

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



# ГРУНТОПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ



Павло Арданов  
pavlo.ardanov@gmail.com



## ЦІЛІ

- Збагачувати ґрунт нітрогеном
- Покращувати колообіг речовин
- Стимулювати утворення мікоризи з арбускулярними грибами
- Підвищувати вміст органічної речовини
- Покращувати структуру ґрунту
- Протидіяти ерозії під час злив і танення снігу
- Пригнічувати бур'янів
- Захищати від хвороб та шкідників
- Утворювати мульчу для зменшення випаровування
- Оселище для корисних організмів
- Кращий доступ для техніки
- Покращення водопроникності ґрунту
- Протидія перегріванню ґрунту влітку, сповільнення його промерзання та зменшення кількості циклів промерзання-танення завдяки теплоізоляції ґрунту



Нормалізовані значення для 11 екосистемних послуг та 2 економічних показників усереднені для 3-їчної сівозміни із застосуванням покривних культур та без них.



Ґрунтопокривні, додаткові, сервісні культури або сидерати – це рослини, основною метою вирощування яких є виконання ними агроекологічних функцій, і які не обов'язково дають комерційний продукт.

Зазвичай покривні культури вирощують для покращення колообігу речовин, підвищення родючості ґрунту, переривання життєвих циклів шкідників, патогенів та бур'янів, задля покращення харчової бази та створення оселищ для запилювачів та інших корисних організмів, для розпушення ґрунту, покращення його водоутримуючих якостей та зменшення випаровування. Іноді ці культури також дають комерційні продукти, наприклад, їстівне насіння, корм для свійських тварин та слугують медоносами.

В більшості випадків життєвий цикл покривних культур припиняють до його біологічного завершення, а біомасу лишають на поверхні ґрунту, особливо в безорному землеробстві, або ж рештки заорюють в ґрунт (такі культури називають сидератами). В садівництві їх часто залишають як живу мульчу – тоді ці культури мають бути посухостійкими та не приваблювати гризунів. Також їх висаджують в ущільнених посадках з однорічними сільгоспкультурами.

# ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Managing cover crops profitably. (1998)  
Beltsville, MD, Sustainable Agriculture Network.

Chart 4A POTENTIAL ADVANTAGES

Species	Soil Impact			Soil Ecology					Other		
	soilster	free DM	loosen topsoil	nematodes	disease	alkaligra	choko weeds	attract beneficials	burn traffic	short windows	
Annual ryegrass p. 74	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Barley p. 77	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Oats p. 93	○	●	●	○	●	●	●	○	●	●	
Rye p. 98	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Wheat p. 111	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Buckwheat p. 90	○	●	●	○	●	●	●	○	●	●	
Sorghum-sudangrass p. 106	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Mustards p. 81	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Radish p. 81	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Rapeseed p. 81	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Berseem clover p. 118	●	●	●	○	○	●	●	●	●	●	
Cowpeas p. 125	●	●	●	○	○	●	●	●	○	●	
Crimson clover p. 130	●	●	●	○	○	●	●	●	○	●	
Field peas p. 135	●	●	●	○	○	●	●	●	○	●	
Hairy vetch p. 142	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
Medics p. 152	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
Red clover p. 159	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
Subterranean clover p. 164	○	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
Sweetclovers p. 171	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
White clover p. 179	○	●	●	○	○	●	●	●	○	○	
Woollypod vetch p. 185	●	●	●	○	○	●	●	●	○	○	

○=Poor; ●=Fair; ●=Good; ●=Very Good; ●=Excellent

Chart 4B POTENTIAL DISADVANTAGES

Species	Increase pest risks				Management challenges				Comments Pro/Con
	insect	fungi	rodents	birds	herbicide	weed	harvest	seed	
Annual ryegrass	○	●	●	●	●	●	●	●	If mowing, leave 3-4" to ensure regrowth.
Barley	●	●	●	●	●	●	●	●	Can be harder than rye to incorporate when mature.
Oats	●	●	●	●	●	●	●	●	Cleaned, bin-run seed will suffice.
Rye	●	●	●	●	●	●	●	○	Can become a weed if tilled at wrong stage.
Wheat	●	●	●	●	●	●	●	●	Absorbs N and H <sub>2</sub> O heavily during stem growth, so kill before then.
Buckwheat	○	●	●	●	●	●	●	●	Buckwheat sets seed quickly.
Sorghum-sudangrass	●	●	●	●	●	●	●	●	Mature, frost-killed plants become quite woody.
Mustards	●	●	●	●	●	●	●	●	Great biofumigation potential; winterkills at 25° F.
Radish	●	●	●	●	●	●	●	●	Winter kills at 25° F; cultivars vary widely.
Rapeseed	●	●	●	●	●	●	●	●	Canola has less biotoxic activity than rape.
Berseem clover	●	●	●	●	●	●	●	●	Multiple cuttings needed to achieve maximum N.
Cowpeas	●	●	●	●	●	●	●	●	Some cultivars, nematode resistant.
Crimson clover	●	○	○	○	○	○	○	○	Good for underseeding, easy to kill by tillage or mowing.
Field peas	●	●	●	●	●	●	●	●	Susceptible to <i>aschennia</i> in East.
Hairy vetch	●	●	●	●	●	●	●	●	Tolerates low fertility, wide pH range; cold or fluctuating winters.
Medics	●	●	●	●	●	●	●	●	Perennials easily become weedy.
Red clover	●	●	●	●	●	●	●	●	Grows best where corn grows well.
Subterranean clover	●	○	○	○	○	○	○	○	Cultivars vary greatly.
Sweetclovers	●	●	●	●	●	●	●	●	Hard seed possible problem; does not tolerate seeding year mowing.
White clover	●	●	●	●	●	●	●	○	Can be invasive; survives tillage.
Woollypod vetch	●	●	●	●	●	●	●	●	Hard seed can be problematic; resident vegetation eventually displaces.

Note change in symbols, this page only: ○ = problem; ● = Could be a moderate problem; ● = Could be a minor problem; ● = Occasionally a minor problem; ● = not a problem

Маючи чисельні переваги покривні культури також можуть спричиняти деякі негативні впливи, зокрема, конкурувати з сільгоспкультурами за воду та поживні речовини тимчасово зв'язуючи речовини в своїй біомасі, ускладнювати догляд за культурами, зокрема у випадку посадки культур із дрібним насінням у мульчу покривних культур, затримувати час посадки культур через уповільнення танення снігу та прогрівання ґрунту навесні або через тривалий розпад решток, сприяти поширенню шкідників (зокрема слимаків) та хвороб (зокрема сапрофітних організмів), збільшувати висоту паморозків у садах або у сприятливі роки нарощувати занадто велику біомасу, що ускладнює приминання чи скошування стебел тощо. У посушливих умовах та при орному землеробстві спостерігається більше негативних впливів від покривних культур ніж в інших системах.

# SELECTION ALGORITHM

Managing cover crops profitably. (1998)  
Beltsville, MD, Sustainable Agriculture Network.

- ◆ CCs should not harbor important orchard pests
- ◆ CCs should have some ability to divert generalist pests from the orchard crop
- ◆ CCs should confuse specialist pests visually or olfactorily (by smell)
- ◆ CCs should be capable of altering host plant nutrition (without negatively impacting the crop) and thereby reduce pest success
- ◆ CCs should reduce dust and thereby reduce spider mite outbreaks
- ◆ CCs should change the microclimate and thereby reduce pest success
- ◆ CCs should increase natural enemy abundance or efficiency, thereby increasing biological control of arthropod pests.



Негативні впливи можна зменшити завдяки ретельному підбору видів (наприклад, на підземній конюшині оселяється менше клопів лігусів, що шкодять деревам), сівозміні різних ґрунтопокривників для запобігання накопиченню специфічних хвороб та шкідників, тестуючи види та міжвидові комбінації ґрунтопокривників на малих ділянках аби обрати найефективніші для застосування у великих масштабах, а також завдяки наявності спеціальної техніки, зокрема для посадки та знищення покривних культур.

# ВИБІР ПОКРИВНИХ КУЛЬТУР

Managing cover crops profitably. (1998)  
Beltsville, MD, Sustainable Agriculture  
Network.

## ЗАПИТАННЯ ДЛЯ ВИБОРУ ПОТРІБНИХ ПОКРИВНИХ КУЛЬТУР:

- Який буде метод посадки?
- Яка буде погода?
- Яка буде температура та вологість ґрунту?
- Наскільки суттєвим буде вплив інших культур та шкідників?
- Потрібна низька та сланка чи висока і швидкоросла культура?
- Які перепади температур та вплив техніки має витримувати культура?
- Чи вбивають культуру приморозки у моїй місцевості?
- Чи потрібна для моїх цілей озима культура?
- Як відростатиме культура після скошування?
- Як посадити культуру та як позбавитись від неї?
- Чи матиму я час на догляд, якого потребує культура?
- Які можливі ризики на шляхи їх подолання, якщо культура не зійде чи не помре, коли це було заплановано?
- Чи є потрібна техніка і працівники?



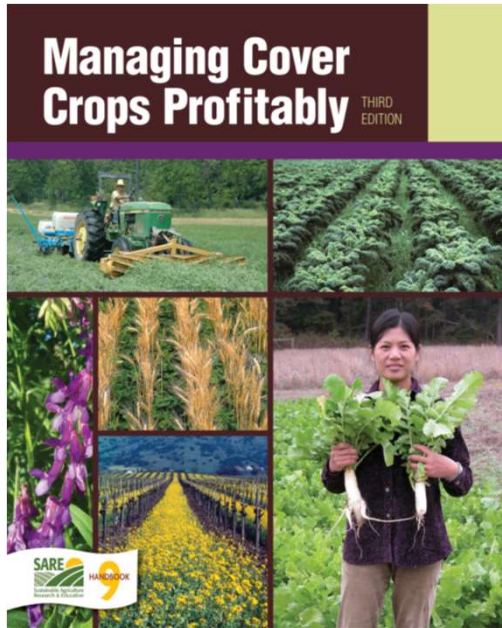
Немає універсальної ґрунтопокривної культури, тому види та суміші мають підбиратися у відповідності до задач сільськогосподарського виробництва, агротехніки, яку ви застосовуєте, потреб комерційної культури та ґрунтокліматичних умов. Інша можливість – це створювати сівозміну довкола ґрунтопокривної культури, яка показала найкращі результати у ваших умовах.

## ОСНОВНІ НІШІ

- Осінньо-зимовий пар
- Літній пар
- Сіврозміна з дрібнозерновими культурами
- Покращений цілорічний пар
- Безперервне вирощування сидератів
- Жива мульча



Конюшина волохата 'Нукол' зазвичай рано достигає та гарно самовисівається.



Managing cover crops profitably. (1998) Beltsville, MD, Sustainable Agriculture Network.  
Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994) California Agriculture 48: 43-48.



Біб кінський швидко формує прямостоячі стебла та утворює багато біомаси.



В залежності від періоду посадок та клімату існує кілька ніш для використання ґрунтопокровних культур.

[ ] Осінньо-зимовий пар – мінімум за 6 місяців до сильних приморозків, але цей проміжок може бути коротшим для морозостійких злаків (таких, як жито), або у випадку підсівання до основних культур. Сидерати підсівають тоді, коли крізь листовий покрив основної культури проходить достань світла: або до молодих рослин основної культури, або після всихання основної культури перед дозріванням. Сидерат, в свою чергу, має бути тіньовитривалим або повільно рости в молодому віці аби не конкурувати з основною культурою. Посів сидератів під осінній пар краще проводити перед прогнозованим дощем або з наступним поливом.

[ ] Інша можливість – це використання самосійних озимих однорічників, особливо сортів, що утворюють великий відсоток твердого насіння, яке самовисівається восени. Стійкі культури, зокрема зимові сорти гарбузів та цукрову кукурудзу, можна підсівати під основну культуру як сидерати. Деякі види, наприклад, конюшина волохата, конюшина підземна, люцерна та деякі види вики утворюють тверде насіння з важкопроникною для води оболонкою, тому вони здатні створювати запас насіння у ґрунті, яке проростає протягом кількох років. Якщо не проводиться зрошення, наприклад у міжряддях

дерев, також варто використовувати покривні культури твердим насінням та ранньостиглі культури.

[ ] Літній пар – проміжок між ранніми та пізніми культурами, що підходить для вирощування швидкорослих посухостійких однорічників, які так само можна підсівати до ранньої культури.

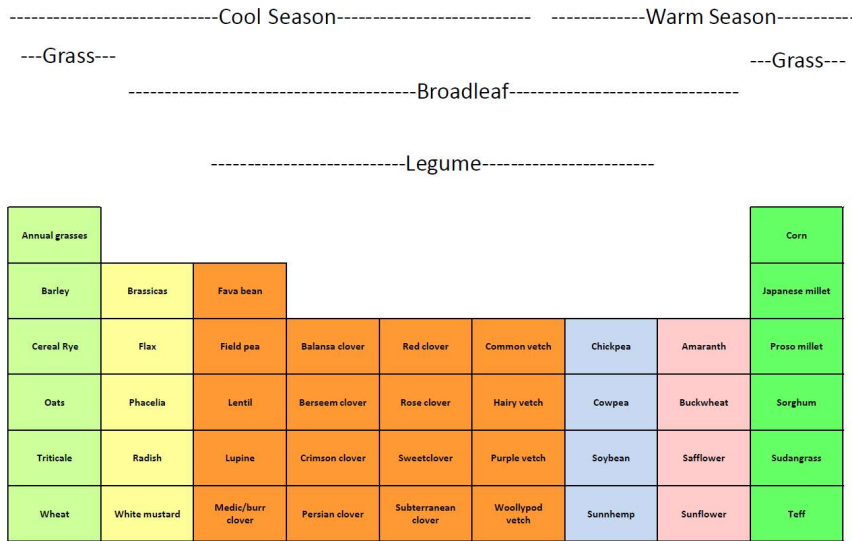
[ ] Сівозміна з дрібнозерновими культурами підходить для вирощування озимих ґрунтопокровних культур перед посадкою ярих зернових. Сидерат у цьому випадку можна підсівати взимку до озимих культур або відразу після збирання озимих культур.

[ ] Покращений цілорічний пар використовується для відновлення родючості ґрунтів. Він підходить для посадки багаторічників зі стрижневою кореневою системою або для дворічників, які вимагають мінімального догляду, або для посадки багаторічних кормових культур.

[ ] Безперервне вирощування сидератів – це посадка суміші зернобобових культур восени для пригнічення бур'яну та для збагачення ґрунту нітрогеном. Сидерати скошують чи заорюють наступної весни під час цвітіння. Після чого висаджують літні сидерати, що утворюють багато біомаси.

[ ] Наступна можливість – це жива мульча. Вона забезпечує цілорічний захист ґрунту від ерозії, покращує колообіг речовин та збагачує ґрунт нітрогеном. Основна культура висівається смугами попід мульчу після скошування чи відмирання ґрунтопокровної культури.

# COVER CROP CHART Liebig MA, Johnson H, Archer D, et al (2013) Journal of Extension: 51: 11-21.



Графіки росту покривних культур дозволяють підібрати види відповідно до наявного часового проміжку для вирощування ґрунтопокривників. На слайді зображена схема, що була розроблена для Каліфорнії.



# COVER CROP CHART

Managing cover crops profitably. (1998)  
Beltsville, MD, Sustainable Agriculture Network.

Chart 1 TOP REGIONAL COVER CROP SPECIES<sup>1</sup>

Bioregion	N Source	Soil Builder	Erosion Fighter	Subsoil Loosener	Weed Fighter	Pest Fighter
Northeast	red cl, hairy v, berseem, swt cl	ryegr, swt cl, songhyb, rye	rye, ryegr, sub cl, oats	songhyb, swt cl, forad	songhyb, ryegr, rye, buckwheat	rye, songhyb, rape
Mid-Atlantic	hairy v, red cl, berseem, crim cl	ryegr, rye, swt cl, songhyb	sub cl, cowpeas, rye, ryegr	songhyb, swt cl, forad	rye, ryegr, oats, buckwheat	rye, songhyb, rape
Mid-South	hairy v, sub cl, berseem, crim cl	ryegr, rye, sub cl, songhyb	sub cl, cowpeas, rye, ryegr	songhyb, swt cl	buckwheat, ryegr, sub cl, rye	rye, songhyb
Southeast Uplands	hairy v, red cl, berseem, crim cl	ryegr, rye, songhyb, swt cl	sub cl, cowpeas, rye, ryegr	songhyb, swt cl	buckwheat, ryegr, sub cl, rye	rye, songhyb
Southeast Lowlands	winter peas, sub cl, hairy v, berseem, crim cl	ryegr, rye, songhyb, sub cl	sub cl, cowpeas, rye, ryegr, songhyb	songhyb	berseem, wheat, cowpeas, oats, ryegr	rye, songhyb
Great Lakes	hairy v, red cl, berseem, crim cl	ryegr, rye, songhyb, swt cl	oats, rye, ryegr	songhyb, swt cl, forad	berseem, ryegr, rye, buckwht, oats	rye, songhyb, rape
Midwest Corn Belt	hairy v, red cl, berseem, crim cl	rye, barley, songhyb, swt cl	wht cl, rye, ryegr, barley	songhyb, swt cl, forad	rye, ryegr, wheat, buckwht, oats	rye, songhyb
Northern Plains	hairy v, swt cl, medic	rye, barley, medic, swt cl	rye, barley	songhyb, swt cl	medic, rye, barley	rye, songhyb
Southern Plains	winter peas, medic, hairy v	rye, barley, medic	rye, barley	songhyb, swt cl	rye, barley	rye, songhyb
Inland Northwest	winter peas, hairy v	medic, swt cl, rye, barley	rye, barley	songhyb, swt cl	rye, wheat, barley	rye, mustards, songhyb
Northwest Maritime	berseem, sub cl, lana v, crim cl	ryegr, rye, songhyb, lana v	wht cl, rye, ryegr, barley	songhyb, swt cl	ryegr, lana v, oats, wht cl	rye, mustards
Coastal California	berseem, sub cl, lana v, medic	ryegr, rye, songhyb, lana v	wht cl, cowpeas, rye, ryegr	songhyb, swt cl	rye, ryegr, berseem, wht cl	songhyb, crim cl, rye
Calif. Central Valley	winter peas, lana v, sub cl, medic	medic, sub cl	wht cl, barley, rye, ryegr	songhyb, swt cl	ryegr, wht cl, rye, lana v	songhyb, crim cl, rye
Southwest	medic, sub cl	sub cl, medic, barley	barley, songhyb		medic, barley	

<sup>1</sup>ryegr=annual ryegrass. buckwht=buckwheat. forad=forage radish. rape=rapeseed. songhyb=sorghum-sudangrass hybrid. berseem=berseem clover. winter peas=Austrian winter pea. crim cl=crimson clover. hairy v=hairy vetch. red cl=red clover. sub cl=subterranean clover. swt cl=swt clover. wht cl=white clover. lana v=LANA woollypod vetch.



