зі зменшенням доступної капілярної вологи (див. таблицю) – зростає до 1,22 МПа. Дана властивість коренів, очевидно, є адаптивною реакцією, спрямованою на виживання рослин сої за умов погіршеного водозабезпечення, спричиненого забрудненням ґрунту нафтою, і є наслідком зниження водного потенціалу клітин та послаблення їхнього тургорного тиску, оскільки експериментально встановлено, що саме послаблення тургорного тиску клітини індукує зростання її осмотичного потенціалу [8]. Зростання осмотичного потенціалу відбувається за рахунок нагромадження осмотично активних речовин. Даний висновок може бути справедливим і для умов нафтового забруднення, тим більше, що показано нагромадження проліну у клітинах коренів рослин бобу (*Vicia faba* L.) за дії нафтового забруднення ґрунту [15].

Таким чином, отримані нами результати показують, що внаслідок нафтового забруднення через зниження вологості ґрунту рослини перебувають в умовах дефіциту ґрунтової вологи, а їхня стійкість за даних умов зумовлена, зокрема, зростанням всисної сили клітин коренів, що й забезпечує додаткове надходження води до клітин.

Зміни водного режиму можуть бути однією з причин пригнічення процесів росту рослин за нафтового забруднення, оскільки відомо [4], що підвищення водоутримуючих сил і зниження водного потенціалу шляхом впливу на фізико-хімічні властивості внутрішньоклітинної води змінюють рівень її зв'язаності, що у свою чергу призводить до зменшення рухливості води та, як наслідок, – зниження інтенсивності обмінних процесів між окремими клітинами, організмом і навколишнім середовищем, що й виражається у гальмуванні росту рослин. Проте за умов нафтового забруднення, крім зниження

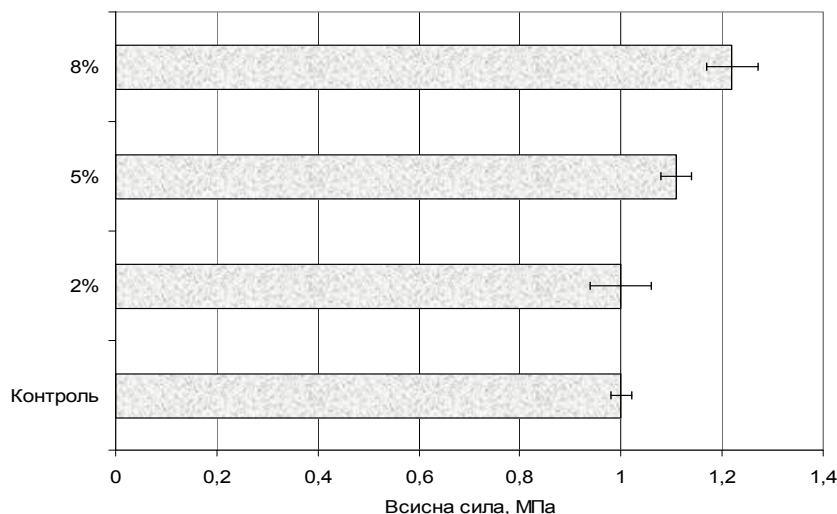


Рис. 1. Всисна сила клітин коренів рослин сої у ґрунті, забрудненому нафтою (кількість нафти у ґрунті становить 2, 5 і 8%).

водоутримуючої здатності, ґрунт набуває різко виражених анаеробних властивостей (унаслідок склеювання часток ґрунту смолистими речовинами, що є у складі нафти), також виникає спричинене нафтовим забрудненням засолення ґрунту та ін. Залежність взаємодії усіх цих чинників на життєдіяльність рослинних організмів є малодослідженою. На даний час показано, що виживання рослин у нафтозабрудненому ґрунті може відбуватися за рахунок розвитку потужних кореневищ як у осоки шорстковолосистої [5, 14], чи – формування значної поверхні тонких бічних коренів, здатних досягати багатих вологою глибинних ґрунтових горизонтів, як у рослин люцерни округлої [3]. Згідно з нашими результатами, адаптація рослин сої до нафтозабрудненого ґрунту може відбуватися шляхом зростання всисної сили клітин її коренів (рис. 1). Показано також, що механізмом регуляції водообміну за нафтохімічного забруднення є зміна кількості й апертури продихів рослин осоки шорстковолосистої [9]. На рівні клітинного метаболізму встановлено, що адаптації рослин до умов нафтозабрудненого ґрунту сприяє нагромадження у клітинах низькомолекулярних антиоксидантів (аскорбату, каротинів) у відповідь на індуковану забрудненням активацію процесів вільнорадикального окислення (ПОЛ) [6, 2]. Отримані результати засвідчують участь антиоксидантної системи захисту у формуванні стійкості рослин до умов ґрунту, забрудненого нафтою, тим більше, що показано вплив нафтового забруднення ґрунту на вміст пероксиду водню й активність пероксидази рослин бобу [7], активність аскорбатоксидази рослин люцерни [2] та ін.

Отримані результати щодо зростання всисної сили клітин коренів дають змогу зробити висновок, що виживання рослин сої в умовах екстремальних водних властивостей нафтозабрудненого ґрунту забезпечується за рахунок змін їхнього водного режиму.

