
LAND RECLAMATION



I. Kh. Uzbek

Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.618; 581.144

*Dnipro State Agrarian and Economic University,
str. S. Yefremov, 25, Dnipro, Ukraine, 49000*

INTERNAL TRACKING TRANSLATION OF SUBSTANCES AND ENERGY AS A SELF-PROTECTION MECHANISM OF PLANTS

Abstract. When cultivating crops in an unfavorable technogenic environment, they are forced to display all their biological and genetic features to self-preservation. The main of them is the ability to fix nitrogen from the atmosphere and high ecological plasticity of root systems. The existence of intra-tissue translocation (self-redistribution) of nutrients and energy by plants is experimentally proved in the part that is experiencing the greatest need for them at present in their development. The translocation processes of all plant species, except legumes, are weak and unstable, which causes the weak growth of the roots and stems. It should be noted that the fertilizers contributed to the accumulation of the mass of the roots at the same rate of growth, that is, they simply more bush in the fertilized layer. Even in the optimal variant with the introduction of complete mineral fertilizers (N80P80K80), where the average daily gain of *Avena sativa* stems increased 2-fold, the growth of the roots remained at the level of uncontrolled control – 0.6 cm. It is interesting to compare the process of translocation in *Onobrychis arenaria* *Avena sativa* with the peculiarities of interstellar redistribution of substances and energy of such a promising culture as the *Onobrychis arenaria*. First of all, it must be noted that the effect of fertilizers on the development of the root system was manifested from the very beginning of the vegetation of the studied crops. In variants where only ammonium nitrate was introduced, root systems developed better than in variants where only phosphorus or potassium fertilizers were introduced. The introduction of manure at a dose of 25 t / ha has had the same effect on the rate of growth of the roots as the addition of only ammonium nitrate. Unlike *Avena sativa*, the roots of the *Onobrychis arenaria* penetrate the thickness of foodphotops to a depth of 3–5 and more meters. The smaller the nutrients, the more marked the desire for the root system of the *Onobrychis arenaria* to develop. Growing up in extreme conditions of an unhealthy environment, these plants created exactly so many roots and distributed them to the depth and width that they felt in this necessity. Unfavorable conditions of the technogenic environment cause *Onobrychis arenaria* to intensive development of secondary roots in the direction of new, not yet mastered volumes of the rock, which contain a certain amount of moisture and nutrients. This inevitably leads to an increase in the surface of the root system, and therefore to a dense interaction with all phases of the foodphototype. Studies have shown that during the first year of life, the roots of the *Onobrychis arenaria* reached a depth of 70–80 cm. During the second year of life, root systems formed a large number of lateral roots, gradually capturing the increasing volume of rocks, penetrating deep into the depth of the foodphotop to 80–100 cm. Since the 3rd year of life, the depth of penetration of the roots into the *Onobrychis arenaria* is stabilized and is within 2,5–3 m, while developing, in the main, only the

Tel.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com

DOI: 10.15421/041706

ISSN 1684-9094. *Gruntoznavstvo*. 2017. Vol. 18, no. 1–2

55

lateral roots. To this information we will add that in the flowering and formation of beans, the length of the main root in the *Onobrychis arenaria* exceeded the height of the stem in 2–2,5 times.

Key words: *overburden rocks, reclamation, root system of plants, translocation of substances and energy.*

УДК 631.618; 581.144

И. Х. Узбек

д-р биол. наук, проф.

*Днепровский государственный аграрно-экономический университет,
ул. С. Ефремова, 25, г. Днепр, Украина, 49000,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com*

ВНУТРИТКАНЕВАЯ ТРАНСЛОКАЦИЯ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ КАК МЕХАНИЗМ САМОЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Аннотация. При выращивании сельскохозяйственных культур в условиях неблагоприятной техногенной среды они вынуждены проявлять все свои биологические и генетические особенности к самосохранению. Главными из них являются способность фиксировать азот из атмосферы и высокая экологическая пластичность корневых систем. Экспериментально доказано наличие внутритканевой транслокации (самостоятельного перераспределения) питательных веществ и энергии растениями в ту свою часть, которая испытывает наибольшую потребность в них в настоящее время своего развития. Транслокационные процессы всех видов растений, кроме бобовых, являются слабыми и неустойчивыми, что обуславливает медленный рост корней и стеблей.

Ключевые слова: *вскрышные горные породы, рекультивация, корневая система растений, транслокация веществ и энергии.*

УДК 631.618; 581.144

И. Х. Узбек

д-р биол. наук, проф.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
вул. С. Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000,
тел.: +38067-631-46-94, e-mail: uzbek.ivan.ua@gmail.com*

ВНУТРИШНОТКАНИННА ТРАНСЛОКАЦІЯ РЕЧОВИН І ЕНЕРГІЇ ЯК МЕХАНІЗМ САМОЗАХИСТУ РОСЛИН

Анотація. При вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах несприятливого техногенного середовища вони змушені проявляти всі свої біологічні й генетичні особливості до самозбереження. Головними з них є здатність фіксувати азот з атмосфери і висока екологічна пластичність корневих систем. Експериментально доведено наявність внутрішньотканинної транслокації (самостійного перерозподілу) поживних речовин і енергії рослинами в ту свою частину, яка відчуває найбільшу потребу в них на даний час свого розвитку. Транслокаційні процеси всіх видів рослин, окрім бобових, є слабкими і нестійкими, що обумовлює повільне зростання коренів і стебел.