В книзі Managing Cover Crops Profitably наведено різні варіанти покривних культур для досягнення різних цілей, що об'єднані за регіонами США.

# ORCHARDS

Rodrigues MÃ & Arrobas M (2020) Fruit Crops: 279-295.



Cover cropping with natural vegetation in a chestnut plantation.

[+ watch Polyculture systems with nut tree crops](#)



Поширення покривних культур у садівництві обмежує той факт, що покривні культури можуть відігравати як позитивну, так і негативну роль. На додачу до загальних можливих негативних впливів покривних культур, зокрема як розплідника хвороб та шкідників та конкуренції за воду та поживні речовини з основною культурою, у садівництві покривні культури можуть створювати перепону для фізичного доступу та збору врожаю. Позитивними ж ефектами використання покривних культур у садівництві є запобігання ерозії, зв'язування вуглецю, покращення родючості ґрунту та його розущільнення, а також пітримання популяції запилювачів та біоконтрольних організмів. Загалом у зрошуваних садах можна створити більш розмаїтий та багатий ґрунтопокритив, тоді як на посушливих рівнинах можна очікувати більшої конкуренції ґрунтопокритивників із садовими деревами.

Ґрунтопокритивом може слугувати місцева або дика рослинність. Для зменшення конкуренції з деревами цю рослинність треба періодично скошувати. При використанні місцевої рослинності в якості ґрунтопокритиву відбувається менше пошкодження ґрунту та коріння дерев, покращується доступ в сад для техніки та людей, і можна очікувати більшого розмаїття спонтанної дикої рослинності. Проте постійне скошування сприяє домінуванню багаторічників, що гарно

витримують скошування а також складнощі контролю більш агресивного ґрунтопокриву у майбутньому. До того ж стійкі до скошування трави більше конкурують із деревами та підвищують ризик пожеж. Проте сильні конкурентні властивості трав можна також використовувати для зменшення родючості ґрунту та сповільнення росту культурних рослин задля отримання плодів вищої якості, чого зазвичай прагнуть виноградарі в низинних частинах виноградника. Ґрунтопокрив також може сприяти формуванню дрібного коріння у винограду для ним отримання поживних речовин з більш глибоких шарів ґрунту. В яблуневих садах рослинний ґрунтопокрив сприяє збільшенню вмісту фенольних сполук, що покращують стійкість до шкідників та смак яблук.

## ORCHARDS

Rodrigues MÃ & Arrobas M (2020) Fruit Crops: 279-295.



Interrows of a vineyard alternately managed by soil tillage and cover cropping with a commercial mixture containing legume and grass species.



Cover cropping with vetch (*Vicia villosa* Roth). The aboveground biomass is left on the ground as mulch.



Висівання бобових ґрунтопокривників краще сприяє зв'язуванню азоту та мобілізацію фосфору, аніж ґрунтопокрив з місцевої рослинності. Так, люпин і вика можуть зв'язувати понад 150 кг N/га. Хрестоцвіті висівають для біофумігації, наприклад, білу гірчицю для контролю вертицильозу олив. Проте, оранка для посадки однорічних покривних культур збільшує ризик ерозії та пошкодження коріння дерев. Якщо ж не заорювати рештки бобових культур, то значна частина зв'язаного азоту може витратитися через перетворення на газоподібний аміак. Тому ґрунтопокрив з бобових рекомендовано використовувати у високоврожайних садах з глибокими ґрунтами, де немає загрози ерозії та конкуренції за воду.

## ORCHARDS

Rodrigues MÂ & Arrobas M (2020) Fruit Crops: 279-295.



Cover cropping with self-reseeding early-maturing annual legumes in an olive grove.



Mulching of dead vegetation late in spring from a cover of self-reseeding annual legumes.



Як альтернативу можна створювати ґрунтопокриття із самосійних бобових чи з багаторічників – такий підхід більше нагадує формування природної рослинності. При цьому види та характер догляду обираються таким чином, аби забезпечити самопідтримання рослинності протягом максимально тривалого часу після посадки. Обираються види, що приносять більше користі та менше конкуруватимуть з деревами, аніж місцева рослинність. Зазвичай це бобові види, що потребують менше води та поживних речовин. Скошування самосійних видів потрібно проводити після дозрівання насіння.

Для вологих умов та садів з інтенсивним доглядом обирають трави, що утворюють дернину – це полегшує доступ техніки. Землю попід рядами дерев звільняють від рослинності, і в цій зоні проводиться підживлення дерев.

Оскільки зрештою посіяні види частково заміщаються місцевою рослинністю, такий спосіб дозволяє формувати більш розмаїтий ґрунтопокриття.

## ORCHARDS

Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994)  
California Agriculture 48: 43-48.  
Paiola A, Assandri C, Brambilla M, et al (2020)  
Sci Total Environ 706: 135839.



Subterranean clover can perform well in almond orchards with periodic mowing prior to flowering. After flowering, large numbers of seeds form on the soil surface or just below ground (left); this facilitates re-seeding.

Fred Thomas



В посушливих умовах (напр. в середземноморському кліматі), на крутих схилах та на неглибоких ґрунтах рекомендується висівати ранньостиглі самосійні бобові культури, зокрема певні види конюшини підземної. Такі рослини проростають рано восени з першими дощами. Вони дуже низькі і мало конкурують за воду, проте являються гарним захистом для ґрунту та суттєво його збагачують карбоном та нітрогеном (проте показники азотфіксації поступаються виці, люпину та пізньостиглим бобовим). Вони ростуть тоді, коли дерева переходять у стан зимового спокою і закінчують період вегетації навесні (коли дерева починають активно рости) перетворюючись на мульчу, що вкриває ґрунт влітку.

## ORCHARDS

Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994)  
California Agriculture 48: 43-48.  
Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994)  
California Agriculture 48: 43-48.



Showy crimson clover flowers stand above other mowable clovers in a mix suitable for almond orchards.



Summer annual buckwheat flowers early and is used in some vineyards to attract a diversity of beneficial insects.

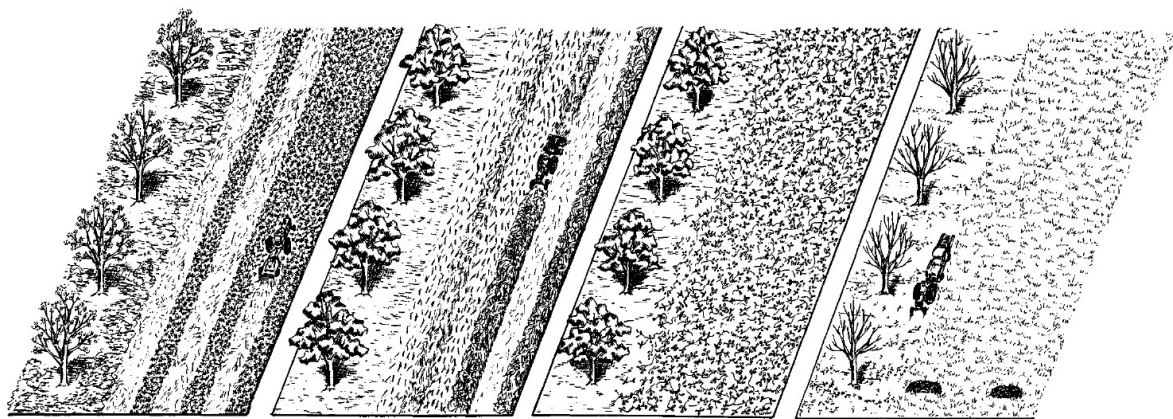


Для підтримання природного біорозмаїття рекомендуються формувати неоднорідну структуру трав'яного покриття, що найкраще відповідатиме вимогам до оселищ низки видів. Так, для гніздування жайвора лісового потрібен густий та високий трав'яний покрив, комахоїдним птахам, що харчуються на землі, потрібна мозаїка трав'янистих та вільних від рослинності ділянок, а птахи, що харчуються насінням, переважно збирають його на ділянках з низькою рослинністю. Цікаво, що хижі кліщі можуть перебиватися на пилку покривних культур, що розноситься вітром.

Скошені і особливо подрібнені рештки покривної культури можуть прискорювати розпад незібраних плодів мигдалю на землі завдяки підвищенню вологості зменшуючи цим кількість оселищ для зимівлі гусени паразита – вогнівки (*Amyelois transitella*) та суттєво зменшуючи кількість дорослих комах навесні.

# УСПІШНІ АГРОНОМІЧНІ СИСТЕМИ ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.



З середини до кінця  
квітня

Початок червня

З середини липня до  
кінця вересня –  
початку жовтня

З вересня до січня

Схема цілорічного вирощування покривних культур у пекановому саду.



Також можна пристосовувати успішні агрономічні системи до потрібного контексту. У якості прикладу хочу навести систему ґрунтопокривників, розроблену для пеканового саду у прохолодному помірному кліматі штату Джорджія, США, оскільки подібні підходи до підбору видів та до планування системи покривних культур можна пристосувати до подібних ситуацій. Наведена система ґрунтопокривників має на меті створення постійного покриву, що не заважатиме збиранню горіхів у міжряддях дерев, яка пригнічуватиме бур'ян попід деревами не конкуруючи при цьому з рослинами за воду, з використанням ґрунтопокривників, які самі висіваються, потребують мінімального скошування, та допомагають зменшувати чисельність шкідників.



## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.

### Попід деревами



Конюшина багряна



Вика звичайна

### Озимі покривні культури



Вика волохата



Конюшина підземна

### У міжряддях



Конюшина пухирчаста



Люпин

Озимі покривні культури висівають по всьому pekanovому саду. Причому попід деревами висівають ранньостиглі озимі культури, які встигають дати насіння доки pekanovі дерева встигнуть вкритися навесні листям. У міжряддях дерев висівають суміш озимих однорічних культур включно з пізньостиглими видами.

Cool season cover crops that reestablish in orchard without tillage



Конюшина багряна



Конюшина підземна



Люцерна арабська



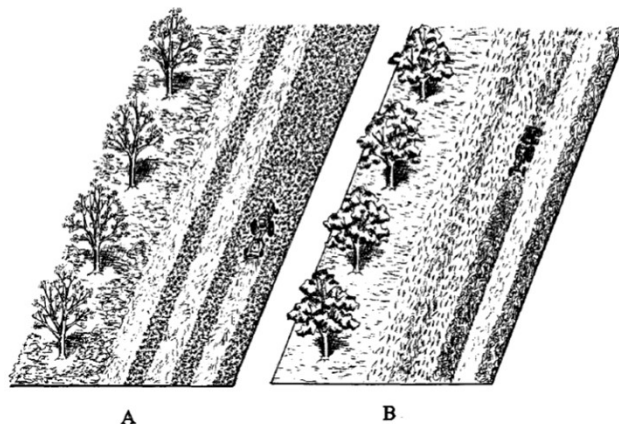
Вика звичайна



Багато озимих бобових, що самовисівають та проростають без заорювання насіння, дають гарний поріст з-поміж висіяних теплолюбних культур.

## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.



**Схема цілорічного вирощування покривних культур у пекановому саду.**

А. З середини до кінця квітня: ранньостиглі озимі покривні культури ростуть попід деревами; у міжряддях можна вирощувати види, що досягають пізніше. 2-метрові смуги культур у міжряддях по чергово скошують або заорюють для швидкого збагачення ґрунту нітрогеном. Смуги, що залишилися, засівають міжряддя насінням на наступний рік.

В. Початок червня: залишені у міжряддях смуги заорюють для розсівання насіння. Рештками покривних культур мульчують землю попід деревами. Міжряддя повністю переорюють для заглиблення в ґрунт насіння озимих культур та підготовки ґрунту під посів літніх однорічних бобових ґрунтопокривників.



[ ] В 2 половині квітня 2-метрові смуги озимих покривних культур у міжряддях заорюють через одну або лишають на насіння. Заорані сидерати швидко мінералізуються постачаючи пеканові дерева нітрогеном.

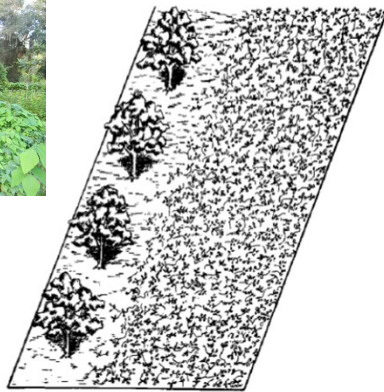
[ ] Тоді як сусідні смуги, що були залишені на насіння, скошують вже після дозрівання насіння, аби засіяти все міжряддя. Ротаційна косарка розкидає насіння також на раніше заорані смуги сидерату. Подібну стратегію можна застосувати і для літніх покривних культур чи ґрунтопокриву з місцевої рослинності – їх також потрібно скошувати ПІСЛЯ того, як у бобових дозріє насіння (в іншому випадку бобова культура з часом вироджується, і серед покривної рослинності з починають панувати трави). На додачу, по чергове скошування смуг покривних культур не позбавляє корисних організмів їх оселища.

## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al (1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.



Оксамитові боби чи інша в'юнка бобова культура



С



Багатовидовий комплекс літніх покривних культур у пекановому саду.

**Схема цілорічного вирощування покривних культур у пекановому саду.**

С. З середини липня до кінця вересня – початку жовтня: у міжряддях росте суміш однорічних бобових ґрунтопокривників поєднана з травами, що утворюють дернину; огудиння в'юнких бобових вкриває землю по під деревами.



[] Літні покривні культури висаджують лише у міжряддях дерев аби зменшити конкуренцію з пекановими деревами за воду. До того ж влітку, коли дерева вкриті листям, у міжряддях потрапляє менше світла (підживлення фосфором підвищує тіньовитривалість покривних культур). Насіння деяких літніх покривних культур, наприклад, боровикового гороху (чи яскравої горошини) та індігофери можна розкидати по поверхні ґрунту, проте для кращого проростання більшості бобових культур їх насіння потрібно висівати сівалкою.

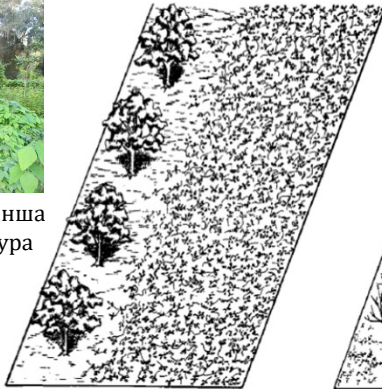
[] До суміші літніх покривних культур можна додати в'юнкі види, огудиння яких вкриває мульту зі скошених озимих покривних культур по під деревами утворивши додаткову перепону для росту бур'яну.

## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

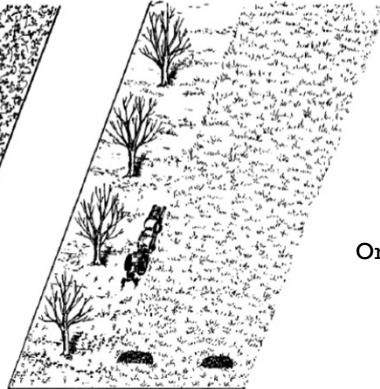
Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.



Оксамитові боби чи інша  
в'юнका бобова культура



С



Д



Bermuda grass  
Or other sod forming species

Схема цілорічного вирощування покривних культур у пекановому саду.

С. З середини липня до кінця вересня – початку жовтня: у міжряддях росте суміш однорічних бобових ґрунтопокривників поєднана з травами, що утворюють дернину; огудиння в'юнких бобових вкриває землю по під деревами.

Д. З вересня по січень: покривну культуру скошують з кінця вересня до початку жовтня залишаючи рештки розпадатися на місці. Трави утворюють дернину для легшого збирання горіхів. З кінця вересня до середини листопада проростають озимі покривні культури.



[] До суміші літніх покривних культур, що висівається у міжряддях, додають насіння трав, що після скошування формують дернину, з поверхні якої легше збирати горіхи.

Для додаткового мульчування по під деревами для пригнічення бур'яну скошені рештки покривних культур з міжряддя можна складати по під дерева, наприклад використовуючи косарку з бічним вивантаженням решток. Нескошена літня покривна культура, наприклад, зріла вика шорстка сумісно висаджена з житом, може ще кілька тижнів на початку літа пригнічувати ріст бур'яну (включно з багаторічними травами) у міжряддях.

[] Восени літні багаторічні трави скошують під корінь. Після цього більшість озимих покривних культур можна висівати сівалкою чи розкиданням насіння по поверхні ґрунту з наступним його заорюванням.

Оскільки рештки бобових культур розкладаються швидше ніж трави, суміш літніх покривних культур з високою долею в ній бобових можна скошувати пізніше, коли дозріває принаймні частина насіння, аби відбулося самовисівання покривної культури, а скошені рештки встигли розпастися перед збиранням горіхів.

## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.

### Озимі покривні культури для контролю попелиць



Вика волохата (*Vicia villosa*)



Конюшина багряна (*Trifolium incarnatum*)



Жито (*Secale cereale*)



Сонечко семикрапкове (*Coccinella septempunctata*)



Сонечко азіатське (*Olla v-nigrum*)



Шкідники озимих покривних культур можуть слугувати додатковою їжею для корисних комах. Наприклад, попелиці та трипси покривних культур не вражають горіхові дерева слугуючи їжею для сонечок та інших мисливців на попелиць допоки на початку травня попелиці з'являються на пекані. На той час озима покривна культура як правило всихає, і мисливці на шкідників перелітають на пеканові дерева.

## ПОКРИВНІ КУЛЬТУРИ В ПЕКАНОВОМУ САДУ

Bugg RL, Sarrantonio M, Dutcher JD, et al  
(1991) Am J Altern Agric 6: 50-62.

### Озимі покривні культури, що приваблюють корисних комах



Вика звичайна (*Vicia sativa*  
*ssp. nigra* або *V. angustifolia*)



Вика чотиринасінна  
(*Vicia tetrasperma*)



Конюшина рівнинна  
(*Trifolium campestre*)



Хрінниця віргінська  
(*Lepidium virginicum*)



Зірочник середній  
(*Stellaria media*)



Дзюрчалкові мухи, що харчуються попелицями

Попелиці та комахи, що їх їдять



Шкідники літньої ґрунтопокривної рослинності також дозволяють розмножуватися комахам, що полюють на попелиць. Заорювання чи скошування покривної рослинності в розпал враження pekanових дерев попелицями може заохотити цих корисних комах перелітати на pekanові дерева. Достатньо засадити лише кілька міжрядь в саду рослинами-інсектаріями, що приваблюють корисних комах.

