

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



Розробка та дослідження полікультурних систем



Павло Арданов
pavlo.ardanov@gmail.com

Етапи дослідницької роботи

- Постановка запитання
- Формування гіпотези
- Визначення цілей та задач
- Планування експерименту
- Проведення експерименту
- Аналіз результатів
- Висновки – відповіді на поставлені запитання
- Опис та публікація результатів

Визначте цілі (що ви хочете дізнатися) та сформулюйте ряд гіпотез

- Якою на вашу думку має бути відповідь на запитання?
- Це має бути припущення, що ґрунтується на ваших знаннях та науковій літературі

Розглянемо приклад: вплив оранки



Виміри (ґрунт): оберіть мінімум 3 групи (краще обрати взаємопов'язані параметри)

Хімічний склад ґрунту

- Вуглець, що окислюється перманганатами (РОхС)
- Вміст нітратів та амонію
- Вміст фосфатів
- Кислотність та електропровідність

Фізичні параметри ґрунту

- Фракційний склад (агрегати)
- Об'ємна щільність
- Вологість
- Швидкість інфільтрації (просочування)
- Водоутримуюча здатність
- Температура

Біорозмаїття ґрунту

- Нематоди
- Мезофауна (мікроскопічні членистоногі)
- Макрофауна
- Надземні членистоногі

Біологічна активність ґрунту

- Активність ферментів колообігу вуглецю
- Частка органічного та неорганічного нітрогену
- Дихальна активність

Припустимо, ви обрали наступні виміри:

Стабільність агрегатів, швидкість інфільтрації, об'ємна щільність, водоутримуюча здатність ґрунту

1 Мета

Ваших вимірів

- Виміряти вплив мінімальної оранки на фізичні властивості, що визначають водоутримуючу здатність ґрунтів Полісся.

2-3 Гіпотези

Впливи, процеси, змінні та як вони будуть змінюватися

- Мінімальна оранка покращує агрегацію та **стабільність ґрунтових агрегатів**. Це, в свою чергу, покращує **інфільтрацію** в процесі поливу. (1 – 2 посилання)
- Мінімальна оранка зменшує **ущільнення** ґрунту завдяки зменшенню проходжень сільгосптехніки та зменшенню закоркування ґрунту в результаті впливу дощових крапель на поверхню ґрунту. Це зрештою покращує **водопроникність** ґрунту. (1 – 2 посилання)
- Мінімальна оранка сприяє накопиченню в ґрунті органічної речовини завдяки зменшенню її окислення та кращому накопиченню з поживними рештками. В результаті це покращує **водоутримуючі здатності ґрунту**. (1 – 2 посилання)

Типові помилки гіпотез:

- не підкріпленість фактами або на основі обраних фактів («зривання вишень», приклад з покривними культурами та водоутриманням чи з підвищеною активністю ґрунтових мікроорганізмів та збільшенням вмісту органічного Карбону),
- низька вірогідність (прискіпливе ставлення до амбітних гіпотез, приклад з праймуванням та мікроРНК/зміннами у резидентній мікробіоті) і відсутність планів Б, В...,
- нечіткість,
- обрані методи не відповідають на поставлені запитання (зокрема кореляція на завжди виявляє причинно-наслідкові зв'язки, приклад з органами слуху тарганів),
- неоригінальність.

Цілі та гіпотези уявного експерименту з полікультурами (письмова відповідь у Moodle)

- 1- Поміркуйте, які механізми можуть бути задіяні – зверніться до конспектів лекцій
- 2 – Які є можливі обмежуючі фактори ефективності полікультур, і як їх врахувати?
- 3 – Як спланувати експеримент аби виміряти параметри ефективності та вплив обмежуючих факторів?
- 4 – Визначте цілі та сформулюйте гіпотези на основі параметрів, які бажаєте вимірювати