Ключові слова: *розкриті гірські породи, рекультивация, коренева система рослин, транслокація речовин і енергії*

*Пам'яті Вчителя –
Анатолія Павловича Травлєєва –
присвячується.*

ВСТУП

Під час видобутку корисних копалин кар'єрним способом на денну поверхню виносяться розкриті гірські породи з різними фізико-хімічними властивостями. Наразі в Україні площа таких техногенних новоутворень становить 150 тис. га. Вони формуються в межах густонаселених регіонів, значно погіршують екологічне становище місцевості, потребують нагальної рекультивациі і повернення в ту саму сферу економічної діяльності, в якій використовувались до руйнації.

Оскільки останнім часом руйнуються орні землі, то і їх рекультивация має бути сільськогосподарською. У будь-якому іншому випадку Україна залишиться без орних земель і ускладнить свою економічну незалежність.

У контексті цього бачення рекультивация порушених земель повинна здійснюватися впровадженням у виробництво таких культур, які спроможні розвиватися у складному техногенному середовищі і забезпечувати стабільне отримання високоякісної сільськогосподарської продукції (Masyuk, 1968; Uzbek, 1969; О rekul'tivatsii ..., 1971; Bondar, 1974; Zhilenko, 1974; Gorobets, 1975; Mitsik, 1998). Зазвичай це культури, що мають високу екологічну пластичність кореневих систем (Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' ..., 2010), завдяки яким швидко пристосовуються до специфічних умов екотопів. До того ж вони активно реагують на агротехнічні та меліоративні заходи у відповідності до біологічних особливостей рослин і фізико-хімічних властивостей едафотопів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Багаторічні дослідження проводилися на дослідних ділянках Запорізької біоекологічної станції моніторингу техногенних ландшафтів у Нікопольському районі Дніпропетровської області. Ділянки площею у 200 м² були складені лесом, лесоподібними суглинками, сумішшю лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків, червоно-бурими та сіро-зеленими глинами. У схему дослідів були введені й едафотопи з лесоподібних суглинків, які покривались шарами родючої маси чорнозему різної потужності. За контроль прийняте староорне поле чорнозему південного, розташоване поруч з кар'єрами. Розкривні гірські породи дослідних ділянок містили незначну кількість валових та рухомих форм фосфору, калію і особливо азоту. Кількість елементів живлення значно варіювала залежно від гранулометричного складу. Наприклад, вміст загального азоту становив всього 0,003–0,039 %, гумусу досягав лише 0,05–0,95 %. Зрозуміло, що едафотопи з такими показниками утворюють надзвичайно складне специфічне середовище, у якому рослини вимушені проявляти всі свої біологічні й генетичні можливості заради виживання. Тому досліди закладали дактиль-методом та методом латинського квадрату, тобто методами, що враховують неоднорідність ґрунтового покриття. Мінеральні добрива у вигляді аміачної селітри, суперфосфату і калійної солі вносили з розрахунку 80 кг/га д. р., гній – 25 т/га.

Як тест-об'єкти використовували 23 види вищих культурних рослин. Особлива увага приділялася кореневим системам тих рослин, які проявили найбільшу пристосованість до техногенного середовища. Масу їх коренів визначали рамковим способом у нашій модифікації (Uzbek, 2002), згідно з якою корені розподіляли за товщиною на 4 фракції: більше 5 мм, 5–1, 1–0,5 і менше 0,5 мм. Кожну фракцію коренів у їх повітряно-сухому стані зважували, що надавало уявлення про будову всієї кореневої системи та її розподіл в товщі едафотопу.

Для лабораторного аналізу зразків порід і ґрунтів використовували апробовані, загальноприйняті методи (Agrokhimicheskkiye metody ..., 1965; Agrofizicheskkiye metody ..., 1966). З метою підвищення об'єктивності результатів кожного аналізу проводили змішування зразків однойменних шарів із п'яти розрізів однотипних едафотопів. Отримані дані досліджень піддавали математичній обробці (Dospikhov, 1985), результати якої дозволяють вважати їх вірогідними.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На рекультивованих землях нестача поживних речовин і висока гідротермічна аритмія у кореневмісному шарі призводить до того, що в багатьох сільськогосподарських культур наочно проявляються їх транслокаційні можливості, тобто процеси внутрішньотканинного перерозподілу енергії та речовин. Наочно ця особливість проявилася при вирощуванні культур на варіанті, складеному з суміші лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків. Наприклад, у вівса посівного транслокаційні процеси є слабкими і нестійкими. Головна причина цього полягає в

малій швидкості росту коренів (табл. 1), які не встигають рухатися вслід за вологою, що швидко відходить у глибину едафотопу ще з самого початку вегетації рослин.

Отримані дані дають підставу стверджувати, що зазначена швидкість росту коренів вівса на неудобрених варіантах відображає її граничну біологічну можливість за цією характеристикою. Саме в умовах дефіциту води і поживних речовин рослини вівса змушені перерозподіляти речовини та енергію для інтенсивного розвитку коренів, затримуючи при цьому ріст стебел. Проте гідротермічна аритмія товщі едафотопів і відсутність у ньому азоту негативно відбивалася на розвитку кореневої системи вівса. Тому на варіантах без добрив овес закінчував вегетаційний період раніше, ніж на інших варіантах.