# STRATEGIES

Brennan EB (2017) HortTechnology 27: 151-161.

**Strategy 1 - Low Residue Cover Crops in Furrows**

**Potential Benefits**

- low residue
- reduced runoff & erosion
- ground water recharge

**Potential Challenges**

- weed control on bed tops
- herbicide drift to adjacent cash crops
- field access in wet periods

**Potential Next Crop**

- Seeded or transplanted

Cereal cover crop in furrow bottoms

Cover crop roots

**Strategy 2 - Cover Crops on Beds with Repeated Mowing**

**Potential Benefits**

- precision weed control
- lower seeding rates
- reduced runoff & erosion
- ground water recharge
- nitrate scavenging
- residue kept low

**Potential Challenges**

- field access in wet periods for mowing or weed control

**Potential Next Crop**

- transplanted spring crop with moderate tolerance of cover crop residue

Cereal rye on bed tops

Cover crop roots

Cereal cover crops are broadcast planted in an 8- to 12-inch-wide band in the furrow bottoms of listed winter fallow vegetable beds and killed with a conventional herbicide after 50 d of growth.

Cereal cover crops are grown on the tops of winter fallow vegetable beds and repeatedly mowed to minimize the accumulation of shoot residue.

Для використання покривних культур в системах інтенсивного вирощування овочів було запропоновано кілька схем.

[ ] Вирощування ґрунтопокривників з невеликою біомасою пагонів у борознах поміж рядків овочів. Восени борозни засівають злаковими сидератами і після короткого періоду росту їх знищують гербіцидами, через що ця стратегія гарно підходить для індустріального фермерства. Після швидкого розпаду незначної кількості утворених решток техніка проводять неглибокий обробіток землі для формування нових овочевих грядок. В умовах Каліфорнії ця технологія дозволяє майже повністю запобігти ерозії ґрунту та вимиванню поживних речовин (за винятком нітратів). Тому ця технологія підходить для полів з низьким чи середнім залишковим вмістом нітратів восени та з незначним поверхневим водостоком.

[ ] Можна також засаджувати гребні грядок злаковими сидератами. Використання техніки для рядкової посадки дозволяє зменшити витрати насіння порівняно з посадкою методом розкидання. Сидерат періодично скошують до основи пагонів використовуючи подрібнюючу косарку, аби біомаса вносилася до ґрунту малими дозами. Така система дозволяє зменшити вимивання нітратів на



70%. В цій системі більш масивні рослини ґрунтопокривника можуть потенційно висушувати ґрунт, також потрібно застосовувати культивування для контролю росту бур'яну. Покривну культуру можна висівати без оранки, по під мульчу із залишків щойно зібраної овочевої культури. Це зменшує витрати, протидіє ерозії, шар мульчі зменшує випаровування з ґрунту, до того ж безорна технологія є більш сприятливою для виживання ґрунтових організмів.

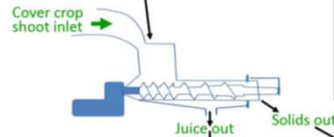
# STRATEGIES

Brennan EB (2017) HortTechnology 27: 151-161.

## Strategy 3 - 'SHarPR' Cover Cropping



- Step 1** Scavenge nitrogen (N) (October to December)
- Step 2** Harvest tender shoots at peak N accumulation
- Step 3** Process shoots in screw press



- Step 4** Reapply juice & composted shoots when convenient and as needed during the next cash crops



- Potential Benefits**
- reduced runoff & erosion
  - ground water recharge
  - nitrate scavenging
  - low residue (mainly roots)
  - on-farm liquid fertilizer & compost production
  - synchronization of scavenged N with subsequent crop needs
- Potential Challenges**
- equipment to harvest, process & store juice and residue
  - field access in wet periods
- Potential Next Crop**
- seeded or transplanted

A mustard cover crop is grown on the tops of winter fallow vegetable beds to scavenge leftover nitrogen (N) from the previous cash crop until N accumulation peaks in about mid-December.



Іншим методом запобігання втраті залишкового нітрогену є зв'язування його в біомасі гірчиці та інших небобових культур, що висаджуються після збору врожаю овочів восени, і перетворення біомаси гірчиці на рідке добриво та компост. Рідким добривом можна підживлювати наступну овочеву культуру під час активного поглинання нею нітрогену шляхом фертигації або здобрювального зрошення. Таким чином, відразу після збирання сидерату та за мінімальної культивації поле готове для посадки наступної овочевої культури.

# ПОСАДКА

Brennan EB & Leap JE (2014) HortScience 49: 441-447.

[Under Cover Farmers – YouTube video](#)



[Калькулятор норми висівання насіння для гороху, зернобобових на іншого великого насіння](#)

Сидерат, що швидко утворює щільний ґрунтопокрив, краще пригнічує бур'ян, швидше поглинає мінеральні речовини та ефективніше протидіє ерозії. Утворення щільного ґрунтопокриву залежить від методу посадки сидерата. Як видно із світлин, більш однорідний рослинний покрив утворюється при рядовій посадці насіння (насіння проростало з 2 см глибини), а другий за ефективністю метод – це розкидання насіння з наступним фрезуванням (насіння в середньому проростало з 11 см глибини). До того ж рядова посадка є швидшою та вдвічі зменшує витрати насіння.

Можна висаджувати покривні культури з мінімальним обробітком ґрунту використовуючи безорні сажалки, деякі з них можуть висаджувати культуру напямку через шар мульчі (напр. з використанням дискового леміша чи гідравлічного тиску). Також посадка може відбуватися з більшим обробітком, коли формуються борозни для поливу

# ЗНИЩЕННЯ

Van Horn M, Brennan E, Daugovish O & Mitchell J (2011) Cover Crop Management.



Рештки трав'янистої культури (поле праворуч) повільніше розпадаються аніж рештки бобових (праворуч).



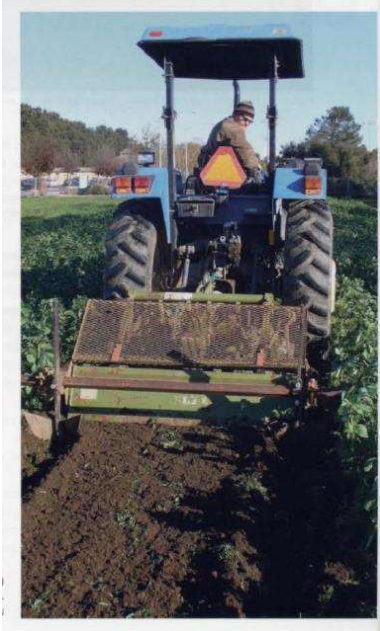
Встановлений спереду вальцьовий каток сплющує покривну культуру жито, і встановлена позаду сівалка висіває бавовну.



Трави, рештки яких повільно розкладаються, скошують або заорюють ще до того, як вони досягають максимального розміру. Бобові скошують в період від початку до середини цвітіння, коли вони мають найбільшу біомасу та вміст нітрогену. Вальцьовий каток із сівалкою дозволяють знищувати покривну культуру та висівати попід її мульчу основну культуру за одну операцію.

# MANAGEMENT

Van Horn M, Brennan E, Daugovish O & Mitchell J (2011) Cover Crop Management.



A spader incorporates standing cover crop of mixed legumes in one pass



Для заорювання залишків покривних культур на невеликих ділянках можна користуватися механічною лопатою замість дискування.

## MIXTURES

Brust GE (2019) Management Strategies for Organic Vegetable Fertility.



Rye cover crop on right in spring with few yellow flowered weeds compared with the legume-only cover crop on the left with weeds.



Hairy vetch cover crop before flowering (left) in early spring and a few weeks later at flowering (right).



Для підвищення функціональності та ефективності виконання бажаних функцій часто висаджують суміші покривних культур. Оскільки бобові ростуть повільно, через що в монокультурі вони можуть забур'янюватися, їх часто поєднують зі швидкорослими злаковими сидератами (напр. вівсом або житом) чи з багаторічними травами. При цьому зв'язування нітрогену бобовими доповнюється потребою в нітрогені злакових.

[ ] Наприклад, одну з найбільш холодостійких бобових культур вику можна висаджувати наприкінці літа – ранньої осені в поєднанні з швидкорослим житом, що формує опору для росту виткої вики навесні зменшуючи сплутування вики, що полегшує її скошування та заорювання в ґрунт. Оскільки вика є посухостійкою культурою, її можна також висаджувати навесні для формування літнього ґрунтопокриву. Вика добре покращує пористість ґрунту. Іншою посухостійкою та швидкорослою бобовою культурою є коров'ячий горох.

# MIXTURES

Wick A, Berti M, Lawley Y & Liebig M (2017) Chapter 6 - Integration of Annual and Perennial Cover Crops for Improving Soil Health. In: Al-Kaisi MM & Lowery B (eds) Soil Health and Intensification of Agroecosystems., Academic Press: 127-150.

Table 6.1: Relative effects of cover crops on soil health properties

Category/Soil Property	Annual Cover Crops			Perennial Cover Crops	
	Grass	Brassica	Legume	Grass	Legume
Physical					
Soil bulk density	↓ <sup>a</sup>		↓	↓	
Macroporosity		↑		↑	↑
Aggregate stability	↑		↑	↑	↑
Available water-holding capacity	↑				
Infiltration		↑		↑	↑
Hydraulic conductivity				↑	↑
Chemical					
Soil nitrate (uptake)	↑	↑	↑	↑	↑
Soil nitrate (release)			↑		
Soil P (uptake)	↑		↑		
Soil P (release)		↑	↑		↑
Electrical conductivity				↓	↓
Soil organic matter	↑			↑	↑
Biological					
Microbial biomass				↑	↑
Arbuscular mycorrhizal fungi	↑			↑	↑
Enzyme activity			↑	↑	↑
Earthworm abundance				↑	↑

<sup>a</sup>Up and down arrows imply an increase or decrease in associated soil property, respectively.



Коріння бобових виділяє більше ексудатів, тому підтримує більше розмаїття ґрунтових мікроорганізмів та кращу агрегацію завдяки полісахаридам, що їх виділяють бактерії. Ґрунт попід пажитницею рясноцвітою містять особливо велику кількість ґрунтозв'язуючих полісахаридів. В середньому бобові зв'язують близько 72 кг N га<sup>-1</sup>, але лише половина цієї кількості стає доступною для наступної культури. До того ж мінералізація решток бобових та вивільнення нітрогену сповільнюється у посушливі роки.

Деякі багаторічні бобові, наприклад, конюшина двозначна (*Trifolium ambiguum* M. Vieb.) можуть формувати постійну живу мульчу. Проте ця конюшина конкурує з кукурудзою.

Злаки швидко ростуть та швидко формують розгалужене мичкувате коріння, завдяки чому вони добре запобігають вимиванню поживних речовин з ґрунту восени зберігаючи їх в своїй біомасі для наступної культури та сприяють підвищенню вмісту ґрунтової органіки навесні. Проте завелику кількість решток, як, наприклад, у жита, важко заорати, якщо весна є дощовою. В такій ситуації краще обирати пшеницю та овес в якості озимих ґрунтопокривників. Також злаки утворюють щільну дернину, що запобігає ерозії та пригнічує ріст бур'яну.

Для цілорічного пригнічення бур'яну часто висаджують озиме жито в якості озимої покривної культури змінюючи його гречкою, що формує ґрунтопокриття влітку. Швидкорослі сорго та суданська трава забезпечують відмінне пригнічення бур'яну, але для гарного росту потребують високого вмісту поживних речовин та зволоженості, а їх велику біомасу може бути складно заорати та мінералізувати.

Хоча злаки ростуть повільніше за хрестоцвіті, вони забезпечують суттєве поглинання нітрогену на глибині між 0.9 до 1.5 м, і, на відміну від хрестоцвітих, озимі злаки (зокрема жито, пшениця та їх гібрид тритикале) додатково спроможні поглинати нітроген навесні. Озима покривна культура буде особливо корисною для запобігання вимиванню нітратів у посушливі роки, коли основна культура поглинає нітроген повільніше.

На додачу, однорічні злаки, особливо кормовий овес, здатні формувати симбіоз з арбускулярними мікоризними грибами, що покращує збереження мікоризи в ґрунті та колонізацію нею наступної культури (наприклад, кукурудзи).

Фільтруючі смуги з багаторічними травами є особливо ефективними для запобігання вимиванню поживних речовин, оскільки їх глибоке коріння встигає поглинути нітрати допоки ті мігрують нижче кореневої зони рослин. В результаті багаторічні трави можуть знижувати закислення ґрунту. До того ж вони надзвичайно ефективно зв'язують карбон в ґрунті – під багаторічними травами його вміст в 10 разів вище, аніж під незораним паром. Багаторічні трави зв'язують карбон як в приповерхневому (0-10 см) шарі ґрунту, так і в підґрунті (30 – 90 см), де карбон на глибині понад 30 см краще захищений від мінералізації чи втрати через оранку. Також поглинаючи більше води пасовища з багаторічними травами запобігають накопиченню солей в поверхневому шарі ґрунту в результаті дії капілярного ефекту. Багаторічні трави формують більшу біомасу коріння, мають більшу ризодепозицію (вивільнення сполук та відмерлих часточок корінням) та зменшують коливання температури та вмісту води в нижніх шарах. Тому вони створюють більш стабільне середовище для ґрунтових організмів. Вищу біомасу мікроорганізмів та рівень мікоризації було, зокрема, зафіксовано при вирощуванні свинорія пальчастого.



## MIXTURES

Brust GE (2019) Management Strategies for Organic Vegetable Fertility.  
Murrell EG, Schipanski ME, Finney DM, et al (2017) Agronomy journal 109: 259-271.  
Bukovsky-Reyes S, Isaac ME & Blesh J (2019) Agric , Ecosyst Environ 285: 106614.  
Finney DM, White CM & Kaye JP (2016) Agronomy journal 108: 39-52.



Forage radish cover crop in late fall on left and late winter on right after winter-kill.



Хрестоцвіті є культурами прохолодного сезону. Маючи стрижневий корінь ці культури, особливо кормова редька, гарно розрихлюють ущільнений ґрунт. Так само як і злаки, хрестоцвіті швидко ростуть і поглинають нітроген восени – їх стрижневе коріння досягає глибини 2 м за 4 місяці після посадки. Проте, на відміну від злаків, хрестоцвіті швидше мінералізуються та вивільняють нітроген навесні, що покращує ріст ранньовесняних культур (наприклад, шпинату). Також хрестоцвіті збільшують вміст ґрунтової органіки, зменшують ерозію, пригнічують розвиток патогенів та бур'яну та приваблюють запилювачів. Проте в регіонах північніше 40° широти вони переважно вимерзають взимку (і це є ефективним способом їх знищення, при якому зберігаються ґрунтові канали, утворені їх корінням). В теплі зими ріпак здатен перезимувати.

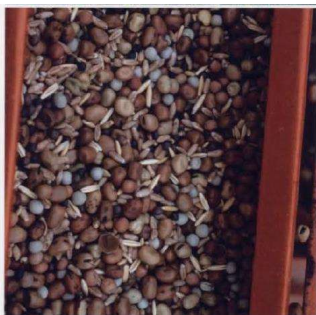
**Поєднання покривних культур.** Більш розмаїті полікультури ґрунтопокривників можна сформуваати, якщо висаджувати ці культури якомога раніше наприкінці сезону, аби всі компоненти встигли достатньо підросли протягом осені. Тому якщо основну культуру збирають пізно (як у випадку кукурудзи) краще висаджувати монокультури найбільш продуктивних ґрунтопокривників. Було експериментально доведено, що найбільша різноманітність видів спостерігаються в полікультурах з 4 видів озимих ґрунтопокривників (аніж в

полікультуррах з 6 видів). Проте розмаїття полікультур, що нарощують максимум біомаси навесні (наприклад, жито та вика шорстка) можна збільшити в осінній період додаючи морозочутливі культури (наприклад, кормову редьку) або культури, що нарощують максимальну біомасу восени (наприклад, овес). Злаки (наприклад, жито) швидше за все домінуватимуть у сумішах ґрунтопокривників навесні, оскільки їх розвинена коренева система дозволяє швидше поглинати нітроген, що вивільняється з решток неморозостійких культур. Хрестоцвіті краще ростуть в монокультурах, аніж в сумішах, а ріст бобових може бути двояким (наприклад, експеримент показав гірший ріст конюшини червоної в полікультурі ґрунтопокривників на відміну від гороху посівного). Однією з причин може бути захист гороху іншими компонентами полікультури від вимерзання взимку. Конкуренція в полікультуррах може призводити до покращення поглинальної здатності коріння, як це було показано для вики.

Загалом сумарне виробництво біомаси в полікультурі не перевищує виробництво біомаси найпродуктивнішими її компонентами, якби ті вирощувалися в монокультурі. Проте збільшуючи функційне розмаїття в полікультурі можна підвищити її стійкість та кількість екосистемних послуг покривних культур. Також види з більшим насінням зазвичай проростають швидше за інші компоненти полікультури і схильні до конкуренції та домінування. До того ж в сумішах культур з насінням різного розміру дрібне насіння висаджується надто глибоко. Для зменшення конкуренції рекомендується зменшувати в сумішах вміст найбільш конкурентних злаків (наприклад, жита) і підвищувати вміст насіння бобових. Якщо задачею є створити максимально розмаїтий покрив, варто поєднувати менш агресивні види.

## MANAGEMENT

Van Horn M, Brennan E, Daugovish O & Mitchell J (2011) Cover Crop Management.



Legume-cereal cover crop seed mix in grain drill hopper.



Legume cereal cover crop mixture seeded with a grain drill

[\*\*Seeding Rate Calculator - link\*\*](#)

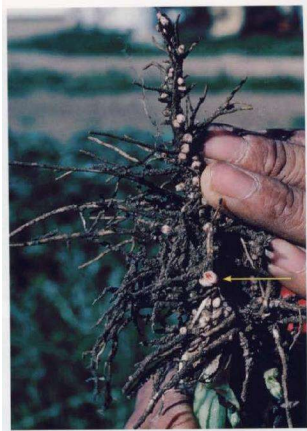


Для сумішей ґрунтопокривників з насінням різного розміру глибина посадки вираховується як середнє значення оптимальної глибини посадки усіх компонентів.

