



Управління рештками від обрізок плантацій фруктових дерев

ДОСЯГНЕННЯ ПОЗИТИВНОГО
КОМПРОМІСУ МІЖ ЯКІСТЮ
ГРУНТІВ ТА ПЕРЕТВОРЕННЯМ У
БІОЕНЕРГІЮ

Автори:

Cammerino A.R.B, Libutti A., Monteleone M.

Університет м.Фоджа
Кафедра сільського господарства, продовольства та
навколишнього середовища
м. Фоджа, Італія

Український адаптований переклад:
Алла Кравченко, Олена Ковтун
Український клуб аграрного бізнесу, Україна

ЗМІСТ

1	Основа коцепції: якщо екологія має значення	7
1.1	Плодово-фруктові плантації як культивована екосистема	7
1.2	Генерування ресурсів природного капіталу для сталого користування	8
1.3	Екосистеми забезпечують товари та послуги, які будуть збережені	9
1.4	Ґрунти як самостійна екосистема	11
1.5	Управління ґрунтами може вплинути на екосистемні послуги	12
2	Виникнення дилеми решток від обрізки	15
2.1	Обрізка може бути релевантним джерелом біомаси	15
2.2	Обрізка може підтримувати сервіс екосистеми	17
2.3	Управління обрізками: порівняльний аналіз можливих варіантів	19
2.4	Порівняльний аналіз управління обрізками через застосування оцінки LCA життєвого циклу (експлуатаційного ресурсу)	22
3	Вирішення дилеми решток від обрізки: межі досліджень	29
3.1	Спалювання на відкритому повітрі як неприпустима операція	29
3.2	Концептуальні фундаментальні принципи дилеми решток від обрізки	31
3.3	На шляху до вирішення: підхід перехресної відповідності	32
4	УПРАВЛІНСЬКІ КРИТЕРІЇ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ	35
4.1	Органічна речовина ґрунту є другим «двигуном» екосистеми (сонце є першим)	35
4.2	Основні рішення для збереження якості ґрунту	37
4.3	Баланс органічної речовини ґрунту	38
4.4	Ерозія та ущільнення ґрунтів	41
4.5	Покриття ґрунту	44
4.6	Мінімізований обробіток ґрунту	45
4.7	Внесення гною і компосту	46
5	МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИДАЛЕННЯ ОБРІЗОК: ОПЕРАТИВНИЙ ПІДХІД	49
5.1	Рекомендації EuroPruning для забезпечення стабільності ґрунтів	49
5.2	Запропонована методологія оцінки	50
5.3	Оцінка стану ґрунтів	51
5.4	Визначення правильної стратегії управління	54
5.5	Застосовуйте рецепти управління	55
6	Рекомендації і висновки	60
7	Словник і визначення	63

8. Список використаних джерел..... 67

Це друга монографія із серії трьох, видана uP_running. Зверніть увагу, що цей документ є короткою версією оригінальної монографії (66 сторінок, англійська версія). Повна англійська версія має назву «Управління рештками від обрізки плантацій плодкових дерев: отримання позитивного компромісу між якістю ґрунту та перетворенням у біоенергію» і доступна в закладці «Документи» меню веб-сторінки проекту at uP_running: www.up-running.eu.

Ця монографія є другою монографією проекту of uP_running. uP_running монографії Ви можете знайти англійською мовою на основному сайті проекту (www.up-running.eu), а також на всіх мовах проекту (PT, ES, FR, IT, HR, GR, UA) на національних сайтах проекту.

Три монографії проекту uP_running:

M.1	<i>Biomass from agricultural pruning and plantation removals. A feasible practice promoted by the uP_running project.</i>	Insight to the current status of use of APPR biomass, its difficulties, the possible alternatives to organize a value chain, and some practical recommendations to do it.
M.2	<i>Management of pruning residues in a fruit tree plantation. Gaining a positive trade-off between soil quality and bioenergy conversion.</i>	Scope to the dilemma: pruning residues for energy or as organic input for soils. It discusses the alternatives and proposes a methodology for evaluating the preconditions for pruning biomass to be available for energy purposes.
M.3	<i>Agricultural pruning and plantation removal biomass value chains. Lessons learnt from flagship cases.</i>	Value chains detected through uP_running, its principal characteristics and keys for success, with an insight into 10 value chains considered “flagships” of the APPR utilisation. by uP_running.

Проект uP_running “Стале використання деревної біомаси від обрізки і викорчовування багаторічних сільськогосподарських насаджень (ОВСН)” отримав фінансування від дослідницької та інноваційної програми Європейського Союзу Горизонт в рамках грантової угоди No 691748.



1. Основа концепції: якщо екологія має значення

- 1.1 **Плодово-фруктова плантація як культивована екосистема**
- 1.2 **Генерування ресурсів природного капіталу для сталого користування**
- 1.3 **Екосистеми забезпечують товари та послуги, які будуть збережені**
- 1.4 **Грунти як самостійна екосистема**
- 1.5 **Управління ґрунтами може вплинути на екосистемні послуги**



1 ОСНОВА КОЦЕПЦІЇ: ЯКЩО ЕКОЛОГІЯ МАЄ ЗНАЧЕННЯ

Дуже основним критерієм управління агроекосистемою є наступне: **«перед дотриманням законів ринку та економіки, сільськогосподарська екосистема повинна раніше задовольняти закони біології та екології»**.

Ці останні закони не можуть бути стиснуті за певні межі, за винятком того, що це ставить під загрозу стабільність самої екосистеми, яка починає деградувати і, нарешті, руйнується, якщо ці межі необоротно перевищуються.

Щоб знайти можливе та необхідне примирення між екологією та економікою, ми повинні розглядати спільне давньогрецьке слово «oikos» в корені двох термінів; воно стосується як поняття «сім'ї» (разом з великим людським суспільством), так і нашого спільного «дому», у якому ми всі люди живемо, тобто «природа».

Це, як пташине око, є загальною темою даної монографії, зокрема, розглядаються питання, що пов'язані з управлінням та кінцевим використанням залишків біомаси, отриманих від операцій обрізки плодкових дерев.

1.1 Плодово-фруктові плантації як культивована екосистема

Відповідно до екологічного бачення, плантація плодкових дерев повинна розглядатися як особлива форма неприродної, сільськогосподарської екосистеми (або екосистеми, що управляється людиною). Як і кожна екосистема, вона складається з живої складової (як культивованих, так і диких видів, в даному випадку), взаємопов'язаних у складному наборі умов навколишнього середовища, пов'язаних з ґрунтом і нижньою атмосферою. Ця система виконує функцію єдиної сутності як структурно, так і функціонально. Вона є «мозаїчною плиткою», вкладеною в більш широку метаекологічну систему, що утворює ландшафт (рис. 1.1).

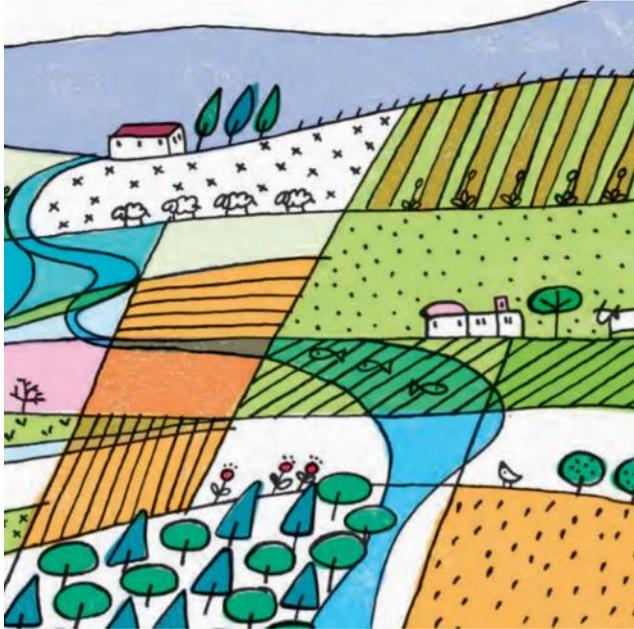


Рисунок 1.1

Сільськогосподарські угіддя можна розглядати як екологічну мозаїку, виготовлену з декількох «плиток», розміщених поруч відповідно до різних видів землеробства. У результаті метаекосистема є екологічним ландшафтом.

На малюнку - обкладинка публікації ФАО 2017.

На відміну від природної екосистеми, людина (тобто фермер) управляє агроекологічним функціонуванням системи землеробства з основною сферою виведення продуктивного результату (врожай). Таким чином, «агроекосистема» (наприклад, сад) є багатогранною і розшарованою комбінацією як природоохоронних, так і керованих людиною процесів, які іноді отримуються після довгого часу спільної еволюції, формуючи сільську місцевість. Її ступінь «природності» багато в чому залежить від того, наскільки екосистема спеціалізована і спрощена через втручання людини. *Спеціалізація* різко знижує біорізноманіття для того, щоб отримати лише певну кількість культурних видів, а *спрощення* спрямоване на обмежений біологічний склад екосистеми з метою збереження метаболічної енергії та присвячення цього надлишку врожаю. Рівень агротехнічних ресурсів є загальним показником ступеня суброгації, пристосованим до системи: чим вище цей рівень, тим нижча здатність екосистеми функціонувати незалежно від саморегулюючих процесів (Monteleone, 2015c).

1.2 Генерування ресурсів природного капіталу для сталого користування

Природні відновлювані ресурси (такі як родючість ґрунтів, хороша якість води, біорізноманіття тощо) показують дві протилежні властивості, що породжує ризик конфліктних відносин між "використанням ресурсів" на відміну від "збереження ресурсів". Насправді, з одного боку, ресурси повинні використовуватися продуктивно, і з цією метою вони постійно споживаються, що сприяє економічному розвитку як фермерів, так і суспільства. З іншого боку, ресурс є результатом природного процесу регенерації, і швидкість його використання повинна відповідати швидкості оновлення. Поняття «стійкості», по суті, базується саме на цьому доцільному балансі. Природні ресурси

виникають як потік корисності, що генерується постійно природним капіталом (призначений як «фонд», а не як «запас», *sensu* Georgescu-Roegen), збереження якого є необхідною умовою для того, щоб цей потік залишався постійним з часом .

1.3 Екосистеми забезпечують товари та послуги, які будуть збережені

Екосистемні послуги розглядаються як «переваги, які люди отримують від екосистем» (Costanza et al. 1997, 2017; Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Іншими словами, ми повинні думати про «процеси, через які екосистеми і види, що їх створюють, підтримують і наповнюють людське життя» (Daily, 1997). Екосистемні послуги перетворюють природні активи (ґрунт, рослини і тварини, повітря і воду) на вигоди. Ці вигоди включають як тих, людей, хто сприймає, так і тих, кого вони не сприймають. Таким чином, традиційний економічний підхід до «вигод» (тих людей, хто «готовий платити») є надто вузьким у цьому відношенні (Costanza, 2015). Ці послуги самі по собі не є кінцевою метою, а лише засобом досягнення сталого людського добробуту.

Екосистема, що надає послуги, називається *природним капіталом*, тобто "фондом", який дає потік послуг з плином часу (Costanza and Daily, 1992). Для того, щоб ці вигоди були виконані, природний капітал (який не вимагає людської діяльності для побудови або підтримки) повинен поєднуватися з іншими формами капіталу, які вимагають людського сприяння, такого як виробничий і технологічний капітал, а також соціальний і культурний капітал (Costanza, 2015). Таким чином, агроекосистема є результатом глибокої перестановки (попередньої) природної екосистеми, перетвореної для задоволення конкретних потреб людини, відповідно до конкретних культурних рис або ставлення і орієнтованих на здійснення точних управлінських операцій.

На додаток до виробництва товарів («надання послуг»), екосистемні послуги включають «підтримку» та «регулювання» таких функцій, як очищення та пуріфікація, утилізація та відновлення, захист та контроль, а також надання нематеріальної та «культурної» нематеріальної естетики. вигоди (Baveye, 2016).

Відповідно до каскадно-подібного процесу (Haines-Young і Potshin, 2009) або «ефекту доміно», можна також сказати, структура і властивості системи землеробства (тобто комплексна інтеграція фізичних, хімічних і біологічних компонент, що формують екосистему), генерують кілька функцій. Ці функції, у свою чергу, можуть виробляти декілька послуг, таким чином пропонуючи деякі вигоди, як грошові, так і не, нарешті, сприяючи поліпшенню якості життя і добробуту людини.

При дослідженні плантації плодкових дерев (або саду), схематично, ми можемо думати про великий набір екосистемних послуг, які будуть запропоновані. Виробництво фруктів

(насамперед), разом з іншими послугами, такими як пом'якшення зміни клімату (за рахунок скорочення викидів парникових газів, споживання викопних видів палива та збільшення поглинання вуглецю), відновлення та утилізація поживних речовин, поліпшення ефективності використання води та регулювання водних ресурсів, боротьби з ерозією), регулювання шкідливих організмів та хвороб шляхом біологічного контролю, життєзабезпечення через запилення тощо. Багато інших послуг можуть бути сприйняті при проведенні детальної інвентаризації на основі екосистем. Однак непросто продовжувати їх кількісну оцінку (якщо це можливо навіть для деяких з цих послуг).

Враховуючи вищевикладене, другим дуже важливим критерієм управління агроекосистемою є наступне: **«культивація плантації плодкових дерев повинно підтримувати відповідну продукцію, зберігаючи природні ресурси і забезпечуючи стабільні екосистемні послуги»** (Demestihias et al., 2017; Montanaro et al., 2017).

Ця фундаментальна мета дуже чітка у своєму визначенні, але, з іншого боку, може бути дуже важко досягти на практиці ідеальний компроміс між двома цілями. Плантації плодкових дерев і особливо садів, в будь-якому випадку, демонструють високий потенціал у наданні різноманітних послуг, особливо враховуючи деякі відповідні риси. Багаторічний характер дерев, багат шарова структура рослинного полог, багате біорізноманіття, потенційно встановлене вздовж алей або на межах поля (з огорожами та буферними смугами), потенційна кількість секвестру вуглецю (Demestihias et al., 2017).

Управління різноманітними екосистемними послугами, здається, є великим викликом (Zhang et al., 2012), воно вимагає хороших знань про основні екологічні функції і, у свою чергу, про наслідки сільськогосподарського управління для цих функцій. Це, безумовно, справедливо і з урахуванням особливостей ведення садівництва або спеціалізованої плантації фруктових дерев (Demestihias et al., 2017). Однак слід зазначити, що сільськогосподарські практики можуть позитивно впливати на екосистемні послуги, але вони також можуть мати негативний вплив. Таким чином, цей негативний вплив можна визначити як «погану послугу» (Zhang et al., 2012). Можливі, але часто спостерігаються конфлікти між «супроводжуваними» і «регулюваними» або «підтримуваними» послугами, що можуть бути пом'якшені або компенсовані успішним веденням сільськогосподарського виробництва (тобто управлінням сільськогосподарського виробництва), коли застосовуються критерії сталого вирощування та розвитку. Нижче ми зупинимося на обговоренні цього питання.

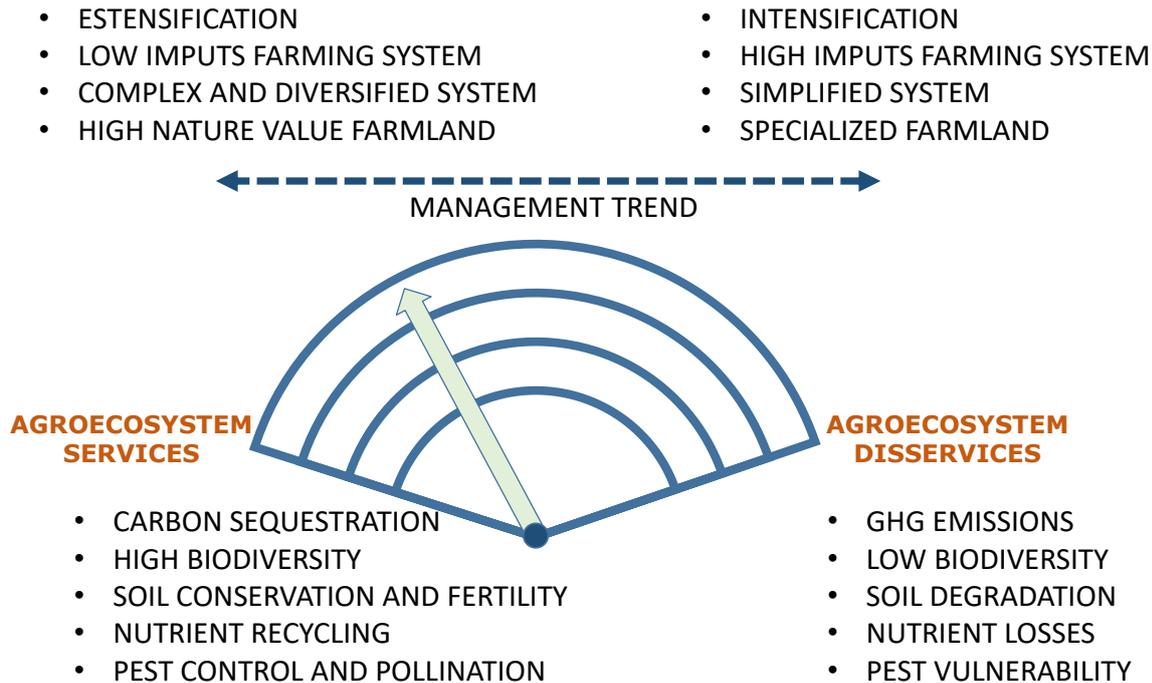


Рисунок 1.2 Агроєкосистема може надавати послуги відповідно до рівня інтенсифікації культури, що вирощується фермером, і послідовним набором управлінських операцій .

1.4 Ґрунти як самостійна екосистема

Культурований (оброблений) ґрунт - це не просто фізичний і хімічний субстрат, оскільки повністю залучений до складних біологічних процесів, так званих біогеохімічних циклів, що значною мірою впливають на весь комплекс функціонування ґрунту. Ґрунт є «живою системою» і повинен розглядатися як екосистема сама по собі, хоча вона інтегрована у більшу екологічну структуру, представлену сільськогосподарською системою в сільській місцевості.

Висока якість ґрунту означає повну здатність виконувати всі функції, які можуть бути віднесені до нього, в межах певних екосистемних і землекористувальних обмежень. Якість ґрунту передбачає підтримання біологічної продуктивності та хороших умов навколишнього середовища, а також сприяння здоров'ю рослин і тварин (Doran and Parkin, 1994; Doran, 1994). Як наслідок, кінцевою метою є підтримка добробуту людини. Охорона ґрунтів, у свою чергу, стосується його функціональної цілісності та результатів гомеостатичних коригувань, які динамічно контролюють стан та умови ґрунту. *Здоров'я ґрунту* - це здатність утримувати ґрунт стабільним у функціонуванні навіть за наявності порушень (*резистентності*) і повернення до колишніх умов незабаром після того, як відбулися порушення (*здатність до*

відновлення). Деякі основні функції ґрунту можна підсумувати наступним чином (Dominati et al., 2014; Dominati 2013;):

- підтримання біологічної активності, різноманітності та продуктивності;
- регулювання та розділення потоків води та розчинених речовин;
- фільтрування та буферизація, деградація, іммобілізація, детоксикація органічних та неорганічних матеріалів (включаючи промислові та муніципальні побічні продукти) та атмосферні осадження;
- збереження та кругообіг поживних речовин та інших елементів.

1.5 Управління ґрунтами може вплинути на екосистемні послуги

Обслуговування екосистем ґрунту залежать від властивостей ґрунтів та їх взаємних взаємодій. У свою чергу, вони можуть сильно впливати на використання та управління сільськогосподарськими ґрунтами (Akhikari та Hartemink, 2016). Обслуговування ґрунтової екосистеми пов'язане з властивостями ґрунту за допомогою ґрунтових процесів і функцій, які в кінцевому підсумку пов'язані з добробутом людини (це вже згаданий «каскадний» ефект). *Управління ґрунтами* є невід'ємною частиною загальної сільськогосподарської практики та сільськогосподарських робіт. Вплив різних підходів при управлінні ґрунтами може мати величезний вплив на властивості ґрунту і, отже, на регулювання функцій ґрунту і на послуги, які можуть бути запропоновані системою, що перебуває в обробці (Seifu і Elias E., 2018; Vünemann et al., 2018; Ferrarini et al., 2018).

Деякі можливості менеджменту зараз доступні для фермерів для того, щоб задовольнити широкий спектр послуг, які мають бути запропоновані суспільству. Щоб дати лише коротку уяву про різні операції з управління ґрунтами, на яких фермери повинні зробити вибір і обмежити наше обговорення лише плантаціями плодкових дерев, можна виділити наступні варіанти: традиційна обробка ґрунту чи міні-обробіток ґрунту чи no-till - обробіток; перебування ґрунту під паром або повний обробіток; мінералізація проти органічного оброботку тощо. Серед цих варіантів, ще одним актуальним вибором фермера є **прийняття рішення про викорчовування та видалення або, навпаки, збереження залишків бід обрізок дерев на ґрунті**. Це рішення є фундаментальним управлінським критерієм управління, який необхідно ретельно дослідити, і на ньому буде зосереджена наступна частина цього документа.

Властивості ґрунту (наприклад, пористість ґрунту, щільність, стабільність структури, ерозія, вміст органічного вуглецю, бактерії, інтенсивність ґрунтового дихання і т.д.) можуть по-різному впливати на агрономічні технології, що застосовуються фермерами. Таким чином, деякі функції ґрунту (наприклад, забезпечення поживними речовинами, зберігання вологи, стабільність ґрунту, біорізноманіття тощо) можуть бути змінені, навмисно чи ні, сприятливо

чи ні, забезпечуючи «добробут» або «шкоду», відповідно до отриманого кінцевого результату.