Опишіть (5% курсової) цілі та гіпотези

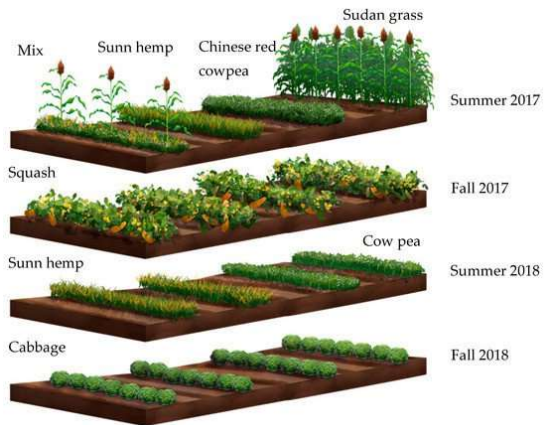
- 1 стор
- Описово чи тезисно подати короткий опис з мінімумом посилань (стиль бібліографії – APA, скористайтесь бібліографічною програмою **Zoltero**)
- Структура: передумова (background, що відомо, в чому проблема, як її адресували інші дослідники (де бракує знань?)) – цілі (на які питання ви хочете дати відповідь?) – гіпотези (якою, на вашу думку, є відповідь) – задачі (як ви отримаєте відповідь на поставлені запитання?) – важливість (яка користь від отриманих результатів?)
- Ваш хід думок: Проблема – Що варто змінити для її (часткового) вирішення – Як це може вплинути на систему, які очікувані результати – Які параметри буде виміряно, як вони зміняться (ваше припущення) – Як покращити систему з врахуванням отриманих результатів (ваше припущення).
- Визначення межі знань: зверніться до оглядовий статей або зробіть системний огляд вузької теми (напр спільне вирощування культур А та Б) у **Scopus** або **Google Scholar**. Скористайтесь сервісами **ResearchGate** або **SciHub** для отримання текстів статей та сервісом **etranslation** для їх перекладу
 - Приклад пошукового запиту у Scopus: TITLE-ABS-KEY(((dill OR "Anethum graveolens") AND (carrot OR "Daucus carota"))) AND (polycul* OR intercrop* OR polycrop* OR "mixed crop*" OR "row crop*" OR "strip crop" OR "double crop" OR "relay crop*") AND pollinat*)
 - За бажанням скористайтесь **ChatGPT** для пошуку синонімів

Покрокове виконання



Дизайн експерименту

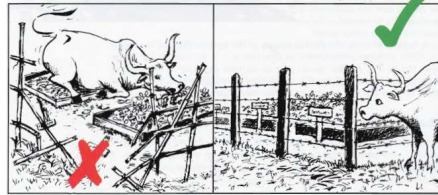
Загальні положення



- Реалістичність, прикладний аспект
- Простота та покрокова постановка задач (принцип лійки)
- Неупередженість (кодування варіантів, чесна (незалежна?) статистика)

Планування експерименту

- Які фактори впливу потрібно дослідити для досягнення цілей дослідження?
- Включіть позитивний та негативний контролю.
- Які дані потрібно зібрати та коли?
- Яка кількість повторень доцільна (мінімум 4)?
- Наскільки типовою та однорідною є експериментальна ділянка?
- Чи можливий доступ до ділянки для проведення та повторення експерименту. Наскільки захищеною є ділянка?
- Який має бути розмір ділянок (експериментальних одиниць)?
- Яким має бути дизайн експерименту та взаємне розташування експериментальних одиниць (блоки)?
- Рандомізуйте обробки в межах блоків.
- Як забезпечити рівномірність проведення обробок, умов догляду, умов проведення вимірів? Проведіть тренування команди.
- Масштаб проведення дослідження (лабораторне, тепличне, польове, громадське)
- Однорідність експериментального рослинного матеріалу
- Наявні фактори впливу в межах експериментальної ділянки (вологість, ґрунт, освітленість, хімікати, шкідники, бур'яни, історія використання) та характер їх розподілу, межові ефекти (між обробками та із зовнішнім середовищем).



In completely randomized designs, all activities must be finished on the same day (or less) and evenly carried out across all experimental plots, which requires training, efficiency and work team performance. (Lúcio & Sari 2017)

In complete blocks at random or in the Latin square, crop practices can be carried out in one block and/or row at a time and not necessarily in all blocks and/or rows at the same day. If feasible, each block should be preferably managed and assessed by the same person. It contributes to the homogeneity within blocks and/ or

rows. (Lúcio & Sari 2017)

Mechanized crop practices are generally more homogeneous than those carried out manually, provided that the equipment is properly calibrated and operators are well trained. The use of the same operator is an alternative to keep the procedure homogeneous, not forgetting fatigue as a possible source of variation.

(Lúcio & Sari 2017)

Avoid putting the experiment on areas with different soil types, rock outcrops, uneven slope or next to roads, trees and buildings, as these will unevenly affect plant growth.