Для визначення густоти посадки рекомендується проводити дослід на невеликих ділянках спостерігаючи за щільністю росту покривних культур та щільність або біомасою бур'янів, тривалістю утворення суцільного ґрунтопокриву, висотою ґрунтопокривників, часом цвітіння та ступенем полягання культур. Існують онлайн калькулятори для розрахунку густоти посадки, див. посилання на слайді. Зауважте, що на ґрунтах із високим залишковим вмістом нітрогену злаки з більшою ймовірністю домінуватимуть над іншими компонентами, а бобові будуть найбільш чутливими до конкуренції.

Якщо задачею є отримання максимальної біомаси від злакових ґрунтопокривників, може знадобитися підживлення нітрогеном.

Van Horn M, Brennan E, Daugovish O & Mitchell J (2011) Cover Crop Management.



Nodulation on roots of bell bean. Note the lower nodule, cut open to show the pink color indicating effective nitrogen fixation.

## MANAGEMENT



Бобові покривні культури зазвичай інокують відповідним штамом ризобій та спостерігають за утворенням червоних азотфіксуючих корневих бульбашок як за показником ефективної колонізації та азотфіксації.

# MANAGEMENT

Van Horn M, Brennan E, Daugovish O & Mitchell J (2011) Cover Crop Management.

## Conversion factors for estimating nitrogen content of selected cover crops

Crop common name	Scientific name	Factor
bell beans	<i>Vicia faba</i>	10
sesbania	<i>Sesbania</i> spp.	10
sunhemp	<i>Crotalaria juncea</i>	11
blackeyed peas (cowpeas)	<i>Vigna unguiculata</i> ssp. <i>unguiculata</i>	12
berseem clover	<i>Trifolium alexandrinum</i>	13
woolypod vetch	<i>Vicia villosa</i> ssp. <i>varia</i>	16
purple vetch	<i>Vicia benghalensis</i>	16



The nitrogen content of this cover crop was estimated in the field using the materials shown

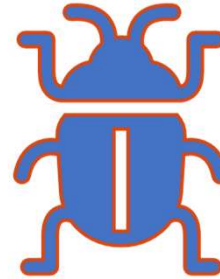
Fresh weight (lb) x Conversion factor = Nitrogen in cover crop (lb/ ac)



Для вирахування внеску бобових культур у азотне живлення наступної культури використовують, зокрема, метод збору панчохою та специфічний для кожної культури коефіцієнт перерахунку із застосуванням наведеної на слайді формули.

## PEST AND DISEASE CONTROL

- **Intercropped plants can repel pest insects by:**
  - Releasing volatiles that repel pests,
  - Masking volatiles released by crop plants,
  - Altering crop volatiles when crop plant absorb root exudates from intercropped plants,
  - Providing an alternative resource for pests to consume instead of the crop.



Розглянемо вплив покривних культур на окремі агроекологічні функції: контроль шкідників та хвороб, запилення, пригнічення бур'яну, підтримання колообігу поживних речовин, збереження вологи та збереження вуглецю в ґрунті

Сидерати можуть зменшувати враженість культур патогенами та шкідниками завдяки відлякуючим і токсичним сполукам, які вони виробляють, слугуючи рослинами-негосподарями та зменшуючи життєздатність патогенів, приманюючи шкідників як більш привабливий господар у порівнянні із основними культурами, а також надаючи їжу (пилки або власних шкідників) для мисливців на шкідників.

Водночас самі покривні культури можуть слугувати альтернативними господарями для шкідників, а залишки сидератів можуть сприяти росту патогенів-сапрофітів.

Також покривні культури можуть підвищувати стійкість рослин завдяки підтриманню життєдіяльності мікробної спільноти. Так пажитниця багаторічна (*Lolium perenne*) та люцерна хмелевидна (*Medicago lupulina*) збільшують популяцію мікроскопічного грибка *Phialophora* та бактерії флуоресцентної

псевдомонади, відповідно, що пригнічують розвиток хвороби випрівання злакових.

# ПАРАЗИТИЧНІ НЕМАТОДИ

Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) Crop Protection 80: 21-41.

Пошкодження коріння нематодами:



Галові (*Meloidogyne*)



Цистоутворюючі (*Heterodera* та *Globodera*)



Раноутворюючі (*Pratylenchus*)



Хрестоцвіті культури можуть слугувати для контролю трьох основних різновидів паразитичних кореневих нематод. На додачу, ці культури здатні пригнічувати збудників хвороб, які передаються через ґрунт, а також шкідників та бур'ян. Побічним ефектом є те, що сполуки, якими хрестоцвіті пригнічують шкідників, можуть бути так само чи навіть більш токсичними за синтетичні аналоги. Часто вміст цих сполук є недостатньо високим для ефективного пригнічення нематод, зокрема в глибині ґрунту. А також ці сполуки можуть пригнічувати багато груп корисної мікробіоти потенційно дестабілізуючи харчову мережу ґрунту. Ці сполуки справляють негативний вплив на ентопоматогенних нематод та фунгіворів (які харчуються грибками), тоді як кількість бактеріоворів (які харчуються бактеріями) підвищується. Заорювання великої кількості решток хрестоцвітих, що необхідно для ефективного контролю нематод, може справляти токсичний вплив на ріст наступної культури.





# NEMATODE PESTS

Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) Crop Protection 80: 21-41.

Host plant	Host plant species	Plant part	Nematode species	Effect of biofumigation on plant parasitic nematode population levels and plant parameters using plant amendments of various Brassicaceae species	Target nematode pest genus and/or species	Effect on the target nematode pest	Country			
Available	<i>Solanum tuberosum</i>	Aqueous leaf extracts	<i>Globodera pallida</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Colinva (varietal selection)	Follow-up crop(s)	Type of soil amendment	Target nematode pest genus and/or species	Effect on the target nematode pest	Country
Available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>Pratylenchus neglectus</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Florida Broadleaf, Carly leaf, Fumus L21, Fumus L75, Ma gold	<i>Cucurbita pepo</i> cv Seneca, <i>Cucumis melo</i> cv Athena, <i>Lycopersicon esculentum</i> cv BMS 140	Green manure Cover crop	<i>Meloidogyne incognita</i>	Reduced populations levels between 23 and 91%	United States of America
Barkant, Polybra	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Pacific Gold	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus</i> spp.	90% reduction in population	United States of America
Available	<i>Solanum tuberosum</i>	Seed meal	<i>Globodera pallida</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Fergie	<i>Solanum tuberosum</i> cv Russet Burbank, <i>Fragaria ananassa</i> cv Virenia and <i>Zea mays</i> cv Delta early super sweet	Seed meal and bran	<i>Pratylenchus penetrans</i> , <i>Pratylenchus neglectus</i> , <i>Heterodera glycines</i> , <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i>	Reduced <i>Pratylenchus penetrans</i> populations between 66 and 74; high toxicity and anti-baiting effects on <i>Heterodera glycines</i> and <i>Heterodera schachtli</i> sp.	Canada
Available	<i>Solanum tuberosum</i> , <i>Solanum lycopersicum</i>	Seed meal	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Nemfil	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure and seed meal	<i>Meloidogyne javanica</i>	Reduced population levels between 75 and 93%	Australia
Available	<i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Cucurbita pepo</i>	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv 999-1-1, Clark, Ebony, Ruby, Topaz	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	60-80% reduction in egg production by <i>Meloidogyne javanica</i>	Australia
Session 94044	<i>Solanum lycopersicon</i>	Green manure	<i>Pratylenchus neglectus</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Accession 99Y11	Not available	Green manure	<i>Pratylenchus neglectus</i>	40-60% reduction in population levels	Australia
Caliente 199	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Criconeimoides xenoplax</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv AV Jade	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Criconeimoides xenoplax</i>	Reduced <i>Meloidogyne javanica</i> and <i>Criconeimoides xenoplax</i> populations by 14 and 81 respectively	South Africa
Caliente 99	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Maxima Plus, Nemson	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	Reduced 22 populations between 10 and 33%	United Kingdom
Terrafit, Terratop, Raphus Nemat	Not available	Green manure	<i>Tricodorus</i> spp., <i>Tylencharchynchus</i> spp., <i>Meloidogyne incognita</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Dwarf Essex, Sunrise	Not available	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus penetrans</i>	70-80% reduction in recovery of both PPM	United States of America
Nemat	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Dwarf Essex and Athena	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Reduced nematode populations between 25 and 30%	United States of America
eeding lines: Y-010, 10	<i>Arctium lappa</i> , <i>Raphanus sativus</i> cv Bantyskitaichi	Green manure	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Athena	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus</i> sp.	Reduced nematode populations by 56-72%	United States of America
Nemfix, Arid.#6, nus, ISC199	<i>Solanum tuberosum</i>	Seed meal	<i>Globodera pallida</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Var. OS1	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	81 reduction in root galling and 8 and 12% increased in seedling height and weight respectively	India
Available	<i>Solanum lycopersicum</i>	Leaf and seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Meloidogyne enterolobii</i> , <i>Heterodera glycines</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Not available	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus</i> sp.	Reduced <i>Pratylenchus</i> sp. populations	United States of America
Pacific Gold	<i>Capiscum annum</i>	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Dwarf Essex	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Significantly reduced population levels	United States of America
Available	<i>Daucus carota</i>	Seed meal	<i>Heterodera carotea</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Sag. Obifera biennis, Cv. Harnes, Rangl, Washed, Aras, Beut, Mubon, Korin, Striber, Sag. appera Cv Highlander	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	70-80% reduction in population levels	Australia
Available	<i>Daucus carota</i>	Seed meal	<i>Heterodera carotea</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Durrhill accession no. 96113	Not available	Green manure	<i>Pratylenchus regictus</i>	Zero to 57% reduction in population levels	Australia
Pacific Gold	<i>Pyrus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Harnes	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> race 2, <i>Pratylenchus regictus</i>	70-80% reduction in <i>Meloidogyne chitwoodi</i> populations but no effect on <i>Pratylenchus regictus</i> populations	United States of America
Nemfix, BQ Mulch	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Cv Jupiter	<i>Lycopersicon esculentum</i> , <i>Solanum tuberosum</i> , <i>Hordium vulgare</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i>	80% reduction in population levels	United States of America
Pacific Gold	Not available	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Heterodera glycines</i>	Brassicaceae species used as a management tool	Not available	Not available	Not available	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Heterodera glycines</i>	80% reduction in population levels	United States of America

Table continues on the next slide, link under video description



На цьому та наступних слайдах наведено перелік покривних хрестоцвітих культур, що пригнічували ріст різних видів паразитичних нематод.

До хрестоцвітих з високим вмістом глюкозинолатів (ГЛ, це сполуки, що пригнічують патогенів) належать броколі, капуста брюсельська, білокачанна, цвітна, листова, канола та ріпак, турнепс та деякі сорти гірчиці, наприклад індійська та біла.

Посухи, стан азотного та сірчаного харчування, сезон та період доби впливають на вміст ГЛ.

# NEMATODE PESTS

Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) Crop Protection 80: 21-41.

Location	genus and/or species	nematode	Effects of biofertilization on plant-parasitic nematode population levels and plant parameters using plant amendments of various Brassicaceae species.				Effect on the target nematode pest	Country
			Brassicaceae species used as a management tool	Cultivar/variety/selection	Follow-up crop(s)	Type of soil amendment		
3 Dwarf Essex, Elena, Lore, Cascade, Jagger, Humus, Jupiter, Jupiter, Bridger	<i>Cucurbita pepo</i> cv Dixie Hybrid	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i>	50- Mel- pop				
Forage Star	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> race 1 and 2	985available pop	<i>Cucumis</i> spp.	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	poj 983 poj wat wit
Not available	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	10- gall 37% emat	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Cricoteroides xenoplax</i>	Rec jav Crik poj ren No vial
Session no. 95067	Not available	Green manure	<i>Pratylenchus neglectus</i>	Zen pop Red				
Not available	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	90% emat fern devliente	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	inc lew 25- poj 993
Not available	<i>Solanum tuberosum</i> , <i>Solanum lycopersicum</i> , <i>Capsicene capsicum</i>	Green manure	<i>Helicotylenchus</i> spp., <i>Pratylenchus</i> spp., <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Tylenchus</i> spp., <i>Heterodera</i> spp.	40- 9, Nemat nen available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	inc lew 25- poj 993
Not available	<i>Solanum lycopersicum</i>	Ground leaching technology (GLT) system	<i>Meloidogyne incognita</i> race 2	94- pop/MLC 2 frui	<i>Solanum lycopersicum</i>	Soil amendment	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>Meloidogyne hapla</i> , <i>Paratrichodorus allius</i> , <i>Meloidogyne incognita</i>	poj stu 503 gall hel by
Acaphala, Botytris, Ilc, Tapa, Tronchuda	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera rostochiensis</i>	47- for	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	poj 153
Liberty	<i>Cucumis melo</i> cv Durango	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i>	70- available pop 66- available Mel pop available Sigr	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	poj 103 poj 603 poj 883
Acaphala Cv Jener, Chirensis, Iliensis, Jilata, Jipacta	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	75- available gall	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	poj 953 poj 883
Drumhead, Glory of Kuitzen	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	75- available gall	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera rostochiensis</i>	poj 883
Not available	<i>Vigna subterranea</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	26- gall into 60- gall boss	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	Sig vial 983
Session no. 95060	Not available	Green manure	<i>Pratylenchus neglectus</i>	Enk 330 pop	<i>Cucumis</i> spp.	Green manure	<i>M. incognita</i>	poj cov con bio
Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	65% poperranova, Doublet	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	inc lew Up poj red
Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera rostochiensis</i>	85% forfeedcheck	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	poj red
TL15	<i>Solanum lycopersicum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne incognita</i>	52% gall in s weirranova	Not available	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	enC 503 poj 723
Purple Top White	<i>Cucurbita pepo</i> cv Seneca	Cover crop	<i>Meloidogyne incognita</i>	41% mex	<i>Solanum tuberosum</i> , <i>Allium cepa</i>	Green manure	<i>Pratylenchus teres</i>	poj inc 724

Table continues on the next slide, link under video description



# NEMATODE PESTS

Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) Crop Protection 80: 21-41.

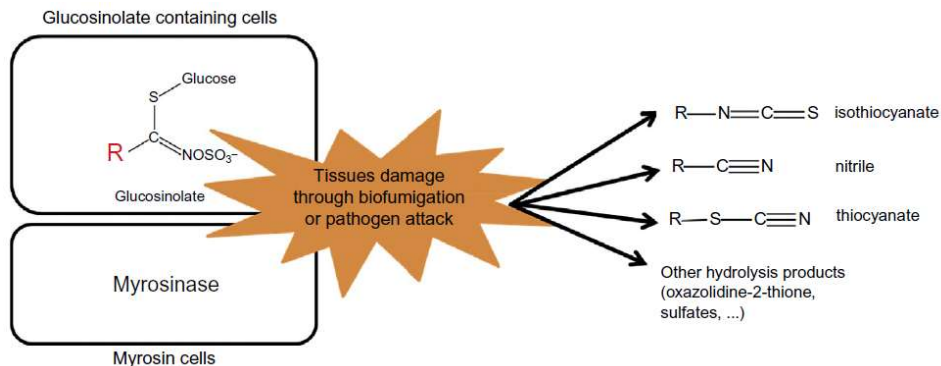
Brassicaceae species used as a management tool	Cultivar/variety/selection	Follow-up crop(s)	Type of soil amendment	Target nematode pest genus and/or species	Effect on the target nematode pest	Country
<i>Raphanus sativus</i>	Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>Pratylenchus neglectus</i>	46% reduction in <i>Meloidogyne chitwoodi</i> population levels, but 107% increase in that of <i>P. neglectus</i> ; 40% increase in tuber weight	United States of America
<i>Raphanus sativus</i>	Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> , <i>Pratylenchus neglectus</i>	>29% increase in tuber mass; 58% reduction in <i>Meloidogyne chitwoodi</i> J2 levels 48% reduction in <i>P. neglectus</i> population	United States of America
<i>Raphanus sativus</i>	Ssp. Oleiformis Cvs Adagio, SCO 7024, Nemes, Pegletta	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	Significantly reduced egg production	Australia
<i>Raphanus sativus</i>	Not available	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	No effect on egg production	Australia
<i>Raphanus sativus</i>	CV Trez	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Meloidogyne chitwoodi</i> race 2, <i>Pratylenchus neglectus</i>	79–94% reduction in <i>Meloidogyne chitwoodi</i> populations but no effect on <i>Pratylenchus neglectus</i> populations	United States of America
<i>Raphanus sativus</i>	Not available	<i>Solanum lycopersicum</i>	Soil amendment	<i>Meloidogyne incognita</i>	47% reduction in root galling	United States of America
<i>Silymarium austinianum</i>	Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	45% reduction in J2 population levels	United States of America
<i>Sinapis alba</i>	CV Braco	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i> , <i>Cricemoides xenoplax</i>	51% reduction in <i>Meloidogyne javanica</i> population levels, but no effect on <i>Cricemoides xenoplax</i>	South Africa
<i>Sinapis alba</i>	CV Ida Gold	Not available	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus penetrans</i>	90% suppression of both PPN	United States of America
<i>Sinapis alba</i>	CV Zlita	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera ranonchensis</i> , other herbivores	No effect on cyst population levels, hatching and infectivity of J2 but generally reduced a range of herbivore population levels	Belgium
<i>Sinapis alba</i>	CV Kikarashi	<i>Arctium lappa</i>	Green manure	<i>Pratylenchus penetrans</i>	Increased 14–57% nematode population	Japan
<i>Sinapis alba</i>	Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Globodera pallida</i>	65% reduction in J2 population levels	United Kingdom
<i>Sinapis alba</i>	CV Ida Gold	<i>Capsicum annuum</i>	Seed meal	<i>Meloidogyne incognita</i>	>74% reduction in population levels	United States of America
<i>Sinapis alba</i>	CV Ida Gold	<i>Pinus malus</i>	Seed meal	<i>Pratylenchus penetrans</i>	286% reduction in population levels	United States of America
<i>Sinapis alba</i>	Not available	<i>Solanum tuberosum</i>	Green manure	<i>Pratylenchus</i> sp., <i>Trichodorus</i> sp., <i>Panarchidorus</i> sp.	Increase population levels by 50% of <i>Pratylenchus</i> while 100% increase in the population of <i>Trichodoridae</i>	The Netherlands
<i>Sinapis alba</i>	CV Metex	Not available	Trap crop	<i>Globodera pallida</i> and <i>C. ranonchensis</i> (mixed population)	16% reduction of J2 in cysts levels	The Netherlands
<i>Sinapis alba</i>	CV Maxi	<i>Vitis vinifera</i>	Green manure	<i>Meloidogyne javanica</i>	Significant reduction in egg production	Australia



# NEMATODE PESTS

Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019) *Adv Agron* 157: 55-139.

Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) *Crop Protection* 80: 21-41.



Hydrolysis and main degradation products of glucosinolates including the biocidal isothiocyanates.



Дія хрестоцвітих культур на паразитичних нематод базується на ряді сполук розпаду ГЛ, (зокрема ізотіоціанатів, тіоціанатів, нітрилів або оксазолідинтионів), стимулювання мікроорганізмів-антагоністів нематод у ґрунті та продукування токсичних для нематод нітрогенвмісних сполук. Токсичні сполуки формуються при гідролізі сірковмісних продуктів розпаду ГЛ під дією фермента мірозинази (він зберігається у окремих клітинах рослин та вивільняється при їх руйнуванні).

# CRUCIFER-LEGUME Reference

Table 5 Most common glucosinolates found in crucifer cover crops.

Side chain <sup>a</sup>	Chemical name	Common name	Example of presence in shoots	Example of presence in roots
<i>Aliphatic</i>	2-Propenyl	Sinigrin	Ethiopian and Indian mustard	Ethiopian and Indian mustard
	4-Methylthiobutyl	Glucorucin	White mustard, rocket	Rape, rocket
	4-Methylsulphinylbutyl	Glucoraphanin	Turnip rape, rocket	Rocket
	4-Methylsulfinyl-3-butenyl	Glucoraphenin	Radish	/
	4-Methylthio-3-butenyl	Glucoraphasatin	Radish	Radish
	3-Butenyl	Glucanapin	Turnip rape, rocket	Turnip rape
	2-Hydroxy-3-butenyl	Progoitrin	Turnip rape	Turnip, turnip rape
	4-Pentenyl	Glucobrassicapin	Turnip rape	Turnip rape
	2-Hydroxy-4-pentenyl	Glucanapoleiferin	Turnip	Turnip
	5-Methylsulphinylpentyl	Glucalyisin	Rape	/
<i>Aromatic</i>	4-Hydroxybenzyl	Sinabin	White mustard	White mustard
	2-Phenylethyl	Glucanasturtiin	Rape, Turnip rape	Rape, Indian mustard, turnip rape
	Benzyl	Glucotropaeolin	White mustard	White mustard
<i>Indole</i>	4-Hydroxy-3-indolylmethyl	Hydroxyglucobrassicin	Turnip	Turnip
	3-Indolylmethyl	Glucobrassicin	Rape, Ethiopian mustard, radish	Ethiopian mustard, turnip rape
	4-Methoxy-3-indolylmethyl	4-Methoxyglucobrassicin	Turnip	/
	1-Methoxy-3-indolylmethyl	Neoglucobrassicin	Rape, Turnip, Turnip rape	Rape, Indian mustard, turnip rape

<sup>a</sup>Side chain correspond to the "R group" mentioned in Fig. 1.  
Examples of cover crops are not exhaustive and are derived from Couëdd et al. (2018b).



Різні хрестоцвіті виробляють різні ГЛ, що загалом належать до 3 груп. Група ароматичних ГЛ є найбільш токсичною, оскільки є найменш леткою та найбільш ліпофільною, отже, найкраще здатною проникати через клітинні мембрани.

## NEMATODE PESTS

Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019) *Adv Agron* 157: 55-139.  
Fourie H, Ahuja P, Lammers J, et al (2016) *Crop Protection* 80: 21-41.

### **Recommendations for efficient biofumigation with Brassica cover crops:**

1. Select Brassica crop which does not host your nematode pest of concern;
2. Select Brassica crop with high glucosinolate content;
3. Provide enough irrigation if needed for sufficed growth of your cover crop;
4. Finely macerate your cover crop once it reach growth stage with the highest glycosylate level and incorporate it into soil;
5. Maintain high soil moisture upon residue incorporation.



Ізотіоціанати (ІТЦ) вивільняються в результаті руйнування клітин (але їх низький рівень також вивільняється живим корінням). Тому перемелювання тканин хрестоцвітих дозволяє отримати в 20 разів вищу концентрацію ІТЦ аніж скошування та січкування решток. Для ефективноі биофумігації важливо використовувати біомасу хрестоцвітих, зібрану під час цвітіння (коли вміст ІТЦ є найвищим), що після подрібнення має відразу та рівномірно вноситися по всьому профілю зараженого нематодами ґрунту. Час напіврозпаду ІТЦ в ґрунті складає максимум 10 годин. Тому після внесення решток хрестоцвітих у ґрунт рекомендовано проводити полив, що сприятиме глибокому проникненню сполук у ґрунт, а також протидіє їх втраті через перехід в газоподібну форму. Наступне накриття ґрунту пластиковою плівкою додатково покращує ефект биофумігації запобігаючи швидкій втраті ІТЦ в атмосферу через перехід в газоподібну форму та підвищуючи влітку температуру ґрунту до сублетальної для нематод (30 - 38 С), що посилює токсичний вплив ІТЦ на нематод. Також биофумігація буде активною, якщо під час процедури нематоди знаходяться в ґрунті в активній, рухливій стадії свого життєвого циклу.

# NEMATODE PESTS

Dutta TK, Khan MR & Phani V (2019) Current Plant Biology 17: 17-32.

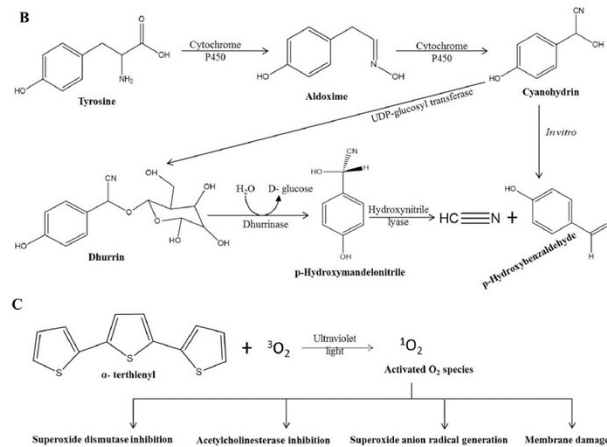


Fig. 1. Mode of action of various biofumigation processes.  
(B) In sorghum.  
(C) In Tagetes.



Нематицидний вплив також справляють деякі злакові культури (зокрема, сорго та суданська трава), чорнобривці, конюшина, льон та деякі рослини з родини складноцвіті (зокрема хризантеми та шафран дикий).

На відміну від хрестоцвітих, сорго, суданська трава та їх гібрид є стійкими до дії високих температур та посухи, тому їх можна вирощувати протягом літа. На додачу до нематод, вони кардинально пригнічують як однодольні, так і дводольні бур'яни. Проте вони можуть справляти негативний алелопатичний вплив на наступну культуру, зокрема томати, салат та броколі. Верхівки молодих пагонів сорго можуть містити до 30% нематицидних сполук від своєї сухої маси, проте вміст цих сполук знижується з віком рослини. Тому для біофумігації потрібно заорювати рештки 1-2 місячних рослин сорго.

Чорнобривці можуть пригнічувати нематод ефективніше за синтетичні фуміганти, і їх вплив поширюється на більшу глибину ґрунту. Проте їх біомаса є недостатньою для ефективного контролю нематод, до того ж після короткого вегетаційного періоду вони здатні розсіватися стаючи бур'янами. У цих рослин сполука з нематоцидною дією  $\alpha$ -терпеніл вироблюється у відповідь на враження нематодами, під дією світла або пероксидаз. Тому для біоконтролю ці рослини



краще вирощувати в ущільнених посадках з основними культурами радше ніж як ґрунтопокривники в сівозміні, оскільки в ущільненій культурі коріння культур може взаємодіяти. Також для оздоровлення ділянки рекомендовано на ній вирощувати чорнобривці на ділянці мінімум за 2 місяці до посадки вразливої культури.

Неспецифічними механізмами пригнічення нематод є формування шару мульчі (що створює сприятливі умови для хижих кліщів та дощових хробаків), підтримання життєдіяльності мікоризних грибів та забезпечення кращого живлення рослин і здоров'я ґрунту в цілому.

## CRUCIFER-LEGUME

Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019)  
Adv Agron 157: 55-139.



Crucifer-legume mixtures used in diverse production systems.

(A) Turnip rape— Egyptian clover

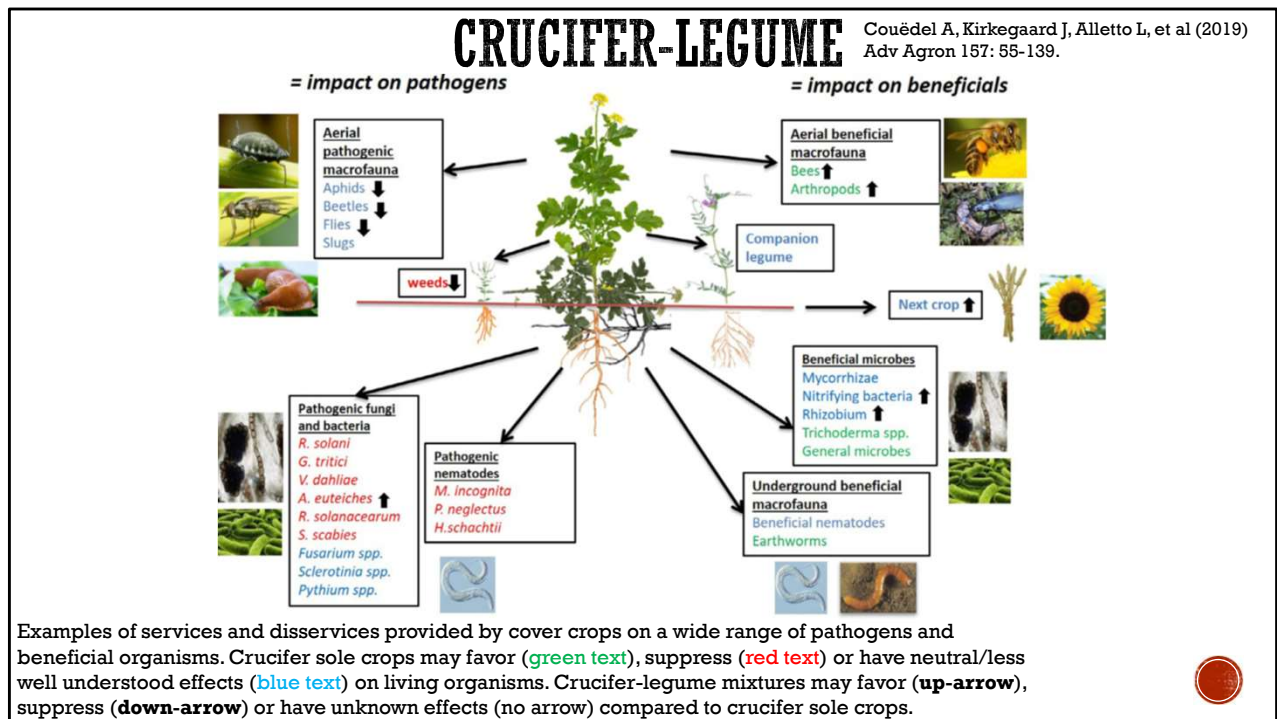
(B) Pea intercropped with canola

(C) Common vetch and lentil intercropped with oilseed rape

(D) Broccoli vegetable production intercropped with crimson clover



Для покращення біоконтролю при уникненні негативного впливу монокультур можна використовувати полікультури ґрунтопокривників, зокрема поєднувати хрестоцвіті з бобовими. Завдяки взаємодоповненню ніш та вищій біомасі така суміш виконуватиме більше функцій, аніж монокультура хрестоцвітих слугуючи як комерційний продукт, кормова культура чи для запобігання вимиванню нітратів. Варто зауважити, що завдяки швидшому росту коріння та пагонів хрестоцвіті (зокрема кормова редька та суріпиця озима) сильно конкурують з бобовими за воду, поживні речовини та світло. В деяких випадках хрестоцвіті можуть знижувати формування корневих бульбашок у бобових.



В полікультурах з бобовими хрестоцвіті нарощують більше біомаси та більший вміст ГЛ завдяки вищій доступності нітрогену та сірки (тому виробництво ГЛ на одиницю площі в полікультурі не зменшується чи незначно зменшується порівняно з монокультурою хрестоцвітих). У бобових конкуренція з хрестоцвітими знижує концентрацію алелохімікатів та захист від шкідників, знижує азотфіксацію та нарощування біомаси. Проте алелохімікати, що їх виділяють хрестоцвіті, захищають бобові від шкідників, а деякі бобові (напр. конюшина червона) зменшують відкладання яєць, колонізацію та час перебування шкідників хрестоцвітих, зокрема капусти. Хрестоцвіті та бобові культури захищають одна одну від шкідників (зокрема від попелиць хрестоцвітих) зокрема через ефект розбавлення ресурсу та підвищення структурної складності середовища для шкідників. Оскільки рослини цих 2 родин мають різний характер корневих виділень, і, відповідно, приваблюють різні спільноти мікроорганізмів, це збільшує загальну кількість ґрунтових мікроорганізмів, що можуть потенційно пригнічувати розвиток хвороб. Так, ріпак та гірчиця стимулюють ріст корисного грибка триходерми. А нижчий відсоток вуглецю до азоту в полікультурах забезпечує менш сприятливе середовище для паразитичних нематод. Бобові, яким надають перевагу дощові хробаки, компенсують в суміші негативний ефект хрестоцвітих на хробаків. До того ж

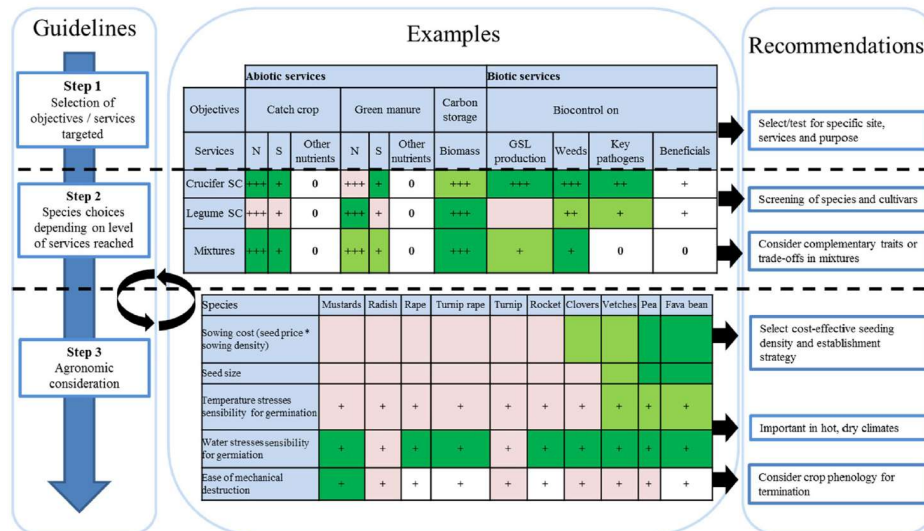
бобові приваблюють турунів для покращення біоконтролю та джмелів для покращення запилення.

При вирощуванні злакових хрестоцвіті доповнюють ґрунтопокриття з бобових для переривання життєвого циклу грибка, що викликає випрівання злаків. А бобові, наприклад, вика шорстка, можуть пригнічувати розвиток фузаріозу кавунів. Можна додавати покриття хрестоцвіту культуру до основної хрестоцвітої культури в якості рослини-пастки, що зменшує враженість основної культури. Так, салатна гірчиця є дією привабливою для багатьох шкідників капусти. Або ж вони можуть діяти як культури-манки для шкідників, як бур'ян суріпиця, яка дуже приваблює капустяну совку для відкладання яєць, але личинки шкідника не можуть вижити на цій рослині. Оскільки слимаки зазвичай уникають хрестоцвіті (зокрема, гірчицю салатну та редьку), ці культури поширюють захист від слимаків на сусідів.

Бобова та хрестоцвіта рослина в полікультурі доповнюють одна одну маючи глибоку та поверхневу кореневі системи, відповідно та краще сприяють розуцільненню ґрунту, аніж монокультури. А завдяки більшій біомасі така полікультура краще пригнічує бур'ян.

# CRUCIFER-LEGUME

Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019)  
Adv Agron 157: 55-139.



Three-step guideline to improve cover crop species choice. “0,” “+,” “++,” “+++” mean, respectively, almost zero, low, medium and strong knowledge for each service or agronomic characteristic. Pink, light green and dark green colors mean, respectively, low, medium and strong level of performance for each service or agronomic characteristic. White frames mean that not enough data are available on level of performance and may represent research opportunities.

Загалом формувати хрестоцвіто-бобову полікультуру потрібно виходячи з потрібних цілей та обмежень. Так, на бідних ґрунтах варто підвищувати долю бобових у суміші. При формуванні полукультури потрібно прагнути досягти максимальної багатофункціональності, спростити догляд за полікультурою (напр. підібравши види з приблизно однаковим розміром насіння та вегетаційним циклом або часом знищення) та зменшити витрати. Наприклад, на ущільнених ґрунтах в південних регіонах можна поєднувати хрестоцвіті з потужним стрижневим коренем (напр. редьку чи турнепс) зі стійкими до спекти по посухи бобовими (наприклад, конюшиною олександрійською).

# CRUCIFER-LEGUME

Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019)  
 Adv Agron 157: 55-139.  
 Justes 2017

Table 6 Summary of studies dealing with crucifer-legume cover crop mixture living organisms.