2. Виникнення дилеми решток від обрізки

- 2.1 Обрізка може бути релевантним джерелом біомаси
- 2.2 Обрізка може підтримувати екосистемні послуги
- 2.3 Управління обрізками: порівняльний аналіз варіантів
- 2.4 Порівняльний аналіз управління обрізками через застосування оцінки LCA життєвого циклу (експлуатаційного ресурсу)



2 Виникнення дилеми решток від обрізки

Рештки від обрізок плодових дерев після видалення з поля можуть бути спрямовані на процеси перетворення в біоенергії з метою отримання форм відновлюваної енергії (можливо, разом з доходом фермерів, що отримується з виробництва фруктів). Ця опція вийшла на перше місце відтоді як ключовою міжнародною метою стало заміна використання викопних видів палива на відновлювані види палива насамперед відповідно до Кіотського протоколу (з 2005 по 2020 рік) та Паризької угоди (з 2020 по 2030 і 2050).

Також може застосовуватися інша операція управління. Обрізка (за умови попереднього подрібнення) може бути залишена на поверхні ґрунту для утворення покривного шару ("мульчування") або, альтернативно, може бути включена у верхній шар ґрунту (як свого роду "гною"). В обох випадках ці операції забезпечують «підтримуючу» службу в регулюванні функціонування агроєкосистеми.

Таким чином, відповідно до технічного вибору фермера, можливі два варіанти: отримати додаткову послугу для надання послуг або, альтернативно, запропонувати інший вид послуг, цього разу підтримуючий сервіс. Ці варіанти є взаємовиключними. Отже, **виникає дилема разом з необхідністю прийняття компромісного рішення.**

2.1 Обрізка може бути релевантним джерелом біомаси

Перехід на низький рівень викидів вуглецю, стійкий розвиток клімату є необхідною метою ефективного управління ризиками, пов'язаними зі зміною клімату. Зміни клімату становлять серйозну загрозу для майбутнього сталого розвитку, якщо повністю не узгоджуються антропогенні ефекти, що впливають на викиди парникових газів. Паризька угода щодо скорочення викидів парникових газів (COP 21) є дуже вимогливою та потребує якнайшвидшого впровадження, ретельно спланована і постійно контролюється. Відновлювана енергія відіграє фундаментальну роль у переході до більш конкурентоспроможної, безпечної та стабільної енергетичної системи. Цей перехід неможливий без істотного збільшення частки відновлюваної енергії. Біоенергетика є найважливішим джерелом відновлюваної енергії в ЄС. На її долю припадає 64% всього виробництва відновлюваної енергії у 2016 році.

Більше двох третин (70%) біомаси, що споживається в Європі, складається з твердої біомаси, яка в основному є лісовими відходами, а також агро-залишками, такими як біомаса ОВСН. Необхідно досягти 80% або навіть 95% зниження до 2050 року та швидшого скорочення викидів парникових газів. Цілі ЄС щодо скорочення викидів парникових газів, енергоефективності та енергії з відновлюваних джерел повинні суворо дотримуватися. Поточні цілі можуть бути ще недостатніми для різкого скорочення викидів парникових газів і необхідно докласти найбільших зусиль для подальшого посилення досягнення цих цілей.

Необхідно розгорнути довгострокову стратегію, якомога швидше і поступово перевірити, щоб гарантувати, що цільовий показник 1,5 ° C, встановлений Паризькою угодою, можна безпечно досягти. Необхідно чітко визначити чисті нульові викиди до 2050 року та своєчасний та загальний перегляд усіх цілей до 2030 року. Якщо амбітні цілі відновлюваної енергетики фіксуються в короткостроковій перспективі, біомаса та біоенергія обов'язково повинні зіграти вирішальну роль (uP_running DLV 2.3).

Вражаючи, несподівана і в значній мірі розподілена кількість відновлюваних джерел енергії потенційно доступна з біомаси ОВСН в Європі. Біомаса від ведення сільськогосподарського виробництва (агро-залишки), в цілому, але ОВССН, зокрема, є відповідним джерелом відновлюваної енергії, хоча все ще не використовуються або в значній мірі недостатньо використовуються. Деякі значні поканики є важливими (uP_running DLV 2.3): площі вирощування плодкових дерев в ЄС складають 11,33 МГа, що відповідає теоретичному потенціалу доступності обрізки приблизно дорівнює 25 Мт /рік (сухої речовини), якщо не розглядається інших можливих альтернативних застосувань. Ця кількість відповідає 8,9 Мт/рік потенційного валового вмісту енергії, що (з урахуванням всієї доступної біомаси) може бути перетворено в потенційну генерацію енергії на 23,9 ТВт /рік. Альтернативно і все ще враховуючи всю доступну біомасу, можна отримати потенційну теплову генерацію 57,9ТВт /рік (uP_running DLV 2.3).

Як можна бачити, **відновлювані джерела енергії, отримані за рахунок мобілізації біомаси ОВСН в ЄС, є потенційно значними, але їх необхідно використовувати на постійній основі.** Перше використання енергії для ОВСН буде виробництвом теплової енергії на місцевому рівні (сушильні установки, опалення для домашніх господарств, агропродовольча переробка на фермерському або кооперативному рівні тощо). Іншим варіантом є стандартизоване виробництво палива (наприклад, тріска та пелети), що поставляються на місцеві ринки. Другим використанням енергії може стати постачання систем когенерації (комбінованого виробництва тепла та електроенергії). В останньому випадку логістика постачання відіграватиме вирішальну роль, і тільки добре організований агробізнес може бути ефективним і конкурентоспроможним.

Принаймні теоретично, **біомаса від обрізки, будучи залишковим матеріалом, не створює додаткового попиту на землю і може забезпечити значні скорочення викидів парникових газів порівняно з викопним паливом, не створюючи ризику негативного впливу на навколишнє середовище та біорізноманіття.**

Відповідно до RED (2009 та 2018), прямі впливи (тобто відсутність викидів парникових газів або споживання енергії) не повинні бути віднесені до аграрної фази ланцюга вартості біоенергії, якщо залишки врожаю (наприклад, обрізка) видаляються з сільськогосподарських земель з метою перетворення в енергію. Очевидно, що це припущення є дуже грубим спрощенням і не враховує можливі прямі та непрямі ефекти через видалення залишків, а

також деякі недоліки, які можуть бути пов'язані з систематичним вилученням залишків рослин.

2.2 Обрізка може підтримувати сервіс екосистеми

Обрізка залишків є потенційним джерелом органічної речовини ґрунту (ОРГ). Загалом, коли частка рослин, яка не призначена для економічного використання (залишок або побічний продукт), повертається в ґрунт, це вважається хорошою агрономічною практикою. Залишки сільськогосподарських культур, що залишаються на полях, відіграють важливу роль у підтримці сільськогосподарської діяльності, і їх внесок у сфері агроекологічних послуг повинен бути належним чином врахований. Значні джерела визначають кілька позитивних ефектів, як рослинні залишки можуть впливати на фізичні, хімічні та біологічні характеристики сільськогосподарських ґрунтів: підтримувати органічну речовину, дозволяти секвестрування вуглецю, сприяти переробці поживних речовин, покращувати агрегацію та структурування ґрунту, підвищувати контроль ерозії, підвищувати інфільтрацію води, утримання та дренажування та ін. (Sofo et al., 2005; Rodriguez-Lizana et al., 2008; Lal, 1997; Nieto et al., 2010; Garofalo et al., 2014; Monteleone et al., 2015 ab)

Найбільш сильний результат, коли залишки обрізки залишаються на ґрунті або злегка поховані в ньому, полягає в тому, що органічний вуглець ґрунту поступово збільшується за своїм вмістом порівняно з повним видаленням залишків. Кількість органічного вуглецю прямо залежить не тільки від кількості залишків, залишених на ґрунті та його складу, але і від конститутивних ознак ґрунту (текстури та структури), а також від кліматичних умов, що впливають на ґрунт та його біологічні процеси. Загалом, при стаціонарних умовах встановлюється довгостроковий баланс між гуміфікацією та мінералізацією; тому в ґрунті досягається стабільний максимальний рівень органічного вуглецю залежно від комплексного впливу цих умов.

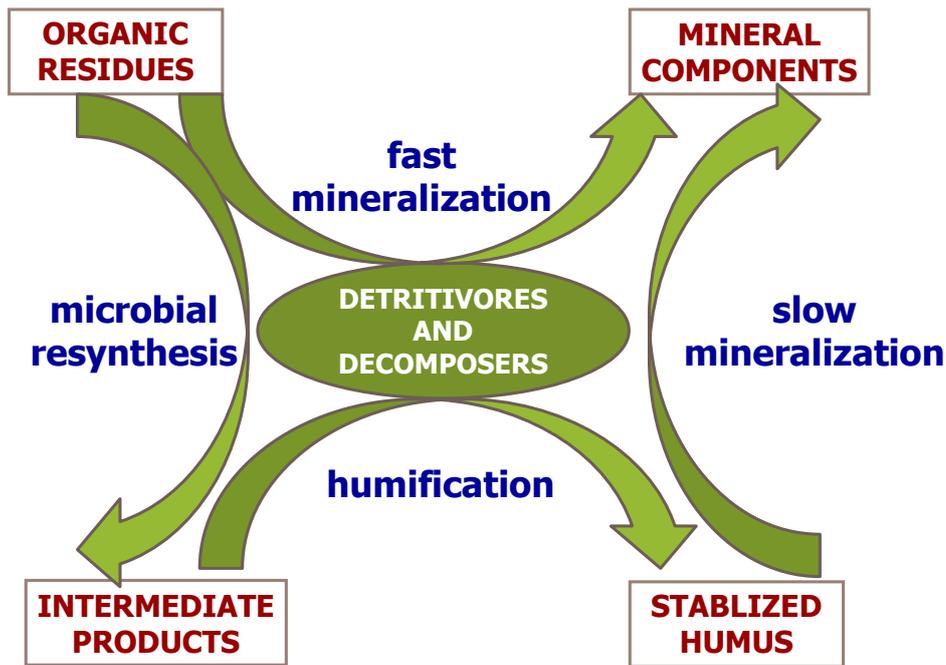


Рисунок 2.1 Динаміка перетворень органічної речовини ґрунту. Різні ґрунтові вуглецеві пули (або запаси) ідентифікуються разом з взаємопов'язаними потоками вуглецю.

Можливість збільшення вмісту органічного вуглецю в ґрунті шляхом безпосереднього використання обрізків є важливим фактором, що сприяє *регулюванню клімату*, одній з основних послуг, яке може запропонувати садівництво. Ґрунти, дійсно, можуть потенційно служити великим і вражаючим резервуаром для атмосферного CO₂, виконуючи активне (хоча і не постійну) поглинання вуглецю, принаймні частково компенсуючи викиди CO₂ від антропогенного джерела (Lal, 2004, 2008, 2016; Lal і Bruce). JP 1999).

Система управління ґрунтами, яка відмовляється від звичайного обробітку ґрунту і починає зберігати обрізку на поверхні ґрунту, вважається одним з найбільш ефективних способів підвищення якості ґрунту та зменшення викидів CO₂-еквівалента в середземноморській зоні (Nieto et al., 2010; Lal, 1997).

Беручи до уваги високий потенціал глобального потепління, великий інтерес слід віднести також до винесення N₂O з ґрунту, що сталося завдяки впливу залишків, що залишались на ґрунті (Monteleone et al., 2015 a, b; Roelandt et al., 2005; Rees RM et al., 2013). Наявність обрізків в ґрунті може збільшити іммобілізацію застосовуваного N добрива (Baggs et al., 2000) і, таким чином, зменшити реакції денітрифікації та викиди N₂O. Однозначно про це також було зазначено (Liu et al., 2011), що внесення залишків може збільшити викиди N₂O. Було відмічено, що видалення обрізки сприяє зменшенню викидів N₂O, і це може бути інтерпретовано з урахуванням того, що повернення залишків у ґрунт збільшує потенціали денітрифікації ґрунту та його здатність виробляти N₂O (Shan and Yan, 2013).

Залишки від обрізок, що залишилися на полі, може бути корисною для багатьох властивостей ґрунту. Обрізка є джерелом енергії і поживних речовин для всіх бактеріальних і грибових мікроорганізмів і ґрунтової фауни. Ці організми спільно сприяють мінералізації органічної речовини. Мінералізація проводиться біологічно паралельно з процесом гуміфікації. З одного боку, гумікований ґрунтовий вуглець стабілізується і ефективно покращує агрегацію ґрунту і всі наступні властивості, пов'язані з аерацією ґрунту, водоутримуючою здатністю, проникністю, водопровідністю і дренажем. З іншого боку, мінералізація активно сприяє вивільненню поживних речовин, тим самим сприяючи поглинанню поживних речовин фруктовими деревами, а також їхньому подальшому росту і врожаю.

Незважаючи на ці загальні позитивні ролі у створенні ОРГ, можна також визначити деякі недоліки, коли обрізка залишається на полях, і для розробки ефективної стратегії управління залишками необхідно подолати декілька конкретних ризиків.

Велике занепокоєння викликають потенційні шкідники або хвороботворні організми, які можуть залишитися і передаватися на плантацію дерев. Ця операція може бути еквівалентна розповсюдженню патогенних мікроорганізмів по всій плодовій плантації і повинна бути абсолютно неприпустимою. Тому з великою обережністю слід застосовувати цей підхід та перевіряти санітарні умови рештків і належному запобіганню або контролю патогенів на плантації дерев, застосовуючи правильні методи.

Крім того, враховуючи дерев'яну природу обрізок, інший відповідний фактор, що впливає на використання залишків як джерела SOM, пов'язаний з їх досить високим співвідношенням вуглець-азот ($C/N > 40$). Коли ці залишки подрібнюють і засипають у ґрунт, зазвичай відбувається іммобілізація мінерального азоту (так званий «азотний блок» на культурі). Насправді, мікроорганізми, відповідальні за деградацію цієї органічної речовини, потребують більш низького відношення C/N , приблизно близького до 10. Враховуючи низьку доступність азоту з деревних залишків (лігно-целюлозний матеріал), мікроорганізми відводять легкодоступний мінеральний азот з ґрунтового запасу, що впливає на подальший ріст дерев. Тому особливо корисно забезпечити додаткове постачання азоту при плануванні запліднення плантації плодкових дерев; як правило, необхідно застосовувати приблизно 1 кг азоту на кожні 100 кг обрізок. Таке додаткове підживлення дозволить уникнути видалення азоту ґрунтовими мікроорганізмами, але, з іншого боку, це спричиняє додатковий викид CO_2 -еквіваленту, який слід враховувати в загальному балансі викидів.

2.3 Управління обрізками: порівняльний аналіз можливих варіантів

Враховуючи попередні два розділи (відповідно розділ 2.1 і 2.2), обрізка може запропонувати альтернативні послуги "супроводу" або "регулювання". Коли обрізка вивозиться (тобто

експортується) з плантації плодкових дерев і спрямована на процес перетворення у відновлювану енергію, вона пропонує додатковий сервіс, крім плодоносної продуктивності. І навпаки, коли обрізка залишається на полі, що сприяє SOM, вона пропонує комплексне регулювання, яке поділяється на численні позитивні ефекти на якість ґрунту. Декілька «допоміжних» послуг також надаються, якщо обрізка зберігається всередині плодової плантації і використовується як внутрішній ресурс, спрямований на поліпшення або стабілізацію функціонування екосистеми та її здатність надавати корисні прямі та непрямі екологічні послуги.

Таким чином, встановлюється потенційний компроміс між двома різними екосистемними послугами. Це є нетривіальною дилемою і дуже важливим питанням, яке заслуговує на велику увагу і детальний аналіз. Примирення або поєднання цих двох контраверсійних операцій з управління обрізок є головною метою цієї монографії.

Розглядаючи два контр-варіанти управління використання обрізок, корисною послугою може бути запропоновано виробництво відновлюваної енергії (*"обрізка в енергію"*), спрямованої поза екосистемою, з якої обрізається. І навпаки, регулюючий сервіс є тоді, коли обрізка не видаляється, а залишається на ґрунті (*"обрізка у ґрунт"*), зберігаючи якість ґрунту і підтримуючи сервіс екосистемних послуг. Це класична «подвійна» проблема; який мій вибір, я роблю помилку або жертвую одним варіантом перед іншим. Як можна знайти розумний компроміс до цієї дилеми?

З одного боку, з урахуванням опції «обрізки в енергію» в регіоні створюються нові ланцюги енергетичної вартості, викопні види палива витісняються відновлюваними джерелами енергії, а концентрація вуглекислого газу поступово зменшується в атмосфері. У зв'язку з цим, відновлювані джерела енергії є кінцевою метою, що надається системою, в той час як уникнення або збереження викидів парникових газів є запропованою екологічною послугою, чий внесок є показником отриманої вигоди.

З іншого боку, враховуючи варіант *"обрізки у ґрунт"*, здійснюється управління збереженням ґрунтів, і тому надаються цілі низки екологічних послуг. Зокрема, атмосферний вуглець (CO₂) поглинається в ґрунт у вигляді органічної речовини, сприяє родючості ґрунту, і в довгостроковій перспективі повинна бути підвищена продуктивність сільського господарства.

Кожне біоенергетичне рішення повинно оцінюватися шляхом оцінки як запасів, так і потоків циклу вуглецю (De Cocco і Schlesinger, 2018). Варіанти управління вуглецем, такі як збільшення швидкості поглинання вуглецю та вмісту SOM, слід застосовувати ще до розгляду використання біомаси для виробництва енергії. У будь-якому випадку, оцінку викидів, пов'язану з виробничим циклом, слід ретельно виконувати, щоб оцінити переваги атмосферного повітря з точки зору економії викидів парникових газів.

Компенсаційні заходи «обрізки в енергію» щодо зміни клімату, базується на концепції, що біогенні потоки вуглецю (отримані з біомаси) протидіють антропогенним потокам викопного вуглецю. Таким чином, лінійний потік викопного вуглецю (що надходить із земної кори і спрямований в атмосферу) повинен бути замінений вуглецевим біогенним круговим потоком (від атмосфери до біомаси і навпаки). Ефективна пом'якшувальна стратегія насправді досягається (що призводить до зменшення концентрації атмосферного CO₂) за умови реального переміщення викопного палива (тобто використання викопного палива дійсно замінюється). Більше того, умова «нейтральності» вуглецю (тільки теоретично передбачається) повинна бути виконана або принаймні наближена до максимально наближеного рівня. Це останнє є дуже важливою умовою, і це означає, що немінучі викиди парникових газів, пов'язані з цілим процесом перетворення біомаси та біоенергії, є значно нижчими порівняно з тим, що стосуються викопного палива, яке вони замінюють. Коротше кажучи, повинні бути виконані дві умови: реальна заміна викопних запасів палива та значні заощадження викидів парникових газів.

Компенсаційні заходи «обрізки у ґрунт» щодо зміни клімату повністю спирається на концепцію поглинання вуглецю, тобто зростаючу швидкість, з якою CO₂ видаляється з атмосфери через здатність поглинання вуглецю в ґрунті через біомасу, що залишається на полі. Це є «негативним для вуглецю» підходом до пом'якшення наслідків зміни клімату.

При розгляді двох протилежних, хоча і додаткових компенсаційних заходів та стратегій («обрізки у ґрунт», «обрізки в енергію») існують також два значних обмеження, які необхідно враховувати. Ці обмеження поступово обмежують ефективність заходів щодо пом'якшення наслідків, оскільки вони досягають гарного рівня реалізації. Спробуємо роз'яснити ці досить складні поняття.

А) Перше обмеження полягає в наступному: ефективність витіснення викопних копалин зменшуватиметься з часом, оскільки середня інтенсивність вуглецю виробленої енергетичної суміші (виготовленої як з викопних, так і з відновлюваних джерел енергії) зменшиться завдяки самої заміні. Фактично, коефіцієнт викидів, пов'язаний з використанням енергії, з часом поступово зменшувався, і це продовжить цю тенденцію завдяки збільшенню частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі.

В) Друге обмеження полягає в наступному: ефективність секвестрації вуглецю з ґрунту з часом буде зменшена, оскільки вміст SOC наближається до межі насичення залежно від ґрунтових і кліматичних умов, а також операцій на ґрунті. Коли ці умови насичення вуглецю в ґрунті задовольняються, може виконуватися лише обслуговування забезпечення вуглецю, але подальшого поглинання вуглецю не буде. Більш того, чим ближче ґрунт до насичення вуглецем, тим менша щорічна кількість секвестованого атмосферного CO₂.

Отже, має бути очевидним, що оцінка компромісу між «обрізки в енергію» в порівнянні з «обрізками у ґрунт» не є легким завданням, оскільки вона також залежить від історичної

тенденції проникнення ринку відновлюваних джерел енергії та їх технологічної зрілості. а також у тенденції еволюції ґрунту у поглинанні та секвестрації вуглецю.

2.4 Порівняльний аналіз управління обрізками через застосування оцінки LCA життєвого циклу (експлуатаційного ресурсу)

У попередньому розділі (розділ 2.3) були запропоновані основні критерії щодо енергетичного балансу та скорочення викидів парникових газів, які застосовувалися до двох стратегій пом'якшення впливу наслідків зміни клімату, пов'язаних з управлінням рештками від обрізок; крім того, було зроблено кілька основних зауважень щодо того, як здійснюється така оцінка.

