

ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЇ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ У ПОПУЛЯЦІЇ ЛЮЦЕРНИ

ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-8095-9195>

ТИЩЕНКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-5971-8349>

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-8649-0618>

КУЦ Г.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0448-9432>

Інститут зрошувального землеробства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Люцерні у кормовиробництві належить провідна роль через її величезні потенційні можливості як культури, що не має собі рівних за поживністю кормової продукції. Попри значний прогрес у підвищенні продуктивності культури, досі основні дослідження були спрямовані на вивчення надземної частини рослини. Хоча відомо, що коріння необхідне для адаптації рослин і формування врожаю, але воно менше вивчене через складність спостереження за ним протягом життєвого циклу. Архітектура кореневої системи, що складається з таких структурних елементів, як довжина кореня, розповсюдження, кількість і довжина бічних коренів, проявляє велику пластичність у відповідь на зміни навколишнього середовища і може мати вирішальне значення для розвитку сільськогосподарських культур [1], оскільки коріння забезпечує рослини поживними речовинами і водою, а його потенціал може бути спрямований на підвищення продуктивності рослин в широкому діапазоні умов вирощування. Сьогодні проблемою селекції рослин є обмежена здатність фенотипувати і вибирати бажані характеристики коренів через їх підземне розташування. Зусилля селекціонерів, спрямовані на зміну кореневих ознак, можуть привести до появи нових, більш стійких до стресу культур і збільшення врожайності через підвищення здатності рослини розвивати потужну кореневу систему і забезпечувати себе водою і поживними речовинами [2]. Встановлено, що морфологія кореня люцерни відіграє важливу роль в стійкості та продуктивності рослин [3]. Крім того, архітектура кореневої системи рослин люцерни впливає на родючість і фізико-хімічні властивості ґрунтів [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З огляду на сказане розширення знань про морфологічну структуру кореневої системи, її форму, архітектоніку має не лише теоретичне, але й практичне значення. Досить сказати, що сорти сільськогосподарських культур у однакових умовах дають неоднаковий урожай як за величиною, так і за якістю. Отже, вони відрізняються за своєю природою, генотипом, потужністю і фізіологічною актив-

ністю корневих систем [5]. Серед вчених немає єдиної думки стосовно питання, що є визначальним у характері розвитку кореневої системи, її форми і морфологічної структури. Так, В.Г. Ротмістров відзначає, що середовище, в якому перебуває коренева система, не є визначальним [6]. М.А. Качинський, навпаки, стверджує, що форму кореневої системи диктує ґрунт [7]. Визначальними в характері її розвитку є індивідуальні особливості [8] або спадковість [9].

Мета статті – виявити особливості морфології кореневої системи у популяції люцерни.

Матеріали та методи досліджень. Об'єктом вивчення були різні види люцерн роду *Medicago*: *M. sativa* L., *M. varia* Mart., *M. falcata* L., *M. polychroa* Grossh., *M. quasifalcata* Sinsk. Рослини люцерни аналізувались через 2,5 місяці після посіву з відкопуванням рослин до глибини 30 см. Аналізувалась форма, об'єм кореневої системи, кількість бокових відгалужень з урахуванням їх товщини, а також наявність корневих волосків. У дослідженнях ми дотримувались класифікації форм корневих систем люцерни, поданої у широкому уніфікованому класифікаторі роду *Medicago* L. підроду *Falcago* (Rchb.) Grossh. [10], за якою відрізняють такі форми: стрижневу, стрижнево-розгалужену, стрижнево-мичкувату, сильно розгалужену і стрижнево-кореневищну. У своїх дослідженнях ми намагались деякою мірою вирішити ці питання.

Результати досліджень. У процесі селекційно-генетичної роботи велика увага приділялася вивченню форми кореневої системи, оскільки форма кореневої системи – одна з визначальних ознак накопичення її маси. Установлена неоднорідність структури популяції люцерни за формою кореневої системи. Проявлялись дві такі форми: стрижнева (далі – СТ) і стрижнево-розгалужена (далі – СТР). Частина СТР була різною залежно від генотипу і року досліджень та коливалась від 49 до 65%. Біотипи із стрижнево-розгалуженою формою мають загалом більший об'єм, вагу надземної та кореневої маси, ніж біотипи із стрижневою формою (табл. 1).

Таблиця 1 – Характеристика популяцій люцерни за кореневими характеристиками (середні значення за 2015-2017 рр.)

