

УДК 633.853.531(477.4+292.485)

ФОРМУВАННЯ АНАТОМІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДОВИ СТЕБЛА РЕДЬКИ ОЛІЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПАРАМЕТРІВ ФОРМУВАННЯ ЇЇ АГРОФІТОЦЕНОЗІВ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Цицюра Я.Г. – к. с.-г. н., доцент,

Вінницький національний аграрний університет

У статті розглядаються особливості анатомічної будови стебла редьки олійної. Проаналізовано особливості лінійного та радіального росту стебла. Визначено й узагальнено відмінності протікання процесу анатомічних перетворень стеблової частини з оцінкою впливу норми висіву, удобрення та гідротермічного режиму вегетації. Описано типологічну анатомічну будову стебла редьки олійної. Визначено особливості формування основних анатомічних частин стебла відповідно до загальноприйнятої ботанічної класифікації. Оцінено вплив різних густот стояння й удобрення редьки олійної на морфологічні особливості, такі як діаметр стебла, товщина епідермальної кори, діаметр серцевини. Доведено, що підбором відповідної густоти стояння рослин редьки олійної можна ефективно корегувати механічні властивості її стебла та регулювати стійкість до вилягання.

Ключові слова: редька олійна, стебло, анатомічна будова, густина стояння, удобрення.

Цицюра Я.Г. Формирование анатомических особенностей строения стебля редьки масличной в зависимости от параметров формирования ее агрофитоценозов в условиях Правобережной Лесостепи Украины

В статье рассматриваются особенности анатомического строения стебля редьки масличной. Проанализированы особенности линейного и радиального роста стебла. Определены и обобщены различия протекания процесса анатомических преобразований стеблевой части с оценкой влияния нормы высева, удобрения и гидротермического режима вегетации. Описано типологическое анатомическое строение стебля редьки масличной. Определены особенности формирования основных анатомических частей стебля в соответствии с общепринятой ботанической классификацией. Оценено влияние различных густот стояния и удобрения редьки масличной на морфологические особенности, такие как диаметр стебля, толщина эпидермальной коры, диаметр сердцевини. Доказано, что подбором соответствующей густоты стояния растений редьки масличной можно эффективно корректировать механические свойства ее стебля и регулировать устойчивость к полеганию.

Ключевые слова: редька масличная, стебель, анатомическое строение, густота стояния, удобрення.

Tsytsyura Y.G. Formation of anatomical features of the stem structure of oil radish depending on the parameters of the construction of its agrophytocenosis under the conditions of the right-bank forest steppe of Ukraine

The article studies special aspects of the anatomical structure of the stem of oil radish. Features of linear and radial stalk growth are analyzed. The differences in the course of the process of anatomical transformations of the stem part are determined and generalized, with an assessment of the influence of the seeding rate, fertilizer and hydrothermal vegetation regime. The typological anatomical structure of oil radish stem is described. The features of the formation of the main anatomical parts of the stem are determined in accordance with the generally accepted botanical classification. The effect of different stand density and fertilizing of oil radish on morphological features, such as stem diameter, thickness of the epidermic cortex, core diameter, was evaluated. It has been proven that by selecting the appropriate density of radish plant stand it is possible to effectively correct the mechanical properties of its stem and regulate its lodging resistance.

Key words: oilseed radish, stalk, anatomical structure, stand density, fertilizer.

Постановка проблеми. Морфологічний розвиток стебла в динаміці важливий показник в оцінюванні особливостей формування агрофітоценозу будь-якої сільськогосподарської культури, який визначає лінійні та діаметральні особливості

ростових процесів, інтенсивність фотосинтетичної його діяльності й ергономіку збиральних робіт у форматі вирівняності, ступеня полеглості, забур'яненості тощо.

Для хрестоцвітих культур характерна висока мінливість ознак стебла, зумовлена чутливістю останніх до зміни площі живлення, агрофітоценотичної конкуренції тощо [1, с. 54]. У багатьох випадках морфометрія самого стебла – надійний критерій кормової продуктивності та надійний індикатор його репродуктивного зусилля, яке визначає насіннєвий складник потенціалу рослин [2, с. 57].

З іншого боку, стебло – це анатомічна конструкція, що покликана до орієнтування самої рослини в просторі й визначає характер її розміщення на обліковій площі на час збирання врожаю [3, с. 79]. Для редьки олійної вивчення особливостей динаміки вертикальної та радіальної анатомії її стебла має одне з ключових завдань адаптивної стратегії її вирощування, оскільки культура схильна до вилягання на пізніх етапах свого дозрівання, що призводить до втрат як листостеблової маси, так і насіння. Саме тому вивчення особливостей формування анатомічних особливостей стебла за різних параметрів густоти стояння рослин редьки олійної й удобрення є важливим та актуальним завданням, що потребує наукового вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання діаметральних ростових процесів стебла редьки олійної висвітлено у працях низки вчених, зокрема в працях А.А. Пешкової, Н.В. Дорофєєва [4, с. 96–97], Н.Л. Белика [5, с. 106–115], О.М. Козленка [6, с. 96–105], у тому числі й у наших ранніх публікаціях [6, с. 214–218]. Невирішеною проблемою в рамках проведених досліджень є оцінювання анатомічних перетворень розвитку стебла редьки цієї перспективної культури на високих агрофонах за посилення конкуренції в агрофітоценозі у варіантах підвищених кількісних норм висіву з проведенням анатомічно-мікроскопічних досліджень.

Постановка завдання. Мета статті – поглиблене вивчення анатомічних особливостей формування стебла редьки олійної за зміни параметрів густоти стояння рослин і фону мінерального живлення.