Living organism	Mixture	Effects of mixtures compared to sole crops and/or bare soil	Period of measurement
Arbuscular mycorrhiza fungi (AMF)	White mustard, hairy vetch	No difference in AMF abundance in soil compared to bare soil	32 days after cover crop incorporation
	Canola, hairy vetch, oat	No difference in AMF propagules in soil compared to oat SC and vetch SC and 60% more than canola SC	2.5 months after cover crop sowing
	Canola, hairy vetch	No difference in AMF propagules in soil compared to canola SC and vetch SC	2.5 months after sowing
	Radish, red clover, hairy vetch, oat	No differences of AMF abundance compared to all SC and 20% more than bare soil	9 months after cover crop sowing
	Canola, red clover, hairy vetch, rye	No differences of AMF abundance compared to all SC	9 months after cover crop sowing
	Radish, canola, vetch, soybean, sunn hemp, oat, rye	No differences of AMF abundance compared to all SC and 25% more than bare soil	9 months after cover crop sowing
Weeds	Radish—common vetch, niger, Egyptian clover, oat	Same weed density but 10% longer germination time compared to radish and white mustard sole cover crop	5 and 9 weeks after cover crop sowing

Table 6 Summary of studies dealing with crucifer-legume cover crop mixture living organisms.—cont'd

Living organism	Mixture	Effects of mixtures compared to sole crops and/or bare soil	Period of measurement
	Radish, vetch	77%, 42% and 8% weed biomass reduction compared, respectively, to bare soil, vetch SC and 8%, radish SC	2 months after cover crop termination
	Indian mustard, hairy vetch, Sorghum, Sudan grass, buckwheat, Rye	No difference of shoot dry weight biomass of ambient weeds compared to all cover crop SC. 33% less shoot dry weight of surrogate weeds compared to Indian mustard SC	Weed biomass assessed at the next crop harvest (oat)
	Radish, sunn hemp, soybean, oat	Lower weed biomass than radish SC	3 months after cover crop sowing
	Canola, sunn hemp, soybean, oat	Almost full weed suppression for mixtures as well as for canola SC	3 months after cover crop sowing
	Canola, radish, pea, red clover, cereal rye, oat	Better weed suppression for mixtures compared to all crucifers and legumes sole cover crops	2.5 months after cover crop sowing
Companion legume	Bispecific mixtures with eight crucifer species and nine legume species	No negative development of legumes expected when intercropped with a crucifer (radish and turnip rape reduced legume biomass by 40% per plant)	At cover crop termination

Table 6 Summary of studies dealing with crucifer-legume cover crop mixture effects on living organisms.—cont'd

Living organism	Mixture	Effects of mixtures compared to sole crops and/or bare soil	Period of measurement	References
	Rape with service legumes	No negative development of legumes	During crop growth	Lozin et al. (2015) and Verret et al. (2017)
Nematodes	Radish, vetch	No differences of nematodes per g/soil compared to vetch SC and a non-significant 30% increase compared to radish SC	3 months after sowing	Barel et al. (2018)
	Radish, vetch	No differences of nematodes per g/soil compared to vetch SC	4 dates from pre-incorporation of cover crops to harvest of the next crop	Summers et al. (2014)

\*SC\* indicates sole cover crops. Living organisms appear in the same order as discussed in the text. We report a general lack of studies dealing with impacts of crucifer-legume mixtures on fungal and bacterial pathogens.



В цій таблиці наведено дані про ефект від різних поєднань бобових та хрестоцвітих культур.

# КОНТРОЛЬ ШКІДНИКІВ ТА ПАТОГЕНІВ

Dufour R (2000) Farmscaping to enhance biological control. Fayetteville, AR, ATTRA.

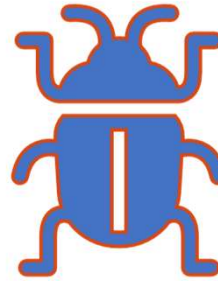
Для забезпечення біоконтролю покривні культури

## **Повинні**

- Хоча б деякою мірою віднадувати шкідників-генералістів від основних культур.
- Збивати пантелику шкідників генералістів запахами та візуально.
- Змінювати живлення рослин-господарів (без негативного впливу на ці культури) роблячи їх менш прийнятними для шкідників.
- Зменшувати запиленість попереджуючи спалахи чисельності павутинного кліща.
- Змінювати мікроклімат роблячи його менш сприятливим для шкідника.
- Збільшувати чисельність чи ефективність організмів, що контролюють популяцію шкідників.

## **Не повинні**

- бути господарями для шкідників основних культур



На цьому слайді зображений узагальнений алгоритм для успішного біоконтролю з використанням ґрунтопокривних культур.

# POLLINATION

Dufour R (2000) Farmscaping to enhance biological control. Fayetteville, AR, ATTRA.



Для приваблення запилювачів ґрунтопокровні культури можна висівати кілька разів через певні проміжки часу; висаджувати суміш культур, які квітнуть одна за одною та які створюють потрібне оселище для запилювачів комерційних культур, а також можна скошувати ці культури почергово смугами.



Jabran K, Mahajan G, Sardana V, et al (2015) Crop Protection 72: 57-65.  
 Moyer JR, Roman ES, Lindwall CW, et al (1994) Crop Protection 13: 243-259.  
 Justes E (2017) Cover crops for sustainable farming.  
 Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994) California Agriculture 48: 43-48.

Daryanto S, Fu B, Wang L, et al (2018) Earth-Science Reviews 185: 357-373.  
 Couédel A, Kirkegaard J, Alletto L, et al (2019) Adv Agron 157: 55-139.

## ПРИГНІЧЕННЯ БУР'ЯНУ

Пригнічення покривними культурами бур'янів основних культур.

Покривна культура	Основна культура	Бур'яни, що пригнічуються
Жито	Соя	C. album, Abutilon thepharsti Medik.
Пажитниця рясноцвіта, жито, вівсюг, вика звичайна, редька	Квасоля, томати	Brachillaria plantaginea (Link) Hitchc., Ipomoea grandifolia (Dammer) O' Donell, Bidens pilosa L., Euphorbia heterophylla L.
Вика шорстка, овес	Кукурудза	D. sanguinalis, E. indica, A. retroflexus, Datura stramonium
Суданська трава [Sorghum bicolor (L) Moench x Sorghum sudanense (Piper) Staph.]	Брокколи	Broad leaved weeds
Жито, вика шорстка, жито x тритикале, горох посівний	Органічна кукурудза та соя	C. album, Amaranthus hybridus L., Thlaspi arvense L, taraxacum officinale (L.) Weber ex F.H. Wigg., Srellaria media (L.) Vill., Elymus repens (L) Gould, Panicum crus-galli L., Setaria glauca (L.) P. Beauv.
Вика шорстка, конюшина підземна, овес/вика шорстка	Томати	A. retroflexus and .C. album



Ґрунтопокривні культури можуть використовуватися для виведення бур'янів, особливо однорічних. При цьому задачею є замінити флору, яку важко контролювати на ту, ріст якої контролювати легко. Сидерати можна висаджувати як ущільнюючу культуру, як компонент сівозміни а також для мульчування. В індустріальному сільському господарстві ці стратегії дозволяють зменшити використання гербіцидів на 50%, і в середньому покривні культури здатні зменшувати щільність бур'яну на 10% і біомасу бур'яну на 5% у наступній після них культурі. Загалом сидерати пригнічують бур'ян завдяки двом механізмам водночас: алелопатії та конкуренції за ресурси. Особливо ефективно конкурують з бур'янами сидерати, насіння яких швидко проростає, що швидко ростуть, утворюють щільний покрив, формують багато довговічної біомаси та швидко засвоюють поживні речовини з ґрунту. Зазвичай рослини з великим насінням швидше проростають та ростуть. Ефективний контроль бур'яну також дають види, що швидко відростають після скошування чи випасу. Цікаво, що навіть за невеликої щільності посадки гірчиця ефективно пригнічує бур'ян. Покривні культури, особливо в безорному землеробстві, також створюють прихисток та збільшують розмаїття зерноїдних жужелиць або турунів, які харчуються насінням бур'янів. Наприклад, вика шорстка та овес сприяють зменшенню банку насіння бур'яну в ґрунті, переважно завдяки позитивному

ефекту мульчі на організми та патогени, що живляться насінням бур'яну або вражають його. Проте сам овес може ставати бур'яном наступної культури, оскільки він дозріває нерівномірно, і, розсіваючись формує запас свого насіння в ґрунті.

Алелопатичні сполуки, що пригнічують ріст бур'яну, можуть вивільнятися в газоподібній формі, вимиватися з решток або виділятися корінням. В останньому випадку їх поширенню в ґрунті сприяють мікоризні гриби та розвинена коренева мережа. Деякі рослини вивільняють алелохімікати у відповідь на взаємодію з бур'яном. Алелохімікати можуть вироблятися деякими ґрунтовими мікроорганізмами, тому рослини з більш рясними кореневими виділеннями можуть проявляти більші алелопатичні властивості.

Основними групами покривних культур, що забезпечують пригнічення бур'яну, є жито (виділяє бензоксазинони), сорго (вивільняє сорголон та дурин) та хрестоцвіті (алелохімікатами є глюкозиноляти). Бобові також можна використовувати для пригнічення бур'яну. Наприклад, при використанні червоної конюшини в якості ущільнюючої культури для пшениці. Конюшина александрійська пригнічує ріст паразитичної рослини вовчка. Хоча бобові менш ефективні пригнічувачі бур'яну порівняно за іншими групами покривних культур (наприклад, овес ефективніший за вику шорстку), завдяки азотфіксації їх загальний ефект на врожайність культур може бути більш вираженим.

Завдяки комбінації культур із різних родин можна досягти більш ефективного пригнічення бур'яну (прикладом є поєднання соняшника, канולי та сорго або поєднання вики з редькою). Для пригнічення бур'янів можна використовувати та поєднувати різні стратегії. Наприклад, житня мульча пригнічує бур'яни кукурудзи, а пожнивні рештки кукурудзи зменшують біомасу бур'янів у броколі. Для ефективного пригнічення бур'яну компоненти полікультури ґрунтопокривників повинні мати взаємодоповнювальний характер використання абіотичних ресурсів та функційні риси, що визначають пригнічення бур'яну.

Треба зазначити, що алелопатичні сполуки можуть пригнічувати як бур'ян, так і культурні рослини (наприклад, овес негативно впливає на врожайність томатів, тоді як жито гарно суміщається із соєю при використанні цих культур з метою пригнічення бур'яну).

# WEED SUPPRESSION

Jabran K, Mahajan G, Sardana V, et al (2015)  
Crop Protection 72: 57-65.

The allelopathic crop cultivars suppressive to weeds.

Crop	Allelopathic cultivar	Weed(s) species suppressed	Allelochemicals	Weed suppression (%)	Country
Barley	Alexis	<i>Lolium perenne</i> L.	-	-	Sweden
	Baronesse	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv., <i>Setaria verticillata</i> (L.)	-	83	Greece
	Arhmadia	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv., <i>Setaria verticillata</i> (L.)	-	58	Greece
	Alpha	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	-	53	
	Esterel	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	-	50	
	Ligne 640	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	-	48	
	Terroy	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	-	45	
	Scarbira	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P. Beauv.	-	45	
	GAT Rice	<i>Lolium rigidum</i> Gaussin	-	-	Australia
	Av-1001, Pak3338-532, Kopy9110, Kopy47-66P1, JCI 34, Serd6003, Archaean.	<i>Lolium rigidum</i> Gaussin	-	-	Australia
Rice	Ruente	<i>E. crus-galli</i> , <i>Cyperus difformis</i> L., <i>Cyperus itoa</i> L., <i>Lindberia procumbens</i>	-	26-39	China
	Huang-3	<i>Pharus, Alternanthera versata</i> R. Br., <i>Echinochloa prostrata</i> (L.) L., <i>Leptochloa chinensis</i> (L.) Nees, <i>Monochoria vaginalis</i> (Burm. f.) Presl ex Kunth	-	27-51	
	P31,2777	<i>E. crus-galli</i>	-	56	Korea
	Buldo	<i>E. crus-galli</i>	-	54	Korea
	Agudo	<i>E. crus-galli</i>	-	47	Korea
	Jarajongna	<i>E. crus-galli</i>	-	47	Korea
	Dhango	<i>E. crus-galli</i>	-	47	Korea
	Geumjam do	<i>E. crus-galli</i>	-	43	Korea
	Baekjeonhyeop	<i>E. crus-galli</i>	-	43	Korea
	Nalidari, Barkua, Baekgwangok	<i>E. crus-galli</i> , <i>Monochoria vaginalis</i> , <i>Scirpus juncoides</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i>	Momilactone A, momilactone B	>50	Korea
Rice	Hirobikari	<i>Lactuca sativa</i> L.	Momilactone B	75	Japan
	Nipponkase	<i>Lactuca sativa</i> L.	Momilactone B	62	
	Sasabiki	<i>Lactuca sativa</i> L.	Momilactone B	63	
	Yakihitani	<i>Lactuca sativa</i> L.	Momilactone B	60	
	Noris B	<i>Lactuca sativa</i> L.	Momilactone B	51	
	Janghyeop	<i>E. crus-galli</i>	<i>p</i> -hydroxybenzoic acid	79-94	Korea
	BE17	<i>E. crus-galli</i>	2-(4-hydroxyphenyl)-	45	Bangladesh
		<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	rosetigmine-3-ose	4.2777	
	Dherado	<i>E. crus-galli</i>	Phenolic acids	60	Iran
	Neda	<i>E. crus-galli</i>	Phenolic acids	65	
Damerak	<i>E. crus-galli</i>	Phenolic acids	40		
Dalar	<i>E. crus-galli</i>	Phenolic acids	36		
Mahr	<i>E. crus-galli</i>	Phenolic acids	34		
Uani (OM 933)	<i>Leptidium sativum</i> L., <i>Leptochloa chinensis</i> , <i>E. crus-galli</i>	<i>N</i> -eicosyl-cinnamylchitosamine	30	USA-Vietnam	
Super Basmati		<i>Trifolium arvense</i> L., <i>Trifolium arvense</i> L., <i>Hibiscus vulgare</i> L., <i>Avena sativa</i> L., <i>Alnus incana</i> (Mill.) B.S.P., <i>Eleusine indica</i> L. Gaertn.	-	-	Pakistan
		<i>Avena sativa</i> L.	-	-	
		<i>Alnus incana</i> (Mill.) B.S.P., <i>Eleusine indica</i> L. Gaertn.	DIBOX	5-95	USA
		<i>L. perenne</i>	-	-	Sweden
		<i>A. sativa</i>	-	-	Pakistan
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	
			-	-	
Wheat	Vinett	<i>Docourantio sophia</i> (L.) Webb ex Pratzl	-	-	China
	Ruffus 90	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V607	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	Pak 81	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	AS 2000	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V71 09	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	Bhaskar 2002	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	VH11	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	Chenab 2000	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
Sorghum	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China
	V60 34	<i>L. rigidum</i>	-	-	China



Алелопатія покривних культур залежить від умов вирощування та сорту.

# КОЛООБІГ РЕЧОВИН

Daryanto S, Fu B, Wang L, et al (2018) Earth-Science Reviews 185: 357-373.

## Приклади покривних культур з великою біомасою



Гіацинтові боби (*Lablab purpureus* L.)



Трава Конго (*Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard)



Покривні культури, особливо ті, які дають багато біомаси, здатні збільшувати біодоступність поживних речовин та накопичувати їх у своїй біомасі покращуючи їх колообіг. Метааналіз показав, що покривні культури в середньому збільшують біомасу ґрунтових мікроорганізмів на 79%, вміст фосфору в мікробній біомасі на 26% та колонізацію культур арбускулярною мікоризою на 40%. Заорювання решток культур негативно впливає на розвиток мікоризи, оскільки рештки залишені на поверхні в якості мульчі переважно сприяють розвитку грибків аніж бактерій.

Важливо синхронізувати час вивільнення поживних речовин з решток покривних культур з потребою наступної культури у живленні. Це залежить від виду покривної культури, часу її знищення, клімату (опадів та температури) та властивостей ґрунту (текстура та кислотність).

# N MANAGEMENT

Thorup-Kristensen K, Magid J & Jensen LS  
(2003) Adv Agron 79: 227-302.

Catch Crops and Green Manures in High Input and Low Input Systems; Desired and Undesired Effects

	Desired effects	Undesired effects
Catch crops in high input systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduced N-leaching amount at high leaching intensities</li> <li>Reduced NO<sub>3</sub> concentrations at low leaching intensities</li> <li>Improved soil fertility</li> <li>Erosion control</li> <li>Improved tillth</li> <li>Pest control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increased N fertiliser requirement due to:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>Pre-emptive competition by cover crop</li> <li>Immobilisation of N during cover crop decomposition</li> </ul> </li> </ul>
Green manures in low input systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increased stability of N-supply</li> <li>Consistent cash crop yields</li> <li>Soil organic matter building</li> <li>Increased base N mineralisation</li> <li>Improved soil fertility</li> <li>Erosion control</li> <li>Improved tillth</li> <li>Improved crop rooting depth</li> <li>Pest and weed control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Increased weed and pest pressure</li> <li>Increased N-loss due to poor synchrony</li> <li>Loss of cash crop when undersowing green manures</li> </ul>



Азотфіксація та запобігання вимиванню нітратів є конфліктуючими задачами. Більшість покривних культур, включно з бобовими, здатні з різною ефективністю зв'язувати нітрати запобігаючи їх вимиванню з ґрунтів і зменшуючи забруднення водостоку з полів, навіть якщо ці культури висаджувати пізно восени. На ґрунтах схильних до вимивання поживних речовин не рекомендується вирощувати осінні бобові та хрестоцвіті покривні культури, що вмирають від морозу. А на ґрунтах з низьким вмістом залишкових нітратів наприкінці літа в зимовий ґрунтопокрив можна включити більшу долю бобових культур.

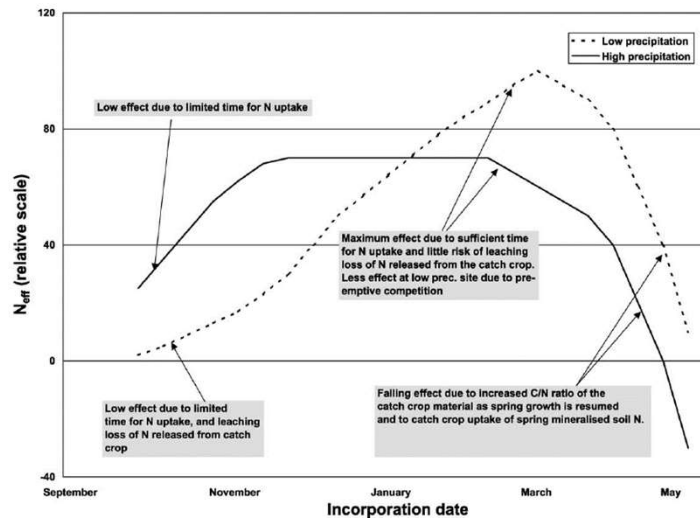
Єдиним способом зменшити вимивання поживних речовин є висадка покривних культур. Тому це має бути основним пріоритетом вирощування ґрунтопокривників (культури, що вирощується для цієї цілі називають ловчими культурами). Хоча для постачання нітрогену можна використовувати як добрива, так і покривні культури, комерційні культури ефективніше поглинають нітроген, що мінералізується із залишків покривних культур, аніж із синтетичних добрив, отже, в цьому випадку потрібна менша кількість нітрогену (отже, зменшується ризик його вимивання).