1. *Александрова Л. Н., Найденова О. А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению. М.: Изд-во сельскохоз. литературы, 1957. С. 96–99.
2. *Величко О., Терек О.* Вплив нафтового забруднення ґрунту на вміст аскорбінової кислоти та активність аскорбатоксидази в органах рослин люцерни округлої // Наук. вісн. Львів. академії ветерин. медицини. 2008. Т. 10. № 3 (38). Ч. 2. С. 144–148.
3. *Величко О. І., Яворська Н. Й., Терек О. І.* Ріст та розвиток рослин люцерни в умовах забруднення нафтою ґрунту // Наукове забезпечення інноваційного розвитку аграрного виробництва в Карпатському регіоні: Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Оброшино. 2007. С. 81–85.
4. *Григорюк І. А., Шматько І. Г., Мануильський В. Д., Загордонец О. А.* Действие полистимулина К на структуру и водообмен листьев озимой пшеницы и картофеля при засухе // Физиология и биохимия культ. растений. 1990. Т. 22. № 6. С. 573–577.
5. *Джура Н., Цвілинюк О., Терек О.* Вплив нафтового забруднення ґрунту на морфологічні особливості рослин // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2005. Вип. 40. С. 51–58.
6. *Джура Н., Цвілинюк О., Терек О.* Реакції осоки шершавої на нафтове забруднення // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2006. Вип. 42. С. 142–146.
7. *Карпин О., Джура Н., Цвілинюк О., Терек О.* Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові показники, вміст пероксиду водню та активність пероксидази рослин бобу (*Vicia faba* L.) // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 47. С. 160–165.
8. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Под ред. чл.-корр. НАН Украины Е.Л. Кордюм. К.: Наук. думка, 2003. С. 138–218.
9. *Коровецька Г., Соханьчак Р., Джура Н.* та ін. Стан продихового апарату листків рослин *Carex hirta* L. за впливу нафтового забруднення ґрунту // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол. 2008. Вип. 47. С. 166–171.
10. *Мусієнко М. М.* Фізіологія рослин: Підручник. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 392 с.

11. Романюк Н. Д., Цвілинюк О. М., Микієвич І. М., Терек О. І. Фізіологія рослин: Навч. практикум для студентів біол. ф-ту. Львів: Сполом, 2005. С. 22–24.
12. Терек О. Ріст рослин: Навч. посібник. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І.Франка, 2007. 247 с.
13. Ткачук У. С. Физиология водопотребления при оптимизации минерального питания растений. К.: Наук. думка, 1986. 168 с.
14. Цайтлер М. Зміни структури ценопопуляції *Carex hirta* в умовах нафтового забруднення екоотопів на Бориславському нафтовому родовищі // Екологія та ноосферологія. 2000. Т. 1. № 1–2. С. 127–132.
15. Korowečka H., Dżura N., Karpyn O. et al. Akumulacja proliny w roślinach *Vicia faba* (var. minor) pod wpływem zanieczyszczenia gleby ropą naftową // Nowe tendencje w rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich: Materiały IV Ogólnopolskiej Konf. Naukowej „Młodzi naukowcy – praktyce rolniczej” nt. (Kwiecień, 22–24, 2008). Rzeszów, 2008. S. 153–155.
16. North G. B., Nobel P. S. Changes in hydraulic conductivity and caused by drying and rewetting roots of *Agave deserti* (Agavaceae) // Amer. J. Bot. 1991. Vol. 78. N 7. P. 906–915.
17. Rieger M., Litvin P. Root system hydraulic conductivity in species with contrasting root anatomy // J. Exp. Bot. 1999. Vol. 50. N 331. P. 201–209.
18. Sharp R. E., Silk W. K., Hsiao T. C. Growth of the maize primary root at low water potentials // Plant Physiol. 1988. Vol. 87. P. 50–57.
19. Stiller V., Sperry J. S. Cavitation fatigue and its reversal in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // J. Exp. Bot. 2002. Vol. 53. N 371. P. 1155–1161.

THE SUCTION FORCE OF ROOT CELLS OF SOYA PLANTS AT THE EXTREM WATER TERMS OF OIL POLLUTION SOIL

O. Velychko, O. Sokol, O. Terek

Ivan Franko National University of Lviv
4, Hrushevskyyi St., Lviv 79005, Ukraine
e-mail: biofr@franko.lviv.ua

It is set that with growth of oil contamination the amount of hydroscopic and capillary moisture goes down in soil. Adaptation of soya plants to the terms of deficit of moisture in oil muddy soil takes place due to the water mode of plants namely as a result of growth of suction force of cells of root.

Key words: oil pollution of soil, hydroscopic and capillary moisture, soya plants, suction force of cells.

ВСАСЫВАЮЩАЯ СИЛА КЛЕТОК КОРНЕЙ РАСТЕНИЙ СОИ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ВОДНЫХ УСЛОВИЯХ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

О. Величко, О. Сокол, О. Терек

Львовский национальный университет имени Ивана Франко
ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина
e-mail: biofr@franko.lviv.ua

Установлено, что с возрастанием уровня загрязнения нефтью снижаются количества гигроскопической и капиллярной влаги в почве. Адаптация растений сои к условиям дефицита влаги в нефтезагрязненной почве происходит за счет изменений водного режима растений, а именно – в результате возрастания всасывающей силы клеток корней.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва, гигроскопическая и капиллярная влага, растения сои, всасывающая сила клеток корней.

Стаття надійшла до редколегії 13.11.08

Прийнята до друку 29.01.09