

<https://visegrad.permakultura.sk/polycultures/>



## ПОЛІКУЛЬТУРИ - ФУНКЦІЇ

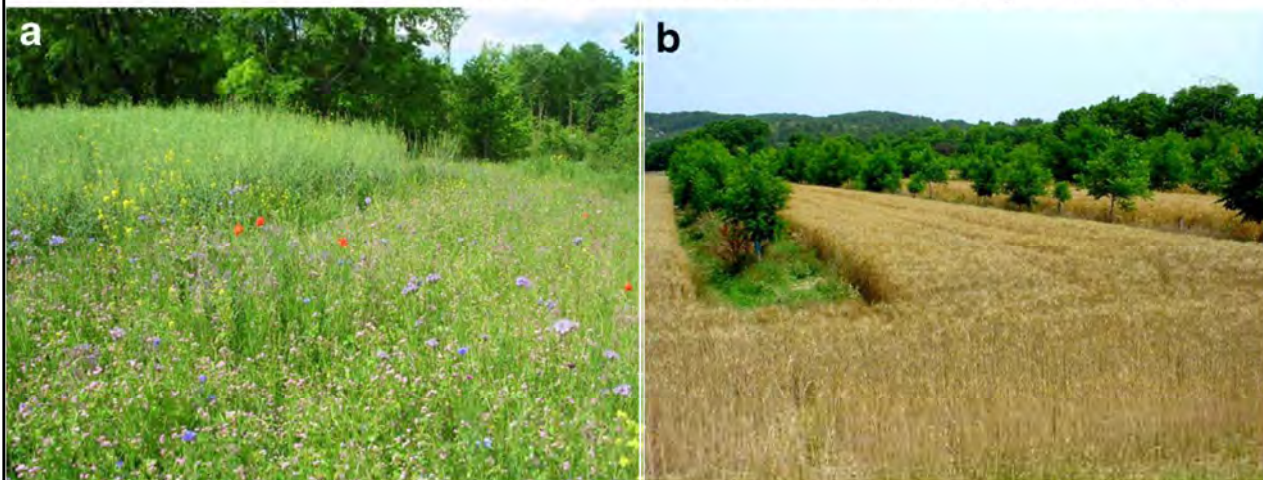


Павло Арданов  
pavlo.ardanov@gmail.com



## АГРОБІОРОЗМАЇТТЯ ТА ЗАХИСТ ПРИРОДИ

Duru M, Therond O, Martin G, et al (2015) *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1259-1281.



Приклади двох систем ведення сільського господарства на основі біорозмаїття:

а. Смуги квітів по краях полів для запилювачів та для організмів, що здійснюють біоконтроль.

б. Агроролівництво з рядами листяних дерев (волоських горіхів) та смугою трав та однорічної культуурою (пшеницею) у міжряддях.

Duru M, Therond O, Martin G, et al (2015) *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1259-1281.

Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, et al (2005) *Ecol Lett* 8: 857-874.

Holland JM, Bianchi FJ, Entling MH, et al (2016) *Pest Manag Sci* 72: 1638-1651.

Braun J & Lortie CJ (2019) *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 36: 33-40.



Орні землі під полікультурними посадками можуть слугувати для збереження природного біорізноманіття. 38% видів польових бур'янів Німеччини належать до червонокнижних видів, а живоплоти Великобританії є оселищем для 1500 видів безхребетних що представляють близько 70 родин. Для збереження біорозмаїття потрібно захистити принаймні 5% земель з первісною природою. Виведення до 8% орних земель (переважно за рахунок малородючих меж полів) під оселища для корисних організмів дозволяє підвищити продуктивність фермерського виробництва.

Екосистеми з високим різноманіттям видів часто підтримують важливі екосистемні послуги і зазвичай є більш продуктивними. Так багатовидові луки з 25-41 видами рослин є на 60% продуктивнішими за маловидові, що мають лише 6-17 видів рослин. В ідеалі сільськогосподарський ландшафт має бути мозаїкою добре поєднаних оселищ на ранніх та пізніх стадіях сукцесії, де високе біорізноманіття підвищує здатність системи відновлюватися від значних та незначних, мало- чи великомасштабних пертурбацій. Заходи для підтримки гільдії рідкісних видів місцевих запилювачів, наприклад, посадка ранньоквітучих рослин, сприятиме також покращенню збереження видів корисних для сільгоспкультур на додачу до

збереження біорізноманіття.

## Six biodiversity-friendly landscape measures

- (1) **Restore >20% semi-natural habitat** to increase species pools  
Prioritize **ecological contrasts** (simple landscapes)  
Tscharntke et al. 2012 Biol Rev, Kleijn et al. 2011 Trends Ecol, Evol, Marja et al. 2019 Ecol Letters  
Garibaldi et al. 2020, Conserv Letters
- (2) **Spread habitat patches across landscapes to increase beta diversity**  
Rösch et al. 2015 Oecologia, Tscharntke et al. 2012 Biol Reviews, Flohre et al. 2011 Ecol Appl
- (3) **Promote landscape-wide cropland heterogeneity**  
(small fields <6ha, long edges, crop diversification)  
Sirami et al. 2019, PNAS, Hass et al. 2018 Proc Roy Soc B, Martin et al. 2019, Ecol Letters,  
Batary et al. 2017, Nature Ecol Evol, Clough et al. 2021 Conserv Letters
- (4) **Certify crops** with targeted landscape-wide biodiversity-friendly measures  
**Currently, organic farming is not the solution of the biodiversity crisis**  
Tscharntke et al 2021 Trends EcolEvol
- (5) **Promote collaboration of farmers** with major stakeholders  
to design biodiversity-friendly landscapes  
Landis 2017 Basic Appl Ecol, Grass et al. 2021 Adv Ecol Res
- (6) **Promote land-sharing/-sparing connectivity landscapes**  
Grass et al. 2019, People & Nature, Tscharntke et al. 2012 Biol Rev



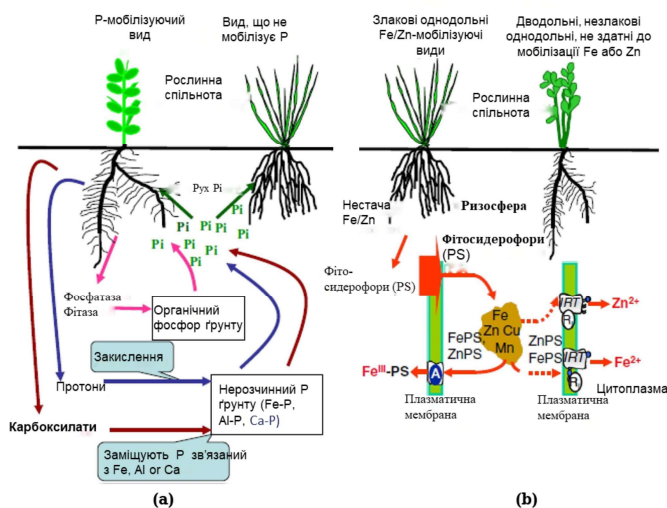
Co. agr.



Li L, Tilman D, Lambers H, et al (2014) The new phytologist. 203: 63-69.  
 Franco JG, King SR, Masabni JG, et al (2015) Agric Ecosyst Environ 203: 1-10.

## КОЛООБІГ РЕЧОВИН

Malézieux E & Malézieux E (2012) Agron Sustain Dev 32: 15-29.  
 Gaudio N, Escobar-Gutiérrez AJ, Casadebaig P, et al (2019) Agron Sustain Dev 39: 1-20.



Схематичне представлення механізму екологічного сприяння в полікультурах завдяки збільшенню біодоступності (мобілізації) поживних речовин:

- (а) Збільшення біодоступності **фосфору (P)** при сумісному вирощуванні P-мобілізуючих та немобілізуючих видів.
- (б) Можливий механізм збільшення міжвидової біодоступності **заліза (Fe) та цинку (Zn)** при сумісному вирощуванні злакових да дводольних рослин.

Обговоримо колообіг поживних речовин в полікультурах. Біодоступність фосфору покращується у сумісних посадках з фосформобілізуючими видами, що переводять ґрунтовий фосфор у розчинну форму завдяки виділенню карбоксилатів, протонів, чи ферменту кислої фосфатази. До того ж поглинання фосфору, особливо, на бідних ґрунтах з високим вилуговуванням поживних речовин, покращується завдяки симбіозу з мікоризою, особливо родиною *Diversisporaceae*, що сприяє збільшенню площі кореневої системи. Зауважте, що різні сорти одного виду можуть мати різну здатність до мікоризації. Також коренева система є пластичною, і її розміщення залежить від розподілу поживних речовин та конкуренції з іншими рослинами.

Диференціація ніш також може сприяти більш ефективному використанню ґрунтового фосфору. Так, в сумісній посадці білий люпин переважно споживатиме цитратрозчинну форму фосфору, толі як пшениця – водорозчинну.