Застосування «оцінки життєвого циклу» (LCA) (оцінка експлуатаційного ресурсу) до процесів перетворення в біоенергію показало, що важливим кроком є оцінка екологічного тягаря, пов'язаного з усіма ланцюгами біоенергетичної вартості, і, зокрема, при оцінці їх реального внеску в пом'якшення наслідків зміни клімату (Boschiero et al., 2016; Cherubini and Strømman, 2011). Оцінка життєвого циклу (LCA) - це більш адаптований підхід, який підкріплюється також законодавчими документами, такими як RED та його недавно перероблена версія RED II. Стан досліджень на цю тему досить багатий. Деякі автори досліджували викиди парникових газів (ПГ) та енергетичні баланси різних біоенергетичних ланцюгів на основі деревини та деревних відходів лісу (Cowie et al., 2006; Guest et al., 2011; Valente et al., 2011). Багато авторів також перевірили екологічні показники ланцюгів вартості біоенергії на основі сільськогосподарських відходів, зокрема соломи зернових (Cherubini and Ulgiati, 2010; Giuntoli et al., 2013; Nguyen et al., 2013; Sastre et al., 2014; Monteleone et al., 2015a, b; Garofalo et al., 2014). Що стосується сільськогосподарських відходів з плантацій плодкових дерев (тобто обрізок), то оцінка життєвого циклу, що виконувалася і публікувалася в наукових журналах, набагато менша і отримала, на сьогодні, меншу зацікавленість вчених (крім LCA, спеціально застосованого до систем виробництва фруктів, які не розглядають використання енергії обрізок).

Як з методологічної сторони, так і з її реальної впровадження, LCA, що застосовується до ланцюгів біоенергетичних цінностей, не звільнена від невизначеностей, сумнівів, двозначностей і навіть помилок. Тому багато уваги слід приділяти плануванню, структуруванню та, нарешті, застосуванню оцінки життєвого циклу (оцінки експлуатаційного ресурсу).

Можна припустити дві можливі інтерпретації щодо природи та якості біомаси від обрізки (Boschiero et al., 2015; Monteleone et al., 2015b).

А) Сільськогосподарські відходи біомаси (наприклад, обрізки) можна розглядати як **побічні продукти**. У цьому випадку залишкова біомаса просто кваліфікується як матеріал, що залишився від основного виробничого процесу вирощування культури. Таким чином, встановлюється чіткий розподіл між виробництвом продукції рослинництва («аграрна фаза») і наступним перетворенням у біоенергію («промислова фаза»). Викиди (тобто викиди, отримані при вирощуванні біомаси) повністю призначені для основного продукту (наприклад, зерно кукурудзи, яблука та ін.), Тоді як рештки вважаються повністю відповідальними лише за зниження викидів (тобто ті, що утворюються під час промислової біоенергії перетворення, включаючи збирання, транспортування, в кінцевому підсумку попередню обробку і кінцеву обробку). Декілька авторів прийняли це припущення (наприклад, Cherubini і Ulgiati, 2010; Sastre et al., 2014; Valente et al., 2011; Brandão et al., 2011), і цей підхід також відображає методологію, що застосовується Європейською Комісією для залишків біомаси в RED I і RED II також. У цьому випадку виділення не є необхідним, а нульові викиди ПГ обкладаються на обрізку з урахуванням висхідної фази біоенергетичного ланцюга (Boschiero et al., 2015).

В) Сільськогосподарські відходи біомаси можуть розглядатися як спільні продукти (тобто солома є спільним продуктом разом з зерном; обрізка разом з плодами і т.д.). При наявності спільних продуктів необхідно оцінити, яким чином і в якій мірі слід віднести екологічне навантаження до основного продукту та спільного продукту досліджуваної продукції рослинництва (Boschiero et al., 2015; Cederberg and Stadig, 2003). З огляду на прогресивний розвиток біоекономіки та кругової економіки, цей варіант слід вважати набагато більш прийнятним припущенням порівняно з першим (Nguyen et al., 2013; Giuntoli et al., 2013; Sandilands et al., 2009). Однак у цьому випадку критерії розподілу мають бути узгоджені серед широкого кола альтернатив (енергетичний зміст спільних продуктів або ринкова вартість спільного продукту, як правило, вважаються найбільш впливовими).

Незалежно від інтерпретації обрізок в якості побічного продукту або спільного продукту, слід зауважити, що деякі приховані (хоча й значні) особливості сільськогосподарського (висхідного) LCA все ще дуже важко виявити; з цієї причини ці самі функції часто не враховуються. Такі *побічні ефекти (або приховані фактори)* розмежовували нове дослідницьке питання в оцінці стійкості до біоенергетики (Monteleone et al., 2015b). У цьому питанні розглядаються наслідки змін у землекористуванні (LUC) внаслідок різних форм управління сільським господарством та наслідків, що впливають з енергетичних витрат та бюджету на викиди (Berndes et al., 2010). Ці впливи можуть бути або негативними (тобто, збільшенням викидів ПГ і зменшенням енергетичної вигоди), або позитивними (зворотний ефект) відповідно до конкретних умов. Ми розглядаємо тут, головним чином, прямі наслідки змін у землекористуванні (LUC), а непрямий. Останній виникає у випадку, якщо більш високий рівень експлуатації біомаси призводить до регіонального зменшення площі під культивування культур для вирощування продуктів харчування (Gnansounou et al., 2008; Fritsche et al., 2008; al., 2010).

Для того, щоб задовольнити зовнішні запити на відходи від агровиробництва для перетворення у біоенергію, може бути запропоновано застосування різних варіантів управління сільським господарством (включаючи також управління ґрунтом та обрізками), таким чином, безпосередньо змінюючи види рослин та умови ґрунту. Відповідні зміни в загальному обсязі використовуваної енергії з викопних видів палива, викидів парникових газів або поглинання вуглецю, які зараз задіяні в новій формі ведення сільського господарства, є питаннями, які необхідно ретельно розглянути. Ці зміни, безумовно, повинні бути враховані через "розширену систему" форми LCA (оцінки життєвого циклу (експлуатаційного ресурсу)).

Процедуру LCA слід розглянути, порівнюючи альтернативний ланцюжок вартості біоенергії з урахуванням еталонного використання енергії з викопного палива. Для того, щоб бути абсолютно чітким і прозорим у застосуванні процедури LCA, настійно рекомендується проводити енергетичний баланс та фінансування викидів окремо на трьох різних етапах енергопостачання: 1. Виробництво сільськогосподарської продукції; 2. логістика та обробка біомаси; 3. промислове перетворення в енергію.

1. Сільськогосподарське виробництво. ($\Delta\text{GHG} = 0$). Для цієї висхідної фази слід припускати нульові викиди ПГ, якщо обрізка розглядається як побічний продукт (тобто повністю виконані умови «вуглецевої нейтральності»), дому, якщо безпосередні зміни землекористування не будуть виявлені внаслідок різних операцій, що застосовуються фермерами, щодо утилізації обрізок. Змінюючи умови вмісту SOM / SOC, рівень викидів N_2O з ґрунту, підвищену схильність до ерозії ґрунту або деградацію ґрунту слід ретельно виявляти та кількісно оцінювати з точки зору потенційних викидів ПГ. Те ж саме повинно відбуватися (але в зворотному напрямку) у разі встановлення кращих ґрунтових умов і зниження викидів ПГ.

2. Логістика та обробка біомаси. ($\Delta\text{GHG} > 0$). Ця фаза включає послідовні операції зі збирання, кондиціонування (подрібнення або утилізації), транспортування, попередньої обробки та зберігання залишків біомаси. Відповідно до застосованої логістики, наявних машин та обладнання, логістичної відстані, умов зберігання і т.д. загальна кількість викидів ПГ може бути вищою або нижчою, але ніколи не буде нульовою чи негативною. Технологічні інновації повинні сприяти поступовому скороченню викидів парникових газів за рахунок логістики та обробки біомаси.

3. Промислове перетворення в енергію. ($\Delta\text{GHG} < 0$). Цей фінальний крок повинен бути вражаюче негативним, щоб забезпечити найвищу економію ПГ з урахуванням ланцюга біоенергетичної вартості в порівнянні з викопним паливом. Найбільш впливовий фактор у результаті економії викидів ПГ пов'язаний з природою та якістю заміненого викопного палива. Очевидно, дійсно, що заміна вугілля (найбільш вуглецево інтенсивного викопного палива) повинна бути дуже ефективною з точки зору пом'якшення зміни клімату, а потім замінити викопний метан.

Eurogruning був проектом ЄС (програма FP7), спеціально присвячений підтримці варіантів обрізки як енергоносія, тоді як uP_running (програма H2020) може розглядатися певним чином, як продовження Eurogruning. В рамках першого проекту (Eurogruning, 2016b) було проведено глибокий аналіз і послідовне розуміння екологічних наслідків ланцюгів постачання біоенергії на основі обрізки як сировини. LCA був застосований з використанням порівняльного аналізу різних програм LCA (GaBi та SimaPro), обрізка з п'яти різних видів фруктів (мигдаль, персик, яблуко, виноградник і олива), три кліматичні європейські райони (Medoc у Франції, Бранденбург в Німеччині та Aragona в Іспанії), разом з двома різними процедурами збирання врожаю (пакування та подрібнення). Деякі з цих результатів були опубліковані (den Boer et al., 2016), в той час як паралельні дослідження LCA, що застосовують той же методологічний підхід, були виконані в Польщі з урахуванням обрізки яблук (Dujakon et al., 2019).

Щодо ґрунту (питання, яке нас цікавить у цьому документі) і порівняння PtS проти PtE, слід враховувати наступні особливості:

- Особливу увагу слід приділяти компенсації викидів вуглецю або, іншими словами, необхідності врахування зниження рівня вмісту SOM / SOC (вираженого в еквівалентних викидах CO₂ на рік) через видалення обрізки (PtE).
- ~Видалення обрізок (PtE) також передбачає необхідність компенсувати наступне видалення мінеральних поживних речовин з ґрунту, зокрема враховуючи постачання N, P і K (макроелементів), що забезпечуються обрізками, коли вони залишаються на ґрунті як мульчування. Таке додаткове застосування добрив вимагає врахування перевищення викидів ПГ внаслідок промислового синтезу добрив, їх збуту та розповсюдженню на полях.
- Внаслідок додаткового застосування азотних добрив у PtE необхідно виявити додаткові викиди парникових газів та врахувати їх, враховуючи також протидію зменшення викидів N₂O через відсутність подрібненої обрізки на ґрунті, що сприяє цьому процесу.

З урахуванням цього, на рис. 2.2 представлені результати оцінок LCA з урахуванням ланцюга постачання біоенергії на основі обрізки яблуневого саду в Польщі (Dujakon et al., 2019). Вибраною функціональною одиницею при аналізі системи була кількість викидів ПГ на одиницю поверхні поля (тобто гектар плантації плодкових дерев). Ефекти ґрунту, польові операції, логістика та зберігання разом з кінцевим процесом перетворення енергії були послідовно розглянуті.

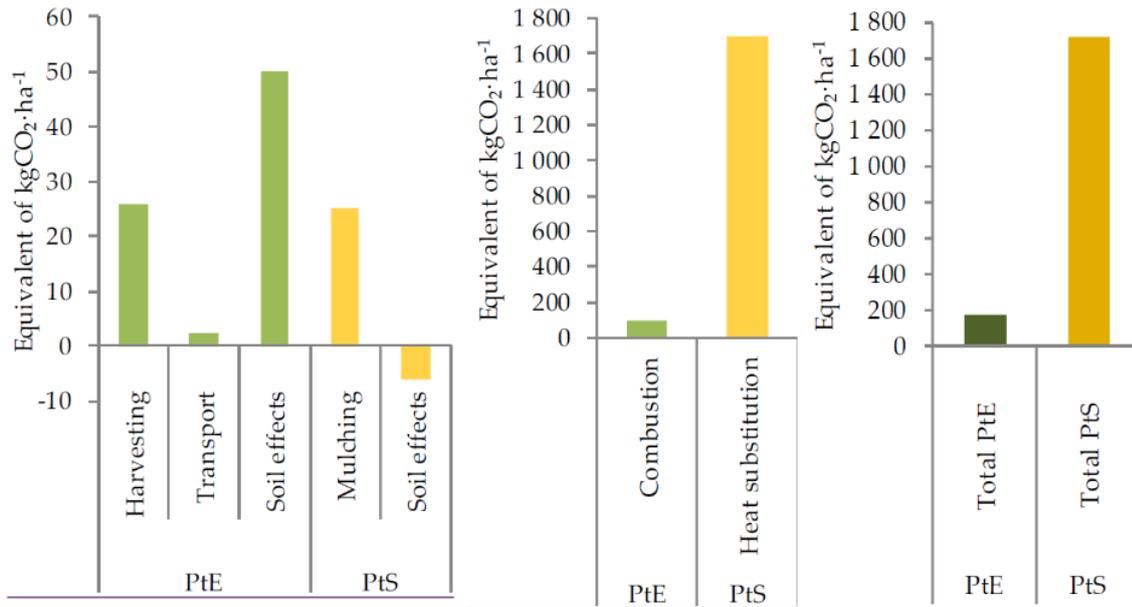


Рисунок 2.2 Потенціал зміни клімату від залишків обрізок у польському яблуневому саду (передбачається обрізка на $1,39 \text{ т га}^{-1} \text{ FM}$). PtE та PtS визначають опцію «обрізка в енергію». (Dujakon et al., 2019).

З точки зору "потенціалу глобального потепління", чітко виділено (рис. 2.2), що найбільш ефективним управлінням обрізки є PtE порівняно з PtS (171 проти 1,720 кг CO₂-екв. га⁻¹). Отже, PtE слід віддавати перевагу перед PtS в тій мірі, якою метою є перетворення енергії. Більш глибоке тлумачення того ж рисунка 2.2 дозволяє підкреслити, що реальна ефективна перевага, яку показує PtE в порівнянні з PtS, досягається на етапі перетворення в енергію. У цьому випадку біомаса замінює викопне вугілля як паливо, і, відповідно, економія ПГ є дуже великою і вражаючою. Проте, враховуючи наочність Рисунку 2.2, можна виявити, що операції з обрізки та мульчування (відповідно до PtE та PtS) забезпечують приблизно таку ж кількість викидів ПГ.

Однак тут ми особливо зацікавлені в порівнянні «впливу на ґрунт» двох альтернативних систем управління обрізками (PtE vs PtS). Викиди ПГ внаслідок «впливу на ґрунт» відрізняються в двох системах і, зокрема, негативні в системі PtS ($-5,9 \text{ кг CO}_2\text{-екв. га}^{-1}$), в той час як позитивні в системі PtE ($50,2 \text{ кг CO}_2\text{-екв. га}^{-1}$). Таким чином, між двома системами спостерігається значний розрив. Цей розрив може мати інше значення відповідно до наступного:

- Необхідно здійснити значні зусилля в менеджменті, щоб зберегти хороші умови якості ґрунту, запобігти їхній деградації і, одночасно, активізувати ланцюжок вартості PtE.
- Комнсаційні витрати враховуються внаслідок зниження якості ґрунту внаслідок впровадження PtE, хоча ці витрати просто вважаються умовним «вуглецевим боргом».

Повинно бути дуже зрозумілим, що перший варіант - це той, якого слід притримуватись, а не другий. Технічно кажучи, це дуже важливе питання, що вимагає спеціально доопрацьованої практики управління (RMPs) для поліпшення стійкості ґрунту проти мінливого та невизначеного клімату. Пул SOC може бути збережений або навіть збільшений шляхом

переходу до відновлення прийняття певного набору операцій, про які ми детально розповімо у Розділі 4 цього документа і відповідно до критеріїв оцінки, які ми будемо вводити в Розділі 5.

Потрібно погодитися, що “рекарбонізація” ґрунту (як зворотна дія декарбонізації атмосфери та енергетичного сектора), а також збереження сервісу екосистемних послуг, що надаються плантацією плодкових дерев, є передумовою. Підтримання цих належних екологічних та екологічних умов повинно бути забезпечене механізмом перехресної відповідності, прийнятим фермерами, як це буде зазначено у розділі 3.

3. **Вирішення дилеми решток від обрізки: межі досліджень**

- 3.1 **Спалювання на відкритому повітрі як неприпустима операція**
- 3.2 **Концептуальні фундаментальні принципи дилеми решток від обрізки**
- 3.3 **На шляху до вирішення: підхід перехресної відповідності**



3 ВИРІШЕННЯ ДИЛЕМИ РЕШТОК ВІД ОБРІЗКИ: МЕЖІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як було зазначено раніше, по суті, є три методи управління обрізками, які можуть бути застосовані при вирощуванні та утриманні плантації плодкових дерев. Відповідно: пряме спалювання обрізок у польових і у відкритих умовах; видалення обрізок шляхом збирання, транспортування, зберігання та подальшого перетворення в біоенергію; нарешті, збереження обрізки в полі, на поверхні ґрунту або злегка заглиблення в ґрунт. За винятком першого варіанту, якого треба уникати, і відмовитися від нього, коли ця практика все ще використовується, другий і третій варіанти можуть бути належним чином застосовані відповідно до деяких критеріїв управління ґрунтами, які будуть детально обговорюватися в наступній частині цієї публікації.

Перша монографія проекту (uP_running, M1) була присвячена опису технічних і логістичних процедур, які повинні бути впроваджені для того, щоб ефективно організувати збирання та першу обробку обрізок (наприклад, шляхом механічних процедур пакування або подрібнення), а також транспортування і зберігання. Будь ласка, зверніться до цього документа для отримання додаткової інформації з цієї теми.

Що буде поглиблено в цьому документі, стосується альтернативи між видаленням обрізок або залишенням на полі (так звана дилема "обрізки в енергію" або "обрізки у ґрунт"), коли причини, що заважають прямому спалюванню обрізок в полі буде пояснено.

3.1 Спалювання на відкритому повітрі як неприпустима операція

Якою б не була найкраща опція управління обрізками, треба визнати одну річ: спалювання обрізок під відкритим небом, безпосередньо на полі або на узбіччі поля, повинно бути однозначно уникнено.

Справді, спалювання на відкритому ґрунті сільськогосподарських відходів (наприклад, соломи зернових та обрізок дерев) було визначено як один з основних світових джерел густого смогу та атмосферного забруднення (Jimenez, 2002). Воно вивільняє велику кількість диму, що містить хімічні сполуки і тверді речовини, що впливають на якість повітря і викликають проблеми зі здоров'ям людини (що призводить до порушень дихання, раку легенів та інших захворювань), а також часто призводить до зниження видимості вздовж доріг і автомобільних аварій. Горіння на відкритому полі, дійсно, є неконтрольованим процесом горіння, під час якого хімічні речовини, такі як двоокис вуглецю (CO_2), оксид вуглецю (CO), окис азоту (N_2O), неметанові вуглеводні (NMHC), NO_x , SO_x , тверді частинки (менше ніж 2,5 мікрон і менше 10 мікрон: PM_{10} і $\text{PM}_{2,5}$ відповідно) генеруються і розчиняються в нижній атмосфері. Поліциклічні ароматичні вуглеводи (ПАВ) і

поліхлоріровані дибензодіоксини (ПХДД), або просто діоксини, також є важливими через їх токсичність і канцерогенну природу. Серед цих хімічних речовин важливими є парникові гази (ПГ): CO₂, N₂O та CH₄, які сприяють глобальному потеплінню та зміні клімату (Gadde, 2009). Крім того, горіння на відкритому повітрі може бути дуже небезпечним, враховуючи ризик поширення пожежі на суміжні поля. Іншим аспектом, який слід враховувати, є потенційна небезпека для гонщиків для важкої та, можливо, раптової зниженої видимості через дим.

Крім забруднення атмосферного повітря, горіння обрізок на полі має досить тривалий вплив на якість ґрунту та його фізичні, хімічні та мікробіологічні властивості. Практика горіння обрізок різко знижує SOM у верхньому шарі ґрунту, а широкий діапазон біологічної активності ґрунтів зруйнований. На поверхні ґрунту (у першому шарі 5-10 см) ґрунтові мікроорганізми різко або повністю загинули, а їх переселення в ґрунт потребує часу для прогресу. Біомаса ґрунтового мікробного походження також впливає не тільки на зменшення розміру, але і на зубожіння спеціографічних спектрів і депресії в їх каталітичних можливостях (Palese et al., 2004). Отже, активність ферментів, що беруть участь у циклі мінеральних елементів у ґрунті, різко знижується. Сильна деградація ґрунту завжди відбувається після горіння і обумовлена погіршенням структури ґрунту, зниженням сукупної сталості, а отже, підвищеною чутливістю до ерозії ґрунтів. Більш того, спалювання рослинних залишків підвищує рН ґрунту та його електропровідність внаслідок збільшення розчинних солей з золи. Поверхневий стік води підкреслюється завдяки гідрофобним властивостям золи і тимчасово зменшується утримання води ґрунтом, внаслідок ущільнення ґрунту і гідрофобних властивостей на поверхні ґрунту.

Таблиця 3.1 Мінеральний склад золи від обрізки або викорчованої деревини різних видів плодкових дерев (EuroPruning, 2016b).

Вид	Мигдаль (ES)	Олива (ES)	Персик, викорчований (ES)	Виноград (FR)	Яблуня (DE)
Зольність (w-% db)	4,81	6,21	3,79	4,69	4,06
Cl (mg/kg db)	89,7	624	110	300	165
Hg (mg/kg db)	0,004	0,023	0,005	0,004	0,009

Основні елементи (g/kg of ash)					
Si	64,30	142,00	112,00	76,70	43,00
P	10,50	15,90	15,40	29,90	24,90
K	62,00	131,00	51,40	134,00	101,00
Ca	321,00	248,00	334,00	205,00	228,00
Mg	27,60	17,00	13,20	26,90	23,50
Na	1,06	2,01	2,10	4,84	2,26
Fe	2,49	5,63	2,65	4,07	1,96
Al	3,82	7,10	4,09	5,26	2,53

Побічні елементи (g/kg of ash)					
As	3,50	3,74	3,50	3,52	3,57
Cd	0,27	0,46	0,78	0,99	0,63
Cr	28,10	90,80	25,20	16,40	40,10
Cu	153,00	728,00	727,00	462,00	507,00
Mn	203,00	461,00	162,00	408,00	309,00
Ni	13,80	46,90	25,80	11,50	24,50
Pb	5,29	6,14	4,05	5,62	5,28
V	7,43	9,12	5,79	11,33	8,42
Zn	120,00	233,00	583,00	984,00	463,00

Спалювання рослинних решток безпосередньо на полі вже не є дискусійним питанням, і тепер, очевидно, що негативні наслідки для якості ґрунту значно переважають деякі позитивні аспекти. Горіння можна переносити лише в тому випадку, якщо виявлено шкідників і існує необхідність контролювати і запобігати поширенню хвороб в плантації плодкових дерев. Інша відносна перевага горіння обрізки пов'язана з кількістю поживних речовин, що виділяються в ґрунті через золу, одержувану при спалюванні. Однак зола є просто мінеральними поживними речовинами, тому потреба в органічному додатковому забезпеченні є дуже затребуваною.