Назва	Форма к.с.	Об'єм к.с., мл	Висота рослин, см	Вага надземної маси, г	Вага кореневої системи, г
Коренепаросткова	СТР	2,6	50,5	4,08	2,8
ЦП-11	СТР	1,30	25,0	1,31	3,6
ЖЦП-11	СТР	1,38	25,6	1,76	1,49
НС/82	СТР	1,44	29,5	1,59	1,74
ФХНВ	СТР	1,02	27,0	1,19	1,93
ПН/82	СТР	0,70	18,5	0,78	1,53
Середня	СТР	1,41	29,4	2,02	2,19
Коренепаросткова	звичайна	1,63	45,0	3,29	1,75
ЦП-11	звичайна	1,10	20,6	1,30	2,46
ЖЦП-11	звичайна	1,06	20,0	1,1	0,78
НС/82	звичайна	1,00	20,0	1,03	0,89
ФХНВ	звичайна	0,76	19,0	0,85	0,79
ПН/82	звичайна	0,56	15,3	0,46	0,64
Середня	звичайна	1,02	23,3	1,34	1,22
V, %		45,2	41,2	68,2	53,2
S _x		0,16	3,13	0,31	0,26
НІР ₀₅		0,36	7,17	0,70	0,59

Аналіз таблиці показує, що ця різниця залежно від генотипу і ступеня прояву обох форм становила за об'ємом від 18,2 до 59,5%, за вагою кореневої системи – 46,3–144,3%. Варто зазначити, що стрижнево-розгалужена форма кореневої системи люцерни як єдине поняття має свої особливості за кількістю бічних коренів, характером їх розгалуження, товщиною, тобто є різною за потужністю. При вивченні морфологічної структури кореневої системи, архітектоники, розгалуженості встановлено їх зв'язок з надземною масою. Так, між загальною кількістю бокових відгалужень, кількістю товстих і тонких коренів та висотою і куцинням рослин існує середня кореляція від негативної до позитивної ($r = -0,35 + 0,64$). Водночас прослідковувався тісний зв'язок між цими морфологічними ознаками та повітряною й сухою надземною масою, коефіцієнт кореляції змінювався залежно від генотипу і року досліджень в межах $r = -0,37 + 0,87$. Множинний коефіцієнт кореляції між загальною кількістю бокових відгалужень, надземною і кореневою масою показує зв'язок від середніх до високих значень ($R_{y.xz} = 0,480-0,949$) [11].

Важливим показником ступеня розвитку кореневої системи може бути її об'єм. Об'єм кореня – ознака інтегральна, що включає потужність кореневої системи, кількість бокових відгалужень, їх товщину, наявність кореневих волосків. Його визначали за різницею рівнів води до і після занурення кореневої системи рослин у мірний циліндр. Зокрема, вражає величезний внутрішньопопуляційний поліморфізм об'єму кореневої системи у популяції Піщана/Різнокольорова, Spredor 2/Vertibenda, ЦП -11/Sitel, сортів Зоряна, М. Оранжева 115 з варіюванням цієї ознаки від 1,36 до 17,47 мл та високим значенням середньої ознаки (6,44–7,00 мл). Мінімальним об'ємом (2,75 мл) та незначним коливанням (1,53–4,15 мл) характеризувався сорт Надежда. У гібридних популяціях Надежда/НВ₁₁, Spredor 2/Піщана, сортів Унітро, Resistador, Карабаликська 18, Різнокольорова з

Грузії середні об'єми були в межах 3,92–4,92 мл. Вид люцерни *M. quasifalcata*, сорти Павлівська 7, Веселка, гібридна популяція Флора2/Надежда формували кореневу систему потужністю 5,00–5,46 мл на рівні середньопопуляційної. Це дає змогу проведення доборів за цією ознакою. Реакція рослин на добір за об'ємом була різною, але загалом позитивною. При цьому істотно підвищувався об'єм кореневої системи через збільшення кількості рослин з об'ємом більше 6,4 мл (53,3–83,3%). Водночас сорт Зоряна практично не реагував на добори. Однак зазначимо, що підтримання в популяції рослин з об'ємом кореня 7,0 мл дозволяє мати високі показники продуктивності.

Вирахувані кореляційні зв'язки показали, що з об'ємом кореневої системи тісно пов'язані основні господарсько-цінні ознаки. Зокрема, ідеться про сильний позитивний зв'язок об'єму кореневої маси з надземною масою ($r = 0,48-0,86$) і кореневої маси ($r = 0,63-0,96$) з висотою рослин ($r = 0,31-0,72$). За кількістю стебел спостерігався середній та вищий від середнього зв'язок. Лише в окремі роки сила цього зв'язку збільшувалася у популяції Надежда/*M. quasifalcata*, Флора 2 /Надежда, Піщана /Різнокольорова) [13]. Також встановлено, що зі зміною об'єму кореневої системи змінюються і основні господарські ознаки – висота, врожайність надземної і кореневої маси. Ця залежність чітко виражена у популяції Піщана/Різнокольорова, Флора 2/Надежда, Resistador/ Карабаликська.