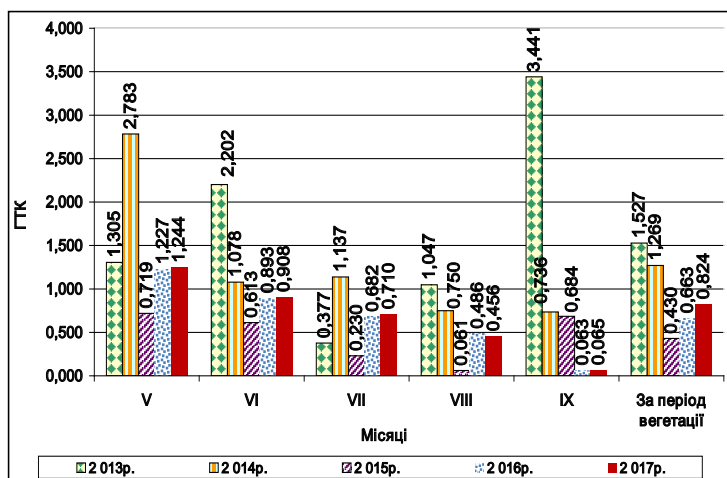


Рис. 1. Режим гідротермічного забезпечення періоду вегетації редьки олійної, 2013–2017 рр.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводились у період 2013–2017 рр. в умовах дослідного поля Вінницького НАУ на темно-сірих лісових ґрунтах середньосуглинкового механічного складу з коливанням основних агрохімічних показників у розрізі ротації: гумус 2,16–2,52%, рН 5,8–6,7, уміст легкогідролізованого азоту 71–77 мг/кг, рухомого фосфору (за Чириковим) 187–251 мг/кг, обмінного калію (за Чириковим) 95–143 мг/кг. Період досліджень мав істотні відмінності за характером гідротермічного режиму періоду вегетації (рисунок 1), що, у свою чергу, дало змогу адекватно оцінити вплив погодних умов на особливості формування показника, що вивчається. З представлених результатів найбільш посушливим був 2015 р. вегетації з ГТК за період травень-вересень 0,430. Найвища вологозабезпеченість відмічена для умов 2013 року з ГТК за той самий період – 1,527.

Вивчення формування діаметра стебла проводили за технологічною схемою дрібноділянкових дослідів з внутрішньою сегментацією ділянки, представлено в таблиці 1 у рамках тематики вивчення оптимізації агротехнології вирощування редьки олійної в умовах Лісостепу правобережного. Строк сівби – ранньовесняний – наближено однотиповий у всі роки вивчення (календарно початок-середина другої декади квітня).

Під час дослідження, відповідно до повної схеми, використано сорти редьки олійної Журавка та Райдуга. У дослідях додатково вивчались інші генотипи редьки олійної різного еколого-географічного походження. У зв'язку з установленою тенденцією близькою динамікою формування чинника вивчення у статті наведено лише дані для сорту Журавка.

Таблиця 1

Схема досліджень з вивчення особливостей технологічного конструювання продуктивних агрофітоценозів редьки олійної

Чинник А – спосіб сівби	Чинник В – норми висіву (млн шт./га схожих насінин)	Чинник С – удобрення
A_1 – Рядковий (15 см)	V_1 – 1,0 (15 нас./п. м рядка) V_2 – 2,0 (30 нас./п. м рядка) V_3 – 3,0 (45 нас./п. м рядка) V_4 – 4,0 (60 нас./п. м рядка)	C_1 – Без добрив C_2 – $N_{30}P_{30}K_{30}$ C_3 – $N_{60}P_{60}K_{60}$ C_4 – $N_{90}P_{90}K_{90}$
A_2 – Широкорядний (30 см)	V_4 – 0,5 (15 нас./п. м рядка) V_5 – 1,0 (30 нас./п. м рядка) V_6 – 1,5 (45 нас./п. м рядка) V_7 – 2,0 (60 нас./п. м рядка)	

Біометричне оцінювання рослин проводили на 25 рослинах в основні фази росту й розвитку редьки олійної у двох несуміжних повтореннях [8, с. 11–43]. Для визначення індивідуального діаметра стебла використовували метод сканування з використанням пакета програм ColingTechMicroScope та електронний штангель циркуль Didital Caliper (точність вимірювань 0,01 мм).

Агротехніка в досліді рекомендованою для зони вирощування [1, с. 114–158].

Анатомо-морфологічне дослідження зрізів стебла ріпаку проводили за методикою А.Л. Александрова [9, с. 10–12] з використанням бінокулярного мікроскопа

MC 300 (TS) + Sigeta MCMOS 5100 5.1MP USB2.0/ для окремих досліджень використовували електронний USB мікроскоп Sigeta 50x-1000x і сканера CanonScan LIDE 700 F з дотриманням рекомендованих методик [10, с. 5–9].

Статистично-математичну обробку результатів досліджень проводили застосовуючи загальні рекомендації Б.А. Доспехова [11, с. 248–256] і В.О. Ушкаренка [12, с. 60–137].

Вивчення анатомічної будови стебла редьки олійної засвідчило чітку диференціацію формування його структури залежно від фенологічних стадій формування рослини. Вегетативні органи редьки олійної формуються в догенеративний період. Гіпокотиль на стадії проростка за анатомічною структурою перерізу має первинну будову з наступним формуванням судин сітчатого типу вже на 11–15 добу, залежно від умов росту й розвитку. Для ювеніальної стадії росту головного пагону за типом моноподіального характерне утворення першого справжнього листка, який стає помітним серед двох супротивних сім'ядолей. Термальна брунька на цій стадії вже має 3–4 листові зачатки, а на стадії сформованих 2–3 справжніх листків у ній нараховується вже 7–9. Відкрита моноподіальна система формування пагонів і росту стебла зумовлює в редьки олійної морфогенез вегетативних органів включно до фази плодоношення, за нашими оцінками, до стадії жовто-зеленого стручка.