Озимі трави поглинають більше нітрогену аніж морозочутливі культури, а

симбіоз з мікоризою додатково покращує ефективність поглинання поживних речовин. Оскільки важливим є щоб рослини встигнути поглинути нітрати, допоки ті мігрують нижче глибини розміщення коріння, вирішальним фактором є глибина а не розгалуженість кореневої системи. Завдяки швидкому росту, глибокій кореневій системі та здатності засвоювати більшу кількість нітратів в порівнянні з однодольними рослинами, хрестоцвіті особливо ефективно протидіють вимиванню нітратів з глибоких шарів ґрунту. Наприклад, озимий ріпак раніше та в більшому ступені знижував вміст нітратів у підґрунті у порівнянні з озимими ячменем та мітлицею (або райграсом). Проте, у випадку пізньої посадки та короткого вегетаційного періоду злакові перевищують хрестоцвіті за ефективністю поглинання нітратів завдяки швидшому проростанню та початковому росту, а також меншій залежності поглинання нітратів від низьких температур. Озиме жито може засвоювати до 90% нітратів ефективно поглинаючи поживні речовини з ґрунту навіть при невеликій долі жита у сумішах покривних культур (тому його завжди потрібно додавати до сумішей, що висіваються пізно восени). Серед бобових більше нітратів засвоюють кінські боби і особливо вика шорстка

# NUTRIENT CYCLING

Thorup-Kristensen K, Magid J & Jensen LS  
(2003) Adv Agron 79: 227-302.



Effects of incorporation time on catch crops  $N_{eff}$  (N supply for the succeeding crop) as dependent on precipitation regime.



Більш пізнє знищення покривної культури восени, особливо за умови малих опадів, дозволяє покривній культурі поглинути більше нітрогену. При цьому мінералізація решток покривної культури також відбуватиметься пізніше, що зменшує втрату поживних речовин з решток. В випадку злакових пізнє знищення покривної культури навесні призводить до меншого вмісту поживних речовин в ґрунті для весняної культури. А от бобові ґрунтопокривники краще знищувати якомога пізніше навесні, аби вони мали більше часу для азотфіксації. Час знищення культури також визначається біологічними особливостями виду: тоді як біла гірчиця та кормова редька можуть ще бути цілком життєдіяльними в середині листопада, овес та фацелія вже починають вивільняти нітроген з біомаси. У посушливих умовах доцільно висаджувати покривну культуру з глибоким корінням раз на кілька років, коли в глибоких шарах ґрунту накопичується достатня кількість нітратів, які повільно мігрують за нестачі опадів. Така схема, радше ніж висаджування щороку, запобігатиме конкуренції ґрунтопокривника з основною культурою за нітроген в поверхневих шарах ґрунту.

Мінералізація нітрогену із залишків заораних покривних культур (їх називають сидерати) зазвичай відбувається протягом 1 – 2 місяців, і лише близько 10%

вивільнення нітрогену припадає на другий рік. Чим менше відношення карбону до нітрогену в біомасі, тим швидше відбувається мінералізація решток. Наприклад, одним з лідерів за швидкістю мінералізації серед бобових є вика, серед хрестоцвітих – кормова редька, тоді як рештки злакової культури райграсу мінералізуються дуже повільно. Ряд покривних культур вже містить значну долю нітратів в своїй біомасі. Мінералізація залежить від температури, вологості, циклів замерзання-розмерзання та ступені перемішування рослинних решток з ґрунтом. Під час розпаду решток до 20-40% нітрогену втрачається у вигляді летких аміаку та оксиду азоту. Цей відсоток втрати залежить від культури: так, для трав і люцерни він був максимальним, тоді як для конюшини – мінімальним. Також волатилізація (або втрата через перехід в газоподібні форми) нітрогену зменшується при заорювання решток у прохолодний вологий ґрунт порівняно з рештками, залишеними на поверхні в якості мульчі.

Передача нітрогену від покривної культури до наступної комерційної культури складає близько 25%, що рівноцінно поглинанню нітрогену з гноївки. Передача нітрогену відбувається тоді, коли за покривною культурою слідує комерційна культура з неглибоким корінням, а от у випадку культури з глибоким корінням передача не відбувається.



# N MANAGEMENT

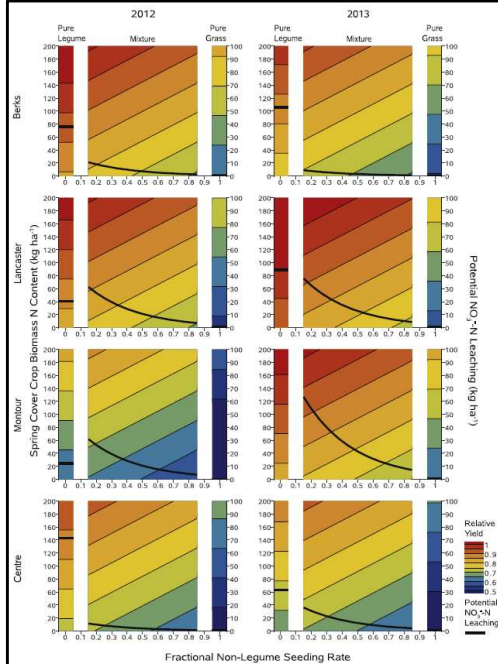
White CM, DuPont ST, Hautau M, et al (2017) Agriculture, ecosystems & environment 237: 121-133.

Kaye J, Finney D, White C, et al (2019) PloS one. 14: e0215448.

Thorup-Kristensen K, Magid J & Jensen LS (2003) Adv Agron 79: 227-302.

## Strategy to achieve high levels of both N supply and N retention services with cover crop mixtures:

- Mixtures with low non-legume seeding rates can substantially reduce potential NO<sub>3</sub> leaching,
- Leaching can be reduced through:
  - the maintenance of low soil NO<sub>3</sub> -N concentrations prior to cover crop planting in August,
  - avoiding the inclusion of winter-killed legumes in the mixture, and
  - using non-legume species that are the most efficient at N retention.



Graphical visualization of tradeoff between N supply and N retention.

Хоча жито й ефективно поглинає залишковий нітроген, передача його наступній культурі відбувається повільно через повільну мінералізацію решток жита у зв'язку з високою пропорцією карбону до нітрогену в рештках і через тимчасове поглинання нітрогену з ґрунту мікроорганізмами, що мінералізують рештки жита. Лише бобові підвищують вміст нітрогену в ґрунті, хоча цей ефект на завжди зберігається в полікультурі (напр. в полікультурі горох - конюшина червона - жито, в якій ріст конюшини пригнічували інші культури – проте ця полікультура ефективно поглинала нітрати). Отже, полікультура, що здатна водночас поглинати нітрати на фіксувати азот, повинна містити невелику долю злаків або хрестоцвітних ТА бобові. Бобові компенсують поглинання нітрогену з ґрунту (особливо злаками), а злаки покращують ефективність азотфіксації бобовими поглинаючи нітроген, що блокує азотфіксацію, ґрунту. Для поглинання нітратів можна замінити жито в полікультурі ґрунтопокривників (яке може спричиняти алелопатичний валив на наступну культуру) менш агресивними культурами. Або культурами з більш дешевим насінням. Це, зокрема, овес, редька, ріпак та горох. Ці культури працюватимуть до межі їх морозостійкості, і поглинання буде ефективніше у випадку ранньої посадки та теплої осені.

Зауважте, що гній має високий вміст фосфору до частки нітрогену, що перевищує

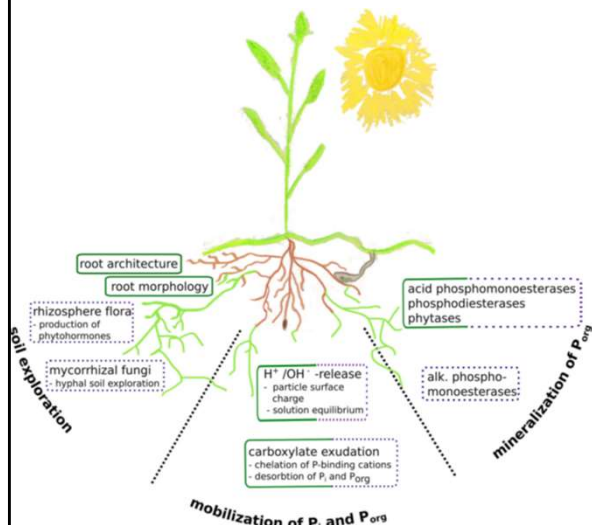
потребу культур, через що при інтенсивному підживленні гноєм спостерігається ризик вимивання фосфатів. Тому вносити гній рекомендовано виходячи з потреби культур у фосфорі компенсуючи додаткову потребу в нітрогені вирощуванням покривних культур, наприклад, гороху.

Ловчі покривні культури особливо необхідні у сівозміні після культур з інтенсивним підживленням, або з високим вмістом нітрогену у пожнивних рештках, або після переорювання поля з багаторічними культурами, а також після культур з неглибоким корінням. У цих ситуаціях особливо корисними будуть ґрунтопокривники із глибоким корінням.

Серед менш поширених покривних культур можна відзначити цикорій, що мало конкурує з основною культурою та утворює багато мульчі, коріння якого проникає на вдвічі більшу глибину та поглинає більше нітрогену, ніж у райграсу.

# P MANAGEMENT

Hallama M, Pekrun C, Lambers H, et al (2019)  
Plant Soil 434: 7-45.



Strategies and mechanisms for phosphorus (P) acquisition by plants.

- 1) Soil exploration via roots and mycorrhizal hyphae;
- 2) Mobilization of sparingly-soluble **inorganic P (Pi)** and **organic P (Porg)** by exudation of H<sup>+</sup>/OH<sup>-</sup> and carboxylates;
- 3) Mineralization of Porg by phosphatases.

Plant-driven processes have solid outlines, microbial activity is shown by dotted outlines

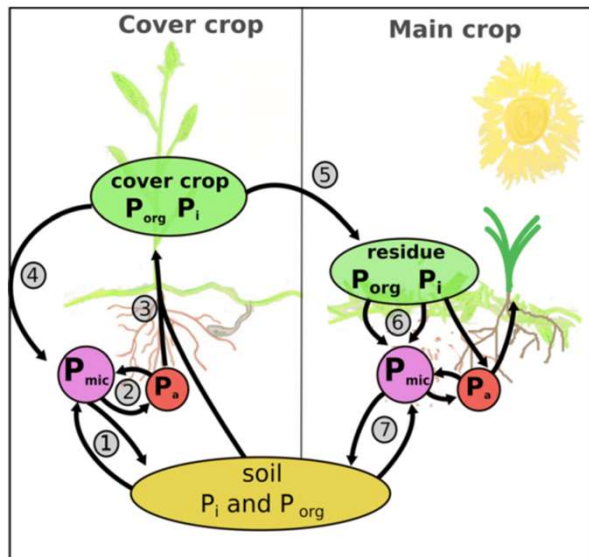
Покривні культури та сидерати можуть підвищувати біодоступність фосфору переводячи фосфор ґрунту з неорганічної на органічну форму, завдяки закисленню ризосфери та підвищенню розчинності фосфатів (це властиве більшості видів бобових) або завдяки вивільненню корінням органічних кислот (що, зокрема, притаманне люпину та гречці). Поглинання фосфору сприяють довгі кореневі волоски, глибоке коріння (як у хрестоцвітих), розгалужена коренева система (як у злаків) або висока здатність до мікоризації. Деякі культури, зокрема люпин, формують особливі структури (кластерне коріння) що здатні поглинати фосфор з ґрунтів з низьким його вмістом і потенційно збільшувати біодоступність фосфору для основної культури. Також покривні культури можуть прискорювати мінералізацію фосфору з біомаси комерційних культур та збільшувати його доступність завдяки покращенню росту мікроорганізмів, що сприяють підвищенню біодоступності фосфору. Часто кілька з перелічених механізмів діють водночас.

До хімічних механізмів мінералізації фосфатів відноситься розчинення сполук фосфору та хелатування нерозчинних його сполук катіонами металів завдяки дії органічних карбоксилатів чи аніонів органічних кислот, переважно цитратів. Іншим механізмом, що збільшує біодоступність фосфору на вапнякових ґрунтах,

є вивільнення корінням протонів, що розчиняють фосфати кальцію (зокрема це притаманне бобовим, гречці та мексиканському соняшнику). Негативним ефектом вивільнення культурами протонів є підвищення токсичності ґрунтів, що містять фосфат алюмінію. Органічний фосфор мінералізується завдяки дії ферментів фосфатаз.

# P MANAGEMENT

Hallama M, Pekrun C, Lambers H, et al (2019)  
Plant Soil 434: 7-45.



Pathways of phosphorus (P) transfer and plant-microbial processes affecting P availability by cover cropping.

- 1) Soil P pools of varying degrees of availability are solubilized and/or mineralized and are immobilized in the microbial biomass.
- 2) The microbial biomass releases P into the soil solution which
- 3) ends up in the plant via root or mycorrhizal uptake. Cover crops may additionally possess the capacity to mine P from poorly available P pools or to produce biochemical rhizosphere modifications to increase P availability.
- 4) The roots release rhizodeposits that shape the microbial community, eventually leading to increased P mining.
- 5) The P stored in the cover crop biomass is transferred to the main crop via cover crop residues,
- 6) which are decomposed by the soil microbial community.
- 7) The soil microbial community (i.e. mycorrhizal fungi) in the main crop phase, enhanced by the cover crops, may possess an increased capacity to mine P for the main crop.

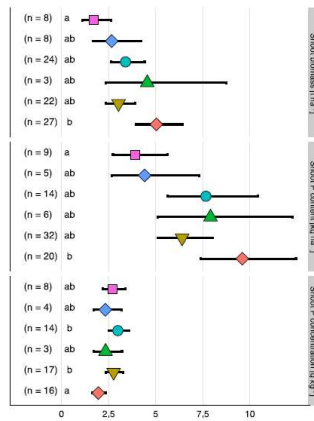
На відміну від нітратів, фосфати швидко переходять в нерозчинну форму реагуючи з катіонами металів. Тому мінералізація чи мобілізація фосфатів покривною культурою має бути синхронізована з потребою у фосфорі основної культури. При орному обробітку ґрунту 70-80% фосфору вивільняється з біомаси бобових протягом 6 місяців, причому коріння мінералізується дещо повільніше за стебла. Зауважте, що покривні культури, що ефективно поглинають фосфор, можуть тимчасово знижувати його вміст в ґрунті, особливо на бідних ґрунтах, зв'язуючи фосфор у власній біомасі. Пізнє висівання та раннє знищення покривних культур дає рештки, що швидше мінералізуються. Швидшій мінералізації також сприяє перетравлення решток тваринами. А от спалювання решток знижує родючість ґрунту та підвищує вимивання поживних речовин.

Фосфор з заораних решток вивільняється поволі, тому більший його відсоток поглинається рослинами і менший абсорбується та переходить в нерозчинну форму в ґрунті порівняно з мінеральними добривами. Нерівномірний розподіл решток при заорюванні ще більш сповільнює вивільнення з них фосфору через різну площу контакту решток із ґрунтом. Це, ймовірно, дає перевагу в живленні культурам перед бур'яном.

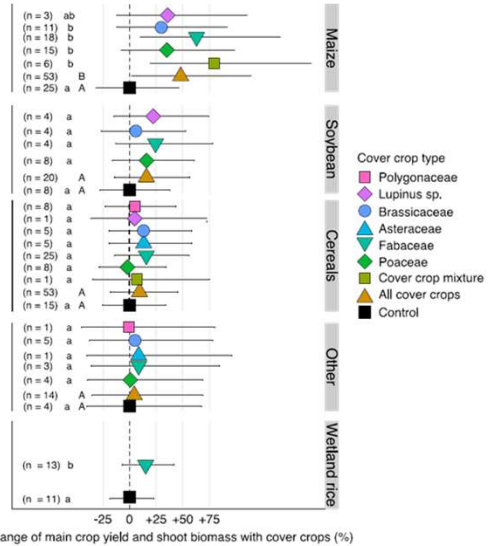
Мікоризні культури на 50% збільшують кількість мікоризоутворюючих грибів у ґрунті. Це покращує поглинання фосфору наступною культурою завдяки більшій площі поглинальної поверхні коріння в результаті мікоризі та дії асоційованих з мікоризою фосфатмобілізуючих бактерій. Більшість покривних культур, окрім хрестоцвітих, гречкових та люпинів, здатні формувати симбіоз із мікоризою. Люпин, як вже згадувалося, має інший механізм поглинання фосфору – це формування кластерного коріння.

# P MANAGEMENT

Hallama M, Pekrun C, Lambers H, et al (2019)  
Plant Soil 434: 7-45.



Cover crop dry matter biomass [t ha<sup>-1</sup>], shoot phosphorus (P) content [kg ha<sup>-1</sup>] and concentration of P in biomass [g kg<sup>-1</sup>].



Change in main crop yield and shoot biomass following cover crops from different families.

Хоча злаки виробляють найбільше біомаси з покривних культур та активно поглинають фосфор, його концентрація в біомасі є найнижчою серед основних родин покривних культур. Тому вони не дуже сприяють збільшенню врожайності покривних культур, що, ймовірно, пов'язано з іммобілізацією фосфору в біомасі. Складноцвіті справляють проміжний ефект на врожайність культур, їх позитивний вплив, ймовірно, пов'язаний з ефектом від мікоризи на їх корінні. Монокультури хрестоцвітих поступалися більшості родин у покращенні фосфорного живлення основних культур.

# P MANAGEMENT

Hallama M, Pekrun C, Lambers H, et al (2019)  
Plant Soil 434: 7-45.