Збільшення об'єму кореневої системи в результаті обох циклів добору сприяло підсиленню росту рослин і отриманню більшої врожайності зеленої та кореневої маси. Так, у гібридній популяції Піщана/Різнокольорова відзначений приріст об'єму кореневої системи з 6,9 мл (вихідний) до 9,2 (D₁), 9,3 мл (D₂) сприяв підвищенню продуктивності з 4,40 г (вихідна) до 6,43 (D₁), 6,37 г (D₂) за надземною масою та з 2,87 г (вихідна) у доборів першого (4,77) і другого (5,26 г) циклів за кореневою масою. Також спостерігалось збільшення

висоти рослин із 33,0 см (вихідна) до 42,4 (D₁), 44,5 см (D₂).

У гібридної популяції Флора 2/Надежда нарощування об'єму кореневої системи з 6,9 мл до 7,9 (D₁), 8,8 мл (D₂) сприяло підвищеному накопиченню надземної маси з 3,92 г до 4,56 г (D₁), 4,75 г (D₂), кореневої – з 3,21 г до 4,24 г (D₁), 4,71 г (D₂). Аналогічні результати відзначені і в гібридній популяції Resistador/ Карабаликська. У сорту М. Оранжева 115, популяції Надежда/М. *quasifalcata* більшість показників цих ознак також істотно підвищується. Для популяції Spredor 2/Vertibenda дана тенденція яскраво проявляється у першому циклі добору. Сорт Зоряна виділявся за продуктивністю як надземної і підземної маси, так і висоти рослин на фоні стабілізації об'єму кореневої системи, про що відзначалося вже раніше. І лише популяція Кенкріп/Херсонська 7 реагувала на добір за об'ємом кореневої системи неоднозначно, оскільки показники продуктивності зменшувались або ж неістотно підвищувались [12].

Проведені дослідження дозволили розробити спосіб добору високопродуктивного селекційного матеріалу з підвищеним об'ємом кореневої системи (патент на корисну модель № 18659), методику селекції люцерни, спрямовану на підвищення рівня накопичення кореневої маси (Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 32134).

Висновки. За результатами вивчення різних популяцій люцерни встановлено, що у них виявлялися дві форми кореневої системи (СТ та СТР), які розрізнялися за об'ємом, вагою надземної та кореневої маси. Вираховані кореляційні зв'язки показали, що з об'ємом кореневої системи тісно пов'язані основні господарсько-цінні ознаки. Два цикли доборів за об'ємом кореневої маси сприяли її підвищенню, підсиленню росту рослин і отриманню більшої врожайності надземної та кореневої маси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Khan M.A., Dorcus C., Gemenet and Villordon Arthur. Root System Architecture and Abiotic Stress Tolerance: Current Knowledge in Root and Tuber Crops. *Review published*. 01 November 2016. DOI: 10.3389/fpls.2016.01584 (Frontiers in Plant Science).

2. Paez-Garcia A., Motes C.M., Scheible W.R., Chen R., Blancaflor E.B., Monteros M.J. Root Traits and Phenotyping Strategies for Plant Improvement. *Plants (Basel)*. 2015 June 15; 4(2):334-55. DOI: 10.3390/plants4020334.

3. Johnson L.D., J.J. Marquez-Ortiz J.F., Lamb S., Barnes D.K. Root morphology of alfalfa plant introductions and cultivars. *Crop Sci*. 1998. 38: 497–502. DOI: 10.2135/cropsci1998.0011183X003800020037x.

4. Michael P., Russelle Joann F., Lamb S. Divergent Alfalfa Root System Architecture is Maintained across Environment and Nutrient Supply. Article in *Agronomy journal*. 103 (4): 1115, July 2011. With 28 Reads. DOI: 10.2134/agronj2011.0009.

5. Устименко А.С., Данильчук П.В., Гвоздиковская А.Г., Корневые системы и продуктивность

сельскохозяйственных растений. Киев : Урожай, 1975. 368 с.

6. Ротмистров В.Г. Корневая система сельскохозяйственных растений и урожай. *Советская агрономия*. 1939. №8. С. 61–74.