[ ] Злаки виділяють фітосидерофори, завдяки чому вони підвищують доступність мікроелементів (зоврема заліза та цинку) для рослин, що не мають здатності самостійно мобілізувати мікроелементи. Завдяки чому

відбувається природна біофортифікація або підвищення поживної цінності їжі для запобігання дефіциту мікроелементів.

## КОЛООБІГ РЕЧОВИН

Managing cover crops profitably. (1998) Beltsville, MD, Sustainable Agriculture Network.  
Lassaletta L, Billen G, Grizzetti B, et al (2014) Environmental research letters 9: 105011-9.  
Hajjar R, Jarvis DI & Gemmill-Herren B (2008) Agriculture, Ecosystems & Environment 123: 261-270.  
Thomson AM, Ellis EC, Grau HR, et al (2019) Current Opinion in Environmental Sustainability 38: 37-43.

Вид	Постачання N	Загальний N (фунтів/акр)	Суха речовина (фунтів/акр/рік)	Коментар
Кошопина єгипетська	⊕	75–220	6,000–10,000	Дуже невибаглива покривна культура, сидерат, кормова культура.
Коров'ячий горох	⊕	100–150	2,500–4,500	Росте увесь сезон, є відмінні за будовою сорти.
Кошопина люпинова	⊕	70–130	3,500–5,500	Швидко приймається, при посадці рано посєни швидко росте; досягає рано навесні.
Горох посівний	⊕	90–150	4,000–5,000	Біомаса швидко мінералізується.
Вика шорстка	⊕	90–200	2,300–5,000	Сумісні посадки з дрібними зерновими підвищують сезонну стійкість.
Люцерна	⊕	50–120	1,500–4,000	Для ущільнених посадок використовується однорічна люцерна.
Кошопина червона	⊕	70–150	2,000–5,000	Гарна кормова культура, легко приймається, росте в різних умовах.
Кошопина підземна	⊕	75–200	3,000–8,500	Міцні сходи, швидко утворює кореневі бульбашки.
Буркун	⊕	90–170	3,000–5,000	Високі пагони, глибоке коріння у перший рік.
Кошопина біла	⊕	80–200	2,000–6,000	Самовідновлюється після першого року.
Вика волохата	⊕	100–250	4,000–8,000	Погано самовисівается при скошуванні менш ніж за 2 місяці після випадання насіння. У великих кількостях отруйна для худоби.



Покращення азотного живлення в полікультурах відбувається завдяки використанню в якості ґрунтопокривників чи ущільнюючих культур бобових та культур з мичкуватою кореневою системою. Бобові покращують азотне живлення сусідів завдяки мікоризній передачі поживних речовин, постійному розпаду їх відмерлого коріння та бульбашок, та мінералізації пагонів. На додачу до бобових, що фіксують атмосферний азот завдяки симбіозу з ризобіями, їй інші родини рослин та групи мікроорганізмів здатні до азотфіксації – цю здатність мають навіть деякі природні різновиди кукурудзи.

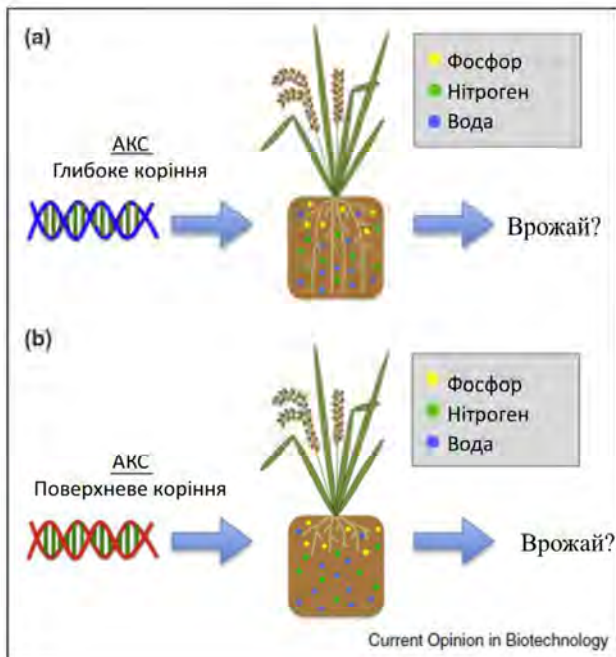
Азотфіксація бобових підвищується у спільних посадках зі злаковими порівняно з монокультурою. Наприклад, 3-кратне підвищення азотфіксації гороху у полікультурі з ячменем. Зовнішнє внесення мінерального нітрогену навпаки зменшує азотфіксацію: тоді злакові починають пригнічувати бобові, до того ж високий вміст нітрогену та фосфору запускає негативний зворотний зв'язок, що блокує азотфіксацію та розростання коріння. Посуха також знижує азотфіксацію через блокувальну дію амінокислот в бульбашках та уреїдів у листі, що накопичуються за цих умов. У деяких видів бобових мікоризація стимулює утворення азотфіксуючих корневих бульбашок.

Оскільки сполуки нітрогену є високорозчинними, вони швидко вимиваються з ґрунту. Особливо великими є втрати нітрогену внесеного з мінеральними добривами, де лише близько 47% включається в біомасу врожаю. Тоді як повільне вивільнення нітрогену із залишків бобових культур забезпечує кращу синхронізацію доступності розчинного нітрогену з потребою спільно висадженої чи наступної культури. До того ж бобові зв'язують карбон у ґрунті а також певною мірою здатні протидіяти його вимиванню (хоча злакові та хрестоцвіті є більш ефективними поглиначами нітрогену). Поліфеноли сповільнюють мікробіологічну мінералізацію рослинних решток та вивільнення нітрогену, тому вміст танінів та відносна частка танінів до частки нітрогену в біомасі є інформативними індикаторами швидкості мінералізації нітрогену з рослинних решток. Час проведення сільськогосподарських операцій також впливає на динаміку вивільнення та поглинання нітрогену. Зокрема це вибір покривної культури, часу її скошування чи відмирання, заорювання рослинних решток, кліматичні фактори (зокрема опади та температура) та властивості ґрунту (зокрема текстура та рН). Вплив деяких з цих факторів буде розглянуто в лекції, присвяченій покривним культурам. Загальною тактикою задля зменшення вимивання нітрогену та збільшення зв'язування вуглецю є збільшення довговічності та довжини кореневої системи завдяки посадці дерев, багаторічних культур та ґрунтопокривників, а також збільшення розмаїття рослинних решток в часі та просторі.



# КОЛООБІГ РЕЧОВИН

Rogers ED & Benfey PN (2015) Current Opinion in Biotechnology 32: 93-98.



Взаємозв'язок між **архітектурою кореневої системи (АКС)** та неоднорідністю ґрунту. Схема двох рослин із: (а) Глибокою АКС та (б) Поверхневою АКС.

The relationship between RSA and yield is complicated by soil heterogeneity. There is not an optimal RSA that will confer a high yield in every environment. Phosphorus is primarily located near the soil surface, whereas nitrogen and water are frequently found deeper in the soil, especially late in the growing season. Phosphorus, nitrogen, and water are indicated by yellow, green, and blue dots, respectively.

Ефективність засвоєння поживних речовин з ґрунту можна підвищити завдяки сумісному вирощуванню культур із поверхневою кореневою системою, які краще засвоюють фосфор, що переважно знаходиться у поверхневих шарах ґрунту, та культур з вертикальною та глибокою кореневою системою, що мають кращий доступ до азоту та води, переважно зосереджених у глибині ґрунту.

# DYNAMIC ACCUMULATORS

Duru M & Therond O (2015) Agronomy for Sustainable Development 35: 1237-1257.