(Cheng & Horne 1998)

If you know the site history, you can minimise these effects by the way you arrange your blocks or by leaving some empty plots in the design (Cheng & Horne 1998)

Експериментальний дизайн

Basic principles of experimental designs research methodology (wisdomjobs.com).
Design of experiments. (Wikipedia)
Lúcio AD & Sari BG (2017) Horticultura Brasileira 35: 316-327.

Принципи

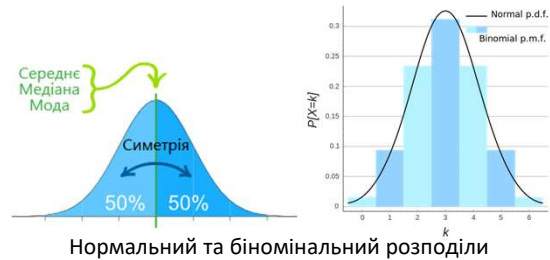
- Порівняння та місцевий контроль
- Повторення та статистична перевірка
- Рандомізація
- Створення блоків

Змінні

- Безперервні (напр. висота, врожайність – нормальний розподіл)
- Дискретні (напр. стать, так/ні) – можна виводити середні значення
- Категорійні (якісні. Напр. колір) – біноміальний чи мультиноміальний розподіл
- Див. відповідні методи аналізу та візуалізації для кожного з типів даних на сайті <https://www.statskingdom.com/>

Критерії наукового експерименту:

- Валідність
- Надійність
- Повторюваність



Відповідність статистичного методу типу змінної

Number of Dependent Variables	Nature of Independent Variables	Nature of Dependent Variable(s)*	Test(s)	Number of Dependent Variables	Nature of Independent Variables	Nature of Dependent Variable(s)*	Test(s)	
1	0 IVs (1 population)	Interval & normal	one-sample t-test	2 or more IVs (independent groups)	1 Interval IV	Interval & normal	factorial ANOVA	
		ordinal or interval	one-sample median			ordinal or interval	ordered logistic regression	
		categorical (2 categories)	binomial test			categorical (2 categories)	factorial logistic regression	
		categorical	Chi-square goodness-of-fit			Interval & normal	correlation	
	1 IV with 2 levels (independent groups)	Interval & normal	2 independent sample t-test		1 Interval IV	Interval & normal	simple linear regression	
		ordinal or interval	Wilcoxon-Mann Whitney test			ordinal or interval	non-parametric correlation	
		categorical	Chi-square test Fisher's exact test			categorical	simple logistic regression	
	1 IV with 2 or more levels (independent groups)	Interval & normal	one-way ANOVA		1 or more Interval IVs and/or 1 or more categorical IVs	Interval & normal	multiple regression analysis of covariance	
		ordinal or interval	Kruskal Wallis			categorical	multiple logistic regression discriminant analysis	
	1 IV with 2 levels (dependent/matched groups)	Interval & normal	paired t-test		2+	1 IV with 2 or more levels (independent groups)	Interval & normal	one-way MANOVA
		ordinal or interval	Wilcoxon signed ranks test				Interval & normal	multivariate multiple linear regression
	1 IV with 2 or more levels (dependent/matched groups)	categorical	Chi-square test		2 sets of 2+	0	Interval & normal	factor analysis
Interval & normal		one-way repeated measures ANOVA	Interval & normal	canonical correlation				
ordinal or interval		Friedman test						
categorical (2 categories)		repeated measures logistic regression						

Statskingdom – легкий аналіз та візуалізація даних

Statistics Kingdom

Home > Information > Statistical test finder

Statistical test

Find the right statistical tool including statistical tests, regressions and survival analysis. Click on the relevant green bubbles to find your statistical tool.

What are you checking?

- A significant change in a quantity
- The quality of a model
- Check relationship between variables
- Survival rate over time
- Predict outcome

Visualization

#	Chart	Image
1	Principal component analysis	
2	Cluster analysis	
3	Histogram maker	
4	Box plot maker	

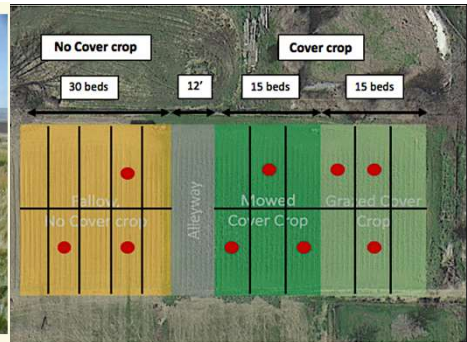
Test			Assumptions		
#	Test name	Check	Statistic		Ind
14	One Sample Proportion Test	Proportion	$z = \frac{(\hat{p} - p_0) \sqrt{n}}{\sqrt{p_0(1-p_0)}} \text{ or } X \sim B(n, p_0)$	Binomial	✓
15	Two Sample Proportion Test	Proportion	$Z = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2 + \text{Cont}}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2})}}$	Binomial	✓
16	Chi-Squared Test For Variance	σ	$\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma_0^2}$	✓	✓
17	F Test For Variances	σ	$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}$	✓	✓



Експериментальна Одиниця

Lúcio AD & Sari BG (2017)
Horticultura Brasileira 35: 316-327.