На стадії молодого генеративного стану в редьки олійної відмічається стеблуння (рисунок 2). Тривалість цієї фази залежить від сортових особливостей, гідротермічних умов вегетації та строків сівби й коливається, за нашими оцінками, від 20 до 40 діб. На повній стадії стеблуння висота рослин редьки олійної сягає 25–40 см, хоча за пізніх строків сівби в умовах вираженого дефіциту вологи та високих середньодобових температур (що найбільш яскраво відмічалось для умов 2015 р.) для культури характерне раннє ювеніальне цвітіння з висотою стебла на рівні 5–12 см, що значно знижує параметри довжини стебла до 5–15 см. При цьому саме цвітіння відмічається вже на стадії 3–5 справжніх листків. При цьому частина листових зачатків засихає й опадає. Забарвлення стебла при цьому змінюється на антоціанове, а листя – на виражене світло-зеле-



Рис. 2. Рослина редьки олійної на стадії початку стеблуння (справа) та ювеніально-цвітуча рослина редьки олійної порівняно з типовою (зліва), 2015 р. (найбільш посушливий рік) (чорний квадратик розмірності 2x2 см)

не. Для такого ювеніального цвітіння характерна різка диференціація анатомічної будови стебла, яка в таких рослин уже на стадії бутонізації повністю відповідає типології вторинної.

У морфологічно-сформованому стані на стадії зеленого стручка (зрілий генеративний стан) стебло редьки олійної є прямостоячим (з різним ярусом і ступенем галузнення), пустотілим, округлим (форма від правильної округлої до складної поліморфної) з ледь помітним виступаючим рельєфом (негострі виступи), добре облістяним, інтенсивно забарвленим (з відтінками від темно-зеленого до жовтувато-зеленого, нерідко зі слідами антоціану, особливо в пазухах бічних галузень), досить міцне на злом (рисунок 3). У системі технологічного вивчення редьки олійної за ширини міжрядь 15 і 30 см, з інтервалом кількісної норми висіву від 0,5 до 4,0 млн шт./га схожих насінин на фонах повного мінерального добрива від 30 до 90 кг д.р. кожного елемента встановлена обернена залежність між густиною стояння рослин і діаметром стебла в його основі (інтервал R^2 0,839–0,917 для різних років вивчення). У результаті обліків у рамках указаних варіантів досліджень для анатомічного оцінювання використано динамічний ряд діаметра стебла в його основі (рисунок 3).

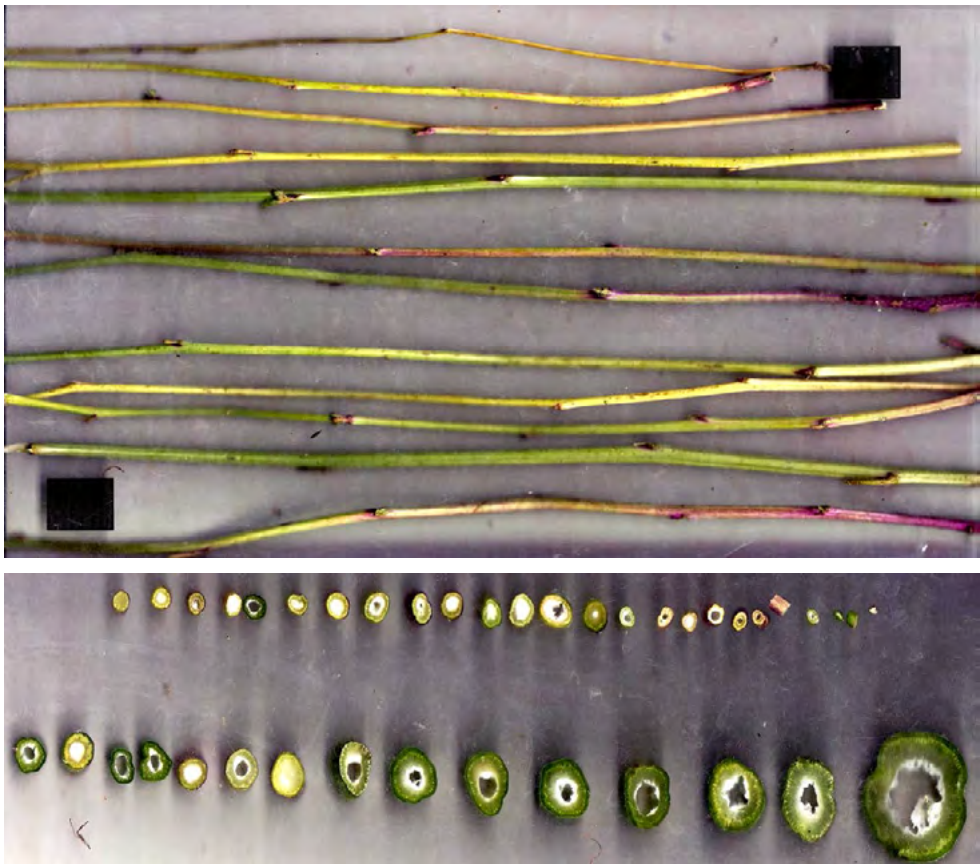


Рис. 3. Стебла редьки олійної різного діаметра (поздовжній (верхня позиція) та поперечний розріз (діаметр в основі (нижня позиція)) (чорний квадратик розмірності 2x2 см)