Як відомо, деревна зола є важливим джерелом калію та вапна. Хоча карбонат калію - макроелемент рослинного походження, вапно є найважливішим компонентом родючості, але тільки там, де ґрунти мають природно-кислий характер (і цей стан є досить незвичайним в середземноморському кліматі, якщо не застосовувати великі кількості мінеральних добрив ґрунту, що сприяє прогресивному підкисленню ґрунту).

Зола, що утворюється при спалюванні обрізок, містить макронутрієнти кальцію, магнію, калію і фосфору, а також невелику кількість мікроелементів, таких як цинк і мідь (табл. 3.1). Основним макроелементом є кальцій (20-30%); магній присутній приблизно в 13-27%; фосфор (1-3%) і калій (5-13%) становили, відповідно, близько 1-3% і 5-13% концентрації. Мідь, марганець та цинк у золі, що залишилася на ґрунті після горіння обрізок, полегшили б недоліки ґрунту в цих мікроелементах там, де вони існують.

3.2 Концептуальні фундаментальні принципи дилеми решток від обрізки

З огляду на гостру необхідність скорочення викидів парникових газів, пом'якшення наслідків зміни клімату та виконання зобов'язань щодо утримання глобального потепління в межах максимального значення 1,5 °C, існує загроза «пожертвування» екологічною стійкістю сільського господарства для досягнення більш високої стійкості сектору енергетики. Цей ризик полягає в експлуатації природного капіталу, на якому базується сільське господарство, і як наслідок цього, послаблення ресурсних потоків, що випливають з цього капіталу. Ця невдала умова визначає компроміс, що наближається до нуля, тобто на екстремальний

розмір поля опозиції “енергія проти природи”, тобто “енергії”. Можна також сказати, що «переможець бере все».

З іншої сторони, «сталість» повинна застосовуватися в цілому. Це означає досягнення енергетичної сталості без шкоди сільськогосподарській сталості або загрози природному капіталу та ресурсів, що виводяться з нього.

Враховуючи вищевикладене, третім дуже важливим критерієм щодо управління агроєкосистемою є: **«якість ґрунту, його здоров'я та родючість (наприклад, збереження SOM) повинні бути передумовами та необхідними вимогами у веденні сталого сільського господарства».**

Таким чином, створення біоенергетичної ланцюга вартості, що базується на використанні рослинних решток, вимагає, щоб видалення обрізки з ґрунту було дозволене лише за умови правильного виконання (тобто в належних річних обсягах відповідно до критеріїв сталості) і за умови, що якість ґрунту не постраждає. Це означає, що властивості ґрунту та відповідні функції ґрунту залишаються сприятливими та стабільними. Ґрунт не повинен підриватись тенденцією до зниження якості, що призводить до деградації і, наприклад, до незбалансованого обороту органічної речовини.

3.3 На шляху до вирішення: підхід перехресної відповідності

Перехід до свого роду умовної угоди з фермерами може представляти можливість подолання так званої *дилеми обрізки* і пошуку ефективного оперативного рішення управління обрізками, дотримуючись основних критеріїв сталого розвитку. Підхід до *перехресної відповідності* може бути узгоджений згідно з наступним твердженням: **“видалення обрізок з садів для отримання біоенергії може бути затверджене за умови, що якість та стан ґрунтів будуть міцно збережені і збережені з часом”.** Таким чином, у цій сфері, у садівництві повинні застосовуватися гарні сільськогосподарські та екологічні умови відповідно до чітко визначених та узгоджених правил експлуатації.

Співвідношення за цією стратегією полягає у застосуванні компенсаторних втручань, які здатні повністю протидіяти можливому погіршенню впливу на ґрунт і на все функціонування агроєкосистеми, ймовірно, впливає з систематичного видалення решток від обрізки з саду. Ця стратегія повинна розраховуватись як мінімальний рівень технічного обслуговування, що вимагається для вилучення обрізки.

Концепція «гарних сільськогосподарських та екологічних умов» (скорочено - GAEC) стосується набору стандартів Європейського Союзу CAP, визначених на національному або регіональному рівні, спрямованих на стале сільське господарство. Збереження сільськогосподарських угідь у хороших сільськогосподарських та екологічних умовах

безпосередньо пов'язане з такими питаннями, як захист ґрунту від ерозії, підтримка органічних речовин ґрунту, збереження структури ґрунтів тощо.

"Якість ґрунту" пов'язане з широким набором взаємопов'язаних екологічних і агрономічних умов і, цілком очевидно, є залежним від місця, багатоваріантним станом. Можуть бути сформульовані загальні правила, але обов'язково вони повинні застосовуватися до характерних місцевих умов, що характеризують конкретну плантацію, яку ми розглядаємо, залежно від клімату, складу та структури ґрунту, операцій менеджменту, кількості рештків тощо.

Підхід, який ми збираємося представити (див. Розділ 5), спрямований на встановлення лише декількох типів ґрунтових умов або "мінімальних" характеристик ґрунту, які повинні бути дотримані для запобігання або уникнення будь-якого ризику зниження якості ґрунту через видалення решток від обрізки плодового дерева.

Ці вибрані критерії ґрунту повинні бути відносно простими для виявлення та застосування фермерами, без будь-якої необхідності виконувати складні аналізи та розрахунки або складні інструкції, крім легких рекомендацій, представлених у розділі 5 цього документа. Необхідна інформація стосується характеристик ґрунту садів та місцевого клімату; Звичайно, кожен фермер має повне знання про них. Іншими словами, розроблений тут метод повинен бути простим і легко реалізованим фермерами.

Якщо ці «мінімальні» умови по ґрунту будуть задоволені, рекомендувати експлуатацію ОВСН як енергоносія може бути рекомендовано (можна сказати, що «зелене світло» дозволяє приступити до ОВСН енергетичного напрямку). І навпаки, якщо ці умови не виконуються повністю, слід розуміти попереджувальний сигнал (іншими словами, включається "жовте світло", яке вказує на обережність при видаленні обрізків). У цьому випадку пропонуються конкретні операції менеджменту для того, щоб протидіяти передбачуваній деградації якості ґрунту, таким чином, встановлюючи хороші агрономічні практики, які дозволяють адекватно зберегти як залишки, що видаляються з плантацій плодкових дерев, так і якість ґрунту, таким чином запобігаючи будь-якому ризику втрати природного капіталу ґрунту. Нарешті, в разі, якщо ґрунтові умови знаходяться далеко від оптимальних, слід уникнути видалення залишків обрізок з поля (тобто включається "червоне світло"). Використання енергії ОВСН може бути дозволено, у цьому випадку, тільки якщо фермери почнуть приймати низку практик для збільшення вмісту SOM, вживаючи значні зусилля для поліпшення якості ґрунту.

Як вже повідомлялося, рештки від ОВСН включають як біомасу з сільськогосподарської обрізки (AP), так і деревину від видалення плантації (PR). Ця публікація орієнтована тільки на обрізки, що визначені як можлива сировина для перетворення в енергію, як альтернатива використання решток від обрізки в якості мульчування та/або покращення ґрунту.

4. **Управлінські критерії щодо збереження якості ґрунтів**

- 4.1 **Органічна речовина ґрунту є другим «двигуном» екосистеми (сонце є першим)**
- 4.2 **Основні рішення для збереження якості ґрунту**
- 4.3 **Баланс органічної речовини ґрунту**
- 4.4 **Ерозія та ущільнення ґрунтів**
- 4.5 **Покриття ґрунту**
- 4.6 **Зменшена обробка ґрунту**
- 4.7 **Внесення гною і компосту**



4 УПРАВЛІНСЬКІ КРИТЕРІЇ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ҐРУНТІВ

Раніше було підкреслено, що плантації фруктових дерев можуть забезпечити відповідні екосистемні послуги. Кращі агрономічні практики повинні підтримувати це положення, сприяючи всім позитивним процесам, які максимізують ці переваги. Ці послуги є результатом хороших умов якості та міцного стану здоров'я ґрунтів (Рисунок 4.1), що значною мірою залежить від використання та ведення сільського господарства. (Adhiraki і Hartemik, 2016). З цієї причини варіанти управління ґрунтом вважаються найважливішими. Сталий менеджмент ґрунту, здається, відіграє ключову роль у регулюванні широкого набору функцій ґрунту і, у свою чергу, у наданні послуг, що надаються системами деревних культур (Hernández et al., 2005; Holland 2004). Цей діапазон функцій ґрунту в основному пов'язаний з органічною речовиною ґрунту і, отже, з пулом вуглецю, отриманим від нього. Таким чином, вміст SOM / SOC є найбільш актуальною характеристикою для оцінки стану ґрунту та його здатності вести більшість функцій, пов'язаних з ґрунтом (рис. 4.1).

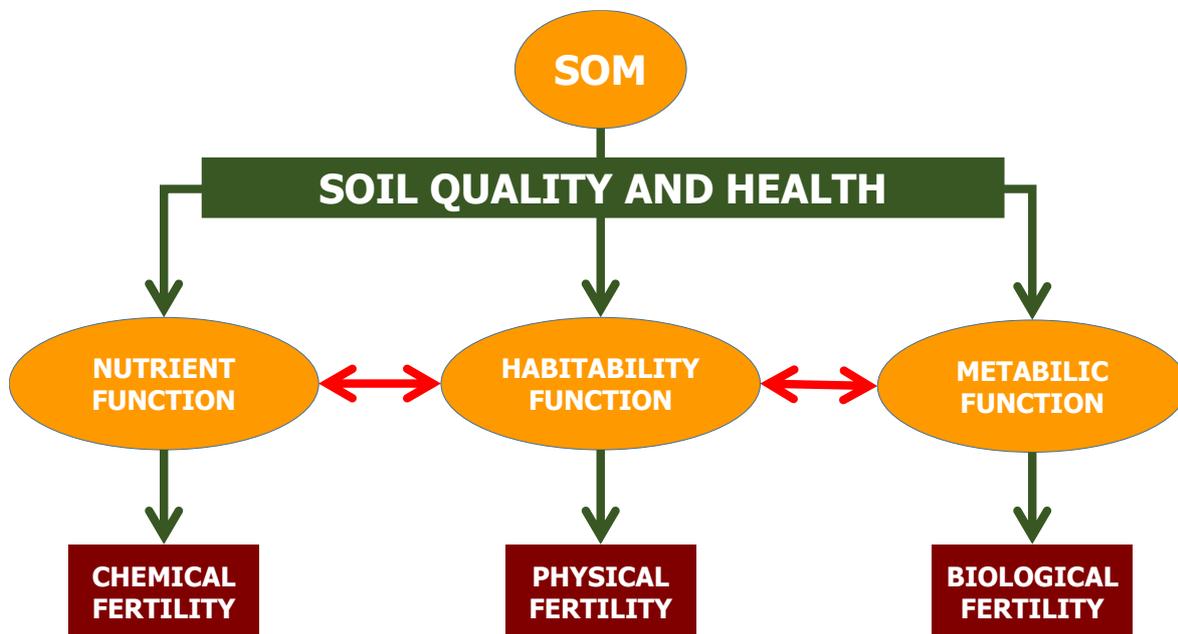
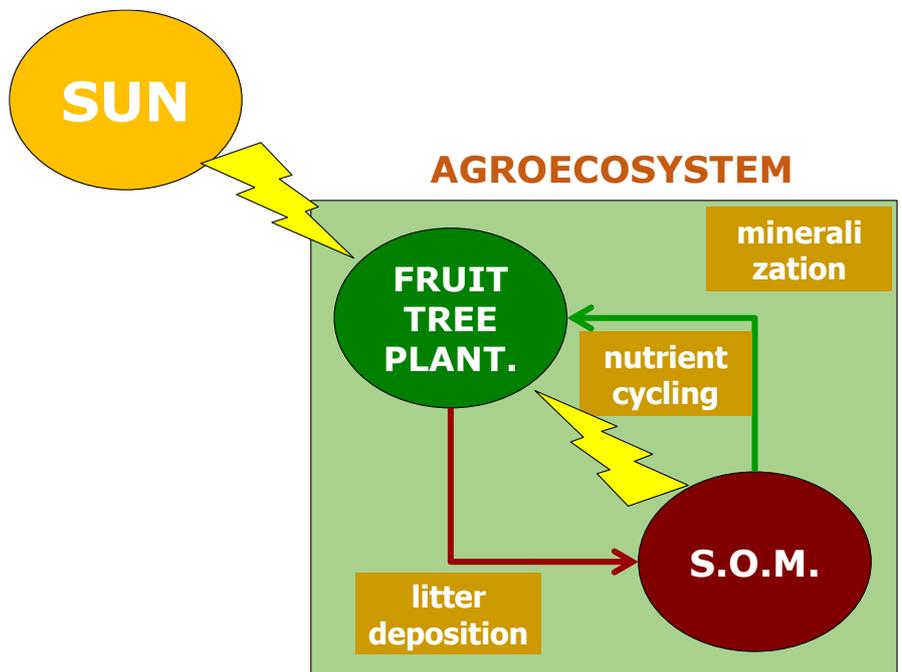


Рисунок 4.1 Органічна речовина ґрунту (SOM) є одним з найважливіших компонентів ґрунту, що впливає на загальну якість ґрунту та впливає на деякі функції ґрунту, такі як родючість ґрунтів, тобто здатність ґрунту забезпечувати врожайність (екологічна послуга забезпечення).

4.1 Органічна речовина ґрунту є другим «двигуном» екосистеми (сонце є першим)

Обробка ґрунту повинна зберігати дорогоцінні запаси органічної речовини. Ці резерви є запасом потенційної енергії. Коли відбувається мінералізація, мікроорганізми використовують цю енергію, частково розсіюючись через дихання, тоді як мінеральні поживні речовини, отримані в процесі, стають доступними для росту рослин. Залишкові органічні речовини, більш непокірні до мінералізації, "конденсуються" у полімерні гумінові

сполуки, що значною мірою діють у поліпшенні якості ґрунту, а також стимулюють діяльність мікроорганізмів, настільки важливі в багатьох біогеохімічних процесах, що відбуваються в ґрунті.



SOM = works like a material and energy flywheel

Рисунок 4.2 Органічна речовина ґрунту (SOM) виконує роль другого «двигуна» екосистеми (перший з яких є сонцем). Вона запасає енергію, яку можна захопити або звільнити (як маховик). Поживні речовини також вивільняються через процеси мінералізації / гуміфікації.

Можна сказати, що органічна речовина ґрунту може розглядатися як «другий двигун» (тобто джерело енергії) кожної природної та сільськогосподарської екосистеми, причому першим зовнішнім двигуном є сонце (рис. 4.2). Мінералізація цього органічного запасу виділяє енергію і мінерали, що використовуються в якості поживних речовин для рослин. Органічна речовина ґрунту відіграє функцію, подібну до енергетичного «маховика». Це, дійсно, одна з головних особливостей «другого двигуна»: мінералізація повільно і поступово вивільняє енергію, включену в ґрунт, запобігаючи тим самим надлишкові або нестачі. Спочатку Сонце передає енергію, необхідну для проведення фотосинтезу і отримання біомаси; ця енергія активізує всі процеси перенесення органічної речовини (разом з енергією) уздовж комплексу харчових мереж, що складають кожну екосистему на Землі: від виробників до розкладачів, що проходять через споживачів. На кожному рівні екосистеми, вздовж трофічного ланцюга, споживається вільна доступна енергія: частково зберігається у вигляді органічної речовини і частково вивільняється (розсіюється) у вигляді рентгенівської ентропії. Пасовищна галузь харчового ланцюга стосується споживачів, в той час як гілка детриту переважно стосується декомпозиторів, що дозволяє включати органічні резерви в ґрунт.

Фермери повинні знати про цю складну мережу взаємозв'язків і великі і взаємопов'язані біогеохімічні перетворення, що відбуваються в ґрунті для того, щоб застосувати краще управління ґрунтом і підтримувати його функції і послуги.

4.2 Основні рішення для збереження якості ґрунту

Інтенсифікація сільського господарства значною мірою збільшила продуктивність, але в цілому негативно вплинула на компоненти та процеси екосистеми. Довгострокове зниження якості та родючості ґрунтів спостерігалось в усьому світі, головним чином через ерозію ґрунту та зниження рівня вуглецю в ґрунті. Зниження вмісту органічних речовин у ґрунті також сприяє зниженню місткості зберігання вологи у ґрунті, що знижує стійкість сільськогосподарських культур до посухи, а також знижує ефективність використання поживних речовин.

На відміну від звичайного землеробства, стале управління ґрунтами зосереджено виключно на поліпшенні його органічної фракції, тобто на підтримці, захисті та, можливо, збільшенні її вмісту шляхом застосування кращих агрономічних варіантів (рис. 4.3).

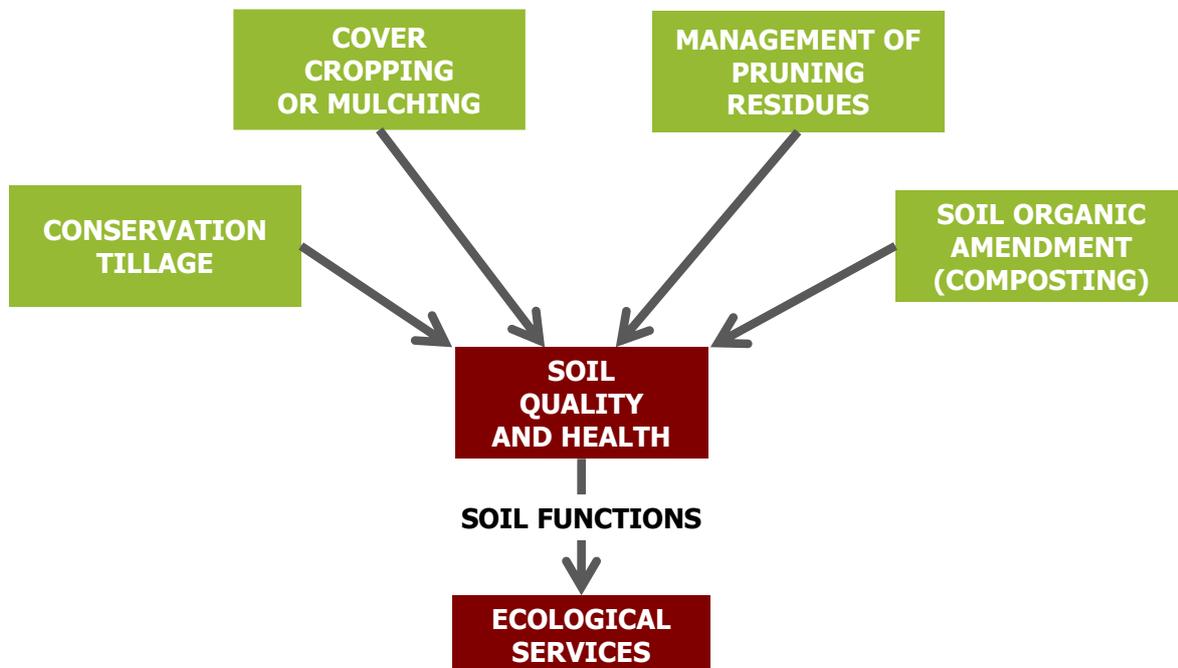


Рисунок 4.3 Насадження плодкових дерев можуть забезпечити відповідні екосистемні послуги. Кращі агрономічні практики повинні підтримувати це положення, сприяючи всім позитивним процесам, які максимізують ці переваги.

Керування виробничою системою відбувається згідно з наступними основними операційними рішеннями, що включають низку агрономічних практик:

- Підтримувати, наскільки це можливо, цілорічний покрив ґрунту за допомогою органічного мульчування, як живого, так і мертвого, забезпечуваного рослинними

залишками (належним чином подрібненими) або обрізанням кришки (косять наприкінці його зростання і залишають на ґрунті).

- Мінімізація порушень ґрунту шляхом обробки ґрунту; мінімальна обробка ґрунту або no-till вважаються допустимими варіантами. Консерваційна обробка ґрунту, дійсно, пропагується як альтернатива звичайній обробці ґрунту через проблеми, пов'язані з швидкою мінералізацією SOM через сильне змішування активного верхнього шару та його поступової втрати структури через високу механічну потужність тракторів.
- Поставляти органічні добрива, компост або органічні поліпшувачі ґрунту, підвищуючи таким чином рівень SOM і протидіючи його мінералізації, також надаючи ґрунту кращі фізичні та структурні особливості.

Як можна бачити, згідно з цим керівництвом, збереження рослинних залишків вважається невід'ємною частиною цієї системи сталого управління, і, як наслідок, вона зазвичай застосовується в тих господарствах, які є більш технічно досконаліми (Kumar and Goh, 2000). Загалом, цей набір практик спрямований на збільшення опосередкованого урожаю фруктів шляхом посилення ряду регулюючих та підтримуючих екосистемних послуг (Palm et al, 2014).

4.3 Баланс органічної речовини ґрунту

Управління ґрунтами при збереженні SOM призначене для підтримки внесків нової органічної речовини для заміни органічної речовини, втраченої за рахунок розкладання та мінералізації (рис. 4.4). Таке ж поняття застосовується до керування поживними речовинами, враховуючи, що застосування добрив повинно бути в рівновазі з поживними речовинами, які видаляються шляхом збирання (як плодів, так і в кінцевому підсумку обрізання) або втрачаються шляхом вимивання та випаровування поживних речовин.