[The Facts about Dynamic Accumulators.](#)

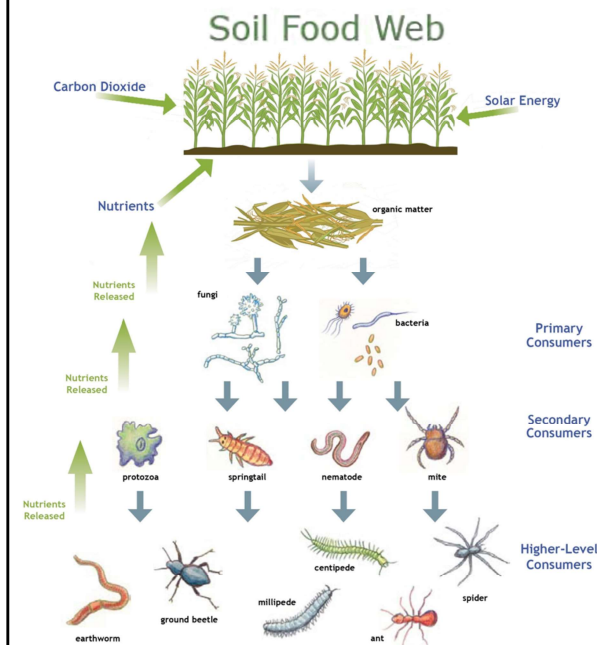
Data Source: <http://web.archive.org/web/20130126052424/http://www.ars-grin.gov/duke/>  
<http://www.ars-grin.gov/duke/>

		Macro (primary) nutrients				Macro (secondary) nutrients				Micro (trace) nutrients				
		(N)	(P)	(K)	(S)	(Ca)	(Mg)	(Si)	(Fe)	(Mo)	(B)	(Cu)	(Mn)	(Na)
<i>Malva neglecta</i>	Common Mallow	4,200												
<i>Malva sylvestris</i>	High Mallow	3,300	5,000			10,715			440					
<i>Chenopodium album</i>	Lambsquarter		36,833	87,100		33,800			250				250	
<i>Amaranthus</i>	Pigweed		10,082	73,503		53,333	6,616		1,527				2,406	
<i>Urtica dioica</i>	Stinging Nettle	6,800	37,220	6,665	33,000	8,600	6,500	418		36	15	172	491,400	
<i>Allium schoenoprasum</i>	Chives		6,437	31,250		10,375	6,875		200				750	
<i>Verbascum thapsus</i>	Mullein		5,700			13,300		74	2,360				760	
<i>Taraxacum officinale</i>	Dandelion		4,583	27,569	3,300	13,000	2,500		5,000		125	12	130	5,278
<i>Artemisia vulgaris</i>	Mugwort		3,150	22,000	2,800	6,455			118			20	170	
<i>Borago officinalis</i>	Borage			67,210		5,005								
<i>Trifolium pratense</i>	Red Clover						8,100				23	18	464	
<i>Helianthus tuberosus</i>	Jerusalem Artichoke											30		
<i>Chrysanthemum</i>	Feverfew			39,385		5,810	2,400	46					81	48
<i>Scutellaria lateriflora</i>	Sculcap			21,800		4,550	1,130	48	250				47	160
<i>Origanum vulgare</i>	Oregano			18,647		18,794	3,016		598			9	47	205
<i>Stellaria media</i>	Chickweed			18,400	3,828	12,100	5,290	157	2,530				153	1,470
<i>Equisetum arvense</i>	Horsetail			18,000		24,000	4,370		1,230				69	560
<i>Achillea millefolium</i>	Yarrow			17,800		8,670	1,920	45					50	82
<i>Cichorium intybus</i>	Chicory			37,128		18,900	2,652		246					1,428
<i>Salvia officinalis</i>	Sage			24,700		17,957		31	305		41	8	31	1,080
<i>Portulaca oleracea</i>	Purslane				6,300									7,400
<i>Oenothera biennis</i>	Evening Primrose					23,400	3,900							
<i>Thymus vulgaris</i>	Common Thyme					16,700	4,360	202	1,508		48	9	79	1,490
<i>Calendula officinalis</i>	Calendula					30,400								
<i>Rheum rhabarbarum</i>	Rhubarb					14,400			250					
<i>Rumex crispus</i>	Cutny Dock					10,000								



Багаторічники з глибоким корінням часто висаджують в полікультурах як «помпи поживних речовин» для покращення живлення рослин з неглибокою кореневою системою, що виносяться на поверхню з листовим опадом та змиваються з поверхні листя наскрізними промивними опадами. Серед рослин цієї групи практики пермакультури часто виділяють так звані активні накопичувачі, вважаючи що ті здатні насичувати поверхневі шари ґрунту певними поживними речовинами. Хоча науці відомий феномен фіто- чи гіперакумуляції або накопичення окремими рослинами певних мікроелементів у високих концентраціях, наразі відсутні наукові підтвердження ролі цих рослин у покращенні живлення сусідніх рослин.

# SOIL BIODIVERSITY



## Beneficial activities of microorganisms in the soil and rhizosphere

### Decomposition of plant residues, manures, and organic wastes

Humus synthesis  
Mineralization of organic N, S, and P  
Improved soil aggregation

### Increase in the availability of plant nutrients, e.g. P, Mn, Fe, Zn, Cu

Symbiotic mycorrhizal associations  
Production of organic chelating agents  
Oxidation-reduction reactions

### Biological nitrogen fixation

Free-living bacteria and bluegreen algae  
Associative microorganisms  
Symbiotic-legume and nonlegume

### Plant growth promotion: changes in seed germination, floral development, root and shoot biomass

Production of plant growth hormones  
Protection against root pathogens and pseudopathogens  
Enhanced nutrient use efficiency

### Control of soil nematodes and insects

Biological control of weeds, e.g. biological herbicides  
Biodegradation of synthetic pesticides or industrial contaminants  
Enhanced drought tolerance of plants

## Influences of soil biota on soil processes in ecosystems (Hendrix et al., 1990)

	Nutrient Cycling	Soil Structure
Microflora (fungi, bacteria, actinomycetes)	Catabolize organic matter; mineralize and immobilize nutrients	Produce organic compounds that bind aggregates; hyphae entangle particles onto aggregates
Microfauna (Acarina, Collembola)	Regulate bacterial and fungal populations; alter nutrient turnover	May affect aggregate structure through interactions with microflora
Mesofauna (Acarina, Collembola, enchytraeids)	Regulate fungal and microfaunal populations; alter nutrient turnover; fragment plant residues	Produce fecal pellets; create biopores; promote humification
Macrofauna (isopods, centipedes, millipedes, earthworms, etc.)	Fragment plant residues; stimulate microbial activity	Mix organic and mineral particles; redistribute organic matter and micro-organisms; create biopores; promote humification; produce fecal pellets

Altieri MA (1999) Agric Ecosyst Environ 74: 19-31.

Williams A, Kane DA, Ewing PM, et al (2016) Frontiers in plant science 7: 65.

Lapsansky ER, Milroy AM, Andales MJ, et al (2016) Current Opinion in Biotechnology 38: 137-142.

Wezel A, Casagrande M, Celette F, et al (2014) Agronomy for Sustainable Development 34: 1-20.

Основними групами ґрунтових мікроорганізмів є мікрофлора, мікрофауна та мезофауна. Кожна з цих груп виконує певну важливу роль у забезпеченні агроекологічних послуг, зокрема розпаду біомаси, колообігу поживних речовин, біотурбації або перемішування різних шарів ґрунту, пригнічення шкідників та зменшення вразливості рослин до дії посухи, засолення та теплового стресу. Основними механізмами є постачання мікроорганізмами поживних речовин, регуляція гормонального фону рослин завдяки мікробному синтезу чи деградації, виробництво алкалоїдів токсичних для травоядних тварин та продукування антибактеріальних, антигрибкових та розщеплюючих сполуки ферментів. У відповідь на сигнали від мікробів чи від сполук, які вони виробляють, самі рослини також змінюють свій метаболізм.

В індустріальному сільському господарстві спостерігається зменшення біомаси ґрунтової фауни та грибків, домінування бактерій у спільноті, зокрема так званих r-організмів, що характеризуються швидким розмноженням та поширенням.

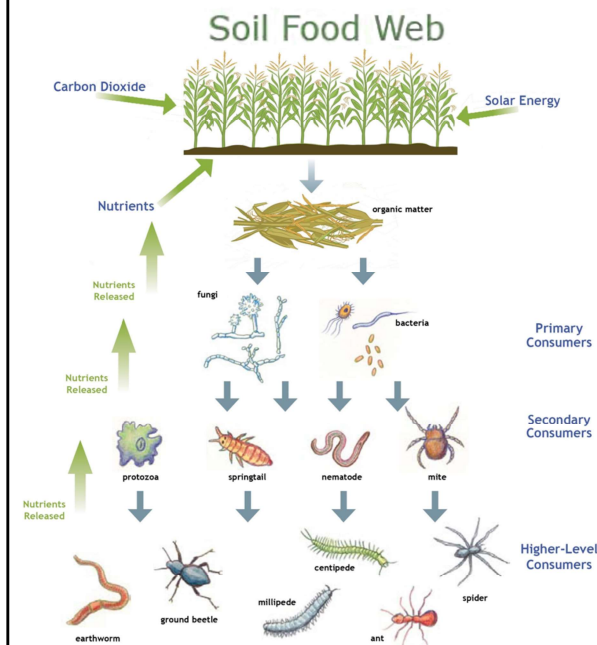
Мінімальна оранка із збереженням решток на поверхні ґрунту сприяє формуванню більш стабільного середовища, в якому формується більш розмаїта спільнота редуцентів, повільніше відбувається колообіг речовин та

збільшується частка грибків порівняно з бактеріями. Якщо рослинні рештки подрібнюються та лишаються на поверхні, тоді збільшується популяція дощових хробаків, що живляться на поверхні. Оскільки незахищена рештками поверхні ґрунту швидше промерзає порівняно із замульчованою поверхнею, хробаки гірше адаптуються до швидкого падіння температур і помирають в більшій кількості. Проте високе використання гербіцидів у деяких системах безорного обробітку ґрунту також спричиняє негативний вплив на ґрунтове біорозмаїття.