Слід зазначити, що добрива сприяли накопиченню маси коренів вівса при тій самій швидкості їх зростання, тобто вони просто більше кущилися в удобреному шарі. Навіть на оптимальному варіанті з внесенням повного мінерального добрива ($N_{80}P_{80}K_{80}$), де середньодобовий приріст стебел вівса збільшився у 2 рази, приріст коренів залишався на рівні неудошеного контролю і становив 0,6 см.

Характерно, що дія добрив на розвиток кореневої системи вівса проявлялася вже починаючи з проростання насіння. На варіантах, де вносили тільки аміачну селітру, корені розвивалися краще, ніж на варіантах, де вносили тільки фосфорні або калійні добрива. Внесення гною в дозі 25 т/га проявило такий самий вплив на приріст коренів вівса, як і внесення тільки аміачної селітри.

Таблиця 1

Розвиток стебел і коренів вівса посівного та еспарцету піщаного на суміші лесоподібних суглинків і давньоалювіальних пісків*

Варіанти дослідів	Тривалість вегетаційного періоду, діб	Висота стебел під час збирання врожаю, см	Глибина проникнення коренів, см	Середньодобовий приріст, см	
				стебел	коренів
1. Контроль (без добрив)	<u>67</u> 52	<u>37,4</u> 74,5	<u>40</u> 83	<u>0,5</u> 1,4	<u>0,6</u> 1,6
2. Внесення тільки N_{80}	<u>82</u> 56	<u>79,5</u> 75,0	<u>60</u> 80	<u>0,9</u> 1,5	<u>0,7</u> 1,5
3. Внесення тільки P_{80}	<u>71</u> 60	<u>45,1</u> 90,4	<u>50</u> 80	<u>0,6</u> 1,5	<u>0,7</u> 1,3
4. Внесення $N_{80}P_{80}K_{80}$	<u>93</u> 62	<u>95,6</u> 99,2	<u>60</u> 70	<u>1,0</u> 1,6	<u>0,6</u> 1,1
5. Внесення гною із розрахунку 25 т/га	<u>78</u> 65	<u>70,1</u> 103,5	<u>50</u> 77	<u>0,9</u> 1,6	<u>0,6</u> 1,2
$НІР_{05}$	1,0	0,6	0,8	0,2	0,4

* У чисельнику дані стосуються вівса, у знаменнику – еспарцету.

Цікаво порівняти процес транслокації у вівса з особливостями внутрішньотканинного перерозподілу речовин і енергії такої перспективної культури на рекультивованих землях, як еспарцет піщаний (табл. 1). На відміну від вівса, корені еспарцету пронизують товщу едафотопів на глибину 3–5 і більше метрів. Чим менше поживних речовин, тим помітніше прагнення кореневої системи еспарцету до розвитку. Виростаючи в екстремальних умовах неудошеного середовища, ці рослини створювали рівно стільки коренів і розподіляли їх на ту глибину і ширину, на яку вони відчували в цьому необхідність. Несприятливі умови техногенного середовища спонукають еспарцет до інтенсивного розвитку вторинних корінців у напрямку до нових, ще не освоєних об'ємів породи, які містять певну кількість води і живильних речовин. Це неминуче приводить до збільшення поверхні кореневої системи, отже, і до щільної взаємодії з усіма фазами едафотопу.

Доведено, що протягом першого року життя корені еспарцету досягали глибини 70–80 см. На другому році життя коренева система вже утворювала велику кількість

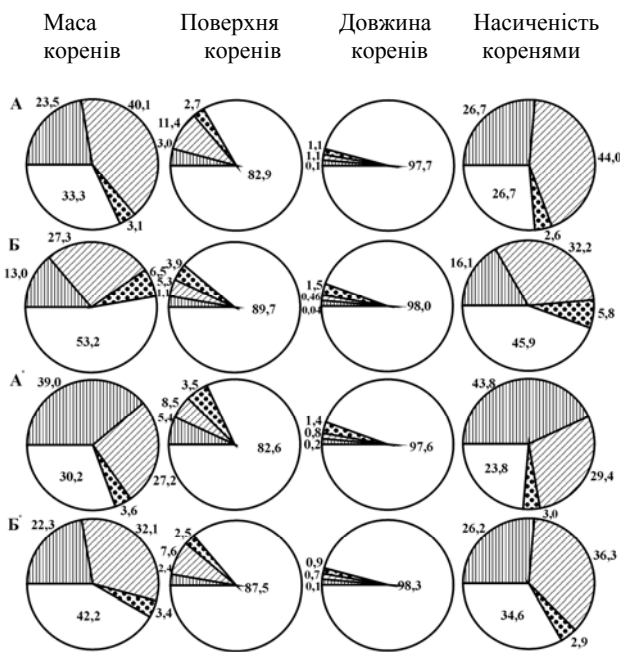
бічних корінців, поступово захоплюючи все більший об'єм породи, проникаючи в глибину товщі едафотопу ще на 80–100 см. Починаючи з 3-го року життя глибина проникнення коренів в еспарцету стабілізується і знаходиться в межах 2,5–3 м, розвиваючи при цьому в основному тільки бічні корінці. До цієї інформації додамо, що в фазу цвітіння і утворення бобів довжина основного кореня в еспарцету перевищувала висоту стебла в 2–2,5 разу.