- Одиниця, в якій аналізується вплив досліджуваного фактору (ділянка поля, горщик, грядка, пробірка, рослина, листок тощо)
- Кількість = кількість обробок/взаємодій*кількість повторень
- Робоча зона – ділянка експериментальної одиниці, де проводяться виміри



There is a clear difference between these two approaches. When using the sample area, all individuals within the area are assessed and the value of the observed variable corresponds to the average of the values recorded individually. With the samplings, some individuals randomly and representatively taken are assessed, with the value of the observed variable also being obtained by the average of the individual records. (Lúcio & Sari 2017)

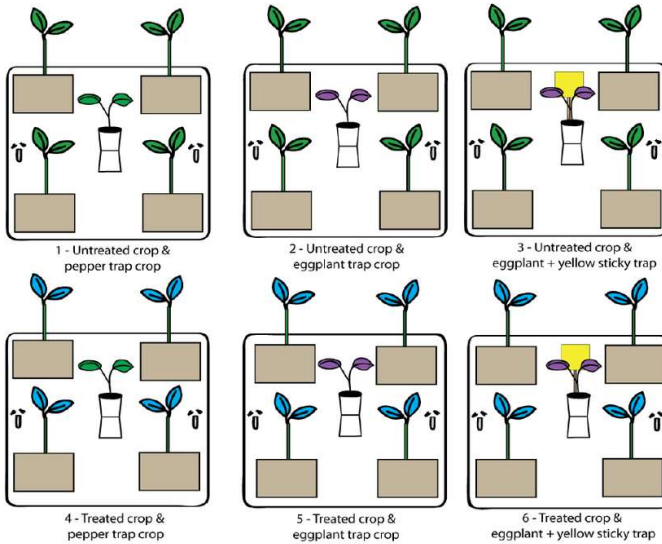
Therefore, in addition to the plot size, the sample size should also be very well defined and described in the experimental plan, to prevent problems in collecting and, later, in the statistical analysis of the data. (Lúcio &

Sari 2017)

It is advisable to always try to reconcile variants, since drops in the experimental precision are inevitable. (Lúcio & Sari 2017)

Експериментальні помилки та контроль

Basic principles of experimental designs research methodology (wisdomjobs.com).



Причини помилок:

- Природні (неоднорідний матеріал, умови, ефект межі)
- Дизайнерські (повторення, блокування, маніпуляції – акуратність тощо)
- Помилки вимірів та механічні
- Неправильна інтерпретація результатів

Контроль:

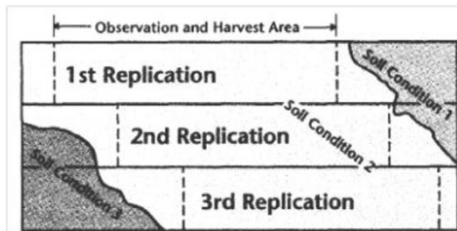
- До – після (на одній одиниці)
 - Після з паралельним контролем
 - До та після, з 2 паралельними контролями
- Який з цих контролів є більш репрезентативним на вашу думку, і чому?



Пшениця на високих грядках з висадженою в рівчках для поливу м'ятою.

Вибір ділянки

- Буферні ряди та/або алеї між експер. одиницями (та довкола ділянки), матеріали / виміри посеред експер. одиниці.
- Ширина техніки
- Групування блоків за обробками (напр. обприскування)
- Блок – впоперек впливу місцевих факторів



Vrešak T, Aendekerck R, Drexler D, et al (2016) Guidebook participatory on-farm research for organic farmers.
 Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin 1177: 1-7.