Хороша сільськогосподарська стратегія повинна збільшувати обсяги на органічні витрати, значно знижуючи кількість органічних продуктів, щоб встановити тенденцію до зростання накопичення SOM.

З цією метою першим кроком є оцінка обороту ДНЗ, тобто швидкості декомпозиції СДП, а з іншого - створення СДМ. Обидва середовища (ґрунтові та кліматичні умови) та управління сільським господарством є фундаментальними факторами.

Як повідомлялося раніше, кілька технічних операцій можуть вплинути на цей оборот: утримання рослинних залишків на ґрунті або їх включення в ґрунт, обрізання покриття, нанесення насіння та компост, зменшення обробітку ґрунту або системи без догляду та інші.

Органічна речовина ґрунту містить різноманітні та гетерогенні компоненти. Її живий матеріал включає коріння, мікроорганізми та ґрунт, а неживий матеріал - поверхневий послід, мертві корені, мікробні метаболіти та гумінові речовини. Нежива компонента є значно більшою часткою. Комплексні вуглецеві сполуки у свіжому рослинному смітті

розкладаються (швидше або повільніше, залежно від їх хімічного складу), проходять процес, відомий як гуміфікація. Фракція SOM стабілізується і в той же час мінеральні поживні речовини викидаються в ґрунт і доступні для поглинання рослин (мінералізації).

Численні та різноманітні функції виконуються SOM. Крім забезпечення джерел поживних речовин для росту рослин, SOM сприяє, захищає і підтримує чудову якість ґрунту. SOM відіграє ключову роль у структурі ґрунту, підвищує утримання води та живильних речовин, є метаболічним джерелом енергії для ґрунтових мікроорганізмів тощо. Зі зменшенням вмісту SOM змінюється структура ґрунту, зменшується пористість ґрунту, збільшується насипна щільність. Знижується біологічна активність, зростає ризик ущільнення ґрунту і, як наслідок, заболочування (Gliessman, 2000).

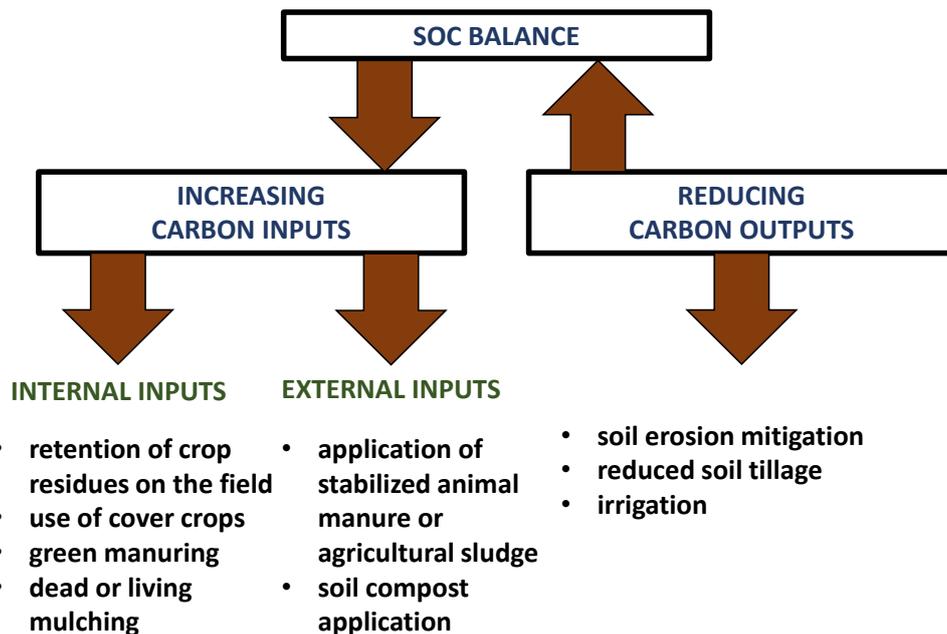


Рисунок 4.4 Баланс органічного вуглецю ґрунту (SOC) є результатом надходження і випуску органічного вуглецю (зазвичай вимірюється на щорічній основі). Деякі операції з управління можуть застосовуватися для того, щоб вплинути на річний баланс SOC.

Органічне рівновагу ґрунтів просто формується за допомогою різниці між входами та виходами органічного вуглецю, які зазвичай виконуються на щорічній основі (рис. 1). Вхід відноситься до кількості органічного вуглецю, що подається до ґрунту, і поступово перетворюється в стабільну і повністю гуміковану органічну речовину. І навпаки, вихід залежить від процесу розкладання і, як наслідок, мінералізації SOM через мікробіологічну активність. Якщо виявлено від'ємне сальдо, це означає, що виходи більші, ніж входи, і зменшується динаміка SOM. Ця умова, якщо вона зберігається, призводить до поступової деградації родючості ґрунтів та втрат врожаю в довгостроковій перспективі. Стан стабільного

стану означає, що мінералізація (SOMout) і гуміфікація (SOMin) рівні, а отже, і вуглецевий баланс.

Сьогодні доступно кілька модельних моделей динаміки SOC (Nieto et al., 2010; Campbell and Paustian, 2015). Вони досить складні, але всеосяжні; крім того, вони засновані на наборі чотирьох або п'яти різних відділень органічної речовини, які, згідно з каскадним потоком вуглецю, враховують обороти вуглецю від найбільш легко розкладаються форм до найбільш непостійних (рис. 4.5). Слідуючи цьому підходу, кожна органічна форма вуглецю розкладається відповідно до кінетичної реакції першого порядку (експоненціальний розпад), тобто зі швидкістю, яка лінійно залежить від концентрації вуглецю в кожному відділенні.

Емпірично, загальна швидкість мінералізації (K_m) - це відсоток гумікованої органічної речовини, що щорічно розкладається; Значення K_m в основному залежать від характеристик ґрунту (текстури та структури) та кліматичних умов. Звичайно, механічні операції (по частоті і потужності) можуть сильно вплинути на цей емпіричний параметр.

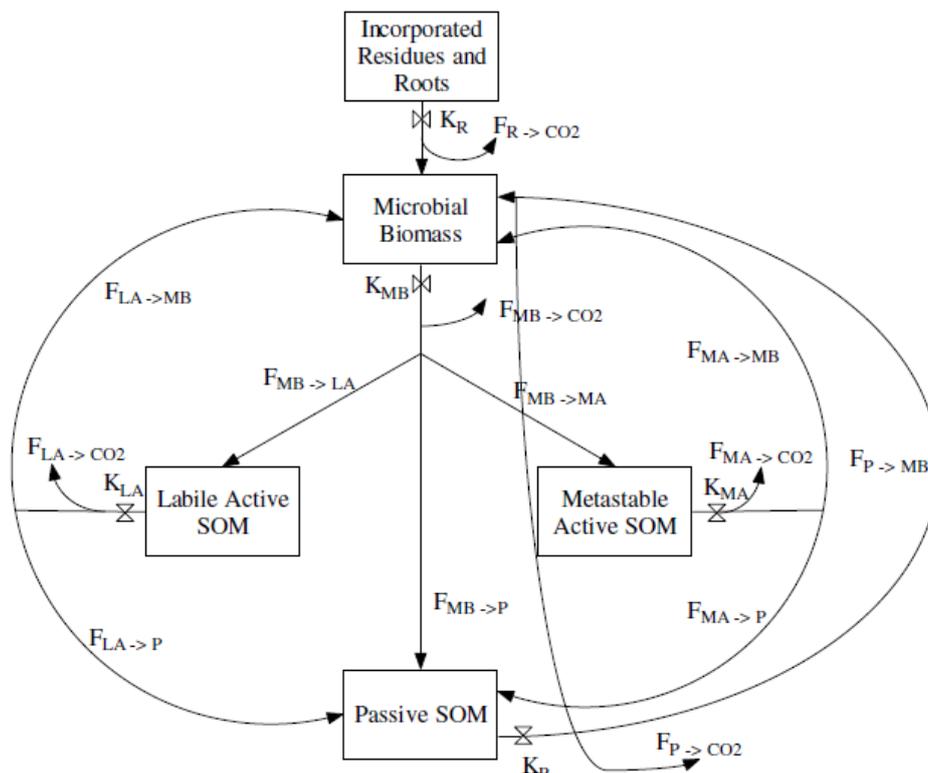


Рисунок 4.5 Відсіки вуглецю в ґрунті, як правило, включені в динамічні імітаційні моделі SOM. Ці відсіки функціонально взаємопов'язані згідно каскадного потоку вуглецю, а коефіцієнти K - кінетична швидкість, що контролює перетворення від однієї С-форми в одному відділенні в іншу С-форму в іншому відділенні.

І навпаки, швидкість гуміфікації (X) - це щорічна частка стабільного гумусу, отриманого починаючи з все ще нерозкладеного органічного матеріалу, що надходить у ґрунт, наприклад, залишки врожаю (солома зернових, обрізка дерев), гній тварин, зелені гною і т.д. повинні бути навмисно додані до ґрунту як органічний матеріал і ґрунтові поправки. Інакше, рослинні матеріали, такі як втрати фруктів, засмічення, дрібні корені з природного розпаду коріння, мертві мікроорганізми та залишки мікоризи є природними вуглецевими входами, кількість яких може отримати значну цінність, яку варто оцінити.

При проведенні оцінки балансу вуглецю в ґрунті необхідно ретельно враховувати внески від сміття, втрати врожаю фруктів, мертві коренеплоди і, зрештою, трав'яний покрив. Ці важливі складові балансу SOM часто не враховуються, в той час як, загалом, вони можуть представляти значну кількість вуглецевих ресурсів, корисних для сприяння компенсації втрат внаслідок розкладання та мінералізації.

Якщо це так, то усунення обрізання в значній мірі виправдано, оскільки це не ставить під сумнів сталий стан SOM у довгостроковій перспективі. Така ж обрізка не може бути ідеально виконана і на поверхні ґрунту залишається певна кількість дрібного дерева, залежно від ефективності збиральної машини та майстерності водія. Крім того, цю кількість біомаси слід належним чином враховувати, щоб оцінити щорічний внесок SOM.

Крім обрізки, існує й інше джерело органічної речовини, яке необхідно враховувати в балансі екосистем. Згідно з результатами, отриманими в рамках проекту EuroPruning (EuroPruning, 2016a), в Таблиці 4.1 наведено дані щодо різних видів плодів відносні значення втрат плодів, падіння листя та осадження та ризо-осадження (вуглецева фіксація внаслідок кореневої системи та її взаємодія з ґрунту).

Таблиця 4.1 Відсоток вуглецевих витрат у порівнянні з урожаєм фруктів (на сухій основі).

	Втрата фруктів	Втрата листя	Ризодепозиція
Виноградники	12	40	172
Оливкові	16	16	96
Цитрусові	11	13	28
Яблуні	13	28	34
Сухі фрукти	13	25	80

4.4 Ерозія та ущільнення ґрунтів

Фізичний стан ґрунту в основному впливає на структуру ґрунту, стабільність агрегації частинок, пористість і ущільнення (Pimentel, 2006; Dawson and Smith, 2007; Martinez-Mena et al., 2008; Lal, 1997). Недостатнє управління компрометує ці якості, що викликає деградацію ґрунту. Ерозія є одним з основних факторів, що сприяють погіршенню якості ґрунту та води, і вона значною мірою впливає на втрати вуглецю в ґрунті, особливо в напівпосушливих районах, таких як середземноморські райони в літній сезон (Martinez-Mena et al., 2008).

Ерозія ґрунту серйозно знижує якість ґрунту. Втрата продуктивного ґрунту через ерозію піддає ґрунту, який зазвичай є набагато менш продуктивним. Крім того, ерозія ґрунтів може викликати забруднення фосфору поверхневими водними об'єктами, оскільки більша частина фосфору прикріплюється до частинок ґрунту і виноситься водним стоком.

ґрунти відрізняються схильністю до ерозії (ерозії) залежно від внутрішніх чинників і управління людьми. Ерозія є більш імовірною на похилих ґрунтах, поганий структурований ґрунт з низьким рівнем СОМ, поверхня ґрунту залишається оголеною протягом тривалого періоду часу, без будь-якого виду рослинного покриву або мертвої міди, порушених ґрунтів через часто механічні операції. Розмивання ґрунту зростає зі зменшенням його сукупної стійкості. Глина і органічна речовина допомагають поліпшити агрегативну стабільність і зменшити ерозійність. Органічні залишки та сміття, особливо якщо вони залишені на поверхні ґрунту, значно зменшують стік води (сприяючи її інфільтрації), а також підвищують стабільність ґрунтового агрегату. Застосовувана система обробки ґрунту також може бути дуже впливовою і значною мірою впливає на ерозію ґрунту; фактично, звичайне обробіток ґрунту (виконується часто і енергетично, глибоко змішуючи або розрізає ґрунт) призводить до видалення верхнього шару ґрунту, переміщення частинок ґрунту та агрегації з високих точок полів. Більше того, внаслідок ерозії ґрунту баланс вуглецю в ґрунті негативно позначається. Фактично, неглибокі шари ґрунту набагато багатші SOM, ніж більш глибокі шари і сильно піддаються фізичному відшаруванню частинок ґрунту та їх транспортуванню вниз під водотоком.

Методика обробітку та управління для боротьби з ерозією включають захист, який надають поверхні ґрунту вегетативним куполом, поверхневим покриттям та шорсткістю поверхні. Як правило, найважливіші методи поводження з культурами, які допоможуть знизити ерозію, - це збереження залишку рослинної сировини (щонайменше, більше 30% поверхні ґрунту) і використання покривних культур протягом періодів, коли ґрунт матиме недостатній залишок. Обрізка залишків повинна бути належним чином оброблена подрібненням, створюючи таким чином мульчуючий покрив. Альтернативно, вегетативний покрив, як живі мульчі, захищають ґрунт від ерозії. Рослини повинні утворювати мантію або товсту мульчу, яка перехоплює краплі дощу, зменшує стік і захищає ґрунт від відшарування.

І мертва мульча (зроблена подрібненою обрізкою), і жива мульча (на основі обрізки) може бути ефективним втручанням у боротьбу з ерозією або пом'якшення. Можливо, покриття врожаю може замінити залишки обрізки, що дозволяє використовувати обрізку для біоенергетичних цілей.

Друга форма деградації ґрунту - ущільнення ґрунту. При ерозії ґрунтів ущільнення розглядається як найбільш серйозна екологічна проблема, спричинена традиційним сільським господарством. Ущільнення в основному обумовлено рухом коліс на ґрунті та обробкою ґрунту. Зокрема, високий контактний тиск шин тракторів і вантажних автомобілів може призвести до ущільнення поверхні. Інакше, навантаження на вісь в основному

відповідає за ущільнення надр; чим вище навантаження на вісь, тим глибше напруга буде передаватися в ґрунт.

Ущільнені ґрунти мають більш високу насипну щільність і меншу пористість. Ущільнення переважно стискає великі пори, які є важливими для руху води і повітря в ґрунті, тому знижується інфільтрація і збільшується ерозія.

Обробка ґрунту тісно пов'язана з ущільненням ґрунту. Однією з основних властивостей ґрунту, на яку впливає обробка ґрунту, є насипна щільність. Більша насипна щільність змінює співвідношення водо-повітряної ємності, що знижує загальну пористість ґрунту і сприяє збільшенню вологості ґрунту; також збільшується частка капілярних пір, які сприяють поліпшенню водопостачання сільськогосподарських культур (Badalkova and Knakal, 2000). Ущільнення також може впливати на поглинання поживних речовин. Швидкість денітрифікації може збільшуватися в ущільненому ґрунті за рахунок обмеженої аерації. І навпаки, менша насипна щільність підвищує аерацію ґрунту, а також збільшується швидкість мінералізації органічної речовини.

Уніфікування ґрунту не завершується великою школою, якщо рух транспорту залишається обмеженим або відбувається, коли ґрунт є достатньо сухим. У будь-якому випадку доцільно скоротити кількість машин, що проходять над полем, і обмежити площу поля, на якій впливає рух транспорту. Це може бути зроблено за зменшенням ширини слідів, що розширюють, розпилюють або збирають обладнання. Крім того, для поправки та полегшення ущільнення ґрунту все частіше використовуються посівні культури (рис. 4). Деякі посівні культури мають стрижневий корінь, що створює канали вглиб ґрунту. Інші посівні культури мають масову, тонку кореневу систему, яка взаємодіє з частинками ґрунту, стабілізує агрегацію і створює багато малих каналів.

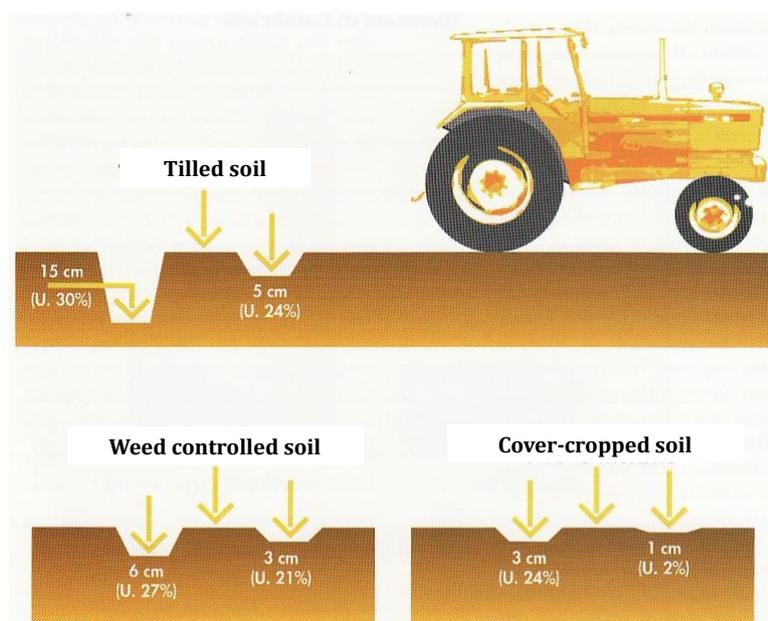


Рисунок 4.6 Стійкість ґрунту до проходу тракторів і механізмів значно покращується з покриттям, навіть коли ґрунт досить вологий (U%).



Рисунок 4.7 Різні види ґрунтового покриву на виноградниках. Обрізка покриву та мульчування можуть бути використані для захисту поверхні ґрунту, зменшення ерозії ґрунту, полегшення проникнення води, мінімізації випаровування води з ґрунту, пом'якшення як екстремальних, так і низьких температур.

4.5 Покриття ґрунту

Посівні культури - це рослини, що ростуть спеціально, щоб не залишати поверхню ґрунту оголеною («жива мульча»). Покривні культури можуть забезпечити багато переваг, включаючи контроль за ерозією, збільшення органічної речовини, покращення структури ґрунту, атмосферна фіксація азоту, відновлення нітратів, краще управління поливом ґрунтів, та контроль бур'янів.

Наближаючись до кінця циклу росту (до або незадовго після цвітіння), культура «припиняється». Отриману біомасу можна косити, а потім включити в ґрунт шляхом обробітку ґрунту або просто залишити на поверхні як захисну мульчу, поки вона не розпадається (Gliessman, 2000). Альтернативно, він може бути вбитий гербіцидами. Коли покривельні культури перекидаються в ґрунт, вони вносять поживні речовини в культуру дерев, так що потрібно менше хімічних добрив. Розмір цього внеску залежить від кількості біомаси, що подається в ґрунт. Коли на ранній стадії накриваючі культури переводяться в ґрунт, додана органічна речовина швидко мінералізується, і операцію можна вважати «зеленим навозом». В іншому випадку, коли покривні культури переводяться в ґрунт на більш пізній стадії, вплив на збільшення SOM переважає. У цьому відношенні обрізка покриття є важливим джерелом органічної речовини. Обрізка покриття покращує органічну

речовину ґрунту, стимулює біологічну активність ґрунту і різноманітність ґрунтової біоти, знижує ерозію ґрунту і покращує структуру ґрунту. Якщо, принаймні, один з видів покривних культур є бобовим, він сприяє біологічно фіксованому азоту і значно покращує ґрунтову здатність через проходження тракторів і механізмів, навіть коли ґрунт досить вологий. Коли бобові культури використовуються як покрівельні культури, або окремо, або у поєднанні з травами, якість біомаси може бути значно покращена, враховуючи збільшення доступності азоту.

Зелена оболонка може бути отримана шляхом посіву щороку, альтернативно, шляхом самосіву або навіть надання зеленого покриття в основному складом із бур'янистих рослин. Зовсім недавно «живі мульчування» стає особливо популярним у системах виноградників, садів і деревних культур. У цьому випадку між рослинними насадженнями посаджено невибіркові види; альтернативно, натуральні види бур'янів дозволяють рости. Негативні взаємодії між посадковою культурою та плантацією плодкових дерев повинні контролюватися та зводитися до мінімуму, особливо враховуючи посушливі літні кліматичні умови, де конкуренція за воду може значно вплинути на продуктивність плодів. Коли наближається літній час, особливо в середземноморських кліматичних умовах, щоб уникнути будь-якої конкуренції за водні ресурси між фруктовими деревами та посівними культурами, останній повинен бути скошений. Висота скошування не повинна бути занадто близькою до поверхні ґрунту (принаймні 5-6 см), щоб пізніше зрости нові паростки. Якщо поливна вода доступна, а фруктове дерево поливається (іноді або систематично), конкуренція за воду значно зменшується або повністю обнуляється.