На додачу до мінімального обробітку ґрунту та підтримання шару мульчі, кількість та активність популяції ґрунтових мікроорганізмів додатково збільшується завдяки збільшенню постачання N та C в ґрунт завдяки включенню до спільних посадок та сівозмін бобових та рослин з мичкуватою кореневою системою. Оскільки у бобових ризодепозиція (або виділення корінням органічних сполук у ґрунт) становить в середньому 73% від біомаси підземної частини рослини, тоді як у злакових цей показник складає лише 57%.

Отже, вплив сівозмін на ґрунтові організми залежить від кількості та характеру органічних залишків та виділень. Для зменшення кількості ґрунтових патогенів важливо також дотримуватися «біологічних перерв», коли не вирощуються рослини вразливі до певних груп патогенів. Можна сконструювати сівозміну, що стимулює формування корисної ґрунтової мікробіоти завдяки збільшенню розмаїття культур та зменшенню пропорції немікоризних культур у сівозміні.

# SOIL BIODIVERSITY



## Beneficial activities of microorganisms in the soil and rhizosphere

### Decomposition of plant residues, manures, and organic wastes

Humus synthesis  
Mineralization of organic N, S, and P  
Improved soil aggregation

### Increase in the availability of plant nutrients, e.g. P, Mn, Fe, Zn, Cu

Symbiotic mycorrhizal associations  
Production of organic chelating agents  
Oxidation-reduction reactions

### Biological nitrogen fixation

Free-living bacteria and bluegreen algae  
Associative microorganisms  
Symbiotic-legume and nonlegume

### Plant growth promotion: changes in seed germination, floral development, root and shoot biomass

Production of plant growth hormones  
Protection against root pathogens and pseudopathogens  
Enhanced nutrient use efficiency

### Control of soil nematodes and insects

Biological control of weeds, e.g. biological herbicides  
Biodegradation of synthetic pesticides or industrial contaminants  
Enhanced drought tolerance of plants

## Influences of soil biota on soil processes in ecosystems (Hendrix et al., 1990)

	Nutrient Cycling	Soil Structure
Microflora (fungi, bacteria, actinomycetes)	Catabolize organic matter; mineralize and immobilize nutrients	Produce organic compounds that bind aggregates; hyphae entangle particles onto aggregates
Microfauna (Acarina, Collembola)	Regulate bacterial and fungal populations; alter nutrient turnover	May affect aggregate structure through interactions with microflora
Mesofauna (Acarina, Collembola, enchytraeids)	Regulate fungal and microfaunal populations; alter nutrient turnover; fragment plant residues	Produce fecal pellets; create biopores; promote humification
Macrofauna (isopods, centipedes, millipedes, earthworms, etc.)	Fragment plant residues; stimulate microbial activity	Mix organic and mineral particles; redistribute organic matter and micro-organisms; create biopores; promote humification; produce fecal pellets

Altieri MA (1999) Agric Ecosyst Environ 74: 19-31.

Williams A, Kane DA, Ewing PM, et al (2016) Frontiers in plant science 7: 65.

Lapsansky ER, Milroy AM, Andales MJ, et al (2016) Current Opinion in Biotechnology 38: 137-142.

Wezel A, Casagrande M, Celette F, et al (2014) Agronomy for Sustainable Development 34: 1-20.

Основними групами ґрунтових мікроорганізмів є мікрофлора, мікрофауна та мезофауна. Кожна з цих груп виконує певну важливу роль у забезпеченні агроєкологічних послуг, зокрема розпаду біомаси, колообігу поживних речовин, біотурбації або перемішування різних шарів ґрунту, пригнічення шкідників та зменшення вразливості рослин до дії посухи, засолення та теплового стресу. Основними механізмами є постачання мікроорганізмами поживних речовин, регуляція гормонального фону рослин завдяки мікробному синтезу чи деградації, виробництво алкалоїдів токсичних для травоядних тварин та продукування антибактеріальних, антигрибкових та розщеплюючих сполуки ферментів. У відповідь на сигнали від мікробів чи від сполук, які вони виробляють, самі рослини також змінюють свій метаболізм.

В індустріальному сільському господарстві спостерігається зменшення біомаси ґрунтової фауни та грибків, домінування бактерій у спільноті, зокрема так званих r-організмів, що характеризуються швидким розмноженням та поширенням.

Мінімальна оранка із збереженням решток на поверхні ґрунту сприяє формуванню більш стабільного середовища, в якому формується більш розмаїта спільнота редуцентів, повільніше відбувається колообіг речовин та

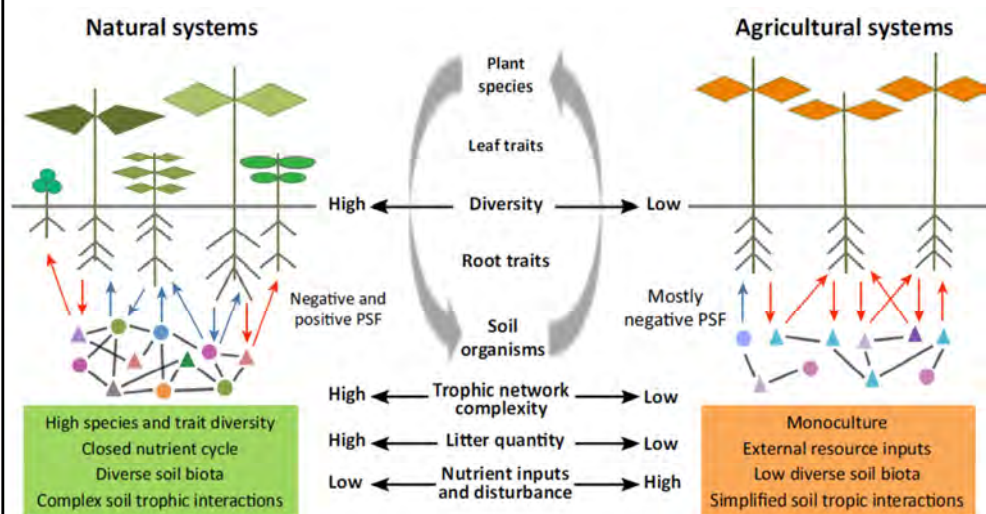
охysporum) у ґрунті, на якому тривалий час вирощувалася монокультура льону. Сформована супресивність ґрунту іноді може зберігатися у сівозміні, якщо така супресивність пов'язана із формуванням різноманітної мікробіоти, що сформована та підтримується різноманітністю рослинної спільноти. Або ж якщо вона пов'язана з певними хімічними сигналами рослин, що створюються тією чи іншою культурою присутньою щороку у сівозміні. Прикладом є стійкість до гнилі, що викликається *Fusarium solani* у спільній посадці кукурудзи та вігні китайської.

СПЕЦИФІЧНА супресивність індукується послідовним вирощуванням монокультури (як у випадку формування стійкості до корневих захворювань у тривалій монокультурі сої) або додаванням хітину з пір'ям чи роговим борошном (хітин може потрапляти також при поєднанні рослинництва з тваринництвом). Це збільшує кількість *Lysobacter* spp - антагоніста *Rhizoctonia solani*, що викликає чорну паршу (або буру гниль).

ЗАГАЛЬНА супресивність ґрунту формується за умов безорного обробітку ґрунту, що збільшує час взаємодії рослин з мікроорганізмами. Зокрема повільне вивільнення поживних речовин з рослинних решток підтримує існування мікробної спільноти до появи іншого покоління рослин. Різноманітна мікробна спільнота також формується за відмови від пестицидів, фунгіцидів та добрив.

# SOIL BIODIVERSITY

Mariotte P, Mehrabi Z, Bezemer TM, et al (2018) Trends in Ecology & Evolution 33: 129-142.  
 Mack KML, Eppinga MB, Bever JD, et al (2019) PloS one. 14: e0211572.  
 Wang GZ, Li HG, Christie P, et al (2017) Plant and soil 415: 1-12.



Bridging Plant-Soil Feedback (PSF) in Natural and Agricultural Systems.

Conceptual framework bridging knowledge on PSF research derived from natural and agricultural systems, illustrating the plant and soil components underlying the disparate patterns of PSF.