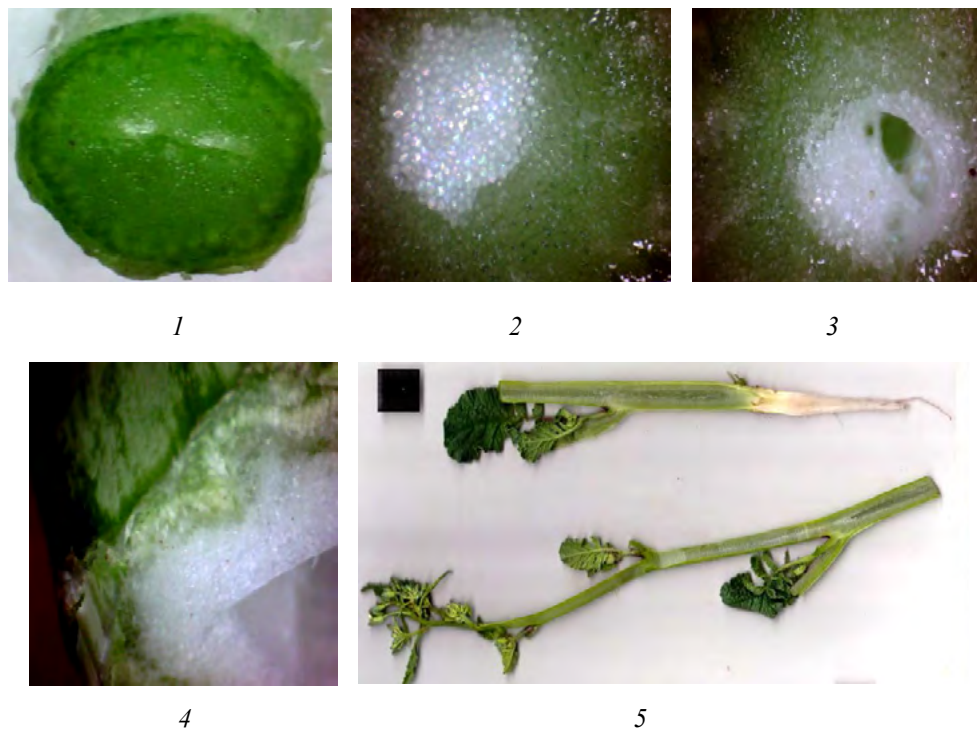


Рис. 4. Видимі анатомічні зміни стебла редьки олійної сорту Журавка, 2015 р. (1 – поперечний розріз стебла на фазу початку стеблуння: ознаки серцевини малопомітні й чітко не виражені, добре помітна кільцева структура колатеральних провідних пучків оточена склеренхімою та іповнююча паренхіма серцевини; 2 – сформована паренхіма серцевини стебла на фенологічну фазу бутонізації; 3 – початок мацерації серцевини стебла в період повного цвітіння-початку фази зеленого стручка; 4 – поперечний розріз стебла на фенофазу жовто-зеленого стручка; 5 – поздовжній розріз стебла основного з коренем і бічного відгалуження на фазу зеленого стручка)

Анатомічна будова стебла редьки олійної за вказаних особливостей постійного росту вегетуючих частин до фази плодоношення є різною в різних частинах стебла за довжиною – від повністю сформованих гістоознак в основі стебла до початку їх формування більш генеративних елементів. Стадійність за якісними змінами типова для всіх варіантів технологічних підходів формування агрофітоценозу редьки олійної. Проте швидкість її проходження є різною: найбільш інтенсивна диференціація анатомічних змін відмічена у варіантах норм висіву 4,0 млн шт./га схожих насінин на неудобреному контролі, а найбільш повільна – у варіантах 0,5 млн шт./га схожих насінин на фоні $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.р на га. Стадійність загальних видимих анатомічних змін та узагальнена анатомічна структура перерізу стебла представлена на рисунках 4 і 5.

На підставі узагальнення анатомічної будови стебла на різні фенофази розвитку рослин можна підсумувати, що для редьки олійної характерний відкритий колатеральний тип провідних пучків з розвинутою радіальною міжпучковою паренхімою, помітним камбіальним кільцем, вираженою паренхімою серцевини, розміри клітин якої змінюються від дрібних припучкових до великих, безпосеред-