Багаторічні дослідження (Masyuk, 1968; Uzbek, 1969; O rekul'tivatsii ..., 1971; Bondar, 1974; Zhilenko, 1974; Gorobets, 1975; Travleyev et al., 1982, 1983; Travleyev, 1989; Mitsik, 1998) дозволяють стверджувати, що реальним засобом перетворення природно-техногенних комплексів у земельні угіддя є впровадження культурфітоценозів (агроценозів, лісових насаджень і т.д.), які спроможні стабілізувати пухку масу розкритих гірських порід та спровокувати в ній розвиток нового процесу ґрунтоутворення. Цю особливість підказує сама природа, коли на різновікових відвалах кар'єрів (O rekul'tivatsii zemel' ..., 1971) трав'янисті угруповання представлені рослинністю з більш-менш зімкнутим травостоєм, утвореним в основному багаторічними мезофільними (середнього рівня водоспоживання) рослинами, а іноді і гігрофільними травами, які мають зимову перерву або різке зниження вегетації взимку.

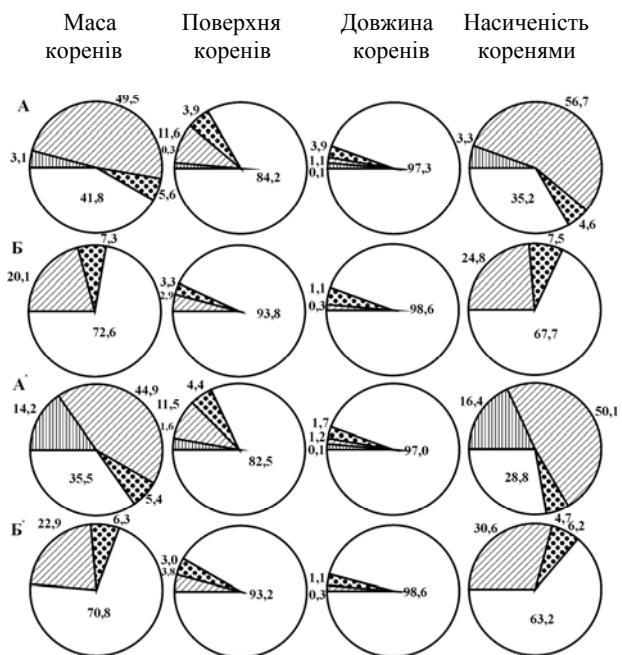
Слід також зазначити, що вегетаційний період рослин, пристосованих до техногенного середовища степової зони України, проходить нормально без літньої депресії. Навіть на ґрунтах різного зволоження (від сухих до сирих), різного багатства (від бідних до багатих) і з неоднаковим вмістом легкорозчинних солей (від прісних до середньозасолених). З числа сільськогосподарських культур такі складні умови техногенного середовища спроможні подолати насамперед люцерна і еспарцет завдяки високій екологічній пластичності своїх кореневих систем. Якщо загальна біологічна продуктивність, наприклад, на червоно-бурій глині (без добрив) в еспарцета третього року життя у фазі повного цвітіння в середньому складала 112 ц/га, а в люцерни – 162 ц/га, то на долю коренів припадало 65 %, що складає відповідно 73 і 105 ц/га. Прагнення до самозбереження вимагає транслокацію, тобто внутрішньотканинний перерозподіл речовин і енергії на користь коренів. У жорстких умовах техногенного середовища цей процес полягає в створенні такої кількості підземної частини, у такій її будові і розподілі в товщі порід, яка здатна забезпечити рослину елементами живлення і створити максимально можливий урожай при даних конкретних екологічних умовах. Це ще одна унікальна біологічна особливість багаторічних бобових трав, яка наочно проявилася при їхньому вирощуванні на рекультивованих землях і яка пояснює високі врожаї сіна люцерни й еспарцету.

Результати наших багаторічних досліджень (Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' ..., 2010) показали, що люцерна й еспарцет проявляють всі свої генетичні можливості тільки тоді, коли їх коренева система функціонує в екстремальних ґрунтово-екологічних умовах. Наприклад, у жорстких умовах природно-техногенних комплексів ріст, розвиток і навіть зовнішній вид рослин цілком залежать від ступеня відповідності екологічних умов середовища біологічним особливостям кореневих систем. Отже, визначення величини маси коренів та особливостей їх розвитку в товщі едафотопів має велике значення не тільки з теоретичної точки зору, але й для вирішення цілого ряду практичних питань, наприклад, пов'язаних з обробкою рекультивованих земель, заходів підвищення їх родючості, встановлення строків посіву, внесення добрив і т. д.

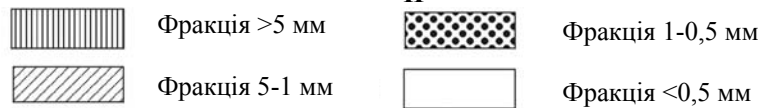
При розподілі маси коренів на фракції вдалося виявити деякі відмінності в розвитку кореневих систем люцерни та еспарцету. Наприклад, люцерна утворювала значну кількість товстих коренів, що належать до фракції >5 і 5–1 мм. Таку її біологічну особливість треба використовувати для закріплення відкосів зовнішніх відвалів, схилових ділянок та еродованих ґрунтів. Виростаючи в таких самих умовах, еспарцет створював більше коренів фракції < 0,5 мм, тобто тонких коренів (*рисунок*), які беруть активну участь в структуруванні розсипчастої маси гірських порід.