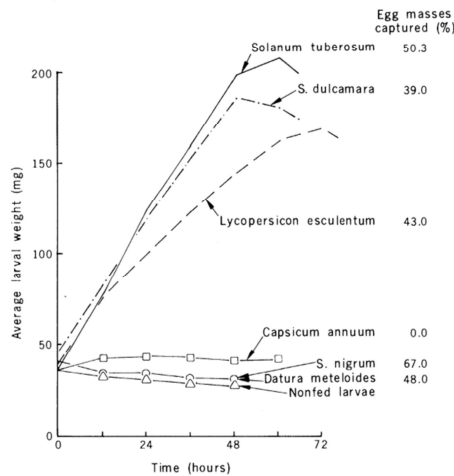


Іншим феноменом є НЕГАТИВНИЙ зв'язок між рослиною та ґрунтом, коли ґрунтова спільнота, що формується при рості певних рослин, ПРИГНІЧУЄ виживання нащадків того ж виду рослин. Негативний зв'язок спостерігається у природних рослинних спільнотах, зокрема в східних лісах Північної Америки, завдяки чому формується більш розмаїта рослинна спільнота, коли рослини ростуть краще в присутності конкурентів інших видів ніж в оточенні особин свого виду. З цього можна припустити, що розмаїта рослинна спільнота може формуватися за рахунок наявності ключових конкуруючих видів.

В сільському господарстві такий негативний зв'язок між рослиною та ґрунтом є однією з причин надврожайності полікультур, оскільки в ґрунтах під монокультурами відбувається накопичення патогенів цих монокультур рослин. Додатковий фактором надврожайності є прискорення росту сусідніми рослинами інших видів завдяки екологічному сприянню.

# PEST CONTROL

Atsatt PR & O'dowdDJ (1976) Science 193: 24-29.



Growth response of the Colorado potato beetle on six Solanaceous species contrasted with the percentage of egg masses captured by these plants in the presence of equal amounts of the normal host, *Solanum tuberosum*.



The traditional method for controlling biological pests is curative, (Ferron and Deguine 2005). other methods – usually agronomic and preventive (fallows, cropping sequences, crop rotation, etc (Ferron and Deguine 2005). The biological control and environmental practices proposed above form part of a larger set of preventive techniques (Ferron and Deguine 2005) conservation biological control (Barbosa 1998). Much of the focus in conservation biological control has centered on increasing habitat diversity or cropping systems within these managed landscapes. however, rather than on spatial considerations related to minimizing fragmentation effects. conservation biological control programs that strive to manipulate the environment in ways to augment indigenous populations of natural enemies. (With et al. 2002) plant diversity promotes herbivore suppression through movement patterns, host associations, and predation reduce herbivores and/or increase the natural enemies of herbivores as predicted by associational resistance hypotheses, the enemies hypothesis, and attraction and repellency model applications in agriculture. (Letourneau et al. 2011) Fifty-two percent of the 287 total herbivore species examined found to be less abundant in diversified systems than in monocultures, while only 15.3% (44 species) exhibited higher densities in polycultures. (Altieri 1999)



probability of a plant being fed upon depends not only on its inherent quality and quantity, but on the chemistry, morphology, distribution, and abundance of alternative prey and nonprey (Atsatt and O'dowd 1976)

Associational resistance hypotheses repel or confuse host-seeking phytophagous insects. trap crop hypothesis. enemies hypothesis (Letourneau et al. 2011)

Direct bottom-up effects of plant diversity involve the disruption of herbivores, particularly specialized feeders, from finding their host plant, causing the tendency for crop-feeding insects to leave the field (Letourneau et al. 2011)

The biological control agent is normally a predator or parasite, giving rise to the classic food chain of plant to herbivore to carnivore. (Perfecto and Vandermeer 2015)

Recent studies have shown that vertebrate insectivores can be important in controlling arthropod populations in agricultural ecosystems (Perfecto and Vandermeer 2015)

most known herbivorous arthropods have parasitoids (LaSalle and Gould, 1992;Hawkins, 1994). Small in size, these carnivores are natural food items for smaller arthropod carnivores such as spiders. (Perfecto and Vandermeer 2015)

effects of birds and bats (Williams-Guillén et al., 2008), and of birds and lizards(Borkhataria et al., 2006) is additive. (Perfecto and Vandermeer 2015)

Biopesticides impact pests by antibiosis, competition, induction of plant resistance mechanisms, inactivation of pathogen germination, and/or degradation of the pathogenicity of the pathogens (Wezel et al. 2014)

"plant defence guilds" for groups of plants that interact in ways that reduce herbivory for one or more species. (Duru et al. 2015)

characterisation of agrosystems that discourage biological pest outbreaks: great spatio-temporal diversity of crops, discontinuity in monoculture (rotations, early varieties, etc.), a mosaic of small fields to ensure the juxtaposition of cultivated and non-cultivated land, the presence of a dominant perennial crop (especially orchards), crops grown with high sowing density to limit weed populations, great genetic diversity in the crops grown (varieties grown mixed or alternate rows of crops). (Ferron and Deguine 2005)

diversity per se does not increase stability in plant-herbivore systems. (Atsatt and O'dowd 1976). "a little powerful diversity" of the right kind (55) is a key component of stability (Atsatt and O'dowd 1976)

"associational resistance" by Root (1972) and "associational plant refuges" by Pfister and Hay (1988), may occur when some species experience less herbivory as a function of the visual or olfactory complexity of the surrounding vegetation. A number of ecologists have found that community complexity serves as an impediment to search efficiency, in contrast to species-specific physical protection from herbivores or association with unpalatable species (Duru et al. 2015)

presence of nonhost plants interferes with herbivore orientation and host utilization. (Atsatt and O'dowd 1976). principle of odor masking (Atsatt and

O'dowd 1976)

coexisting toxic and nontoxic plants with similar attractant chemistry represent a selectional paradox for would-be host-specific herbivores. (Atsatt and O'dowd 1976)

more stable natural enemy populations can persist in polycultures due to the more continuous availability of food sources and micro habitats. The other possibility is that specialized herbivores are more likely to find and remain on pure crop stands that provide concentrated resources and monotonous physical conditions. (Altieri 1999)

Extension of the cropping period or planning temporal or spatial cropping sequences may allow naturally occurring biological control agents to sustain higher population levels on alternate hosts or prey and to persist in the agricultural environment throughout the year. (Altieri 1999)

low pest potentials may be expected in agroecosystems that exhibit the following characteristics (Altieri, 1994; Altieri and Letourneau, 1982, 1984): 1. High crop diversity through mixing crops in time and space. 2. Discontinuity of monocultures in time through rotations, use of short maturing varieties, use of crop-free or preferred host-free periods, etc. 3. Small, scattered fields creating a structural mosaic of adjoining crops and uncultivated land which potentially provide shelter and alternative food for natural enemies. Pests also may proliferate in these environments depending on plant species composition. However, the presence of low levels of pest populations and/or alternate hosts may be necessary to maintain natural enemies in the area. 4. Farms with a dominant perennial crop component. Orchards are considered to be semi-permanent ecosystems, and more stable than annual cropping systems. Since orchards suffer less disturbance and are characterized by greater structural diversity, possibilities for the establishment of biological control agents are generally higher, especially if floral undergrowth diversity is encouraged. 5. High crop densities or the presence of tolerable levels of specific weed species. 6. High genetic diversity resulting from the use of variety mixtures or crop multilines. (Altieri 1999)

mixtures of different crop species or varieties (multilines) buffer against disease losses by delaying the onset of the disease, reducing spore dissemination, or modifying microenvironmental conditions such as humidity, light, temperature, and air movement (Browning and Frey 1969, Larios 1976, Moreno 1979). Certain associated plants can function as repellents, antifeedants, growth disrupters, or toxicants. In the case of soilborne pathogens, some plant combinations and organic amendments can enhance soil fungistasis and antibiosis (Altieri et al. 1983)\

When nectar production by neighboring (insectary) plants is synchronized with egg laying by herbivore predators and parasites, the efficiency of these insects may be significantly higher. (Atsatt and O'dowd 1976)

With increasing landscape complexity pest abundance tends to decline or remain unchanged, while pest diversity may increase.

landscapes which support the early arrival of predators is key to the success of aphid control in annual crops

landscapes with higher structural complexity support increased pest suppression

genetically diverse systems selecting for stability and low aggressiveness of pathogens rather than super-races and instability

A principal purpose of the use of genetic mixtures for disease management is to slow the pathogen's spread by slowing the rate and incidence of infection

(Mundt, 2002), provided the components differ in their susceptibility

Mechanisms involved include: increasing the distance between susceptible cultivars; creating a physical barrier to spore dispersal; decreasing the proportion of susceptible plant tissue; overcoming selection pressure for pathogens to surmount valuable forms of disease resistance; increasing selection in host population for more competitive or more resistant genotypes; increasing competitive interactions among pathogen populations and inducing resistance in the host for subsequent infection

genetic diversity, either with multilines or mixtures, can significantly reduce fungal pathogen impacts Incidence of viruses transmitted by insects is more predictably lowered in polycultures

Hunting spiders, web-building spiders, and the pooled spider assemblage all showed striking increases in abundance when habitat structure was increased and large decreases in density when habitat structure was simplified (Langellotto and Denno 2004)

Natural enemies may aggregate in complex-structured habitats because they: (1) encounter more abundant prey, (2) gain refuge from predation (cannibalism and intraguild predation), (3) are able to locate and capture prey more effectively, (4) encounter a more favorable microclimate, or (5) gain access to alternative resources (e.g. pollen or nectar). (Langellotto and Denno 2004)

capture prey more effectively on more architecturally complex plants with pubescence (Kareiva and Sahakian 1990). (Langellotto and Denno 2004)

# PEST CONTROL



Atsatt PR & O'dowd DJ (1976) *Science* 193: 24-29.  
Ferron P & Deguine J (2005) *Agronomy for Sustainable Development* 25: 17-24.  
With KA, Pavuk DM, Worchuck JL, et al (2002) *Ecol Appl* 12: 52-65.  
Altieri MA, Letourneau DK & Davis JR (1983) *Bioscience* 33: 45-49.  
Duru M, Therond O, Martin G, et al (2015) *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1259-1281.  
Letourneau DK, Armbrrecht I, Rivera BS, et al (2011) *Ecol Appl* 21: 9-21.