Можливість для фермерів модулювати обрізання покриття відповідно до потреб досить широка; кристаль може зберігатися цілий рік або лише частину року (в основному під час дощового сезону); крім того, ґрунтове покриття може бути поширене на всю поверхню ґрунту або лише на його обмежену частину (тільки по алеях плодкових дерев). Посівні культури вирощуються в чистих або змішаних насадженнях (звичайно трави або бобові). Вибір виду, який буде використовуватися, має вирішальне значення, і він повинен бути зроблений з урахуванням кількох можливих особливостей, що перешкоджають посіву дерев. Зростання габітусів пагонів і коренів, екологічна адаптація, річний або багаторічний цикл культур, харчові потреби і фізіологічні риси. Всі ці рішення надають фермерам широку можливість вибору між різними варіантами (Gomez et al., 2009 a, b;).

4.6 Мінімізований обробіток ґрунту

Інтенсивне обробіток ґрунту значною мірою сприяє втраті ґрунту через ерозію (Rodríguez-Lizana et al., 2008; Alvaro-Fuentes et al., 2009). Крім того, обробіток ґрунту прискорює розкладання SOM в результаті розпаду ґрунтових агрегатів (Nieto et al., 2010; Balesdent et al., 2010; Paustian et al., 2000). Зменшення обробітку ґрунту зменшує кількість втрат SOM (див. Рис. 1). Методи управління ґрунтами, які поєднують обмеження на обробіток ґрунту та додавання органічних залишків, вважаються дуже ефективним способом поліпшення

властивостей ґрунту та зменшення викидів парникових газів шляхом зберігання вуглецю у вигляді органічної речовини (IPPC, 2000; Nieto et al., 2010; Jareki and Lal, 2003). Дійсно, зниження інтенсивності обробітку ґрунту та залишення залишків на поверхні ґрунту є основним методом, що дозволяє ефективно зменшити порушення ґрунту та захистити SOM від швидкого розкладання. Є багато переваг, які можна отримати від скорочення частоти і інтенсивності обробки ґрунту. Дійсно, ерозія ґрунту, втрата хорошої структури ґрунту та вилуговування поживних речовин є основними проблемами, суворо пов'язаними з традиційною системою обробітку ґрунту, заснованої на частому проходженні механізмів для боротьби з бур'янами, внесення добрив, видалення корків або розтріскування ґрунту через висушування, особливо коли ґрунт є замуленим або глинистим.

Більш висока об'ємна щільність і, як наслідок, менша пористість були зафіксовані в системах мінімальної обробітку ґрунту і без посадки. Виявлено, що існує взаємозв'язок між ущільненням ґрунту та вмістом ґрунтової води, переважно у поверхневих шарах. У сухих умовах під час вегетації спостерігався дефіцит води при обробці з використанням оранки, тоді як обробка з укладанням стерні або без посіву зберегла більшу вологість ґрунту за рахунок кращої водоутримуючої здатності (Badalkova, 2010)

4.7 Внесення гною і компосту

Додавання гною тварин до ґрунту є практичним способом збільшення вмісту SOM. Операції з молокозаводів та кормів для тварин забезпечують велику кількість відходів тваринного походження, які при поверненні в поля перетворюються на корисний ресурс. Проте безпосереднє застосування гною тварин має багато проблем, таких як, наприклад, втрати азоту через аммоніфікацію і нітратні стоки. Більш коректно, необхідний період попереднього розкладання і стабілізації до застосування поля шляхом старіння та компостування.

У контрольованих умовах сира органічна речовина (наприклад, ті ж залишки дерев від обрізки) проходить через процес (аеробного) розкладання і часткового гуміфікації, який називається «компостуванням». Таким чином отримують поправочний матеріал, який значно стабілізується. Звичайний рекомендований діапазон співвідношень C / N на початку процесу компостування становить близько 25-30 / 1. Такий же C / N діапазон значень характеризує гній та інші органічні добрива, хоча цей ідеал може змінюватися в залежності від біодоступності вуглецю і азоту. Оскільки вуглець перетворюється на CO₂ (і припускає мінімальні втрати азоту), відношення C / N зменшується в процесі розкладання, при цьому співвідношення готового і стабілізованого компосту до ґрунту зазвичай близько до 10/1 за рахунок гумінованих речовин.

Високий рівень постачання стабілізованого органічного матеріалу має вирішальне значення для підвищення родючості ґрунту через велику кількість переваг, суворо пов'язаних із збільшенням SOM. З цієї причини внесення добрив і застосування компосту настійно рекомендується при плануванні родючості ґрунту в саду або на плантаціях дерев, не тільки

враховуючи постачання органічної речовини (потенційно альтернативою включенню обрізки в ґрунт), але й з урахуванням довготривалої Термін джерело макроелементів сприяє росту дерев і продуктивності плодів.

5. Методичні вказівки щодо видалення обрізок: оперативний підхід

- 5.1 **Рекомендації EuroPruning для забезпечення стабільності ґрунтів**
- 5.2 **Запропонована методика оцінки**
- 5.3 **Оцінка стану ґрунтів**
- 5.4 **Визначення правильної стратегії управління**
- 5.5 **Застосовуйте рецепти управління**



5. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИДАЛЕННЯ ОБРІЗОК: ОПЕРАТИВНИЙ ПІДХІД

Технічні операції по збереженню якості ґрунтів були представлені в попередньому розділі (Розділ 4) стосовно набору можливих критеріїв управління. У цьому розділі будуть запропоновані рекомендації щодо видалення обрізки. Мета полягає в забезпеченні стабільної та довготривалої якості ґрунту, і в той же час дозволяє видаляти обрізку для енергоспоживання. Цей набір критеріїв повинен бути розроблений як методологія для досягнення оптимального компромісу між двома альтернативними варіантами: "обрізка до енергії" та / або "обрізка до ґрунту" відповідно.

5.1 Рекомендації EuroPruning для забезпечення стабільності ґрунтів

Рекомендації щодо усунення обрізання та компенсації родючості ґрунтів були надані вже в попередньому проекті ЄС (EuroPruning 2016a). П'ять основних критичних умов ґрунту були враховані:

1. Хороша структура ґрунту та високий рівень SOM є умовами, що забезпечують оптимальну здатність ґрунтової води та доступність поживних культур для деревних культур. Конкретними показниками, які слід враховувати, є насипна щільність SOC і ґрунту.
2. Запобігання втратам поживних речовин шляхом глибокого водовідведення, особливо з урахуванням вилуговування нітратів, що викликає евтрофікацію водних потоків і підземних вод. Специфічні показники: баланс поживних речовин і вилуговування нітратів.
3. Уникайте ерозії ґрунту через поверхневий стік води, що призводить до втрат дрібних частинок ґрунту та SOM у ґрунті (втрати ґрунту вважаються індикатором).
4. Різко скоротити викиди парникових газів (парникових газів) в атмосферу, особливо з урахуванням CO₂, N₂O та CH₄ (ці останні слід розглядати як індикатори).
5. Особливо критичні місцеві ґрунтові умови повинні бути також розглянуті, такі як ризик заболочування, солоної води, ущільнення і твердих каменів, хімічних або фізичних обмежень (наприклад, екстремальний рН, лужність, низька провідність води і т.д. конкретні показники).

В рамках проекту EuroPruning було виявлено вплив видалення обрізки з урахуванням вищезазначених умов і показників ґрунту, і було зроблено висновок, що обрізка може бути вилучена з ґрунту, якщо організовані інші джерела вуглецю (наприклад, покриття трави зміна органічних ґрунтів) і експорт живильних речовин компенсується постачанням поживними речовинами (за рахунок удобрення).

Однак деякі недоліки можуть бути виявлені. Дуже схематично:

Обрізки не слід видаляти з поля, якщо:

- Не може бути встановлено рослинного покриву > 80% між деревами (міжрядь) та
 - а) структура ґрунту слабка і прагне до ущільнення / замулювання / поверхневого стоку або
 - б) сади схильні до ерозії і не існує альтернативних засобів захисту від ерозії;
 - в) верхній ґрунт має тенденцію до заболочування / безкисневих умов або
- Відсутність рослинного покриву зі свіжою біомасою > 15 т га⁻¹ у-1 (3 т га⁻¹ у-1) і низьким вмістом вуглецю в ґрунті.

Якщо застосовується один або кілька випадків, що містяться у пунктах (а) - (с), домінуючу проблему слід розглядати таким чином:

- Якщо (а) о (b), то обрізка повинна бути подрібнена і використана як мульча для покриття.
- Якщо (с), то обрізка повинна бути подрібнена і оброблена в ґрунт.

Ця загальна порада може бути змінена відповідно до місцевих екологічних характеристик. Крім того, було рекомендовано уважно розглянути наслідки таких факторів:

Сад без рослинного покриву між деревами може бути схильний до важкої ерозії в похилому полі. Необхідно дотримуватися балансу поживних речовин між подачею добрив і поглинанням поживними речовинами. Ефективне зрошення в саду потребує балансу між водою, що застосовується, та водою, що зливається, для запобігання виникненню солоності в ґрунті («вимоги до вимивання»).

Більшість проблем родючості / стійкості ґрунтів може бути вирішена з використанням існуючих інструментів і методів управління; Здається, що ці проблеми не пов'язані, насамперед, з видаленням обрізки з садів. Уважно розглядаючи ці рекомендації, енергетичне використання обрізки можна запропонувати як звичайну операцію. Це були висновки, зроблені за результатами аналізу EuroPruning та проведених оцінок.

5.2 Запропонована методологія оцінки

Рекомендації, представлені в рамках проекту EuroPruning, є відмінним набором оперативних рекомендацій та цікавою відправною точкою для подальшого розвитку.

Доступні комплексні рамки для оцінки впливу сільськогосподарської практики на екосистемні послуги ґрунту і, врешті-решт, дисинтези (Ferrarini et al., 2017; Barot et al., 2017; Clothier et al., 2011; Dominati et al., 2014). Комплексний показник якості ґрунтів повинен ґрунтуватися на виборі ґрунтових показників, чутливих до управління, які є специфічними для трьох компонентів здоров'я ґрунту: фізичного, хімічного та біологічного (Clothier et al., 2011; Moebius-Clune et al., 2016). Schindelbeck et al., 2008).

Метою цього звіту є набагато більш обмежений і обмежений характер, і він орієнтований на розробку легкої у впровадженні схеми оцінки (можна сказати, якийсь короткий "контрольний список") для того, щоб відобразити сформовані ґрунтові умови, визначивши мінімальний набір властивостей ґрунту, разом з кліматичними умовами. Відповідно до перевіреного стану ґрунту та за допомогою показників, пов'язаних з основними властивостями ґрунту, можна отримати повну оцінку щодо управління ґрунтами, що має бути застосовано, та подальшої долі обрізки (видаляти або зберігати на полі).

Запропонована методологія побудована на трьох послідовних етапах (див. Рисунок 5.1), включаючи вибір індикаторів, оцінку стану ґрунту та вибір або відповідну стратегію управління, а також вибір правильних управлінських операцій та послідовного впровадження. Нижче наведено триступінчастий процес, що схематично повідомляється.

- Крок 1.** Оцінка стану ґрунту шляхом виявлення лише чотирьох загальних показників. (Таблиця 5.1).
- Крок 2.** Встановлення стратегій управління ґрунтом, які повинні бути ефективними для підтримки або поліпшення якості ґрунту (і збереження вмісту SOM) як результат попередньої оцінки ґрунту (таблиця 5.2).
- Крок 3.** Впровадження технічних варіантів або приписів відповідно до обраної стратегії управління для дотримання якості ґрунту при використанні обрізки в енергетичних цілях (Таблиця 5.3).

5.3 Оцінка стану ґрунтів

Перший крок повинен дозволити оцінити ґрунтові умови, які виявляються з урахуванням мінімального набору даних, що складається тільки з чотирьох показників якості ґрунту. Розглянуто такі показники: вміст SOM, текстура ґрунту, схил ґрунту та кліматичні умови.

а) Вміст ґрунту в органічній речовині (SOM), виражений у відсотках від сухої маси ґрунту. Теоретично слід розглядати тільки стабільні і гуміфіковані сполуки, де вміст вуглецю знаходиться в діапазоні 52-58% у вазі щодо SOM. Загальноприйнятий коефіцієнт для перетворення органічного вуглецю ґрунту (SOC) в органічну речовину ґрунту (SOM) дорівнює 1,724, ґрунтуючись на припущенні, що органічна речовина ґрунту точно містить 58% вуглецю. Як середній, дуже загальний показник, бідність ґрунту в SOM - це ті, які мають значення, менше 1,5%; помірно поставляються ґрунти з SOM в діапазоні 1,5-2,5%; нарешті, добре поставляються ґрунти з величиною SOM вище 2,5%. Щоб бути більш точними в такому вигляді оцінки, слід враховувати, що текстура ґрунту суттєво впливає на вміст SOM, що поступово зменшується в тій мірі, в якій текстура ґрунту більше представлена піском, ніж глиною (Таблиця 5.1). Рисунок 5.2 показує карту вмісту органічного вуглецю в ґрунті Європи.

б) Текстура ґрунту або відсотковий розклад ґрунтових елементарних частинок у тривимірних класах глини, мулу та піску. Текстура ґрунту (разом зі структурою) сильно корелює з

здатністю ґрунтової води, водопроникністю і провідністю, аерацією, ущільненням і механічною обробкою. Всі ці властивості суттєво впливають на динаміку COM та її оборот. Дуже легкі текстуровані ґрунти (більш висока фракція піску) схильні до мінералізації SOM, тоді як важкі текстуровані ґрунти (вища фракція глини) можуть бути дуже важкими і важкими для культивування і схильними до заболочування. Найкращі умови реєструються при наявності суглинистих ґрунтів. Вапнякові ґрунти (вапняк > 10%) зазвичай мають достатньо основний рН (7,4-7,9) і нижчу величину SOM, тоді коли рН досить низький (6,1-6,5), кількість SOM, як правило, вище.

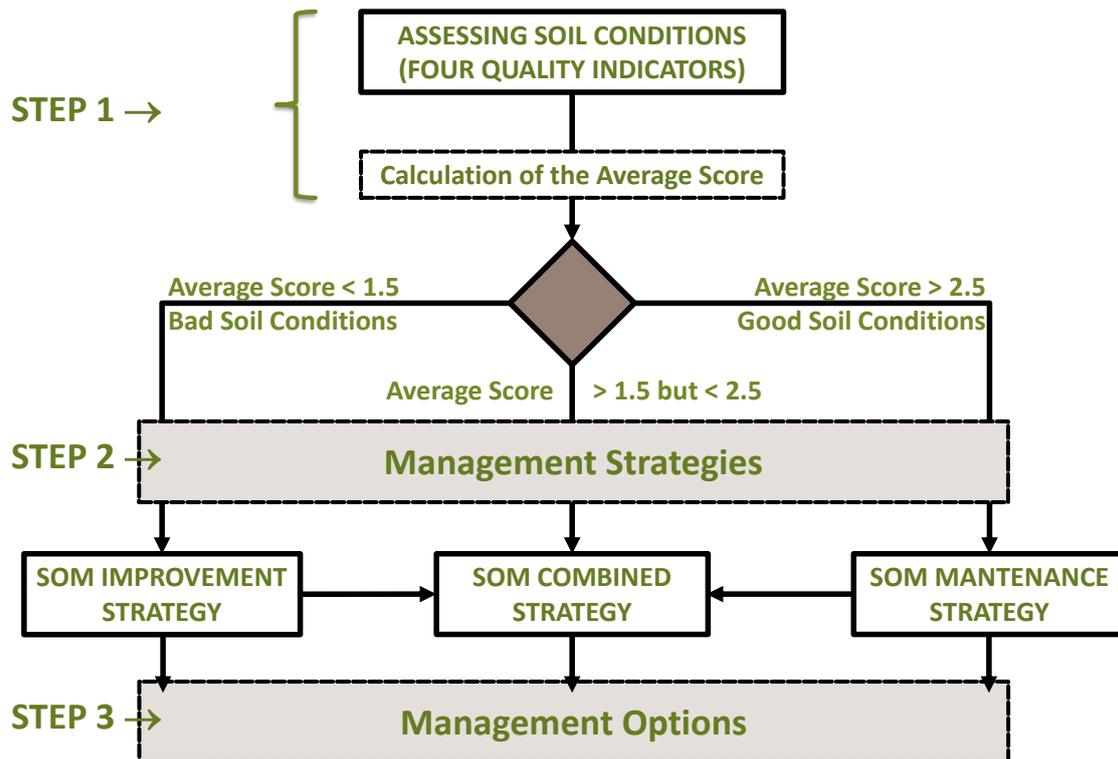


Рисунок 5.1 Схема процесу запропонованої методології для оцінки стійких ґрунтових умов для видалення обрізки плодових дерев з поля. Процес оцінки складається з трьох послідовних етапів: а) ґрунтові умови; б) стратегії управління; в) варіанти управління.

с) Нахил ґрунту (у відсотках). Якщо нахил ґрунту нижче 5%, ґрунт можна вважати плоским або помірно плоским; якщо кут нахилу становить від 5 до 20%, то нахил ґрунту є значним; нарешті, нахил сильний, якщо нахил ґрунту перевищує 20%. Чим вище схил ґрунту, тим вищий ризик ерозії ґрунту в разі сильних дощів, інтенсивного водотоку і обмеженого просочування води в ґрунт. Через ерозії ґрунт разом з втратами SOM може бути дуже значним.

д) Місцеві кліматичні умови можна охарактеризувати, застосувавши річний індекс занепаду Де Мартонна, коли головний інтерес полягає у оцінці вмісту ґрунтової води та доступності води для росту рослин. Формула Де Мартонна така: $P / (T + 10)$; де P - річна кількість опадів (виміряна в мм), також враховуючи загальну кількість поливної води, що подається до

деревних культур, а Т - середньорічна температура (виміряна в ° С). Індекс сухість як кліматична змінна відноситься до середнього значення досить тривалого періоду часу, який є статистично репрезентативним часом, щонайменше тридцятирічним періодом, згідно з даними Всесвітньої метеорологічної організації (Рисунок 5.3). Індекс сухість суворо співвідноситься зі швидкістю мінералізації SOM, оскільки більш високі температури і низька доступність води сприяють декомпозиції SOM, що вимагає більш високих щорічних входів SOM.

Таблиця 5.1 Вміст ґрунту в органічній речовині (SOM), виражений у відсотках від сухої маси ґрунту і по відношенню до основних категорій ґрунту.

Вміст SOM	Пісчані ґрунти (1)		Суглинні ґрунти (2)		Глиняні і силосні ґрунти (3)		Загальні показники	
	≥	<	≥	<	≥	<	≥	<
Дуже низький		0.80		1.00		1.20		1.00
Низький	0.80	1.40	1.00	1.80	1.20	2.20		1.50
Помірний	1.40	2.00	1.80	2.50	2.20	3.00	1.50	2.50
Високий	2.00		2.50		3.00		2.50	

(1) Пісчані ґрунти = пісок, суглинні ґрунти; пісчані суглинки.

(2) Суглинні ґрунти = суглинки, глинисті суглинки, супіски

(3) Глиняні і силосні ґрунти = глина, мулова глина, глинисті глинисті суглинки, піщана глина, мул.

Згідно з оцінкою, що приписується кожному індикатору ґрунту, можна виділити три можливі оцінки: 1, 2 або 3, відповідно. Зростаюча оцінка ідентифікує кращі характеристики якості ґрунту відповідно до специфікацій, наведених у Таблиці 5.2.

Кінцевий бал - це середній бал, отриманий з чотирьох індивідуальних балів, визначених для кожного індикатора ґрунту. Наприклад: SOC = 3; Текстура = 3; Нахил ґрунту = 2; Кліматичний стан = 1; Score Середня оцінка = $(3 + 3 + 2 + 1) / 4 = 2.25$. Розрахована середня оцінка відповідає «Жовтому світлу» щодо використання обрізки (як зазначено в таблиці 5.3), що вимагає спеціальної стратегії управління, що складається з набору технічних варіантів, доступних фермеру.

Таблиця 5.2 Показники якості ґрунту розглянуті в процедурі оцінки ґрунту.

БАЛИ	SOM (%)	ТЕКСТУРА (%)	НАХИЛ ГРУНТУ (%)	КІМАТИЧНІ УМОВИ*
3	> 3.0	CLAY 10-30; And SILT < 50; And SAND < 50	< 5	> 30
2	1.5 - 3.0	CLAY 10-30; And SILT > 50; Or SAND > 50	5 - 20	20 - 30

1	< 1.5	CLAY < 10 Or CLAY > 30	> 20	< 20
---	-------	------------------------------	------	------

* De Martonne's annual aridity index

5.4 Визначення правильної стратегії управління

Другий крок повинен дозволити визначити правильну стратегію управління ґрунтом після отримання остаточної оцінки стану ґрунту (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 Стратегії управління ґрунтами відповідно до середньої оцінки ґрунтових умов.

ЗАГАЛЬНІ БАЛИ	УПРАВЛІНСЬКА СТРАТЕГІЯ
 Бал > 2.5	<p>"Зелене світло"</p> <p>Стан ґрунтів хороший або оптимальний.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Повна можливість видалення обрізок з ґрунту. ⇒ Ніякі специфічні перевірки не потрібні. ⇒ Необхідно застосовувати параметри якості ґрунту.
 Бал ≤ 2.5 > 1.5	<p>"Жовте світло"</p> <p>Стан ґрунтів не оптимальний але все ще хороший; впевнено не критичний.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Обрізки можуть бути видалені з ґрунту. ⇒ Необхідна специфічна стратегія управління ґрунтами. ⇒ Поєднання (щонайменше) трьох можливостей "підвищення якості" і інших двох можливостей "підтримки якості" повинні бути застосованими.
 Бал ≤ 1.5	<p>"Червоне світло"</p> <p>Стан ґрунтів поганих або дуже поганих.</p> <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Немає можливості видалення обрізок з ґрунту ⇒ Необхідна сильна реорганізація практики управління ґрунтом. ⇒ Необхідно застосовувати набір варіантів «підвищення якості».