7. Качинский М.А. Корневая система в почвах подзолистого типа. *Тр. Московской областной станции*. 1925. Вып. 7, ч. 1. С. 44–50.

8. Иванов А.И. Селекционная ценность люцерны различного происхождения в условиях степи Северного Казахстана. *Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 1968. Т. 38. Вып. 3. С. 124–166.

9. Филатов Ф.И. Агробиологические основы возделывания многолетних трав на Юго-Востоке СССР. Саратов, 1951. 259 с.

10. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода Medicago L., Subgen Medicago-subgen. Falcago (Reichenb.) Peterm. Ленинград, 1987. 30 с.

11. Тищенко Е.Д., Тищенко А.В., Нижегородко В.М. О корреляции признаков у люцерны. *Кормопроизводство*. Москва, 2012. № 11. С. 21–22.

12. Тищенко О.Д., Науменко В.В. Особливості селекції люцерни на підвищений об'єм кореневої системи. *Зрошуване землеробство*. Херсон : Айлант, 2007. № 48. С. 207–211.

REFERENCES:

1. Khan, M.A., Dorcus, C., Gemenet & Villordon, Arthur. (2016). Root System Architecture and Abiotic Stress Tolerance: Current Knowledge in Root and Tuber Crops. Review published: 01 November doi: 10.3389/fpls.2016.01584(Frontiers in Plant Science) [in English].

2. Paez-Garcia, A., Motes, C.M., Scheible, W.R., Chen, R., Blancaflor, E.B., & Monteros, M.J. (2015). Root Traits and Phenotyping Strategies for Plant Improvement. *Plants (Basel)*. June 15;4(2):334-55. doi: 10.3390/plants4020334 [in English].

3. Johnson, L.D., Marquez-Ortiz, J.J., Lamb, J.F.S., & Barnes, D.K. (1998). Root morphology of alfalfa plant introductions and cultivars. *Crop Sci*. 38:497–502. doi:10.2135/cropsci1998.0011183X003800020037x [in English].

4. Michael, P., & Russelle, Joann F. S. Lamb. (2011). Divergent Alfalfa Root System Architecture is Maintained across Environment and Nutrient Supply. Article in *Agronomy journal*. 103(4):1115, July. With 28 Reads. doi: 10.2134/agronj2011.0009 [in English].

5. Ustimenko, A.S., Danil'chuk, P.V., & Gvozdkovskaya, A.G. (1975). Kornevy'e sistemy' i produktivnost' sel'skokhozyajstvenny'kh rastenij. [Root systems and crop productivity]. Kiev: Urozhaj [in Russian].

6. Rotmistrov, V.G. (1939). Kornevaya sistema sel'skokhozyajstvenny'kh rastenij i urozhaj. [Root system of agricultural plants and harvest]. *Sovetskaya agronomiya*, 8, 61-74 [in Russian].

7. Kachinskij, M.A. (1925). Kornevaya sistema v pochvakh podzolistogo tipa. [The root system in podzolic soils]. *Tr. Moskovskoj oblastnoj stanczii*, 7, 1, 44-50 [in Russian].

8. Ivanov, A.I. (1968). Selekczionnaya czenost' lyuczerny' razlichnogo proiskhozheniya v usloviyakh stepi Severnogo Kazakhstana. [The selection value of alfalfa of various origin in the steppes of Northern Kazakhstan]. *Tr. po prikladnoj botanike, genetike i selekczii*, 38, 3, 124-166 [in Russian].
9. Filatov, F.I. (1951). Agrobiologicheskie osnovy' vzdelyvaniya mnogoletnikh trav na Yugo-Vostoke SSSR. [Agrobiological basis for the cultivation of perennial grasses in the South-East of the USSR]. Saratov [in Russian].
10. Shirokij unificirovannyj klassifikator SE'V roda *Medicago* L., Subgen *Medicago*-subgen. *Falcago* (Reichenb.) Peterm. L. [Wide unified CMEA classifier of the genus *Medicago* L. Subgen *Medicago*-subgen. *Falcago* (Reichenb.) Peterm. L.]. (1987). [in Russian].
11. Tishhenko, E.D., Tishhenko, A.V., & Nizhegolenko, V.M. (2012). O korrelyaczii priznakov u lyuczerny'. [On the correlation of traits in alfalfa]. *Kormoproizvodstvo*, 11, 21-2212. [in Russian].
12. Tyshchenko, O.D., & Naumenko, V.V. (2007). Osoblyvosti selektsii liutserny na pidvyshcheni obiem korenevoi systemy. [Features of alfalfa breeding for increased volume of the root system]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 48, 207-211 [in Ukrainian].