1. Associational resistance hypotheses
2. Enemies hypothesis
3. Trap crop hypothesis

Завдяки розмаїттю рослинності в полікультурах діє так званий консерваційний біологічний контроль, що є профілактичним захистом на відміну від лікувальних методів, що переважають в індустріальному сільському господарстві. Консерваційний біологічний контроль формується завдяки розмаїттю та взаємозв'язку оселищ.

Поєднання різних видів чи сортів рослин протидіє спалахам хвороб завдяки пізнішому початку захворювань, пригніченню проростання спор або зміні мікрокліматичних умов, зокрема, вологості, освітленості, температури та руху повітря. Певні рослини можуть діяти як репеленти (відлякувачі), антифіданти (зменшення харчової привабливості чи цінності), порушувачі росту чи токсини для шкідників. У випадку ґрунтових хвороб деякі поєднання рослин та органічні препарати посилюють фунгістатичні та антибіотичні властивості ґрунтів.

Пригнічення шкідників рослинним розмаїттям пояснюється 3-ма гіпотезами:  
[] Гіпотеза асоційованої стійкості – відлякування чи спантеличення шкідника, що шукає рослину-господаря, є наслідком візуальної та нюхової складності навколишньої рослинності, що включає негосподарські, неїстівні чи токсичні

види.

[ ] Гіпотеза хижака – створення ресурсів для природних мисливців на шкідників (оселище, нектар та альтернативна жертва чи господар) збільшує кількість мисливців серед розмаїття культур.

[ ] Гіпотеза культури-манка – використання культур що приваблюють та відлякують шкідників, часто в поєднанні.

# PEST CONTROL - PRINCIPLES

Ferron P & Deguine J (2005) *Agronomy for Sustainable Development* 25: 17-24.  
Altieri MA (1999) *Agric Ecosyst Environ* 74: 19-31.

- **Spatio-temporal diversity** of crops.
- **Discontinuity in monoculture and extension of the cropping period** (rotations, early varieties, variety mixtures or crop multilines etc.),.
- **Mosaic of small fields** to ensure the juxtaposition of cultivated and non-cultivated land,
- **Dominant perennial crop** (especially orchards), great genetic diversity in the crops grown (varieties grown mixed or alternate rows of crops).
- **Integration with livestock.**



Принципами консервативного біологічного контролю є збільшення генетичного різноманіття культур та структурної розмаїтості ландшафту, безперервність ресурсів та оселищ для підтримки популяцій мисливців на шкідників протягом періоду їх сезонної активності та для приваблення їх на початку сезону, зменшення відсотка монокультур та збільшення долі природних та напівприродних середовищ, а також поєднання рослинництва із тваринництвом.

# PEST CONTROL - PRINCIPLES

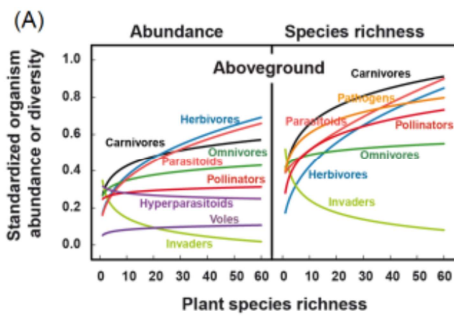
Hajjar R, Jarvis DI & Gemmill-Herren B (2008)  
Agriculture, Ecosystems & Environment 123: 261-270.

- Increasing the **distance** between susceptible cultivars;
- Creating a **physical barrier** to spore dispersal;
- Decreasing the **proportion of susceptible plant tissue**;
- **Overcoming selection pressure** for pathogens to surmount valuable forms of disease resistance;
- **Increasing selection in host population** for more competitive or more resistant genotypes;
- Increasing **competitive interactions among pathogen** populations
- **Inducing resistance** in the host for subsequent infection



Поширення патогенів гальмується у посадках з розмаїттям видів та сортів завдяки сповільненню частоти заражень та швидкості поширення хвороб завдяки поєднанню рослин з різною стійкістю до хвороб та шкідників, покращенню життєздатності та індукування стійкості рослин до патогенів, та завдяки утворенню більш структурно складного довкілля.

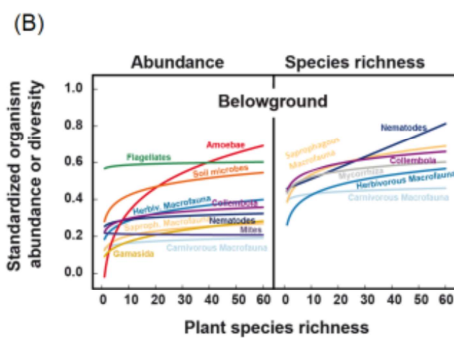
## FUNCTIONAL DIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES



Weisser WW, Roscher C, Meyer ST, et al (2017) *Basic and Applied Ecology* 23: 1-73.  
 Altieri MA (1999) *Agric Ecosyst Environ* 74: 19-31.  
 Letourneau DK, Armbrrecht I, Rivera BS, et al (2011) *Ecol Appl* 21: 9-21.  
 Atsatt PR & O'dowd DJ (1976) *Science* 193: 24-29.  
 Duru M & Therond O (2015) *Agronomy for Sustainable Development* 35: 1237-1257.

Effects of plant species richness on above- and belowground organisms in temperate grassland.

(A) Abundance and species richness of **aboveground** organisms.



(B) Abundance and species richness of **belowground** organisms.

Покращення розмаїття рослин на пряму корелює із зменшенням враженості культур шкідниками-спеціалістами – метааналіз продемонстрував, що половина полікультурних систем мали менше шкідників, і лише 15% досліджень полікультур повідомляли про більшу кількість шкідників. З іншого боку це дослідження демонструє, що саме лише збільшення розмаїття культур не завжди покращує захист від шкідників. Кращою стратегією є створення «невеликого потужного розмаїття» з ретельно підібраних рослин або «захисної гільдії», спрямованої на захист від певного виду чи видів шкідників.

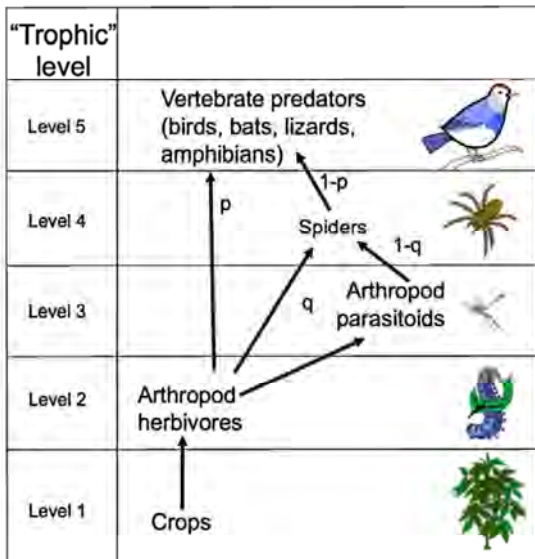
Варто звернути увагу, що хоча підвищення структурної складності ландшафту зменшує кількість шкідників, розмаїття їх видів може збільшуватися. Загалом в генетично розмаїтих системах спостерігається більша стабільність то спалахів хвороб та менша агресивність шкідників, тоді як в простих системах відбуваються більші спалахи та йде відбір супер расшкідників пристосованих до поточних негараздів.





# PEST CONTROL - AGENTS

Perfecto I & Vandermeer J (2015) *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 17: 522-530.  
 Wezel A, Casagrande M, Celette F, et al (2014) *Agronomy for Sustainable Development* 34: 1-20.



