

**Бульбочкові бактерії *Medicago l. and onobrychis adans.* (FABACEAE), що мешкають в товщі техногенних відвалів**

І.Х. Узбек, доктор біологічних наук

*Наведені результати досліджень з вивчення кількості та маси бульбочок на коренях люцерни та еспарцету, які вирощуються в умовах техногенних ландшафтів степової зони України. Встановлені особливості утворення бульбочок залежно від якісних показників екотопу. Робота являє інтерес для вирішення проблем рекультивації територій техногенного використання.*

У процесі видобутку корисних копалин кар'єрним способом усі розкривні гірські породи, іноді з глибини 100 м і більше, піддаються руйнуванню і переміщенню у відвали. В умовах степової зони України найчастіше на поверхні таких відвалів виявляються четвертинні і третинні відкладення. Перші представлені похованими ґрунтами, лесовими породами, бурими і червоно-бурими суглинками. Другі – третинні глинисті відкладення – складають 50–90 % усієї розкривної товщі і представлені бурими, червоно-бурими, сіро-зеленими і зеленувато-сірими різновидами. Майже всі ці відкладення характеризуються несприятливими фізико-хімічними і фізико-механічними властивостями. Проте такі кар'єрні ділянки рекультивуються і передаються у сільськогосподарське або лісове виробництво. Однак освоєння порушених земель дуже утруднене. Насамперед тому, що гостро відчувається дефіцит азоту. Рослини, які належать до родин тонконогових, гречкових та гарбузових, за відсутності азотного живлення в екотопі, дають дуже слабкі сходи. Тривалість їхнього росту і розвитку визначається біологією рослини та її пристосованістю до жорстких ґрунтово-кліматичних умов техногенного середовища. Як правило, вони гинуть. На таких землях нестачу азоту можуть ліквідувати бобові культури, особливо багаторічні трави. Їх здатність фіксувати азот атмосфери дозволяє отримувати врожаї, близькі до врожаїв на сусідніх староорних землях. Це доведено не тільки нашими дослідженнями [1–3, 5]. Однак нам не відомі публікації щодо вивчення бульбочкових бактерій у бобових рослин, що зростають на рекультивованих землях, і тому порівняти отримані нами дані з іншими джерелами немає можливості.

**Матеріали і методи досліджень.** Роботи проводили на відвалах Запорізького і Олександрівського кар'єрів у Нікопольському районі Дніпропетровської області, де були створені дослідні ділянки з лесоподібних суглинків, шару маси південного чорнозему, насипаного на ці суглинки, а також із червоно-бурих і сіро-зелених глин. Контролем слугували ділянки непорушеного староорного південного чорнозему, розташованого поблизу кар'єрів.

Мінеральні добрива вносили з розрахунку 80 кг діючої речовини на 1 га у вигляді: азот – аміачної селітри, фосфор – гранульованого суперфосфату, калій – калійної солі. Повторність варіантів у дослідах була п'ятикратною.

У відвальній масі гірських порід дослідних ділянок містилися незначні запаси валових і рухомих форм фосфору, калію і особливо азоту. Кількість елементів живлення значно варіювала залежно від гранулометричного складу. Так, вміст легкогідролізованого азоту становив 0,50–1,24 мг, рухомого фосфору – 0,31–1,80, обмінного калію – 26–64 мг на 100 г наважки. Вміст гумусу досягав 0,05–0,95 %. Зрозуміло, що породи, які мають такі показники, утворюють складне середовище, яке суттєво впливає на функціонування кореневої системи рослин. Про це свідчать результати наших досліджень з люцерною та еспарцетом. Масу їх коренів визначали рамковим способом Станкова [6] у нашій модифікації [7]. Кількість та масу бульбочок визначали у фазу цвітіння рослин одночасно з визначенням маси коренів по шарам: 0–10, 10–20, 20–30 і т.д. через кожні 10 см до глибини 2 м.

Зазначимо, що інокуляцію ми не проводили. Зараження бульбочковими бактеріями корневих систем люцерни і еспарцету відбувається в основному через насіння під час сівби, що підтверджують і багато дослідників. Окрім того, бульбочкові бактерії потрапляють на рекультивовані землі з еоловими наносами зі сусідніх староорних земель унаслідок тривалого вирощування на них люцерни та еспарцету.