I



II



A, Б – внесення повного мінерального живлення (N₈₀P₈₀K₈₀)

Розвиток корневих систем люцерни (a) і еспарцету (б), що зростали на насипному родючому шарі чорнозему (I) і на сіро-зеленій глині (II)

Маса тонких корінців у шарі 0–100 см досягала в люцерни 49 % і в еспарцету 85 % від загальної маси коренів. Цей показник має слугувати відносною оцінкою ступеня розвитку найбільш діяльної частини кореневої системи в поглинанні речовин. Адже саме тонкі корінці вступають у тісну взаємодію з твердою фазою ґрунту і забезпечують рослину водою та елементами живлення. Отже, величина поверхні тонких коренів фракцій 1–0,5 і < 0,5 мм може вважатися робочою поглинаючою поверхнею кореневої системи.

Звертає на себе увагу і та обставина, що рослини утворювали мало коренів фракції 1–0,5 мм. Однак ця частина кореневої системи простежувалася по всьому профілю метрової товщі едафотопів. При всіх інших рівних умовах переважний розвиток завжди отримували корені двох фракцій: 5–1 і < 0,5 мм.

Фракціонування кореневої системи дозволяє визначити поверхню і довжину коренів залежно від їх товщини. Для отримання цих показників ми користувалися даними усередненого діаметру і питомої ваги повітряно-сухих коренів окремо по кожній фракції.

Якщо прийняти корені за циліндри, то, маючи дані про масу коренів конкретних фракцій, їх середньостатистичний діаметр і питому вагу, можна розрахувати поверхню будь-якої фракції або всієї кореневої системи, її довжину і насиченість едафотопів коренями за встановленими нами коефіцієнтами (Uzbek, 2002).

Істотний вплив на будову, поширення й розподіл кореневої системи мають якісні властивості окремих шарів едафотопу. Так, у метровій товщі неудобраних лесоподібних суглинків і насипного шару ґрунту товщиною 40 см маса повітряно-сухих коренів еспарцету 3-го року життя становила відповідно 465,7 і 395,8 г/м². У варіантах із застосуванням повного мінерального добрива додатково утворювалося 245 і 248 г коренів на 1 м² відповідно.

У шарі 0–40 см зосереджувалося 77–85 % коренів від їх загальної маси в шарі 0–100 см. При умовному перерахунку на 1 га тільки в цьому орному шарі накопичувалося від 3 до 9 т коренів (повітряно-суха маса). Зрозуміло, що розкладання такої великої кількості органічного матеріалу здійснює істотний вплив на процес ґрунтоутворення. Характерно, що саме в цьому шарі концентруються і мікроорганізми, число яких досягає кількох десятків мільйонів на 1 г наважки.

Багаторічні бобові трави утворюють потужну кореневу систему з величезною протяжністю і поверхнею (табл. 2). З усіх досліджуваних нами едафотопів максимальні величини поверхні і довжини коренів виявлено в рослин, що виростають на третинних глинистих відкладах. Так, поверхня коренів еспарцету з фракції < 0,5 мм досягала 92 тис. см². Тонкі корені мали і найбільшу довжину. Якщо загальна довжина кореневих систем на досліджуваних варіантах була в межах від 5 до 13 км/м², то на корінці самої тонкої фракції < 0,5 доводилося 95–99 %.

Корені густою мережею пронизували і закріплювали розкривні породи, залишаючи в них багатий поживними речовинами органічний матеріал. Це підтверджує насиченість едафотопів коренями, яка знаходилась у прямій залежності від маси коренів і досягала в еспарцету 0,94 % і в люцерни 1,42 % від досліджуваного об'єму породи або ґрунту.

Поділ коренів на фракції дозволяє встановити, що загальна маса коренів не відбиває реальної величини поверхні і довжини. Про це свідчать дані табл. 3, з якої видно, що корені масою 1 г мали різну поверхню і довжину залежно від якісних властивостей едафотопів.

Поліпшення умов живлення не завжди проявляло позитивний вплив на розвиток кореневих систем. Внесення добрив збільшувало масу коренів тільки на четвертинних відкладах, але в жодному варіанті досліді цей прийом не сприяв збільшенню поверхні або довжини коренів. Така закономірність дозволяє стверджувати про наявність великої екологічної пластичності кореневих систем, що відображають фізико-хімічні властивості навіть окремих шарів відвальної маси. На

бідність едафотопу поживними речовинами рослини реагували збільшенням довжини і поверхні коренів, тобто в пошуках живильних речовин створювали більше корінців фракції < 0,5 мм.