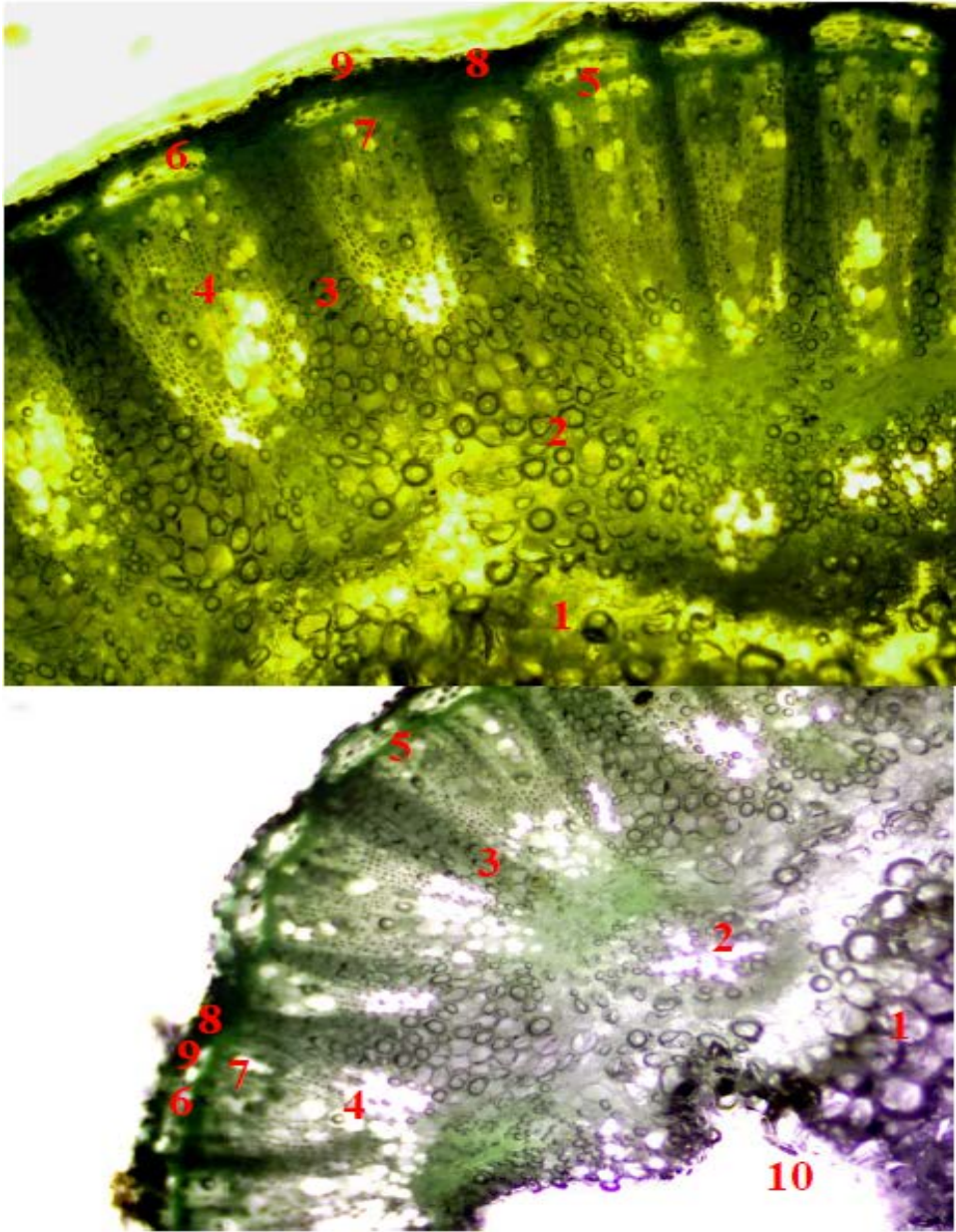
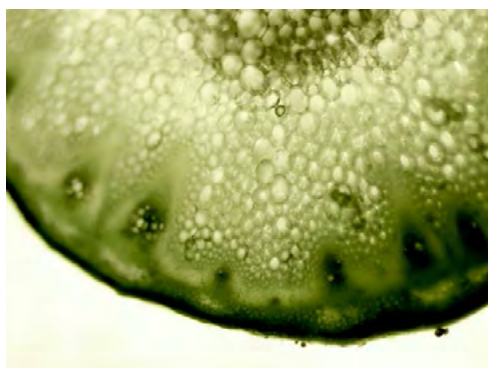
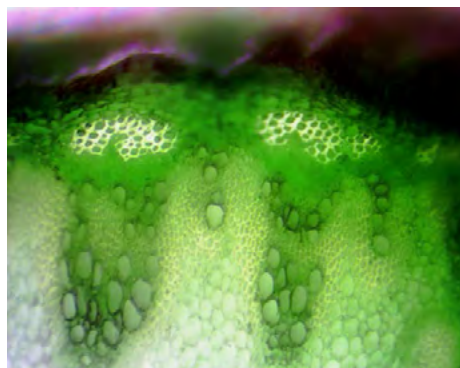


Рис. 5. Типологічна анатомічна будова стебла редьки олійної на фазу початку цвітіння (верхня позиція) та на повну фазу зеленого стручка (нижня позиція), 2018 р. (збільшення 40х) (1 – паренхіма серцевини; 2 – паренхіма серцевини з включеннями міжпучкової променевої паренхіми; 3 – міжпучкова променева паренхіма; 4 – вторинна ксилема; 5 – первинна ксилема, 6 – флоема; 7 – камбальне кільце; 8 – кутова коленхіма з хлорофіловмісною паренхімою; 9 – ендодерма з епідермісом; 10 – повітровмісна пустота (з'являється на стадіях цвітіння-плодоношення розпочинаючи від основи стебла до репродуктивних галузень)