Результати досліджень піддавали математичній обробці [4], яка дозволяє вважати отриманий нами експериментальний матеріал достовірним.

**Результати та їх обговорення.** Різні екотопи створюють і різні умови для утворення бульбочок (табл. 1 та 2). Найбільша їхня кількість була виявлена в насипному шарі ґрунтової маси. У кожному з варіантів досліду в метровій товщі едафотопу на одній рослині 3-го року життя в середньому нараховували 71–128 бульбочок у люцерни, 107–131 бульбочку – в еспарцету. Така кількість бульбочок люцерни і еспарцету відповідно у 2–4 і 1,5–1,8 раза більше, аніж їх було на таких самих рослинах, що зростали на зональному непорушеному південному чорноземі. У люцерни, на відміну від еспарцету, близько 60–66 % бульбочок розташовувалося нижче шару ґрунтової маси, тобто на значній глибині, в лесі. Ця закономірність простежувалася в люцерни і у варіантах, складених порівнянно однорідними лесоподібними суглинками.

У третинних відкладеннях, представлених червоно-бурими і сіро-зеленими глинами, бульбочки люцерни і еспарцету утворювалися в основному в шарі 0–50 см гірських порід. Важкий гранулометричний шар цих екотопів створює умови, які наближаються до анаеробних, що, ймовірно, і є обмежуючим фактором для поселення бульбочкових бактерій, їх розвитку на коренях бобових рослин. Тому тут 78–98 % бульбочок зосереджується в найвищих шарах. За всіх інших рівних умов кількість бульбочок у люцерни завжди була меншою, ніж в еспарцету. Із глибиною бульбочки дрібнішають і в еспарцету, а на глибині 150–200 см вони практично відсутні.

Утворення бульбочок у люцерни і в еспарцету, їх чисельність і маса залежать від відповідних фізико-хімічних властивостей екотопу, особливо його щільності, шпаруватості, рН, гранулометричного складу і вмісту елементів живлення. Таким вимогам найбільш повно відповідають четвертинні відкладення. Це маса горизонтів Н, Н<sub>р</sub> і рН, що укладаються на поверхні вирівняних лесоподібних суглинків, і лесоподібні суглинки з верхнього уступу кар'єру.

### 1. Кількість і маса бульбочок люцерни\*

Варіант	На одну рослину 3-го року життя в шарі	
	0–40 см	0–100 см
Повнопрофільний чорнозем південний (без добрив)	<u>14</u> 0,10	<u>30</u> 0,17
Шар ґрунтової маси (без добрив)	<u>43</u> 0,09	<u>128</u> 0,32
Шар ґрунтової маси + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>29</u> 0,05	<u>71</u> 0,23
Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>18</u> 0,04	<u>36</u> 0,11
Лесоподібний суглинок + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>13</u> 0,03	<u>23</u> 0,05
Червоно-бура глина (без добрив)	<u>40</u> 0,07	<u>43</u> 0,08
Червоно-бура глина + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>36</u> 0,06	<u>40</u> 0,07
Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>23</u> 0,05	<u>31</u> 0,08
Сіро-зелена глина + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>19</u> 0,04	<u>24</u> 0,05
НІР <sub>0,95</sub>	3,1	3,4

\* Тут і далі: чисельник – кількість бульбочок (шт.), знаменник – їх маса у грамах.

Внесення повного мінерального добрива знижує вірулентність бульбочкових бактерій, тобто їхню здатність проникати через кореневі волоски в корінь рослини і там утворювати бульбочки. Це спостерігається у шарі 0–40 см при порівнянні удобрених і неудобрених однотипових екотопів. У товщі гірських порід, де не вносили добрива, кількість бульбочок, що припадає на одну рослину люцерни або еспарцету, завжди перевищувала їхню кількість у такому ж шарі удобрених.

У міру загасання дії добрив вірулентність зростала. Підтвердженням цьому може слугувати утворення у верхньому 40-сантиметровому шарі удобреного N<sub>80</sub>P<sub>80</sub>K<sub>80</sub> лесоподібного суглинка на коренях еспарцету першого року життя утворилося лише п'яти бульбочок, причому дуже дрібних. Рівно через рік у цьому ж варіанті вже нараховувалося в середньому на одну рослину 32, а ще за рік – 63 великих бульбочок коричневого кольору. Тобто, зараження кореневих волосків люцерни і еспарцету бульбочковими бактеріями та інтенсивність утворення бульбочок залежить від вмісту азотистих речовин у тканинах рослин. Зростання люцерни і еспарцету на майже безгумусових екотопах, що не містять азотних сполук приводить до ослаблення опору клітин кореневих волосків проникненню в них

бульбочкових бактерій. Отже, в умовах техногенних ландшафтів вирішальне значення у складному процесі бульбочкоутворення мають фізіологічний стан рослини і фізико-хімічні можливості екотопу.