Table 1 Plant species widely used for cover cropping and their properties as described in the literature

Cover crop	Advantages	Disadvantages	Phosphorus-acquisition strategy
<i>Vicia faba</i> (faba bean) Fabaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nitrogen (N) fixation</li> <li>Phosphorus (P) mobilization</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Rhizosphere modification: pH, carboxylates, phosphatases</li> </ul>
<i>Vicia villosa</i> (hairy vetch) Fabaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>High yielding</li> <li>Cold tolerant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mixed effect on mycorrhizal fungi</li> </ul>	
<i>Lupinus sp.</i> (lupin) Fabaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Excellent P mobilization</li> <li>N fixation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-mycorrhizal</li> <li>Difficult establishment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cluster roots: intensive exudation of carboxylates, protons and enzymes</li> </ul>
<i>Lolium sp.</i> (ryegrass) Poaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Good nutrient scavenger</li> <li>Erosion and weed control</li> <li>Cold tolerant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>High C:P ratio</li> <li>P immobilization</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extensive root system</li> </ul>
<i>Avena sativa</i> (oat) Poaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fine rooting system, competitive</li> <li>Winter kills</li> </ul>		
<i>Secale cereale</i> (rye) Poaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast growth</li> <li>Good nutrient scavenger</li> <li>Late sowing possible</li> <li>Cold tolerant</li> <li>High biomass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutrient immobilization</li> <li>Termination difficult</li> </ul>	
<i>Brachiaria sp.</i> (ruzigrass) Poaceae			<ul style="list-style-type: none"> <li>Decreases P-sorption of acid soils</li> <li>Converts recalcitrant P into available P</li> </ul>
<i>Sinapis sp.</i> (mustard) Brassicaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>High biomass</li> <li>N and P scavenger</li> <li>Taproots</li> <li>Biofumigation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-mycorrhizal</li> <li>Poor improvement of soil structure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rhizosphere modification (phosphatases, carboxylates), but no strong acidification</li> <li>High biomass</li> </ul>
<i>Fagopyrum esculentum</i> (buckwheat) Polygonaceae	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fast growing</li> <li>P scavenger (carboxylates)</li> <li>Winter kills</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non-mycorrhizal</li> <li>Weed hazard when allowed to set seed</li> <li>Low root biomass</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Organic anion and proton release</li> <li>Good solubilization of Calcium-Phosphate</li> </ul>



Суміш покривних культур з різними характеристиками та функціями часто показує кращі результати, аніж монокультура ґрунтопокривників, виконуючи при цьому більше корисних функцій. Наприклад, люпин, що збільшує біодоступність фосфору, можна поєднати з кормовим ріпаком задля біофумігації, і цю суміш можна додатково покращити додавши мікоризну злакову культуру. Морозочутливий овес можна поєднати в суміші із озимим житом задля мікоризної передачі поживних речовин з відмираючого коріння вівса до рослин жита.

Вибір покривних культур також обумовлюється характером додаткового підживлення рослин та середовищем. Добрива з високим вмістом фосфору краще комбінувати з видами, що мають високу ефективність поглинання поживних речовин та високе виробництво біомаси (напр. олійна редька). Фацелія та інші види, що мобілізують фосфор, краще підходять для бідних ґрунтів. На ґрунтах з низькою абсорбцією фосфору краще вирощувати злаки аніж бобові, з біомаси яких фосфор краще поглинається комерційними культурами. У вологому та прохолодному кліматі надавайте перевагу озимим культурам для мінімізації вимивання фосфору із решток під час частих циклів замерзання-розмерзання.



Інший макроелемент калій швидко поглинається з ґрунту покривними культурами та швидко вивільняється з їх решток. Хрестоцвіті активно поглинають сірку і запобігають її вимиванню з ґрунтів. Також хрестоцвіті здатні збільшувати доступність мікроелементів завдяки їх хелатуванню та зміні окисно-відновного потенціалу ґрунтів.

# ВОДНИЙ БАЛАНС

Ingels C, Horn MV, Bugg R, et al (1994)  
California Agriculture 48: 43-48.  
Daryanto S, Fu B, Wang L, et al (2018) Earth-  
Science Reviews 185: 357-373.



Гіацинтові боби – дуже в'юнка та дуже спеко-та посухостійка літня покривна культура.



Люцерна лише трохи зменшує вологість ґрунту, але збагачує ґрунт натрогеном на 18 – 20 кг/га більше, ніж конюшина червона чи горох посівний.



Покривні культури здатні зменшувати випаровування з поверхні ґрунту завдяки утворенню шару живої або сухої мульчі, а також завдяки структуруванню та збільшенню пористості ґрунту (це також призводить до його розпушення). А також завдяки збільшенню вмісту органічної речовини у ґрунті, що особливо важливо для покращення водоутримуючої здатності піщаного ґрунту; та завдяки протидії утворенню ґрунтової кірки на поверхні глинистого ґрунту. Верхній шар ґрунту попід покривними культурами швидше розмерзається, що сприяє кращому зволоженню ґрунту талими водами. Культури з глибокою кореневою системою (типу кормової редьки та палісадної трави) є природним плугом полегшуючи для наступної культури утворення більш глибокої та розгалуженої кореневої системи, результатом чого є краща посухостійкість. Утворення пор також покращує азотфіксацію завдяки глибшому проникненню кисню в ґрунт та підвищенню активності нітрогенази. Метааналіз продемонстрував середнє зниження втрати води ґрунтом завдяки покривним культурам.

Озимі покривні культури зазвичай мало конкурують з основними культурами за вологу, за винятком якщо вони рано висаджуються та знищуються пізно навесні. А от літні однорічні покривні культури, особливо ті, що активно ростуть влітку (як багаторічні види конюшини) використовують багато води і часто потребують

зрошення. Злакові та гречкові зазвичай мають вищу евапотранспірацію (випаровування з поверхні та в процесі дихання), аніж бобові культури. Проте існує ряд посухостійких ґрунтопокривників, зокрема гіацинтові боби та місцеві трави з літнім періодом спокою.

В оптимальні або вологі роки покривну культуру знищують, коли рівень вологості ґрунту знижується до оптимального для посадки основних культур. У посушливі роки покривну культуру варто знищувати рано навесні – це не лише знижує втрати води через евапотранспірацію ґрунтопокривників, а й дає мульчу, що зменшує випарування та сприяє більшому поглинанню води під час опадів.

# WATER BALANCE

Justes E (2017) Cover crops for sustainable farming.

Table 2.1 Summary of the effects, advantages and limitations of different cover crop types

Factors effects	Non-leguminous poaceae	Non-leguminous brassicaceae	Leguminous	Mixtures legum. & Non-legum.
Requirements	Relatively early sowing	Early sowing	Very early sowing	Adjust the mixture
	Not or not very frost-sensitive	Frost-sensitive depending on type and temperature	Frost-sensitive	
Leaching reduction (rate/control)	30–80 %	30–90 %	0–40 %	20–60 % (to be confirmed <sup>a</sup> )
Short-term nitrogen effect (N released as % N absorbed)	–20–+10 %	–10–+30 %	+10–+50 %	+10–+40 % (to be confirmed)
Advantages	Effectiveness with high nitrogen input levels or in oceanic climates	Broad effectiveness with high nitrogen input levels or in continental climates	Effectiveness with low nitrogen input levels	Intermediate effectiveness and plasticity/to N availability Less competition as undersown crop
Systems not recommended or to be avoided	Clay soil (/late destruction).	Clay soil if not frost-sensitive (/late destruction).	Systems with intensive nitrogen & effluent inputs	Nitrogen-intensive systems

<sup>a</sup> To be confirmed by a targeted study of the literature and simulations including a combination of crop types



В умовах нестабільних опадів можна випробувати полікультуру покривних культур, що включає кормову редьку, бобові та злакові. Така полікультура дає багатофункційну адаптацію як до сильних злив, так і до посух, оскільки злакові найкраще запобігають ерозії, бобові протидіють нестачі нітрогену для росту комерційних культур а хрестоцвіті сприяють глибшому проникненню коріння культур.

## C SEQUESTRATION

Poepplau C & Don A (2015) *Agric Ecosyst Environ* 200: 33-41.  
Kaye JP & Quemada M (2017) *Agronomy for Sustainable Development* 37.



Завдяки можливості вирощування покривних культур та сидератів на чверті світових сільгоспсистем як в ущільнених посадках з основною культурою так і в період між вирощуванням основних культур, ця загалом середноефективна практика здатна в глобальному масштабі на 8–10% знизити парниковий ефект від сільського господарства. Це більше аніж простий перехід на безорну систему чи заліснення сільгоспугідь. В середньому покривні культури зв'язують понад 320 кг карбону з гектару на рік або ж збільшують вміст органічної речовини в ґрунті на 0.3% кожні 10 років. При цьому за прогнозами така динаміка зберігатиметься протягом 155 років безперервного вирощування покривних культур.

Існують 2 основні стратегії підвищення зв'язування карбону в ґрунті: зменшення розпаду органічної речовини ґрунту (в першу чергу завдяки меншій оранці) та збільшення внесення карбону в ґрунт. Останнього можна досягти вирощуючи сидерати та озимі покривні культури під час періодів пари.

Значну частку карбону покривні культури вносять в ґрунт з кореневими виділеннями, де карбон на глибині понад 30 см менше підпадає мінералізації зберігаючись у стабільній формі. Цей ефект буде більш вираженим для культур з

глибокою кореневою системою, зокрема для багаторічних трав, які в 2,5 рази ефективніше за ґрунт під парою та на чверть ефективніше за бобові культури захищають ґрунт від ерозії та перехоплюють надлишки нітрогену з глибоких його шарів протидіючи вимиванню, забрудненню довкілля та зменшуючи утворення монооксиду азоту, що справляє в 300 разів більший парниковий ефект, аніж діоксид вуглецю. При цьому самі рештки покривних культур вивільняють менше монооксиду азоту, якщо їх заорювати в ґрунт, аніж якщо залишати їх на поверхні. Продовжуючи про вплив оранки, є принаймні одне дослідження що стверджує про відсутність впливу на вміст карбону в ґрунті протягом року між орним та безорними способами вирощування покривних культур. Зменшення внесення добрив після бобових покривних культур також зменшує виробництво парникових газів сільським господарством.

Покривні культури продукують більше решток та пом'якшують мікроклімат для ґрунтових мікроорганізмів збільшуючи їх активність. Водночас швидкий розпад решток покривних культур з низкою часткою карбону до частки нітрогену в біомасі може запускати ефект праймування або розпаду стабілізованої органічної речовини ґрунту через підвищену активність ґрунтових мікроорганізмів. Зокрема при вирощуванні рису на заливних полях покривна культура в 400 разів збільшує парниковий ефект порівняно з парою.

Іншим важливим фактором кліматичного впливу є альbedo – здатність поверхонь відбивати сонячне випромінювання, а відтак зменшувати нагрівання поверхонь. Покривні культури знижують альbedo орних ґрунтів від 12 до 46 г еквіваленту CO<sub>2</sub> на м<sup>2</sup> на рік протягом 100-річного періоду. Єдиним поєднанням, що при модулюванні збільшувало парниковий ефект, було вирощування ґрунтопокривників з низьким альbedo на ґрунтах із високим альbedo, особливо якщо стебла покривних культур не повністю вкриті снігом або коли основна культура продукує рештки з високим альbedo, що рясно вкривають ґрунт. Хоча частково вкриті снігом рештки покривних культур можуть прискорювати його танення, цей ефект врівноважуються нижчою температурою вкритої рештками землі навесні.

# C SEQUESTRATION

Kaye JP & Quemada M (2017) *Agronomy for Sustainable Development* 37.

Table 1 Processes affecting climate change mitigation by legume or non-legume cover crops and estimated typical values (and range in parentheses) for radiative forcing in units of CO<sub>2</sub> equivalents (CO<sub>2</sub>e)

Process	CO <sub>2</sub> e (g/m <sup>2</sup> /year)		Source of variation
	Non-legume	Legume	
Soil C sequestration	117 (78, 156)	117 (78, 156)	Site to site variation, time cover cropping
Soil N <sub>2</sub> O efflux	-4 (1, -9)	-2 (3, -6)	Fertilizer N rate, incorporation
Reduced downstream N <sub>2</sub> O flux	3 (0, 22)	0 (0, 13)	Cover crop effect on N leaching
Reduced N fertilizer use			
Green manure credit	0	20 (8, 59)	Cover crop N fixation
Organic matter credit	4 (0, 20)	4 (0, 20)	Same as soil C sequestration
Soil CH <sub>4</sub> flux	0	0	Too few studies for variation
Farm operations fuel use	-4 (-1, -10)	-4 (-1, -10)	Planting and termination choices
Total biogeochemical	116	135	
Albedo change	25 (-39, 111)	25 (-39, 111)	Soil and plant albedos, snow, see Table 2
Grand total	141	160	

Positive values represent net mitigation of radiative forcing, while negative values represent sources of radiative forcing. All values were rounded to the nearest whole number



На додачу, використання покривних культур знижує негативний вплив зміни клімату на сільське господарство, зокрема знижуючи ерозію під час сильних злив, пропонуючи додатковий інструмент покращення водоутримання ґрунту як під час посух, так і під час рясних опадів та зменшуючи вимивання нітратів за умов швидшої мінералізації решток під впливом потепління (в останньому важливу роль відіграватимуть злакові, що в 2,5 рази зменшують вимивання поживних речовин порівняно з паром і є на 25% ефективнішими за бобові). Зміни клімату, в свою чергу, створюють додаткові можливості для вирощування покривних культур. Зокрема потепління сприятиме росту культур з глибоким корінням, що запобігатимуть вимиванню поживних речовин з глибоких шарів ґрунту. Також потепління може сприяти більшій ефективності екосистемних послуг, що їх надають покривні культури, завдяки кращому росту покривних культур та збільшенню тривалості вегетаційного періоду для нарощування культурами біомаси перед настанням холодів (для ефективного запобігання ерозії ґрунтопокрив має становити понад 30% площі поверхні).

Загалом більш ефективними будуть багатовидові композиції покривних культур з взаємодоповнюючою стійкістю компонентів до факторів довкілля. Наприклад, злакова культура може захищати бобову від вимерзання.

## COVER CROPS DATABASE

### UC SUSTAINABLE AGRICULTURE RESEARCH AND EDUCATION PROGRAM

Paspalum hieronymii	Конюшина єгипетська	Сесбанія
Біб кінський	Конюшина підземна	Сорго та суданська трава
Буркун індійський	Конюшина	Стоколос м'який
Буркуни	суніцевидна	Тонконіг лучний
Вика бенгальська	Конюшини (Trifolium)	Фацелія
Вика волохата	Конюшина люпинова	Ячмінь звичайний
Вика звичайна	Кроталарія ситникова	Ячмінь
Вика шорстка	Люпин	короткопиляковий
Вігна китайська	Люцерна жовта	
Вульпія мишохвоста	Люцерна зморшкувата	
Гірчиця	Люцерна мінлива	
Горох посівний	Люцерна, загалом	
Гречка	Лядвенець рогатий	
Жито посівне	Люцерна хмелевидна	
Індиговера волохата	Місцева рослинність	
Канула / Ріпак	Овес	
Конюшина біла	Пажитниця багаторічна	
Конюшина волохата	Пажитниця рясноцвіта	
	Просо	



- Детальна інформація про окремі види
- Базується на результатах опублікованих досліджень
- Бракує інформації щодо поєднання видів
- Незручна в користуванні



Я коротко представлю кілька інструментів, які можна використовувати для підбору покривних культур.

База покривних культур університету Каліфорнії, від програми дослідження та освіти в галузі сталого сільського господарства, містить інформацію про 44 види покривних культур. Для кожного виду представлено детальний опис на основі наукових публікацій та інформації від експертів про потреби щодо умов вирощування, особливості посадки та знищення або термінації у різних сільськогосподарських системах, а також огляд позитивних ефектів та недоліків.

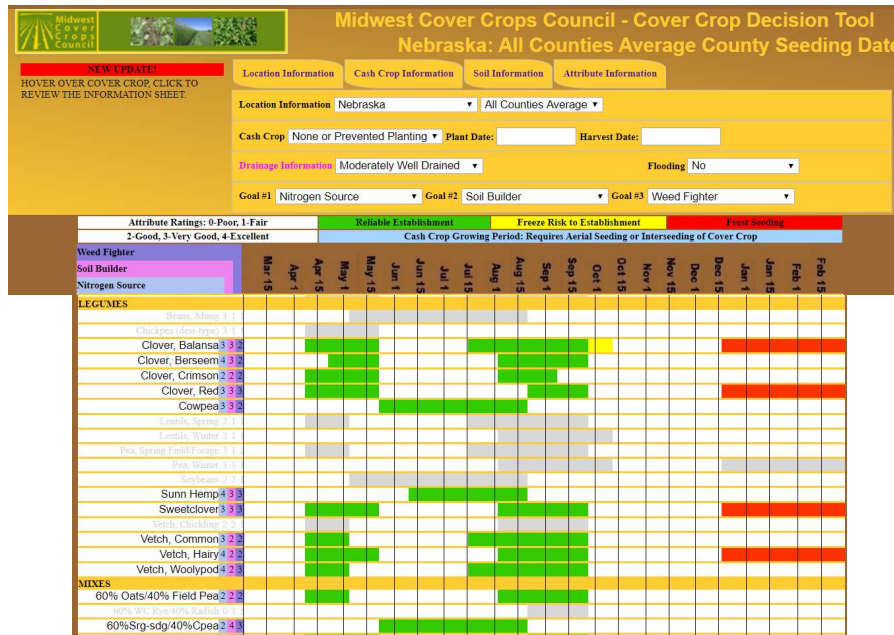


# MIDWEST COVER CROPS COUNCIL - COVER CROP DECISION TOOL

1	2	3	4
None or Prevented Planting	Select a Drainage Class	No	Select an attribute
Corn - Grain	Very Poorly Drained	Brief - up to 7 days	Nitrogen Source
Corn - Seed	Poorly Drained	Long - 7 days +	Nitrogen Scavenger
Corn - Silage	Somewhat Poorly Drained		Soil Builder
Soybeans	Moderately Well Drained		Erosion Fighter
Drybeans	Well Drained		Weed Fighter
Wheat	Excessively Drained		Good Grazing
Warm Season Vegetables	Muck - Saturated		Quick Growth
Cool Season Vegetables	Muck - Well Drained		Lasting Residue
Sugar Beets			Mechanical Forage Harvest Value
Grain Sorghum/Milo			Grain/Seed Harvest Value
			Interseed with Cash Crop
			Winter Survivability

Інструмент підбору покривних культур розроблений Радою покривних культур середнього заходу США допомагає підібрати культури для авіапосіву чи для ущільнених посівів на основі їх впливу на основну товарну культуру. Підбір культур також базується на дренажних властивостях ґрунту та може враховувати ризик повеней, бажаний період року для вирощування покривних культур а також ряді агроекологічних функцій за їх важливістю для фермера.

# MIDWEST COVER CROPS COUNCIL - COVER CROP DECISION TOOL



Цей інструмент було розроблено для середнього заходу США або центральних та північних штатів з вологим континентальним кліматом та великим річним коливанням температур, і алгоритм надає інформацію про доступний проміжок для висіву кожної культури на основі кліматичних умов обраного штату. Для запропонованих культур надається оцінка ефективності щодо виконання обраних екологічних функцій.

## ЗАПИТАННЯ

- На що потрібно звернути увагу (основні задачі, можливі складнощі) для підбору покривної культури в овочівництві? Які мають бути характеристики покривних культур, щоби відповідати поставленим задачам?



Альтернативне запитання: які покривні культури (родини чи функційні характеристики) ви б обрали для захисту ґрунту від ерозії? І чому?