а) Якщо розрахована середня оцінка перевищує 2,5, то ґрунтові умови є добрими або навіть оптимальними. Увімкнено "Зелене світло". Це означає, що доступна повна можливість видалення обрізки з ґрунту, що стосується їх використання в енергетичних цілях. Таким чином, жодне конкретне коригування не є суттєво необхідним для подальшого вдосконалення поточного застосованого управління ґрунтом за умови, що, принаймні, параметри обслуговування SOM вже впроваджені.

б) Якщо розрахована середня оцінка знаходиться в діапазоні 1,5 - 2,5, то ґрунтові умови не є оптимальними, але все ще хорошими; безумовно, не критично. Увімкнено "Жовте світло".

Це означає, що обрізка може бути вилучена з ґрунту і адресована енергетичним цілям за умови застосування специфічних варіантів управління («перехресне відповідність»). Ці приписані операції є комбінацією принаймні трьох варіантів «підвищення якості» та двох «якісних».

с) Якщо розрахована середня оцінка нижча за 1,5, то ґрунтові умови погані або дуже погані. Увімкнено «Червоне світло». Це означає, що немає можливості усунути обрізку з ґрунту та вирішити питання їх використання в енергетичних цілях. Альтернативно, необхідна глибока перебудова існуючих методів управління, щоб встановити кращі ґрунтові умови щодо вмісту SOM. Таким чином, ґрунтові умови повинні бути різко посилені, застосовуючи набір варіантів «поліпшення якості». Це має бути єдиним відповідним і обов'язковим набором варіантів, якщо обрізка буде видалена з ґрунту. Таким чином, на ґрунт застосовується режим регенеративного управління (див. «Стратегія підвищення якості ґрунту» у таблиці 5.4).

Крім того, слід чітко та очевидно:

- Незалежно від початкових ґрунтових умов, стратегія «зменшення якості ґрунту» не є доступною і, отже, її слід уникати, навіть якщо залишки плодів не будуть вилучені з плодової плантації (застосовується «принцип обережності»).
- І навпаки, незалежно від можливих стартових умов ґрунту, стратегія "підвищення якості" повинна заохочуватися всіма фермерами, незалежно від долі обрізки, як якщо вона залишається, так і видаляється з поля ("найкращий принцип") викликається в цьому випадку).

5.5 Застосовуйте рецепти управління

Третій крок повинен дозволити реалізацію деяких технічних варіантів або приписів відповідно до обраної стратегії управління.

- Управління землею фермерами повинно враховувати набір технічних варіантів, здатних зберігати і підтримувати якість ґрунтів і екологічні послуги, а також можливість надавати ресурси для росту рослин і продуктивності. У цьому відношенні органічні добрива, ґрунтовий покрив травами та механічні процеси ґрунту вважаються основними впливовими варіантами управління.
- Після оцінки середнього балу чотирьох показників якості ґрунтів, фермери повинні розглянути низку стратегій підтримки або поліпшення ґрунту, щоб гарантувати, що відмова від обрізки не знижує якість ґрунту та його родючість у довгостроковій перспективі. Для цього можливі наступні варіанти (див. Таблицю 5.4):
- Якщо середня оцінка > 2,5: конкретні дії не вимагаються, крім стратегії обслуговування.

- Якщо середня оцінка становить від 1,5 до 2,5: фермери повинні забезпечити застосування низки передових практик в управлінні ґрунтом. Ці практики спрямовані на підвищення якості ґрунту з метою вилучення обрізки з поля. Фермер погодився прийняти належні практики поводження з ґрунтом згідно з наступною сумішшю: (Таблиця 5.4)

- о Щонайменше 3 заходи щодо підвищення якості ґрунтів (стратегія «підвищення якості»).

- о Не більше 2 заходів щодо збереження якості ґрунтів (стратегія «підтримки якості»).

- Якщо середній бал <1,5: оскільки ґрунтові умови дуже несприятливі, то видалення обрізки для використання енергії відповідно до звичайних методів управління ґрунтом не відповідає меті збереження стійкості ґрунтів. За замовчуванням обрізання може мати важливу роль як джерело вуглецю, який необхідно додати до ґрунту, і фермерам слід рекомендувати використовувати обрізку в якості вуглецевого матеріалу. Обрізання на енергію можна стимулювати лише за умови, що фермери рідко застосують такі добрі практики:

- о Усі наявні 5 заходів щодо підвищення якості ґрунтів (стратегія «підвищення якості»).

У таблиці 5.4 наведено резюме сільськогосподарських робіт, що дозволяють підвищити якість ґрунту та стратегії підтримки.

Таблиця 5.4 Стратегії управління ґрунтами відповідно до кількох технічних варіантів.

	TECHNICAL OPTIONS				
	УПРАВЛІННЯ ДОБРИВАМИ	СТУПІНЬ ПОКРИТТЯ ҐРУНТУ	ПЕРІОД ПОКРИТТЯ ҐРУНТУ	МЕХАНІЗОВАНА ОБРОБКА ҐРУНТУ	ВПЛИВ МЕХАНІЧНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ
УПРАВЛІНСЬКІ СТРАТЕГІЇ	Органічні добрива або гній	повне покриття	покриття протягом року	відсутня (no-tillage)	низький
ПІДВИЩЕННЯ SOM	Органічні добрива або рослинний перегній	повне або часткове покриття	покриття протягом року або впродовж зими	відсутня або суттєво зменшена	низький або помірний
КОМБІНОВАНІ СТРАТЕГІЇ SOM	Рослинний перегній	часткове покриття	впродовж зими	суттєво зменшена (minimum tillage)	помірний
ЗМЕНШЕННЯ SOM	Не гній і не органічні добрива	лімітоване або відсутнє покриття	лімітоване або відсутнє зимове покриття	звичайний (ploughing and subsoiling)	високий

Останній розділ цього розділу містить деякі міркування щодо різних технічних варіантів забезпечення сталого управління ґрунтами фермерами, чиї родовища повинні бути покращені з точки зору якості ґрунтів та вмісту SOM.

Поставка повністю зрілої і компостируемой органічної речовини (будь то тваринного або рослинного походження) є фактором, що безпосередньо впливає на споживання вуглецю ґрунту та його баланс SOM. Таким чином, ця фермерська операція, як правило, є дуже ефективною у встановленні фази швидкого і прогресивного збільшення вмісту ЗСМ.

Покриття ґрунту за допомогою природно встановленої або насінної трави (мал. 5.2) має два різних способи здійснення ґрунтозахисної дії: одна пов'язана з «простором» (частка фактично покритого ґрунту), а інша - «час» (частка року, коли ґрунтовий покрив присутній і активний). Чим вище фракція покритої поверхні, як у просторі, так і в часі, тим більше користь для ґрунту. Мікрокліматичні умови, які спостерігаються в покритому ґрунті, є дуже позитивними для зменшення евапотранспірації, збереження ґрунтових вод, підвищення інфільтрації води, уникнення поверхневого стоку і ерозії ґрунту, пом'якшення екстремальних температур (як максимальних, так і мінімальних), сприяння бактеріальної та мікоризної діяльності, гуміфікації та поживних речовин. Трав'яна кришка в міжрядь вирішує багато проблем стійкості для використання обрізки. Він генерує альтернативний джерело вуглецю завдяки динаміці мікробіології ґрунту та накопиченню гумінових речовин (EuroPruning, 2016a, b).



Рисунок 5.2. Порівняння двох протилежних підходів в управлінні ґрунтами; малюнок ліворуч показує поверхню ґрунту, що залишилася оголеною, а на малюнку праворуч зображено ґрунт, покритий травами, і висушені рослинні залишки.

Враховуючи клімат Середземномор'я, осінньо-зимовий сезон характеризується переважно дощами, тоді як весняно-літній сезон, як правило, майже посушливий. Ці спостереження означають, що в сезон дощів велике, щільне і ефективне ґрунтове покриття має велике значення для збереження ґрунту шляхом ерозії. Більш того, активність дерев взимку сповільнюється або відсутня. І навпаки, під час сухого сезону трави можуть конкурувати з фруктовими деревами для водної літальності; зростання трави є складним через це

кліматичне обмеження (якщо не застосовується зрошення), але в будь-якому випадку періодичні операції косіння мають на меті зменшити цей конкурентний ефект. Тому ґрунтовий покрив з травою вважається більш ефективним взимку, ніж у літній час.

Перешкоджає частому і важкому механічному впливу ґрунт викликає деградацію ґрунтів і втрати, особливо коли основна ґрунтова складова глина. Надто енергійне змішування ґрунту призводить до швидкої мінералізації СОМ, що призводить до втрати органічного вуглецю разом з поживними речовинами. Ущільнення ґрунту, заболочування, безкисневі умови є, як правило, наслідками, що виникають. Застосовувати зменшену обробку ґрунту або навіть розробляти систему обробітку без обробітку ґрунту (у поєднанні з покривними культурами) є дуже позитивною переорієнтацією у господарстві.

У будь-якому випадку, і незалежно від прийнятої системи землеробства (якщо більш-менш орієнтована на сталу практику вирощування) періодично здійснює моніторинг характеристик ґрунту, з особливою увагою до змісту СЗМ, щоб оперативно перевірити. Можна виявити динамічну еволюцію якості ґрунту.

6. Рекомендації і висновки



6. РЕКОМЕНДАЦІЇ І ВИСНОВКИ

Враховуючи загальну діяльність фермерів, що інвестується в управління плантацією плодкових дерев, підтримка якості ґрунтів і родючості відіграє важливу роль, з великими і важливими наслідками як в короткий, так і в тривалий термін.

Концепція *екологічної стійкості* свідчить, що використання природних ресурсів, що сприяють виробництву сільськогосподарського виробництва та формуванню врожаю, слід витратити в темпі з урахуванням темпів їх природної регенерації. Будучи в повній відповідності з цим екологічним принципом є вирішальним ключем для виконання гарної сільськогосподарської практики і досягнення успіху в сільському господарстві.

Уникнення будь-якого ризику згубного впливу на родючість ґрунтів і на екосистему в цілому є метою, таким чином підтримуючи повну реалізацію потенціалу врожайності рослин, у взаємодії з кількома іншими технічними операціями, такими як комплексне боротьба з шкідниками та хворобами, зрошення та дренажування, керування навісом і обрізка.

Видалення обрізки з саду або фруктові плантації означає видобування ресурсів, які повинні бути повернуті або компенсовані, що дозволить уникнути прогресивних шкідливих наслідків і зuboжіння ґрунтів у довгостроковій перспективі. У цьому відношенні в цьому документі було представлено та обговорено підхід до оцінки сталого стану ґрунту для видалення залишків плодкових дерев.

Головним критерієм, який необхідно розробити в управлінні плантацією плодкових дерев, є «рівноваги» або «рівноваги». Залежно від стартових умов ґрунту можуть бути застосовані кілька технічних варіантів, щоб протидіяти видаленню обрізків і забезпечити хорошу сільськогосподарську продуктивність. Чим гірші ці умови, тим міцнішими є ефективні операції, які необхідно запровадити, і необхідність розвивати практики вирощування до кращих екологічних стандартів.

Щоб зробити резюме, корисними можуть бути деякі остаточні схематичні міркування:

- Відкрите горіння обрізки (рис. 6.1) слід завжди не рекомендувати, якщо тільки шкідник і хвороба не є, а залишки показують чіткі симптоми забруднення мікроорганізмів. Тільки в цьому випадку обрізка горіння у відкритому полі може переноситися як правильна операція, обґрунтована необхідністю запобігання поширенню нападів шкідників (тобто з причин профілактики). Інакше, відкрите поле горіння є дуже небезпечною практикою через неконтрольовану пожежу і дим дифузії викликають аварії. Ця звичайна практика також є екологічно нездатною (через викиди ПГ та забруднюючих речовин в атмосферу); нездорові для ґрунту (через послідовну мінералізацію SOM, ліквідацію мікробів, гідрофобну поведінку ґрунту тощо); цілком непридатні з точки зору постачання мінералів золою (як широке поширення приблизно 7-14 кг / га в K₂O; 2-4 кг / га в P₂O₅).

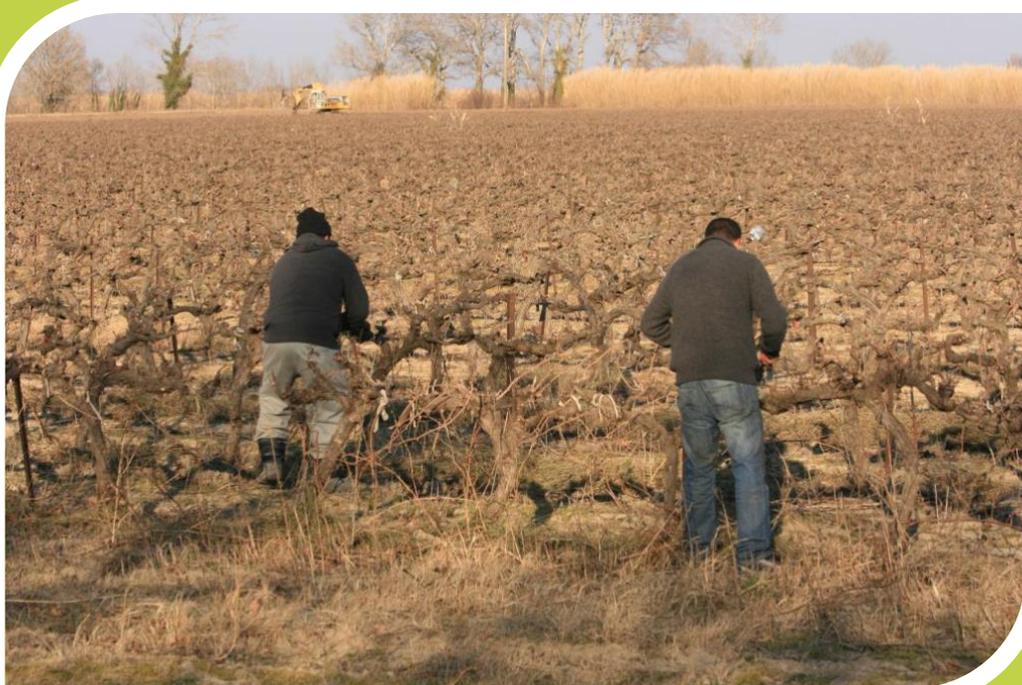
- Подрібнення обрізок для створення мульчуючого покриття на ґрунті або, альтернативно, для інтеграції залишків у верхні шари ґрунту, може представляти корисну операцію з точки зору якості та здоров'я ґрунтів. Як дуже загальна і груба оцінка, ця практика щорічно дає можливість повернення до ґрунту кількості SOM приблизно дорівнює 40% гумусу, щорічно втрачається шляхом мінералізації. Що стосується корисних копалин, приблизно 10-30% річних потреб у макроелементах і 30-50% в мікроелементах надаються шляхом розкладання обрізки. Це означає, що компенсація за органічними та мінеральними добривами необхідна. Крім того, слід враховувати додаткову подачу азоту для обходу так званого «азотного блоку». Органічні добрива (порівняно з мінералами) мають ту перевагу, що характеризується більш повільним вивільненням поживних речовин, що дозволяє уникнути втрат через вимивання або поверхневого стоку, а також функціонувати як кондиціонери ґрунту.



Рисунок 6.1 Горіння обрізки у відкритому ґрунті повинно бути завжди не рекомендується, якщо тільки шкідники та хвороби не є, а залишки показують явні симптоми забруднення мікроорганізмів.

- Перетворення енергії на обрізку не протиставляється стійкому управлінню ґрунтом та довгостроковій якості та родючості ґрунту. Ці висновки були викладені вже як результат попереднього проекту ЄС (EuroPruning 2016a, b) і повністю підтверджені тут. Обрізка може бути видалена та адресована енергетичним цілям за умови, що в управлінні фермера організовується і регулярно здійснюється комплекс протидіючих операцій. Отримавши таким чином адекватні та безпечні ґрунтові умови, енергетичне використання обрізки може бути рекомендовано без будь-якого навантаження на ресурси ферми та навколишнє середовище.

7. Словник і визначення



7. СЛОВНИК І ВИЗНАЧЕННЯ

Пояснення щодо джерел, що використовуються для складання глосарію та визначень. У більшості випадків (де це не вказано по-іншому) джерелом є англійська версія Вікіпедії.

Плантація плодкових дерев. Культивовані поля або посилки, висаджені плодковими деревами або чагарниками, призначені для виробництва фруктів. Картина посадки може бути поодинокими або змішаними фруктовими видами. До цієї категорії відносяться деревні постійні культури, такі як:

- фруктові: яблука, груші, сливи, абрикоси, персики, вишні, айви, інші рожеві та інжир;
- оливкові насадження та виноградники;
- ягідники: чорна та / або червона смородина, малина, агрус, ожина;
- цитрусові: апельсини, лимони, мандарини, мандарини, плоди винограду, помело;
- горіхові культури: каштан, волоський горіх, мигдаль, фундук, порція.

Фруктовий сад. Фруктовий сад - це навмисна посадка дерев або чагарників, яка підтримується для виробництва фруктів. Сади складаються з дерев, що виробляють фрукти або горіхи, які, як правило, вирощуються для промислового виробництва. Сади також іноді є особливістю великих садів, де вони служать як естетичним, так і продуктивним цілям. Фруктовий сад, як правило, є синонімом фруктового саду, хоча він встановлений у меншому комерційному масштабі.

Обрізка плодкових дерев. Вирізання та видалення окремих частин плодового дерева. Вона охоплює ряд садівничих технологій. Обрізка часто означає різання гілок, іноді повністю видалення менших кінцівок; це може також означати видалення молодих пагонів, бутонів і листя.

APPR. Акронім. Особливий вид сировини з біомаси, що відповідає деревині з "Аграрної обрізки та вивезення плантацій". Цей аббревіатура використовується в рамках проекту uP_running.

Якість ґрунту. Визначено як "здатність конкретного виду ґрунту функціонувати в межах природних або керованих екосистем, щоб підтримувати продуктивність рослин і тварин, підтримувати або покращувати здоров'я навколишнього середовища, наприклад, якість води та повітря, і підтримувати здоров'я людей і житло" (Doran) і Parkin, 1994). Спільний науково-дослідний центр Європейської Комісії запропонував наступне визначення: "Якість ґрунту - це облік здатності ґрунту надавати екосистемі та соціальні послуги через свої можливості для виконання своїх функцій у змінених умовах". (Tóth et al., 2007). Якість ґрунту відображає, наскільки добре ґрунт виконує функції збереження біорізноманіття та продуктивності, розподіл потоків води та розчинених речовин, фільтрацію та буферизацію, кругообіг поживних речовин та підтримку рослин та інших структур. Управління ґрунтами має значний вплив на якість ґрунту. Якість ґрунту відноситься до функцій ґрунту.

Функції ґрунту. Загальні можливості ґрунтів, які є важливими для різних сільськогосподарських, екологічних, природоохоронних, ландшафтних архітектур і міських застосувань. ґрунт може виконувати багато функцій, і вони включають функції, пов'язані з природними екосистемами, продуктивністю сільського господарства, якістю навколишнього середовища, джерелом сировини та базою для будівель.

Шість основних функцій ґрунту:

- Продукти харчування та інше виробництво біомаси
- Взаємодія навколишнього середовища
- Біологічне середовище проживання та генофонд
- Джерело сировини
- Фізична і культурна спадщина
- Платформа для техногенних структур

Здоров'я ґрунту. Стан ґрунту, що відповідає його спектру функцій екосистеми відповідно до його середовища. Здоров'я ґрунту, як сформульовано Kibblewhite et al. (2008), як "інтегративна власність, що відображає здатність ґрунту реагувати на сільськогосподарське втручання, так що вона продовжує підтримувати як сільськогосподарське виробництво, так і надання різноманітних екосистемних послуг".

Термін використовується для опису стану ґрунту, наприклад:

- Підтримка продуктивності рослин і тварин і біорізноманіття (біорізноманіття ґрунтів);
- Підтримання або підвищення якості води та повітря;
- Підтримка здоров'я людини та житла.

Слово «здоров'я» зосереджує сприйняття стану ґрунту та функціонування, щоб бути інтегративним, цілісним та систематичним. Основним принципом у використанні терміну «здоров'я ґрунту» є те, що ґрунт - це не просто інертна, безжиттєздатна рослинна середовище, яку сучасне землеробство, як правило, представляє, а це жива, динамічна система. Виявляється, ґрунти з високою родючістю з точки зору урожайності також живі з біологічної точки зору.

Управління ґрунтами. Застосування операцій, практик і методів лікування для захисту ґрунту та підвищення його продуктивності (наприклад, родючості ґрунту). У сільському господарстві необхідно керувати ґрунтом, щоб запобігти погіршенню продуктивності сільськогосподарських угідь протягом десятиліть. Для захисту та збереження ґрунтових ресурсів необхідні конкретні практики управління ґрунтом. Ці практики включають збереження ґрунтів, зміну ґрунту та збереження здоров'я ґрунтів.

Природний капітал. Вона включає світові запаси природних ресурсів, що включає геологію, ґрунти, повітря, воду та всі живі організми. Деякі активи природного капіталу забезпечують людям безкоштовні товари та послуги, які часто називають екосистемними послугами. Два з них (чиста вода і родючий ґрунт) підкріплюють нашу економіку і суспільство і роблять можливим людське життя.

Екосистемні послуги. Вони представляють багато і різноманітні переваги, які люди вільно отримують від природного середовища (природного капіталу) і від належним чином функціонуючих екосистем. Такі екосистеми включають, наприклад, агроекосистеми, лісові екосистеми, лугові екосистеми та водні екосистеми. Екосистемні послуги згруповані в чотири широкі категорії: надання послуг, такі як виробництво продуктів харчування та води; регулювання, такі як контроль клімату і хвороби; підтримка, така як цикли живлення та виробництво кисню; та культурні, такі як духовні та рекреаційні переваги.