## 2. Кількість і маса бульбочок еспарцету

Варіант	На одну рослину 3-го року життя в шарі	
	0–40 см	0–100 см
Повнопрофільний чорнозем південний (без добрив)	<u>56</u> 0,53	<u>72</u> 0,65
Шар ґрунтової маси (без добрив)	<u>97</u> 0,45	<u>131</u> 0,60
Шар ґрунтової маси + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>92</u> 0,42	<u>107</u> 0,58
Лесоподібний суглинок (без добрив)	<u>69</u> 0,28	<u>92</u> 0,37
Лесоподібний суглинок + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>58</u> 0,42	<u>66</u> 0,56
Червоно-бура глина (без добрив)	<u>44</u> 0,31	<u>45</u> 0,32
Червоно-бура глина + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>38</u> 0,31	<u>39</u> 0,32
Сіро-зелена глина (без добрив)	<u>28</u> 0,21	<u>28</u> 0,21
Сіро-зелена глина + N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	<u>25</u> 0,17	<u>28</u> 0,18
НІР <sub>0,95</sub>	4,2	5,1

Якщо прийняти масу бульбочок, утворених на непорушеному південному чорноземі, за еталон природної досконалості, то дуже схожими показниками характеризується тільки насипний шар чорнозему. У метровій товщі цього варіанта в еспарцету маса бульбочок у середньому на одну рослину становила 0,58–0,60 г, у люцерни – 0,23–0,32 г.

Найменше бульбочок було в метровій товщі третинних глинистих відкладень, де у варіантах без внесення добрив у середньому на одну рослину еспарцету припадало 0,23–0,21 г бульбочкової маси, а люцерни – тільки 0,08 г. Лесоподібні суглинки (без добрив) у порівнянні з червоно-бурими і сіро-зеленими глинами виявилися більш придатним субстратом для розвитку бульбочкових бактерій. У шарі лесу 0–100 см маса бульбочок на одну рослину еспарцету в середньому 0,37 г, у люцерни – 0,11 г.

На третинних глинистих відкладеннях у люцерни і еспарцету утворювалися бульбочки ясно-рожевого і ясно-коричневого кольору, але дуже дрібні за розміром. Причому основна їх частина (75–100 %) розташовувалася у шарі 0–40 см. У такій товщі червоно-бурих глин (без добрив) у перерахунку на одну рослину еспарцету утворювалося в середньому 0,23 г бульбочкової маси, люцерни – 0,07 г. У сіро-зеленій глині (без добрив) ці показники зменшилися до 0,21 і 0,05 г відповідно. Отже, придатність екоотопів до утворення бульбочок у люцерни і еспарцету зростає від сіро-зелених і червоно-бурих глин до лесоподібних суглинків і насипного шару чорноземної маси.

Бульбочки в еспарцету на всіх варіантах дослідів, як правило, зосереджувалися в шарі 0–40 см. У люцерни ця закономірність

спостерігалася тільки на третинних глинистих відкладеннях. У варіантах зі лесоподібними суглинками і з насипним шаром ґрунтової маси бульбочки в люцерни утворювалися і на більших глибинах. Бульбочки в еспарцету, ймовірно, більш вимогливі до фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей екотопу і тому рідко і в значно менших кількостях, ніж бульбочки в люцерни, утворювалися глибше 60-сантиметрової товщі.

Якісні властивості екотопу значно впливають не тільки на кількість бульбочок та їх розташування в товщі гірських порід, але і на масу кожної бульбочки. Середня маса бульбочки на коренях однієї рослини еспарцету в шарі 0–40 см була в 1,3–4,0 рази більше середньої маси бульбочки, знятої з кореня люцерни. Відзначимо, що в жодному з досліджуваних нами екотопів середня маса однієї бульбочки як в еспарцету, так і у люцерни не досягала показника тієї маси, котра характерна для цих культур в товщі зонального чорнозему. Поліпшення умов живлення рослин не сприяло підвищенню цього показника, тобто бульбочки залишалися дрібними.