Таблиця 2

Розвиток кореневих систем еспарцету і люцерни 3-го року життя (дані на 1 м²)*

Варіант досліджу	Поверхня коренів, см ²		Довжина коренів, м		Насиченість коренями, %	
	Потужність шару, см					
	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
1. Насипний шар чорнозему (без добрив)	<u>29700*</u> 39196	<u>41361</u> 51775	<u>3462</u> 4180	<u>4852</u> 5634	<u>0,397</u> 0,858	<u>0,503</u> 1,002
2. Насипний шар чорнозему з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>42871</u> 44520	<u>54660</u> 58026	<u>4866</u> 4718	<u>6244</u> 6299	<u>0,734</u> 1,113	<u>0,859</u> 1,254
3. Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>41631</u> 49231	<u>57194</u> 67484	<u>4972</u> 5036	<u>6901</u> 7056	<u>0,458</u> 1,100	<u>0,574</u> 1,364
4. Лесоподібний суглинок з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>50463</u> 51600	<u>63853</u> 69282	<u>5844</u> 5512	<u>7424</u> 7491	<u>0,815</u> 1,161	<u>0,943</u> 1,418
5. Червоно-бура глина (без добрив)	<u>82965</u> 71916	<u>108119</u> 103451	<u>10219</u> 8151	<u>13400</u> 11998	<u>0,651</u> 1,116	<u>0,817</u> 1,369
6. Червоно-бура глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>56764</u> 69677	<u>82172</u> 96939	<u>6784</u> 7739	<u>9906</u> 10985	<u>0,592</u> 1,096	<u>0,778</u> 1,336
7. Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>75986</u> 52140	<u>106551</u> 75261	<u>9231</u> 5642	<u>13003</u> 8491	<u>0,715</u> 0,893	<u>0,938</u> 1,068
8. Сіро-зелена глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>61501</u> 42497	<u>82467</u> 58533	<u>7372</u> 4543	<u>9996</u> 6436	<u>0,625</u> 0,854	<u>0,772</u> 0,996

* Тут і в табл. 3: у чисельнику – еспарцет, у знаменнику – люцерна.

Характерно, що підземна частина рослин інтенсивніше розвивалася на червоно-бурих і сіро-зелених глинах. При цьому показники поверхні і довжини коренів люцерни майже завжди були меншими в порівнянні з еспарцетом, у якого на частку тонких корінців доводилося 90–98 % загальної поверхні кореневої системи та її довжини.

В умовах техногенного середовища люцерна і еспарцет на бідність едафотопу живильними речовинами реагують збільшенням поверхні і довжини коренів, тобто в пошуках живильних речовин вони створювали велику кількість тонких корінців.

Ця обставина має велике значення. Саме кореневі волоски збільшують робочу поглинаючу поверхню кореня і дозволяють йому інтенсифікувати процес поглинання живильних речовин. Наприклад, на площі в 1 га тільки у верхньому 40-сантиметровому шарі червоно-бурих глин (без добрив) довжина коренів еспарцету перевищувала 2,5 довжини екватору.

Вступаючи в тісну взаємодію з твердою фазою едафотопу, корені люцерни і еспарцету перетворюють її в біологічно діяльне середовище. Зрозуміло, що розкладання органічного матеріалу бобових культур суттєво впливає на інтенсифікацію нового ґрунтоутворюючого процесу. Разом з бульбочковими бактеріями та вільно існуючими азотфіксаторами корені люцерни і еспарцету 3-го року життя накопичують, наприклад, у шарі 0–20 см (без добрив) у середньому 350 кг/га азоту, 45 кг фосфору, 110 кг калію і 290 кг/га кальцію.

Слід зазначити, що кореневі системи люцерни і еспарцету завжди інтенсивніше розвивалися в шарі 0–10 см. Тому вони були притиснуті до денної поверхні і за формою нагадували літеру «Т». Така закономірність незмінно повторювалася на всіх досліджуваних нами едафотопках. Причому в шарі 0–40 см зосереджувалося 74–87 %

коренів. Зокрема, рослини еспарцету накопичували 30–60, а рослини люцерни – 62–84 ц/га коренів (при 16 % вологості).

Таблиця 3

Поверхня і довжина кореневих систем еспарцету і люцерни 3-го року життя в перерахунку на 1 г повітряно-сухої маси

Варіант досліджу	Маса коренів, г/м ³		Поверхня коренів, см ²		Довжина коренів, м	
	Потужність шару, см					
	0–40	0–100	0–40	0–100	0–40	0–100
1. Насипний шар чорнозему (без добрив)	<u>305,8</u> 616,3	<u>395,8</u> 731,3	<u>97,1</u> 63,6	<u>104,5</u> 70,8	<u>11,3</u> 6,8	<u>12,3</u> 7,7
2. Насипний шар чорнозему з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>541,6</u> 786,2	<u>643,8</u> 901,3	<u>79,2</u> 56,6	<u>84,9</u> 64,4	<u>9,0</u> 6,0	<u>9,7</u> 7,0
3. Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>364,6</u> 787,1	<u>465,7</u> 988,0	<u>114,2</u> 62,6	<u>122,8</u> 68,3	<u>13,6</u> 6,4	<u>14,8</u> 7,2
4. Лесоподібний суглинок з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>605,2</u> 828,4	<u>711,2</u> 1024,6	<u>83,4</u> 62,3	<u>89,8</u> 67,6	<u>9,7</u> 6,7	<u>10,4</u> 7,3
5. Червоно-бура глина (без добрив)	<u>586,7</u> 837,2	<u>734,7</u> 1054,4	<u>141,4</u> 85,9	<u>147,2</u> 98,1	<u>17,4</u> 9,7	<u>18,3</u> 11,4
6. Червоно-бура глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>475,4</u> 821,6	<u>639,4</u> 1025,5	<u>119,3</u> 84,8	<u>128,5</u> 94,5	<u>14,3</u> 9,4	<u>15,5</u> 10,7
7. Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>589,1</u> 662,5	<u>783,8</u> 814,9	<u>129,0</u> 78,7	<u>135,9</u> 92,4	<u>15,7</u> 8,5	<u>16,6</u> 10,
8. Сіро-зелена глина з добривами N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>506,9</u> 618,0	<u>635,2</u> 738,3	<u>121,3</u> 68,8	<u>129,8</u> 79,3	<u>14,5</u> 7,4	<u>15,7</u> 8,7