Фонди і запаси. Ніколас Жоржеску-Руген (1971) запропонував принципову відмінність між фондами та запасами природних ресурсів:

- Фонди, такі як деревина або риба, які створюються і підтримуються сонячною радіацією, здатні відновити себе і забезпечити як екологічні, так і економічні послуги, доки виконуються умови, необхідні для їх відновлення. Родючість ґрунтів також є фондом, коли поповнюються поживні речовини.

- Запаси, такі як нафта або мідь, являють собою обмежені резервуари організованої речовини і мінералізованої енергії в результаті біогеохімічних процесів на геологічному (а не історичному) часовому масштабі, але з яких можна витягувати потоки енергії-речовини. Ці потоки можуть експлуатуватися лише за відносно короткий період людської історії, залишаючи виснажені запаси та погіршуючи навколишнє середовище через їх розсіювання енергії-матерії. Запаси відповідають невідновлюваним ресурсам.

Екологічна стійкість та екологічна сумісність.

Хоча критерій екологічної стійкості вказує, що рівень використання ресурсів повинен відповідати їхньому природному відновленню, критерій екологічної сумісності пов'язаний із збереженням добрих умов навколишнього середовища. Підтримка природного стану екологічних компонентів (на макро- та мікро-масштабі) або вимога, що діяльність людини не змінюється, змінюється або забруднюється якістю навколишнього середовища, як зазвичай розуміється або сприймається, є основними реквізитами. За якістю ми повинні розуміти, що сукупність характеристик, у тісному взаємозв'язку один з одним, здатна гарантувати здатність екологічної системи продовжувати виконувати комплекс функцій, приписаних їй.

Дилема. Термін походить від грецького: "подвійна пропозиція". Це проблема, яка пропонує дві можливості, жодна з яких не є однозначно прийнятною або кращою. Можливості називаються рогами дилеми. Ситуація, в якій важкий вибір має бути зроблений між двома різними речами, які ви могли б зробити

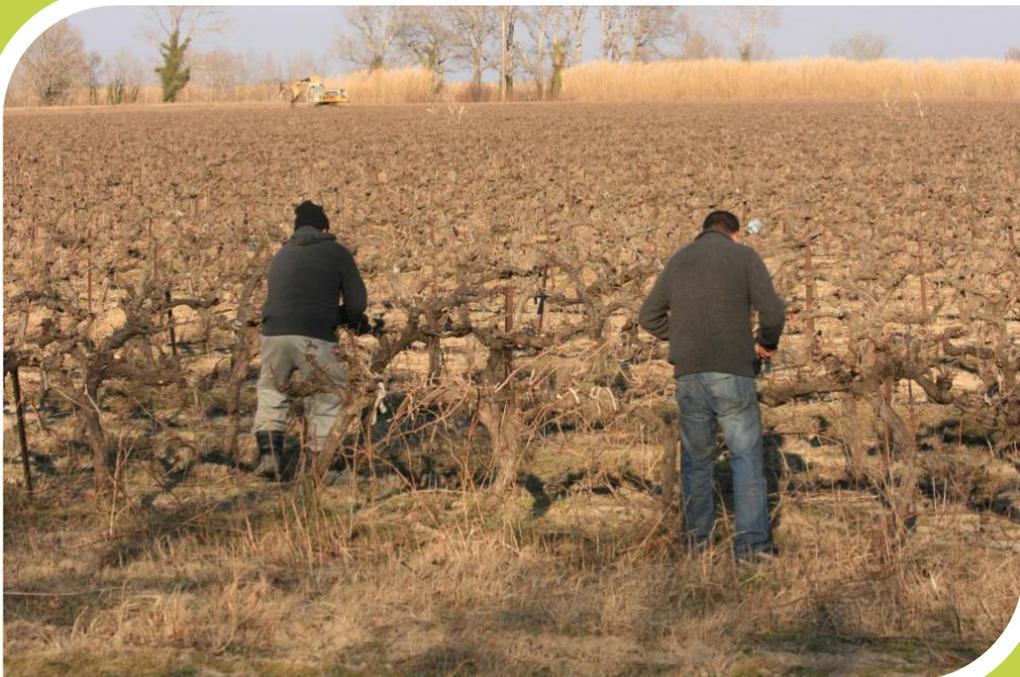
Подвійний зв'язок. За словами Грегорі Бейтсона та його колег, «подвійна зв'язок» - це емоційно тривожна дилема в комунікації, в якій індивід (або група) отримує два або більше конфліктуючих повідомлень, одна з яких заперечує іншу. Це створює ситуацію, в якій успішна відповідь на одне повідомлення призводить до невдалої відповіді на інше (і навпаки), так що людина буде автоматично помилковою незалежно від відповіді.

Компроміс. Рішення, яке передбачає зменшення або втрату в обмін на вигоди в інших аспектах. Компроміс - це те, де одна річ збільшується, а інша повинна зменшуватися. Компроміси відбуваються, коли корисна зміна однієї риси пов'язана зі згубною зміною іншої ознаки. Концепція компромісу передбачає тактичний або стратегічний вибір, зроблений з повним розумінням переваг і недоліків кожної установки.

Київський протокол. Київський протокол є міжнародним договором, який поширює Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату 1992 року (РКЗК ООН), яка зобов'язує держави-учасниці зменшити викиди парникових газів. Він був прийнятий у 1997 році і набув чинності з 2005 року. Перший період зобов'язань Протоколу розпочався у 2008 році та закінчився у 2012 році. У 2012 році був узгоджений другий період зобов'язань, відомий як Поправка Доха до Київського протоколу, і закінчується у 2020 році.

Паризька угода. Паризька угода є угодою в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (РКЗК ООН), яка стосується зменшення викидів парникових газів та адаптації до неї, підписаних у 2016 році. Переговори відбулися на 21-й Конференції Сторін (COP21) РКЗК ООН у Парижі. Довгострокова мета Паризької угоди полягає в тому, щоб зберегти зростання середньої глобальної температури на рівні нижче 2 ° C вище доіндустріального рівня; і обмежити збільшення до 1,5 ° C, оскільки це суттєво зменшить ризики та наслідки зміни клімату.

8. Список використаних джерел



8. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Adhikari K., Hartemink A.E., 2016. Linking soils to ecosystem services - A global review. *Geoderma* 262, 2 101-111.
- Alvaro-Fuentes, J., Lopez, M.V., Arrue, J.L., Moret, D., Paustian, K. 2009. Tillage and cropping effects on soil organic carbon in Mediterranean semiarid agroecosystems: testing the Century model. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 134, 211–217.
- Badalkova, B., 2010. Influence of soil tillage on soil compaction. In: Dedousis, A.P., Bartzanas, T. (Eds.), *Soil Engineering, Soil Biology 20*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 19-30.
- Baggs E.M., Rees R.M., Smith K.A., Vinten A.J.A., 2000. Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. *Soil Use Manage Oxford*. 16, 82-7.
- Balesdent, J., Chenu, C. & Balabane, M. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil and Tillage Research*, 53, 215–230.
- Barot S., Yé, L., Abbadie, L., Blouin, M., Frascaria, N., 2017. Ecosystem services must tackle anthropized ecosystems and ecological engineering. *Ecol. Eng.* 99, 486-495.
- Barot, S., Yé, L., Abbadie, L., Blouin, M., Frascaria, N., 2017. Ecosystem services must tackle anthropized ecosystems and ecological engineering. *Ecol. Eng.* 99, 486–495.
- Baveye P. C., Baveye J., Gowdy J., 2016. Soil “Ecosystem” Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science*, Volume 4, Article 41.
- Berndes G, Bird N, Cowie A, 2010. Bioenergy, land use change and climate change mitigation. IEA Bioenergy. Available from: <http://task39.org/files/2013/05/Bioenergy-Land-Use-Change-and-Climate-Change-Mitigation.pdf>
- Boschiero M., Cherubini F., Nati C., Zerbe S., 2016. Life cycle assessment of bioenergy production from orchards woody residues in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production* 112, 2569-2580.
- Boschiero, M., Kelderer, M., Schmitt, A.O., Andreotti, C., Zerbe, S., 2015. Influence of agricultural residues interpretation and allocation procedures on the environmental performance of bioelectricity production e a case study on woodchips from apple orchards. *Appl. Energy* 147, 235-245
- Brandão M, Milà i Canals L, Clift R., 2011. Soil organic carbon changes in the cultivation of energy crops: Implications for GHG balances and soil quality for use in LCA. *Biomass Bioenergy*. 35, 2323–36.
- Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., de Goede R., Fleskens L., Geissen V., Kuyper T.W., Mäder P., Pulleman M., Sukkel W., van Groenigen J.W., Brussaard L., 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Campbell E., Paustian K, 2015. Current developments in soil organic matter modeling and the expansion of model applications: a review. *Environ. Res. Lett.* 10, 123004
- Cederberg C, Stadig M., 2003. LCA case studies system expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. *Int J Life Cycle Ass.* 8, 350–6.

- Cherubini, F., Strømman, A.H., 2011. Life cycle assessment of bioenergy systems: state of the art and future challenges. *Bioresour. Technol.* 102 (2), 437-451.
- Cherubini, F., Ulgiati, S., 2010. Crop residues as raw materials for biorefinery systems e a LCA case study. *Appl. Energy* 87 (1), 47-57.
- Clothier, B.E., Hall, A.J., Deurer, M., Green, S.R., Mackay, A.D., 2011. Soil ecosystem services. *Sustaining Soil Productivity in Response to Global Climate Change*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK, pp. 117–139.. ch9.
- Costanza R. 2015. Ecosystem services in theory and practice. In *Valuing nature: Protected areas and ecosystem services*, Figgs P, Mackey B, Fitzsimons J, Irving J, Clark P (eds). Australian Committee for IUCN: Sydney; 6–15.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Costanza R., Daly H., 1992. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology* 6(1):37-46.
- Costanza R., de Groot R., Braat L., Kubiszewski I., Fioramonti L., Sutton P., Farber S., Grasso M., 2017. Twenty years of ecosystem services: How far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services* 28, 1-16.
- Cowie, A.L., Smith, P., Johnson, D., 2006. Does soil carbon loss in biomass production systems negate the greenhouse benefits of bioenergy? *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change* 11 (5e6), 979-1002.
- Dawson, J.J.C., Smith, P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Science of the Total Environment*, 382, 165–190.
- De Cicco J.M., Schlesinger W.H., 2018. Reconsidering bioenergy given the urgency of climate protection. *PNAS*, 115, 9642-9645.
- Demestihias C., Plénet D., Génard M., Raynal C., Lescourret F. (2017). Ecosystem services in orchards. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2017) 37: 12.
- den Boer, J., Gomez-Palmero, M., Sebastian, F., García-Galindo, D., Dyjakon, A., Bukowski, P., Den Boer, E., Germer, S., Bischoff, W-A., 2016. Pruning residues: energy production or mulching? Environmental impacts of almond pruning residues use. In *Proceedings of the 24th European Biomass Conference and Exhibition, Amsterdam, the Netherlands, 6-9 June 2016*; pp. 1485–1489.
- Dominati E.J., Mackay A., Green S., Patterson M., 2014. A soil change-based methodology for the quantification and valuation of ecosystem services from agro-ecosystems: a case study of pastoral agriculture in New Zealand. *Ecol. Econ.* 100, 119–129.
- Dominati EJ, 2013. Natural capital and ecosystem services of soils. In Dymond JR ed. *Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends*. Manaaki Whenua Press, Lincoln, New Zealand.
- Doran, J. W., et al. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison, WI: Soil Science Society of America.

- Doran, J.W. and Parkin, T.B. (1994) Defining and Assessing Soil Quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F. and Stewart, B.A., Eds., *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Soil Science Society of America Journal, Madison, 3-21.
- Dyjakon A., den Boer J., Szumny A., den Boer E. 2019. Local Energy Use of Biomass from Apple Orchards - An LCA Study. *Sustainability* 11(6):1604.
- EuroPruning (2016a). Report with recommendation for wood prunings utilisation for sustainable soil management. Deliverable Report D7.3 EuroPruning. Available at: www.europruning.eu
- EuroPruning (2016b). Report on environmental evaluation of the supply chain. Deliverable Report D8.1 EuroPruning. Available at: www.europruning.eu
- FAO, 2017. *Landscapes for life Approaches to landscape management for sustainable food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Ferrarini A., Bini C., Amaducci S., 2018. Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. *Applied Soil Ecology*. 123, 693-698.
- Ferrarini A., Bini C., Amaducci, S., 2018. Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. *Applied soil ecology v.123 pp. 693-698*
- Fritsche UR, Ralph EH, Sims REH, Monti A, 2010. Direct and indirect land-use competition issues for energy crops and their sustainable production - an overview. *Biofuels Bioprod. Bioref.* 4, 692-704.
- Garofalo P., Cammerino A.R.B., Delivand M.K., Monteleone M., 2014. Cereal straws for energy conversion: a regional assessment to preserve soil organic carbon and decrease GHG emission. Conference: 22nd European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg, Germany.
- Giuntoli, J., Boulamanti, A.K., Corrado, S., Motegh, M., Agostini, A., Baxter, D., 2013. Environmental impacts of future bioenergy pathways: the case of electricity from wheat straw bales and pellets. *Glob. Change Biol. Bioenergy* 5 (5), 497-512.
- Gliessman S. R. (2000). *Agroecology – Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. CRC Press: Boca Raton FL, USA.
- Gnansounou, E., Dauriat, A., Panichelli, L., Villegas, J., 2008. Energy and greenhouse gas balances of biofuels: biases induced by LCA modelling choices. *J. Sci. Ind. Res.* 67 (November), 885-897.
- Gómez J.A., Guzmán M.G., Giráldez J.V., Fereres E., (2009a) The influence of cover crops and tillage on water and sediment yield, and on nutrient, and organic matter losses in an olive orchard on a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research* 106, 137–144.
- Gómez J.A., Sobrinho T.A., Giráldez J.V., Fereres E (2009b) Soil management effects on runoff, erosion and soil properties in an olive grove of southern Spain. *Soil & Tillage Research* 102, 5–13.
- Guest, G., Bright, R.M., Cherubini, F., Michelsen, O., Strømman, A.H., 2011. Life cycle assessment of biomass-based combined heat and power plants. *J. Ind. Ecol.* 15 (6), 908-921.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2010. The links between biodiversity, ecosystem services and human wellbeing. *Ecosystem Ecology: a new synthesis* 110–139.

- Hernández A.J., Lacasta C., Pastor J., (2005) Effects of different management practices on soil conservation and soil water in a rainfed olive orchard. *Agricultural Water Management* 77, 232–248.
- Holland J.M. (2004) The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, 1-25.
- IPCC. 2000. Special report on land use, land-use change and forestry. Cambridge University Press, Cambridge.
- Jarecki, M.K., Lal, R. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 471–502.
- Jimenez J.R., 2002. Air quality impact from agricultural field burning in eastern Washington. *Atmospheric Environment* 40, 639-650.
- Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J., 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 363(1492):685-701.
- Kumar K., Goh K. M., 2000. Crop residues and management practices: Effect on Soil Quality, Soil Nitrogen Dynamic, Crop Yield, and Nitrogen Recovery. *Advance in Agronomy*, Volume 68, 197-319.
- Lal R., 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil & Tillage Research* 43, 81-107.
- Lal R., 2004. Is crop residue a waste? *J. Soil Water Conserv.* 59, 136-139.
- Lal R., 2008. Crop residues as soil amendments and feedstock for bioethanol production. *Waste Manage.* 28, 747-758.
- Lal R., 2016. Beyond COP21: Potential and challenges of the “4 per Thousand” initiative. *Journal of Soil and Water Conservation.* 71, 1, 20A-25A.
- Lal R., Bruce J.P., 1999. The potential of world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. *Environmental Science & Policy* 2, 177–185.
- Liu C., Wang K., Meng S., Zheng X., Zhou Z., Han S., 2011. Effects of irrigation, fertilization and crop straw management on nitrous oxide and nitric oxide emissions from a wheat–maize rotation field in northern China. *Agric Ecosyst Environ.* 140, 226-33.
- Martinez-Mena, M., Lopez, J., Almagro, M., Boix-Fayos, C., Albaladejo, J., 2008. Effect of water erosion and cultivation on the soil carbon stock in a semiarid area of South-East Spain. *Soil and Tillage Research*, 99, 119–129.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystems and Human WellBeing: Synthesis.* Island Press.
- Moebius-Clune B.N., Moebius-Clune D.J., Gugino B.K., Idowu O.J., Schindelbeck R.R., Ristow A.J., van Es H.M., Thies J.E., Shayler H.A., McBride M.B., Wolfe D.W., Abawi G.S., 2016. *Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework Manual*, 3.1. ed. Cornell University, Geneva, NY.
- Montanaro G, Xiloyannis C, Nuzzo V, Dichio B., 2017 Orchard management, soil organic carbon and ecosystem services in Mediterranean fruit tree crops. *Sci Hort* 217:92-101.

- Monteleone M. 2015c. Reshaping agriculture toward a transition to a post-fossil Bioeconomy. In: Law and Agroecology - A Transdisciplinary Dialogue. Editors: Monteduro M., Buongiorno P., Di Benedetto S., Isoni A. p. 359-376. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Monteleone M., Cammerino A.R.B., Garofalo P., Delivand M.K.. 2015a. Straw-to-soil or straw-to-energy? An optimal trade off in a long term sustainability perspective. *Applied Energy* 154 (2015) 891–899.
- Monteleone M., Garofalo P., Cammerino A. R. B., Libutti A., 2015b. Cereal straw management: a trade-off between energy and agronomic fate. *Italian Journal of Agronomy*, 10(2), 59-66.
- Nguyen T.L.T., Hermansen J.E., Mogensen L., 2013. Environmental performance of crop residues as an energy source for electricity production: the case of wheat straw in Denmark. *Appl. Energy* 104, 633-641.
- Nieto OM, Castro J, Fernández E, Smith P (2010) Simulation of soil organic carbon stocks in a Mediterranean olive grove under different soil-management systems using the RothC model. *Soil Use and Management* 26, 118–125.
- Palese A., Giovannini G., Lucchesi S., Dumontet S., Perucci P., 2004. Effect of fire on soil C, N and microbial biomass. *Agronomie, EDP Sciences*, 24 (1), pp.47-53.
- Palm C., Blanco-Canqui H., DeClerck F., Gatere I., Grace P., 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 187, 87-105.
- Paustian, K., Six, J., Elliott, E.T. & Hunt, H.W. 2000. Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48, 147–163.
- Pimentel D., 2006. Soil erosion: a food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*. 8, 119-137.
- RED, 2009 and 2018. EU Renewable Energy Directive 2009/28/EC.
- Rees R.M. et al., 2013. Nitrous oxide emissions from European agriculture - an analysis of variability and drivers of emissions from field experiments. *Biogeosciences*.10, 2671-82.
- Rodríguez-Lizana A, Espejo-Pérez AJ, González-Fernández P, Ordóñez-Fernández R (2008) Pruning residues as an alternative to traditional tillage to reduce erosion and pollutant dispersion in olive groves. *Water, Air, and Soil Pollution* 193, 165–173.
- Roelandt C., Van Wesemael B., Rounsevell M., 2005. Estimating annual N₂O emissions from agricultural soils in temperate climates. *Glob. Change Biol.* 11, 1701-11.
- Sandilands J, Kellenberger D, Nicholas I, Nielsen P., 2009. Life cycle assessment of wood pellets and bioethanol from wood residues and willow. *Biofuels* 53, 25–33.
- Sastre, C.M., Maletta, E., Gonzalez-Arechavala, Y., Ciria, P., Santos, A.M., del Val, A., Carrasco, J., 2014. Centralised electricity production from winter cereals biomass grown under central-northern Spain conditions: global warming and energy yield assessments. *Appl. Energy* 114, 737-748.
- Schindelbeck R.R., van Es H.M., Abawi G.S., Wolfe D.W., Whitlow T.L., Gugino B.K., Idowu O.J., Moebius-Clune B.N., 2008. Comprehensive assessment of soil quality for landscape and urban management. *Landsc. Urban Plann.* 88, 73-80.

- Seifu W., Elias E., 2018. Soil Quality Attributes and Their Role in Sustainable Agriculture: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*. 26, 3, 1-26.
- Shan J., Yan X., 2013. Effects of crop residue returning on nitrous oxide emissions in agricultural soils. *Atmos Environ*.71, 170–5.
- Sofo, A., Nuzzo, V., Palese, A. M., Xiloyannis, C., Celano, G., Zukowskyj, P. & Dichio, B. 2005. Net CO2 storage in Mediterranean olive and peach groves. *Scientia Horticulturae*, 107, 17–24.
- Tóth, G., Stolbovoy, V. and Montanarella, 2007. Soil Quality and Sustainability Evaluation - An integrated approach to support soil-related policies of the European Union. A JRC position paper. EU 22721 EN.
- uP_running DLV 3.2. Project entitled “Take-off for sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning and plantation removal”. Deliverable 2.3.
- uP_running M1. Project entitled “Take-off for sustainable supply of woody biomass from agrarian pruning and plantation removal”. Monography N.1.
- Valente, C., Spinelli, R., Hillring, B.G., 2011. LCA of environmental and socioeconomic impacts related to wood energy production in alpine conditions: Valle di Fiemme (Italy). *J. Clean. Prod.* 19, 1931-1938.
- Zhang W, Ricketts T, Kremen C, Carney K, Swinton S., 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol Econ* 64:253-260.



Цей проект отримав фінансування від дослідницької та інноваційної програми Європейського Союзу Горизонт в рамках грантової угоди No 691748.

uP_running project:

Стале використання деревної біомаси від обрізки і викорчовування багаторічних сільськогосподарських насаджень (ОВСН)

www.up-running.eu