На рекультивованих ділянках функціонування кореневих систем люцерни і еспарцету перебігає за постійних стресових впливів таких екологічних факторів, як рН, температура, вологість, шпаруватість, насиченість органічними сполуками тощо. Природно, що ці фактори значно впливають на процес бульбочкоутворення у люцерни і еспарцету. Тому звертає на себе увагу той факт, що бульбочкові бактерії цих рослин швидко адаптувалися до екстремальних умов товщі екотопів і приживалися там. Причому бульбочкові бактерії еспарцету, на відміну від бульбочкових бактерій люцерни, виявили значно більшу екологічну пластичність, відповідну якісним властивостям екотопу.

Бульбочки люцерни, очевидно, інтенсивно засвоювали молекулярний азот, на що вказує їх ясно-рожевий і ясно-коричневий колір. Бульбочки еспарцету найчастіше являли собою ясно-коричневі та коричневі утворення, що розташовувалися у верхніх шарах екотопів в основі головного кореня. Вони виявлялися тільки через 2,5–3 місяці після появи сходів.

Бульбочки люцерни майже на всіх варіантах дослідів у шарі 0–20 см мали ясно-рожевий колір. На третинних глинистих відкладеннях цей колір бульбочок зберігався до глибини 30–40 см. В іншій товщі вони фарбувалися у ясно-коричневі тони. Бульбочки, виявлені в зональному ґрунті, мали такий самий колір, що відбиває їхню активну діяльність щодо накопичення елементів живлення. Про це свідчать результати наших досліджень, згідно з якими в бульбочках, що розташовані в товщі екотопів, міститься 15–37 кг/га азоту, 4–7 кг фосфору, 6–8 кг калію і 15–35 кг/га кальцію. В умовах техногенних ландшафтів степової зони України корені, наприклад люцерни, разом із бульбочковими бактеріями та вільноіснуючими азотфіксаторами щорічно можуть накопичувати в шарі 0–20 см до 350 кг азоту на 1 га. Це дуже вагомий показник, який підкреслює середовищеперетворюючу роль кореневих систем люцерни і еспарцету, що ростуть на рекультивованих землях.

### **Висновки**

1. В умовах техногенних ландшафтів степної зони України бульбочкові бактерії люцерни і еспарцету легко адаптуються до складних умов техногенного середовища.

2. В еспарцеті, на відміну від люцерни, бульбочкові бактерії проявили значно більшу екологічну пластичність, тобто таку, що відповідає якісним властивостям екотопу.

3. Утворення бульбочок бактерій у люцерни і еспарцет, фіксація ними молекулярного азоту є ефективним засобом формування родючості молодих ґрунтів техногенних екосистем. Корені, наприклад люцерни 3-го року життя, разом із бульбочковими бактеріями та вільноіснуючими азотфіксаторами щорічно можуть накопичувати в шарі 0–20 см до 350 кг/га азоту, в тому числі в самій бульбочковій масі, залежно від властивостей екотопу, міститься 15–37 кг/га азоту, 4–7 кг фосфору, 6–8 кг калію і 15–35 кг/га кальцію. Усе це свідчить про середовищеперетворюючу роль корневих систем люцерни і еспарцету, що зростають на рекультивованих землях.

### **Бібліографія**

1. О рекультивации земель в степи Украины / [Н.Е. Бекаревич, Н.Д. Горобец, А.А. Колбасин и др.]. – Днепропетровск : Промінь, 1971. – 218 с.

2. Бурыкин А.М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией / А.М. Бурыкин // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 81–93.

3. Волох П.В. Изменения физических свойств рекультивированных земель при их сельскохозяйственном использовании / П.В. Волох, Н.Д. Горобец, И.Х. Узбек // Горный журнал. – 1991. – № 10. – С. 52–55.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов. – М. : Колос, 1973. – 329 с.

5. Єстеревська Л.В. Рекультивація земель / Л.В. Єстеревська. – К. : Урожай, 1977. – 125 с.

6. Станков Н.З. Методы взятия корней в поле / Н.З. Станков // Доклады ВАСХНИЛ. – М., 1951. – № 11. – С. 121–126.

7. Узбек І.Х. Метод вивчення корневих систем рослин / І.Х. Узбек // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 10. – С. 27–30.