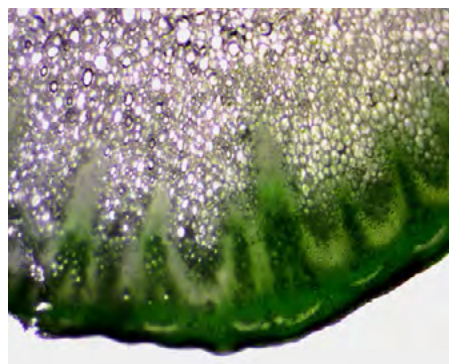
1



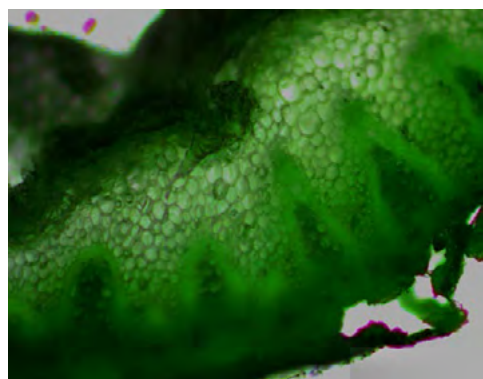
2



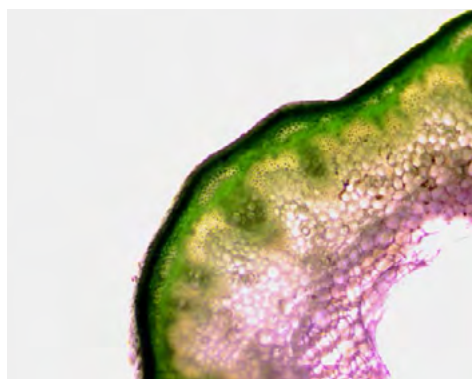
3



4



5



6

Продовження рис. 5. Морфологічні зміни анатомічної будови стебла редьки олійної, 2018 р. (збільшення 40х–100х) (1 – інтенсивне формування пучкової провідної системи; 2 – анатомічна структура відкритого колатерального провідного пучка стебла редьки олійної на фазу бутонізації; 3, 4 – формування суцільної радіальної провідної системи стебла з формування ендодермальної коленхіми та змінами тропачії паренхіми серцевини; 5, 6 – анатомічна будова стебла на фазу жовто-зеленого стручка)

ньо в центрі власне стебла. Механічна тканина має підендодермальну тропачію й представлена кутовою коленхімою в комплексі з хлоренхімою. Епідерміс стебла щільний, тонкий.

Нами встановлено, що в процесі дозрівання самого стебла й утрати його провідними тканинами основної поживно-транспортної функції, виходячи з архітекτονіки розміщення власне анатомічних елементів, воно стає досить міцним на злам (рисунок 6). Проте до цієї стадії в міжфазний період початок фази зеленого стручка жовто-зелений стручок рослини редьки олійної схильний до стеблового вилягання та поздовжнього розтріскування стебла.

Ураховуючи важливість вивчення питання саме зв'язку анатомічних особливостей стебла за різних густот стояння й удобрення, ми відібрали та зіставили анатомічну структуру стебел у розрізі варіантів, що вивчаються. У статті ми висвітliamo особливості анатомії стебел для двох кардинально протилежних кількісних норм висіву редьки олійної – 4,0 і 0,5 млн шт./га на фоні N90P90K90 кг д.р./га.

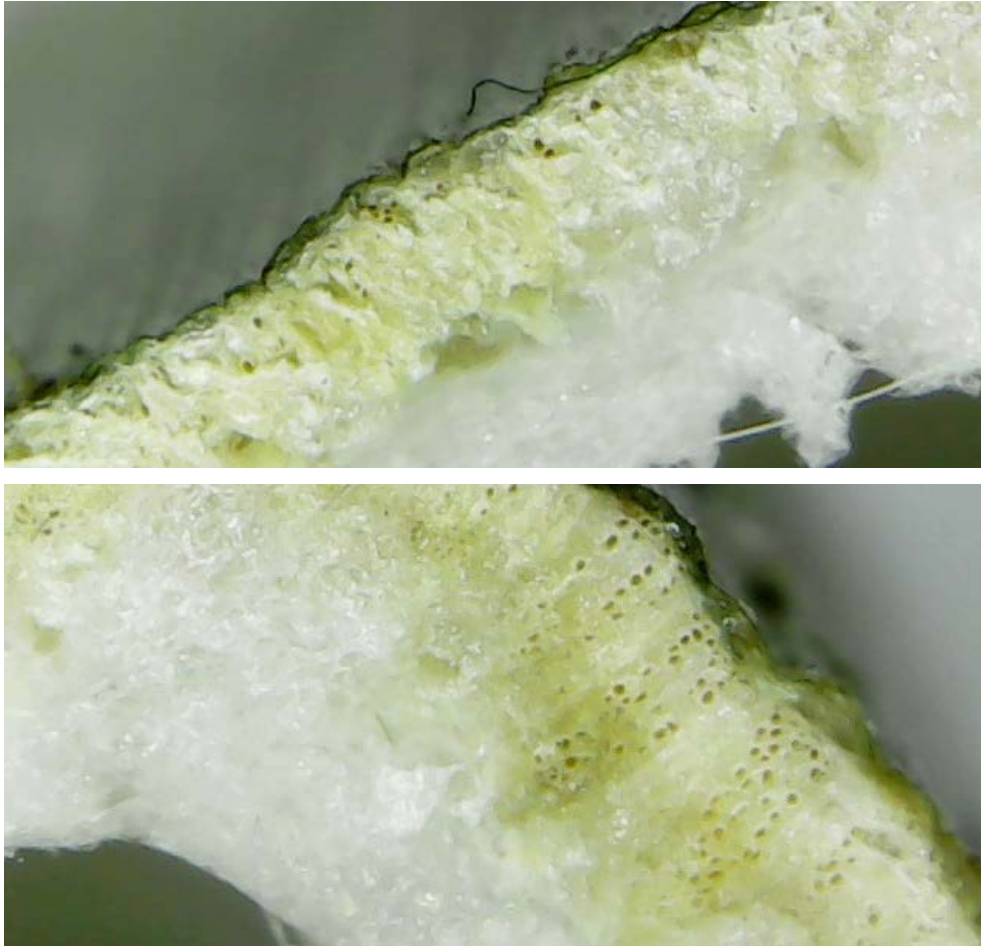


Рис. 6. Анатомічна будова поперечного зрізу стебла редьки олійної на фазу бурого стручка після повного припинення функціонування стеблової частини, 2016 р. (угорі – за густоти стояння 4,0, унизу – 0,5 млн шт./га сх. насінин) (60х)

Тривалим періодом спостережень та обліків встановлено, що збільшення норми висіву з 0,5 до 4,0 млн шт./га в рядки олійної зумовлює загальне зменшення епі- та ендодермальної стінки до камбіального кільця з 196–480 мкм до 78–166 мкм, загального діаметру стебла з 12,3–17,6 мм до 3,4–7,6 мм (рисунок 7). При цьому загальна діаметральна довжина провідної системи зменшується з 670–1150 мкм до 155–490 мкм, а товщина стінки стебла до паренхіми серцевини, аналогічно, з 980–1620 мкм до 295–690 мкм. У підсумку загальна механічна міцність на злам однотипового відрізка стебла має виражену тенденцію до істотного підвищення за зменшення густоти стояння рослин рядки олійної.