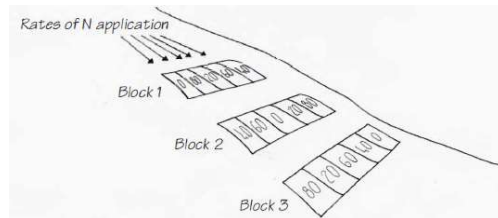
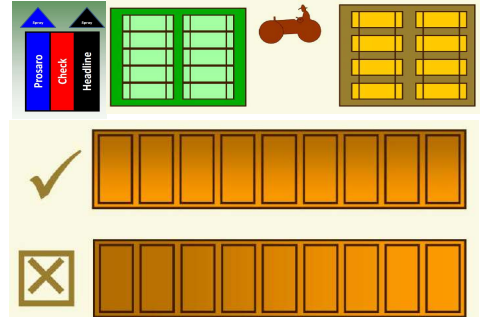
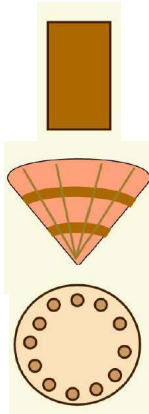


Figure 1: Randomised complete block design

Розмір та форма експериментальної одиниці

Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin 1177: 1-7.
 Lúcio AD & Sari BG (2017) Horticultura Brasileira 35: 316-327.
 Experimental Error. URI:
<https://slideplayer.com/slide/5769341/>.

- Достатній для спостереження досліджуваного біологічного ефекту
- Достатній для запобігання впливів від сусідніх ділянок
- Достатній для нівелювання місцевих ефектів (зараженість, швидкість поширення шкідників тощо)
- Чутливість вимірювальної техніки
- Специфічний для культури



Vegetable crop	Variable ¹	Plot size	References
Zucchini	FM	8 plants	Mello <i>et al.</i> (2004) Santos <i>et al.</i> (2014)
Lettuce	FM	5 plants	Lúcio <i>et al.</i> (2016a)
Potato	FM	6 plants	Storck <i>et al.</i> (2006)
Broccoli	HD	5 plants	Brun <i>et al.</i> (2016)
Bell pepper	FM	10 plants	Lorentz & Lúcio (2009)
Snap beans	TFW	4 plants	Santos <i>et al.</i> (2012b)
	PH	4 plants	
Tomato	NL	4 plants	Lúcio <i>et al.</i> (2012)
	DSB	4 plants	
	SDI	4 plants	Lúcio <i>et al.</i> (2010)
	NI	10 plants	
Cherry tomato	NFP	11 plants	Lúcio <i>et al.</i> (2016b)
	AFWe	5 plants	
	AFWi	5 plants	
	AFL	5 plants	
	FM	5 plants	
	NBP	6 plants	
	NFB	6 plants	
NFP	7 plants		
TFW	7 plants		

¹FM = fresh mass; HD = head diameter; TFW = total fruit weight per plant; PH = plant height; NL = number of leaves; DSB = diameter at the stem base; SDI = stem diameter at the first inflorescence; NI = number of inflorescences/fruits; NFP = number of fruits per plant; AFL = average fruit length; AFWi = average fruit width; AFWe = average fruit weight; NBP = number of bunches per plant; NFB = number of fruits per bunch.

Crop	Min.# of plants
Corn	30
Brassicas	30
Carrots	50
Radishes	50
Tomatoes/Peppers	10
Squash/Cucumbers	10
Beans (bush varieties)	30
Beans (pole varieties)	10
Lettuce (heading varieties)	10
Lettuce (leaf varieties)	25
Spinach	25
Peas	30

Recommended minimum number of plants per plot in a replicated variety trial to evaluate population

Also, the length of your plots may be adjusted so that all of your plots (all replications of all treatments) will fit into the area available for your test. (Davis et al.)

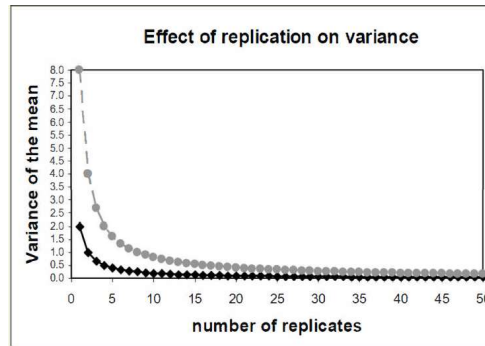
Shapes - Rectangular is most common - run the long dimension parallel to any gradient - Fan-shaped may be useful when studying densities - Shape may be determined by the machinery or irrigation (Experimental Error)

In general, experimental precision increases with relatively long and narrow plots, since this shape allows for more plots in homogeneous conditions in the

experimental area. (Lúcio & Sari 2017)

Повторення

- Мінімум 4, краще 6 (вузькі смуги, рандомізований повноблочний план)
- На тій самій ділянці, різних ділянках ферми, різних фермах, в різні роки
- Краще більше повторень ніж більша площі експериментальних одиниць



Повністю рандомізований план

- Повністю випадкове поєднання обробок та їх повторень на одній ділянці
- Для повністю однорідних ділянок (дуже рідко)
- Статистика - one-way ANOVA

Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin 1177: 1-7.
Basic principles of experimental designs research methodology (wisdomjobs.com).