Багаторічними дослідженнями встановлено, що тільки бобові рослини, такі як люцерна, еспарцет, горох, чина й інші, спроможні в умовах техногенного середовища накопичувати велику кількість органічної маси. Наприклад, люцерна на сіро-зеленій глині (без добрив) забезпечувала отримання врожайності в 42,8 ц/га. При цьому маса повітряно-сухих коренів у шарі 0–40 см становила 66 ц/га. Такі показники пояснюються тим, що люцерна і еспарцет функціонують спільно з мікроорганізмами, які рясно заселяють поверхню кореневих систем. У кожному грамі абсолютно сухої наважки з шару 0–40 см ризосфери сіро-зеленої глини нараховувалось десятки мільйонів мікроорганізмів. Спроможність мікроорганізмів жити на поверхні коренів, не проникаючи в їх тканини, і харчуватися виділеннями цих же коренів є основним фактором для налагодження в товщі едафотопів надзвичайно складних, багатфункціональних консортивних зв'язків.

В умовах техногенного середовища автотрофи і гетеротрофи приречені на спільне існування, яке згодом стає рушійною силою виникнення й інтенсивного розвитку ґрунтоутворення. Цей складний і довготривалий процес здійснюється саме завдяки консортивним зв'язкам між автотрофами і гетеротрофами. Тобто консорції – це сполучення самостійно існуючих популяцій рослин і зв'язаних з ними живильними відносинами гетеротрофів.

Рекультивація природно-техногенних комплексів призводить до формування первинних консорцій, у яких як детермінант, тобто основне ядро, служить самостійно існуюча автотрофна рослина (зазвичай бобова). Первинні консорції з автотрофними детермінантами безпосередньо беруть участь у зародженні нового ґрунтоутворюючого процесу і сприяють створенню біогеоценотичних горизонтів.

Обширні консортивні зв'язки в зоні кореневих систем сприяють нормальному розвитку рослин, накопиченню великої кількості загальної фітомаси й інтенсивній біологізації природно-техногенних комплексів. В основі всіх цих явищ лежить

взаємодія консортів один з одним, коли роль кожного організму відносно до іншого є суттєвим фактором навколишнього середовища. Через це в товщі природно-техногенних комплексів встановлюється численна кількість різноманітних консортивних зв'язків, характер яких визначається біологічними особливостями автотрофного детермінанта й екологічними можливостями природно-техногенних комплексів. Проте найважливіша роль консорцій полягає в тому, що вони сприяють утворенню в товщі гірських порід біогеоценотичних горизонтів, які є складовими частинами біогеоценозів. Між біогеоценозами встановлюються взаємозв'язки з обміну живими організмами, енергією, органічними і мінеральними сполуками і т.д. Величезна різноманітність цих взаємодій і взаємозв'язків в товщі природно-техногенних комплексів пояснюється насамперед гетерогенністю їх складової частини. Тут навіть невеликий об'єм гірських порід може бути складеним породами з різними фізико-хімічними властивостями. Проте в цій неоднорідній товщі встановлюються радіальні і латеральні напрями (за Ю. П. Бялловичем, 1960), за якими здійснюються речовий і енергетичний зв'язок між окремими біогеоценотичними горизонтами.

На рекультивованих землях особливо велике значення мають радіалі верхньої 40-сантиметрової товщі природно-техногенних комплексів. Саме в цій товщі, де концентруються корені рослин, мікроорганізми, інші живі істоти і їх метаболіти, по косних і речових радіалях іде безперервний обмін речовин і енергії. Причому радіалі концентрують свою біогеоценотичну масу в поверхневому горизонті. Це і є першопричиною початку ґрунтоутворення з поверхні природно-техногенних комплексів, де міжбіогеоценозна міграція речовин, яка щільно пов'язана з рухом води і повітря, особливо сильно прогресує. Пізнання консортивних зв'язків, що з'являються в товщі природно-техногенних комплексів, є основою початку формування стійких агрофітоценозів, що дуже важливо при здійсненні біологічної рекультивациі порушених земель.

Таким чином, формування ґрунтів у порушеному середовищі при глибокому і детальному розгляді представляє собою комплекс надзвичайно складних і різноманітних екологічних факторів, взаємодія яких змінює властивості природно-техногенних комплексів. У цьому грандіозному процесі провідна роль належить мікроорганізмам і кореневій системі рослин, які є джерелом накопичення елементів ґрунтової родючості.

ВИСНОВКИ

1. Винесені у відвали кар'єрів гірські породи створюють едафотопи, які характеризуються великою гетерогенністю, складними ґрунтовими властивостями і незначним утриманням елементів живлення, особливо азоту.

2. Відповідність фізико-хімічних властивостей едафотопів біологічним особливостям сільськогосподарських культур проявляється у співвідношенні між надземною і підземною частинами та у швидкості росту стебел і коренів.