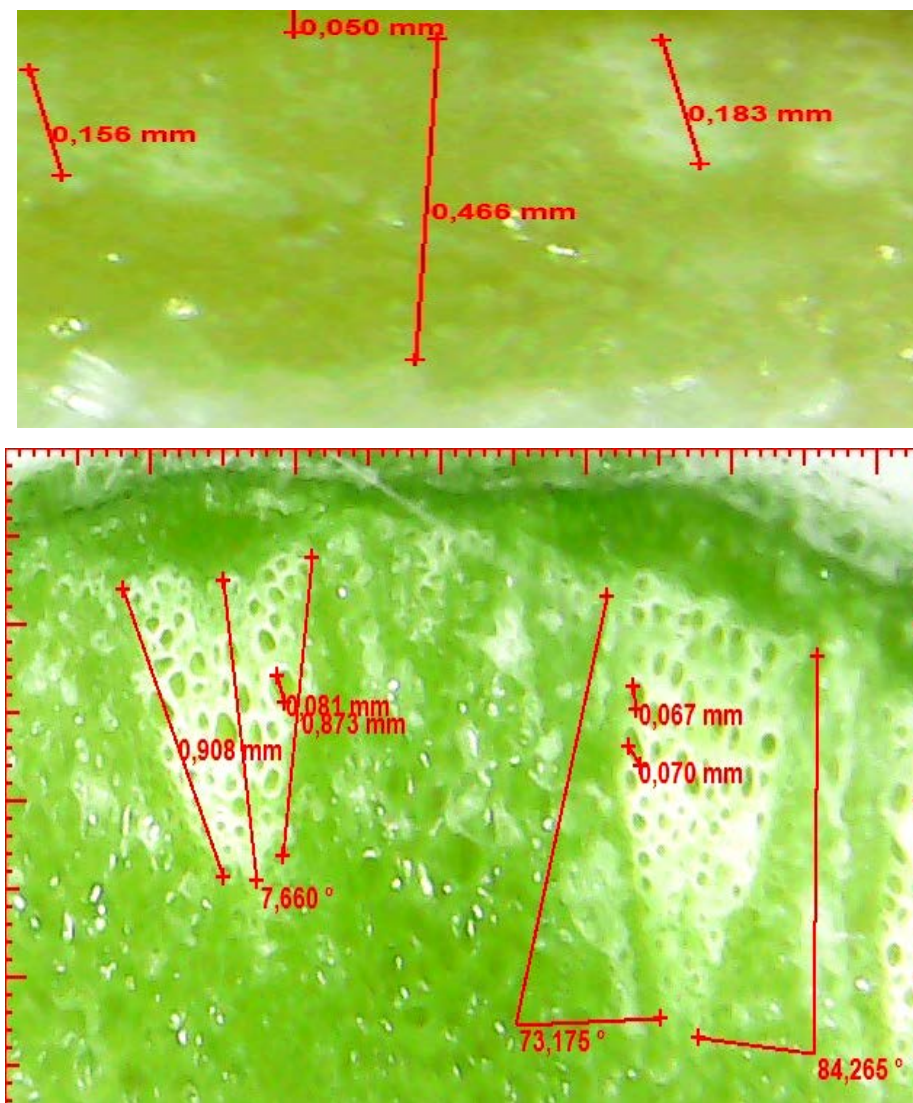
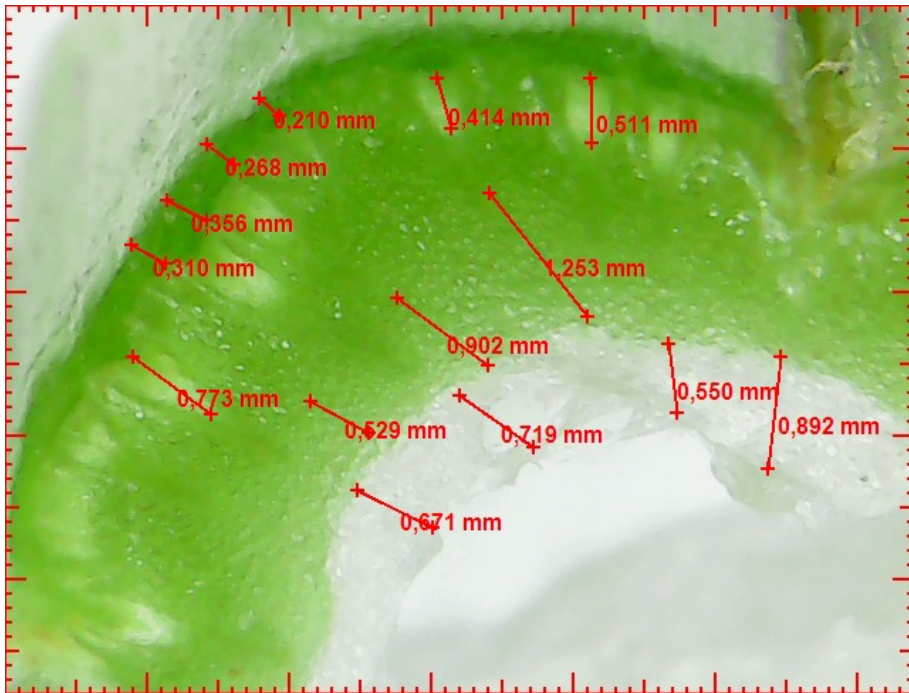
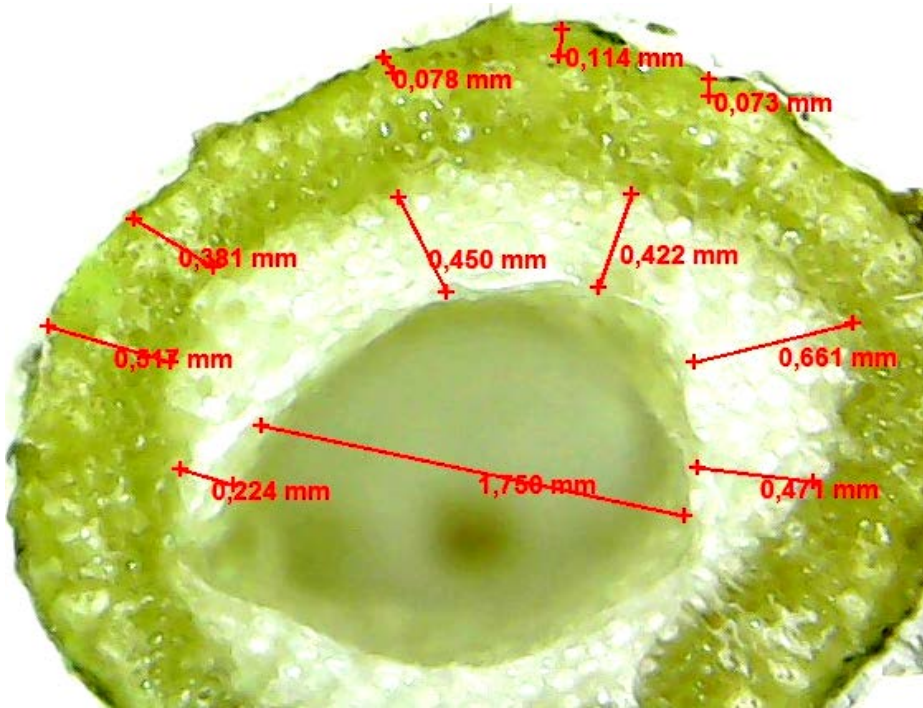