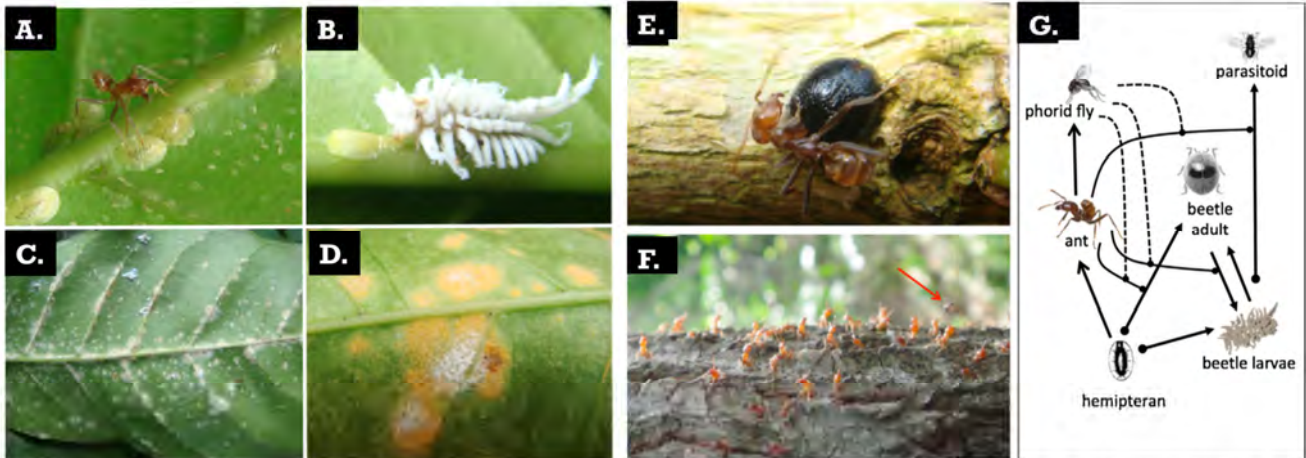
First modularity, based on the relative size and general functional categories, incorporating, in principle, both **polyphagy** (spiders – taken as an example of an arthropod predator – eat both arthropod types) and **omniory** (vertebrate predator eat both spiders and arthropod herbivores—distinct trophic levels). The parameters  $p$  and  $q$  represent the proportional significance of each of the relevant energy channels leading to either:

- (1) complete trophic chain,
- (2) carnivore competition,
- (3) interlocking trophic chains,
- (4) intra-guild-modified trophic chain).

Біоконтрольні організми зазвичай є хижаками чи паразитами. Більшість рослинноїїдних членистиногих мають своїх паразитоїдів (організмів, личинки яких розвиваються поїдаючи своїх господарів). Дрібні паразитоїди є їжею для дрібних вищих членистоногих (наприклад, павуків). Асоційовані з рослинами мікроорганізми захищають рослини завдяки антибіозу, пригніченню росту та конкуренції з патогенами, руйнуванню механізмів хвороботворності патогенів та к індукуванню стійкості рослин.

# PEST CONTROL

Perfecto I & Vandermeer J (2015) *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 17: 522-530.

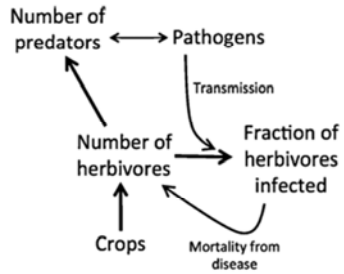


(A) *Azteca sericeasur* worker tending the green coffee scale, *Coccus viridis*; (B) larva of *Azya orbigera* eating a green coffee scale; (C) green coffee scales covered by the white halo fungus, *Lecanicillium lecani*; (D) coffee rust, *Hemelia vastatrix* attacked by the fungus *Lecanicillium lecani*; (E) Worker of *Azteca sericeasur* attacking the coccinellid beetle, *Azya orbigera*; (F) ants in their “defensive” posture under attack by a phorid fly (red arrow). (G) diagrammatic representation of a trait-mediated cascade in the coffee agroecosystem. Arrowheads represent positive effects and closed circles represent negative effects. Bold lines represent direct effects, solid thin lines represent first level trait-mediated effects and dashed lines represent second level trait-mediated effects

Взаємодія між різними видами трофічної мережі може бути досить складною. Як у прикладі зі шкідником зеленою псевдощитовкою [1] яку розводять мурахи-ацтеки [2], і на яких полюють личинки місцевого виду сонечок. [3] Розмір популяції цих шкідників також регулюється паразитичним грибок, [4] і цей грибок може вражати інший грибок, що викликає хворобу кавову іржу. [5] Мурахи захищають псевдощитовку, яку вони розводять, від сонечок, що полюють на цю щитовку, [6], і ріст популяції мурах контролюється комахою-паразитоїдом.

# PEST CONTROL

Perfecto I & Vandermeer J (2015) *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 17: 522-530.



An element of the second modularity in time. The particular case of predator on the one hand and pathogens on the other. Small double arrow line indicates the basic problem of competition between the two modes of top-down effects.



# PEST CONTROL

Perović DJ, Gámez-Virués S, Landis DA, et al (2018)  
 Ecological Reviews 93: 306-321.

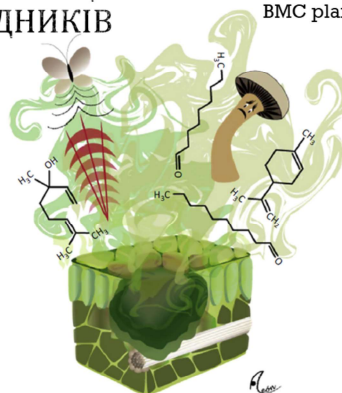
Arthropod traits	Trait type	Other traits to consider in concert	Ecological mechanism	Driven by
Body size	Environmental response	<i>Interacts with:</i> wing length, dispersal mode	Greater dispersal ability	Dominance
	Trophic response	<i>Interacts with:</i> trophic level, mouthpart morphology, activity time (diurnal) <i>Links with:</i> corolla depth and width, nectar volume, activity period (annual rhythm)	Higher nutritional requirements Access to nectar Competition/resource partitioning	Dominance Dominance Complementarity
	Ecosystem effect	<i>Co-correlated with:</i> dispersal ability <i>Interacts with:</i> phenology, hunting mode <i>Links with:</i> body size of prey	Complementarity, intra-guild predation	Complementarity
Feeding specialisation	Environmental response	<i>Interacts with:</i> reproductive potential, dispersal ability, trophic level	Sampling effects (resource availability)	Dominance
	Ecosystem effect	<i>Co-correlated with:</i> trophic level <i>Interacts with:</i> phenology	Generalist predators	Dominance
Dispersal tendency	Environmental response	<i>Co-correlated with:</i> activity period, reproductive potential (clutch size), generations per year (voltinism), age at maturity <i>Interacts with:</i> feeding specialisation	Resource locating, response to disturbance events	Dominance
Activity period (annual rhythm)	Environmental response	<i>Co-correlated with:</i> reproductive potential (clutch size), generations per year (voltinism), dispersal ability	Greater opportunity to respond to disturbances	Dominance
	Trophic response	<i>Co-correlated with:</i> dispersal ability <i>Links with:</i> blooming period <i>Interacts with:</i> body size, trophic level, extra-floral nectaries	Activity period should match nectar availability Wider range in flowering time provides longer access	Dominance Complementarity
Activity time (diurnal)	Trophic response	<i>Links with:</i> blooming period	Diurnal period and temporal avoidance	Dominance
		<i>Links with:</i> nectar production (diurnal), extra-floral nectaries <i>Co-correlated with:</i> body size, trophic level	Activity time should match nectar production Range of activity time in flower visitors avoids competition	Complementarity
Hunting mode	Ecosystem effect	<i>Interacts with:</i> body size, relative prey size <i>Links with:</i> plant structure	Intra-guild predation	Complementarity
Colour preference	Trophic response	<i>Links with:</i> flower colour	Sampling effect	Dominance

**Arthropod traits identified to underpin responses to environmental and trophic filters, and the ecological mechanisms that drive them**