3. Внутрішньотканинний перерозподіл речовин і енергії (транслокація) відображається в пластичності кореневих систем рослин. Ця їх унікальна біологічна особливість полягає в утворенні ними підземної частини такої маси і будови, що здатні забезпечити рослину елементами живлення та сформувати максимально можливий урожай за реальних умов цього часу.

4. Формування ґрунтів у техногенному середовищі являє собою комплекс надзвичайно складних і різноманітних екологічних факторів, взаємодія яких змінює властивості природно-техногенних комплексів. У цьому грандіозному процесі провідна роль належить кореневій системі рослин, яка є теоретичною основою для розробки практичних прийомів впливу на ґрунт і рослину.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Agrokhimicheskiiye metody issledovaniya pochv, 1965 [Agro-chemistry methods of soil investigation]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Agrofizicheskiye metody issledovaniya pochv, 1966 [Agrophysical methods of soil investigation]. Nauka, Moscow (in Russian).
- Bondar', G. A., 1974. Rastitel'nyy pokrov porod nadugol'noy tolshchi Aleksandriyskogo burougol'nogo mestorozhdeniya i voprosy fitorekul'tivatsii: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Vegetation cover of the rocks of the nadugolnoy thickness of the Alexandrian brown coal deposit and issues of phytoreclamation]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Gorobets, N. D., 1975. Issledovaniya po sel'skokhozyaystvennoy rekul'tivatsii territoriy, narushennykh otkrytymi razrabotkami margantsa v Nikopol'skom margantsevorudnom baseyne: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Studies on agricultural reclamation of territories disturbed by open manganese development in the Nikopol Manganese ore basin]. Dnepropetrovsk (in Russian).
- Dospekhov, B. A., 1985. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy) [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).
- Zhilenko, N. I., 1974. Produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na rekul'tivirovannykh zemlyakh Zapadnogo Donbassa: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Productivity of crops on the reclaimed lands of the Western Donbass]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Masyuk, N. T., 1968. Izucheniye rastitel'nosti, porod i obrazuyushchikhsya pochv nga uchastkakh otkrytykh razrobotok v Nikopol'skom margantsevorudnom baseyne (materialy k biologicheskoy rekul'tivatsii): avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. biol. nauk [Study of vegetation, rocks and formed soils in areas of open development in the Nikopolsky manganese ore basin (materials for biological reclamation)]. Dnepropetrovsk (in Russian).
- Mitsik, O. O., 1998. Sil'skogospodars'ke vikoristannya rekul'tivovaniikh zemel' Kerchens'kogo zalizorudnogo rodovishcha: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Agricultural use of re-cultivated lands of the Kerch iron ore deposit]. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- O rekul'tivatsii zemel' v stepi Ukrainy, 1971 [On the reclamation of lands in the steppes of Ukraine]. N. Ye. Bekarevich, N. D. Gorobets, A. A. Kolbasin. Promin', Dnepropetrovsk (in Russian).
- Rekul'tivatsiya narushennykh zemel' kak ustoychivoye razvitiye slozhnykh tekhnosistem, 2010 [Reclamation of disturbed lands as a sustainable development of complex techno-ecosystems]. I. Kh. Uzbek, A. S. Kobets, P. V. Volokh; ed. I. Kh. Uzbek. Porogi, Dnepropetrovsk (in Russian).
- Travleyev, A. P., Zverkovskiy, V. N., 1982. Nekotoryye itogi sozdaniya iskusstvennykh pochv pri lesnoy rekul'tivatsii shakhtnykh otvalov Zapadnogo Donbassa [Some results of the creation of artificial soils in the forest reclamation of mine dumps of the Western Donbass]. Rekul'tivatsiya zemel': Tez. dokl. 1 syezda pochvovedov i agrokhimikov USSR (in Russian).
- Travleyev, A. P., 1989. Nauchnyye osnovy tekhnogennoy biogeotsenologii [Scientific foundations of technogenic biogeocenology]. Biogeotsenoticheskiye issledovaniya lesov tekhnogennykh landshaftov Stepnoy Ukrainy. Dnepropetrovsk, 4–9 (in Russian).
- Travleyev, A. P., Zverkovskiy, V. I., Tsvetkova, N. N., 1983. Bioekologicheskiye osobennosti okhrany lesnykh biogeotsenozov i lesnoy rekul'tivatsii tekhnogennykh landshaftov Zapadnogo Donbassa [Bioecological features of forest biogeocenosis conservation and forest recultivation of technogenic landscapes of the Western Donbass]. Problemy okhrany, ratsional'nogo ispol'zovaniya i rekul'tivatsii chernozemov. Nauka, Moscow, 175–207 (in Russian).
- Uzbek, I. Kh., 1969. Vozdelyvaniye nekotorykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na porodakh otkrytykh razrobotok margantsa v Nikopol'skom rayone dnepropetrovskoy oblasti: avtoref. dis. na zdob. nauk. stup. kand. s.-kh. nauk [Cultivation of some crops on the rocks of open development of manganese in the Nikopol region of the Dnipropetrovsk region]. Odessa (in Russian).
- Uzbek, Í. Kh., 2002. Metod vivchennya korenevikh sistem roslin [The method of searching for root systems of roslin]. Visnik agrarnoi nauki 10, 27–30 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 21.04.2017