Рис. 7. Лінійні розміри анатомічних провідних елементів стебла: вгорі – за норми висіву 4,0, внизу – за 0,5 млн шт./га схожих насінин, 2017 р. (100x)



Продовження рисунка 7. Лінійні параметри співвідношення анатомічних складників поперечного перерізу стебла (верхня позиція – за норми висіву 4,0, справа – за норми 0,5 млн шт./га схожих насінин), 2017 р. (збільшення 40х)

Висновки і пропозиції. На підставі багаторічного вивчення анатомічної будови стебла редьки олійної залежно від технологічних параметрів формування її агрофітоценозів можна зробити такі висновки:

1. Анатомічна будова стебла редьки олійної за морфопараметрами основних складових частин залежить від густоти стояння рослин на одиниці площі у форматі оберненого тісного зв'язку.

2. Підбором відповідної густоти стояння рослин редьки олійної можна ефективно корегувати механічні властивості її стебла, які, у свою чергу, визначають стійкість останньої до стеблового вилягання, що визнано однією з наявних негативних властивостей сучасних генотипів культури та зумовлює значні втрати врожаю як листостеблової маси, так і насіння.

3. Перспективою подальших досліджень варто вважати встановлення оптимальної густоти стояння рослин редьки олійної в поєднанні реалізації урожайних властивостей генотипу та високої стійкості до вилягання за відповідного фону агрохімічного забезпечення технології вирощування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Цицюра Я.Г., Цицюра Т.В. Редька олійна. Стратегія використання та вирощування: монографія. Вінниця: Нілан, 2015. 623 с.

2. Голубець М., Царик Й. Стратегія популяцій рослин. Львів: Євросвіт, 2001. 160 с.

3. Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений. Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 512 с.

4. Пешкова А.А., Дорофеев Н.В. Биологические особенности и технология возделывания редьки масличной. Иркутск, 2008. 145 с.

5. Белик Н.Л. Биологические основы технологии возделывания рапса ярового и редьки масличной в Центральном Черноземье: дисс. ... докт. с.-х. наук: спец. 06.01.09. Москва, 2002. 518 с.

6. Козленко О.М. Продуктивність ярих олійних культур залежно від технології вирощування в Правобережному Лісостепу України: дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2011. 180 с.

7. Цицюра Я.Г., Цицюра Т.В. Формування діаметра стебла рослин редьки олійної залежно від технології її вирощування та удобрення в умовах Лісостепу правобережного. Таврійський науковий вісник. № 88. С. 214–218.

8. Особливості проведення досліджень з хрестоцвітими олійними культурами / за ред. В.Ф. Сайка та ін. Київ: Інститут землеробства НААН, 2011. 76 с.

9. Федоров А.Л., Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Стебель и корень. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1962. 352 с.

10. Практикум з цитології, ембріології та загальної гістології: навчальний посібник / під ред. Е.Ф. Барінова, Ю.Б. Чайковського. Київ: ЦМК ВМО МОЗ України, 1999. 137 с.

11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

12. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві / В.О. Ушкаренко, Р.А. Вожегова, С.П. Голобородько, С.В. Коковихін. Херсон: Айлант, 2013. 378 с.