Species	Material Investigated	Observation
Bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	Four cultivars with different levels of resistance to spider mite ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Resistant cultivars respond to spider mite infestation with the emission of quantitatively and qualitatively more VOCs than susceptible ones
Cabbage ( <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>abata</i> )	Four cultivars with different attractiveness to <i>Osteia</i> sp. parasitoids	Amounts of terpenoids and methyl salicylate emitted after caterpillar feeding differ among the cultivars
Corn ( <i>Zeaus mays</i> )	Two cultivars	Cultivars differed significantly in the amount of sabinene, myrcene, limonene, and methylisoeugenol emitted after psyllid ( <i>Trialeurodes</i> ) feeding
Cotton ( <i>Gossypium hirsutum</i> )	Five cultivars and a naturalized variety	The naturalized variety emitted significantly more mono- and sesquiterpenes and VOCs derived from the LOX pathway
Cranberry ( <i>Vaccinium macrocarpon</i> )	Five varieties spanning a wild ancestor and old and recent cultivars	The varieties differed significantly in released sesquiterpenes and resistance-related phytohormones
Cubers ( <i>Cubera jamaicensis</i> )	Four cultivars with different levels of resistance to spider mite ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Striking differences among cultivars in the emission of $\alpha$ -bergamotene, trans- $\alpha$ -bergamotene, and trans- $\beta$ -bergamotene
Lima bean ( <i>Phaseolus lunatus</i> )	Screen accessions, covering wild forms, landraces, and cultivars	Up to 50-fold difference among varieties in overall amounts of VOCs released from JA-treated plants, with no detectable overall effect of domestication
Mice ( <i>Zea mays</i> )	Seven maize cultivars and five teosinte species	Total amounts and composition of volatiles differed among maize cultivars and among teosintes
Mice ( <i>Zea mays</i> )	Twenty-five landraces, 30 hybrids, and 22 inbred lines	Stimulon exposure elicited attraction of parasitoids in 13 landraces but only two hybrids
Pear ( <i>Pyrus</i> spp.)	Four cultivars with different levels of resistance to psyllids ( <i>Cacopsylla pyralis</i> )	Up to fivefold difference among cultivars varieties in overall amounts of VOCs emitted from fully psyllid-infested plants
Rice ( <i>Oryza sativa</i> )	Six cultivars	Significant quantitative and qualitative differences in the VOCs emitted from JA-treated plants
Soybean ( <i>Glycine max</i> )	Three cultivars	Specific VOCs [2-(2-octen-1-yl)- $\beta$ -2-octen-1-ol, (E)-2-octen-1-ol, (E)-2-hexenyl acetate, indole, and DMNT] were only emitted from one of the tested cultivars
Strawberry ( <i>Fragaria <math>\times</math> ananassa</i> )	Two cultivars	Significant quantitative and qualitative differences in the VOCs emitted from cyclamen mite-damaged plants
Willow ( <i>Salix</i> spp.)	Three clones: <i>S. viminalis</i> and <i>S. dasycarpa</i> cultivars, and a native <i>S. orna</i>	Females of the omnivorous predator, <i>Anthrenus nemorum</i> , distinguished between intact and damaged plants of the three clones in an olfactometer set-up

## БІОКОНТРОЛЬ – СИГНАЛИ ДЛЯ МИСЛИВЦІВ НА ШКІДНИКІВ



Stenberg JA, Heil M, Åhman I, et al (2015) Trends in Plant Science 20: 698-712.  
Kigathi RN, Weisser WW, Reichelt M, et al (2019) BMC plant biology. 19.

Прямий вплив летких органічних сполук (ЛОС) на опірність шкідникам. Пошкоджені та сусідні з ними тканини рослин виділяють суміш ЛОС, які здатні відлякувати шкідників та мають антимікробні дію. Compounds such as linalool, can repel herbivores, and compounds such as nonanal, decanal, and limonene have antimicrobial properties. Owing to their direct nature, these effects should be less context-dependent than the more indirect mechanisms.

Selected Examples of Cultivated Plant Species with Reported Genetic Variability in VOC Emission



У відповідь на пошкодження шкідниками та патогенами всі рослини виділяють леткі органічні сполуки (ЛОС), причому склад суміші цих сполук залежить від типу пошкодження чи навіть від виду шкідника. Багато родин рослин також збільшують виробництво позаквіткового нектару, який, так само як і леткі органічні сполуки (особливо якщо ці механізми присутні водночас), приваблює дорослих особин паразитоїдів та хижаків, які суттєво зменшують кількість шкідників на рослині.

Леткі органічні сполуки з антигрибковими та репелентними властивостями можуть як напряду діяти на шкідників, так і індукувати захисну відповідь у сусідніх рослин – це зветься захисним праймуванням.

[ ] Кількість та склад ЛОС залежить від виду та сорту рослини. На нього також впливає сусідство із іншими рослинами. Так у червоної конюшини, що росла в умовах конкуренції з грястицею збірною (або житньою травою) вивільнення ЛОС збільшувалося. Це ж дослідження продемонструвало вищу біомасу в більш розмаїтих лучних спільнотах.

Відлякування шкідників в полікультурах базується на наступних механізмах: (А) вивільнення ЛОС, що відлякують шкідника, (Б) маскування ЛОС, що вивільняються сусідніми рослинами та (С) зміна складу ЛОС, коли одні

культури поглинають кореневі виділення інших культур.

## БІОКОНТРОЛЬ – РЕСУРСИ ДЛЯ МИСЛИВЦІВ

Stenberg JA, Heil M, Åhman I, et al (2015) Trends in Plant Science 20: 698-712.  
Grasso DA, Pandolfi C, Bazihizina N, et al (2015) AoB plants 7.

Landis DA, Menalled FD, Costamagna AC, et al (2005) Weed science 53: 902-908.  
Altieri MA (1999) Agric Ecosyst Environ 74: 19-31.  
Atsatt PR & O'dowd DJ (1976) Science 193: 24-29.



Позаквіткові нектарники



Порожністі органи



Рослини-інсектарії



На додачу до ЛОС, рослини приваблюють хижаків, які полюють на паразитів, створюючи прихисток – різноманітні заглиблення, порожністі розростання рослин або домації чи опушення що використовуються мурахами та хижими кліщами як оселище, або пропонуючи їжу: пилок, квітковий та позаквітковий нектар та живицю (або сік). Додатковий нектар змінює баланс трофічної мережі на користь третього рівня - м'ясоїдів, у яких розмноження часто лімітоване кількістю вуглеводів для харчування дорослих особин. Багата на вуглеводи їжа збільшує тривалість життя, виживання в часи нестачі жертв, ефективність полювання та зменшує хижацтво всередині гільдії мисливців на шкідників. Хижаки отримують більшу перевагу ніж травоядні, що харчуються тим самим нектаром, оскільки для шкідників більшим обмежувачим фактором є білок, а отже пилок у харчуванні. В домаціях також частіше мешкають хижаки ніж шкідники. Культури та деякі бур'яни з родин окружкові (або парасолькові), бобові та складноцвіті відіграють особливо важливу роль для приваблення мисливців на шкідників. Ефективність біоконтролю додатково підвищується якщо виробництво нектару цими так званими рослинами-інсектаріями збігається у часі з розмноженням хижаків та паразитоїдів. Певні рослини в полікультурі також можуть також слугувати джерелом альтернативних жертв. Наприклад, висаджена в міжряддях

пеканових дерев вика є джерелом попелиць на початку сезону, завдяки чому популяція сонечок збільшується до моменту появи іншого виду попеліць, що вражає пекани.



## БІОКОНТРОЛЬ – ЗАХИСНА ГІЛЬДІЯ

Stenberg JA, Heil M, Åhman I, et al (2015) Trends in Plant Science 20: 698-712.  
Atsatt PR & O'dowd DJ (1976) Science 193: 24-29.

- Рослини-ІНСЕКТАРІЇ
- Рослини-РЕПЕЛЕНТИ
- Рослини-ПАСТКИ
- Рослини-МАНКИ
- Рослини-ЯСЛА



Відлякувально-приваблювальна система



Кукурудза, висаджена по краю поля з цукіні, слугує рослиною-пасткою приваблюючи шкідників та знижуючи пошкодження цукіні.

Знаючи харчові звички та особливості життєвого циклу та поширення шкідника можна створити у захисну гільдію поєднавши відповідні типи рослин. Є 5 основних груп рослин для боротьби зі шкідниками:

[] Рослини-ІНСЕКТАРІЇ, що утворюють пилок на нектар для харчування мисливців на шкідників та паразитоїдів.

[] Рослини-РЕПЕЛЕНТИ, які напряду чи опосередковано ускладнюють пошук шкідником чутливої рослини.

[] Рослини-ПАСТКИ, яким шкідники надають перевагу перед культурними рослинами, коли останні перебувають на особливо вразливій стадії росту.

[] Рослини-МАНКИ, що збільшують смертність чи знижують плодючість шкідника через наявність в цих рослинах токсинів або через відсутність, дисбаланс чи нестачу потрібних шкідникові поживних речовин.

[] Рослини-ЯСЛА, шкідники яких є додатковою їжею для організмів, що здійснюють біоконтроль.

В відлякувально-приваблювальній стратегії захисту рослина, що відлякує шкідника, висаджується поміж сільськогосподарською культурою, а рослина, яка шкідника приваблює – по периметру поля. Найкращим варіантом буде коли приваблююча рослина є рослиною-манком і знижує плодючість шкідника, і коли обидві відлякуюча та приваблююча рослини виконують додаткові корисні функції, наприклад, як декоративні, їстівні, пряно-ароматичні чи кормові рослини.

Прикладом використання такої двокомпонентної системи в Африці для захисту

кукурудзи від стеблоїда та для пригнічення паразитичного бур'яну стриги єгипетської є застосування двох багаторічних рослин: бобової культури-репелента десмодіума та рослини-пастки слонової трави.