Рандомізований повноблочний план

- В умовах неоднорідної ділянки – максимізувати однорідність умов в межах кожного блоку (1 блок - 1 повторення всіх обробок + 1 повторення всіх контролів)
- Допомагає знизити вплив градієнтів місцевих факторів (напр. схил) – не ефективний якщо дія місцевих факторів мозаїчна.
- Якщо градієнти неочевидні – створюйте квадратні блоки
- Форма окремих блоків визначається градієнтами (не обов'язково однакова)
- Розташування обробок в межах блоків рандомізовано - капелюх або обчислювальний інструмент рандомізації
- Статистика - two-way ANOVA

Vrešak T, Aendecker R, Drexler D, et al (2016) Guidebook participatory on-farm research for organic farmers.
Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin : 1-7.
Basic principles of experimental designs research methodology (wisdomjobs.com).

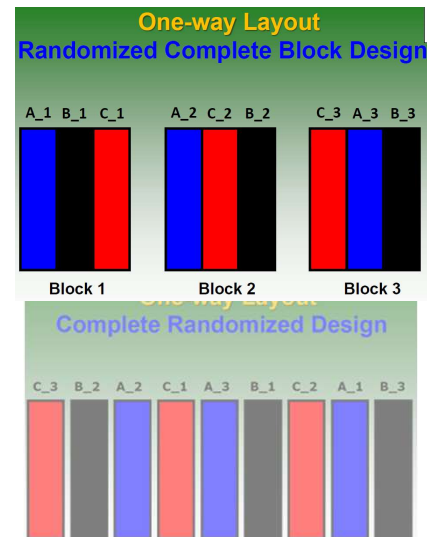


Схема латинського квадрата

- Кожен варіант представлений 1 раз в кожному рядку і кожній колонці
- Блокування у рядках і у стовпцях за 2-ма факторами – ефективніше нівелює вплив місцевих факторів (напр. різна родючість)
- Мінус – можливий взаємний вплив різних варіантів (обробок) (можна зменшити статистичними методами)
- Статистика - two-way ANOVA

FERTILITY LEVEL

I II III IV V

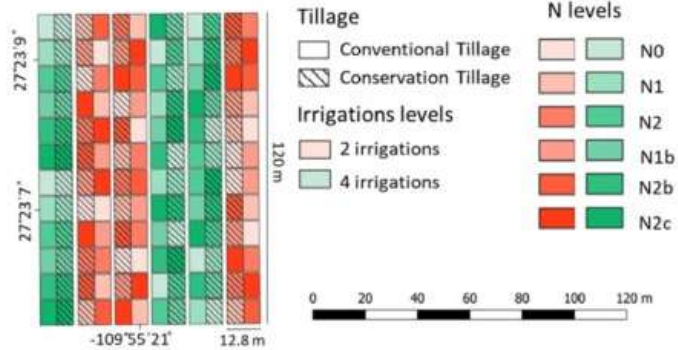
X ₁	A	B	C	D	E
X ₂	B	C	D	E	A
X ₃	C	D	E	A	B
X ₄	D	E	A	B	C
X ₅	E	A	B	C	D

Seeds differences

	A	B	C	D	E	F	G
1		a	b	c	d	e	f
2	a	aa	ab	ac	ad	ae	af
3	b	ba	bb	bc	bd	be	bf
4	c	ca	cb	cc	cd	ce	cf
5	d	da	db	dc	dd	de	df
6	e	ea	eb	ec	ed	ee	ef
7	f	fa	fb	fc	fd	fe	ff
8							
9		ae	de	be	bc	ac	bb
10		da	cc	ba	ef	fd	cd
11		ab	ce	ee	fc	aa	bd
12		cb	dc	cf	ec	fe	ea
13		ed	ca	dd	df	bf	ff
14		eb	ad	fb	db	af	fa

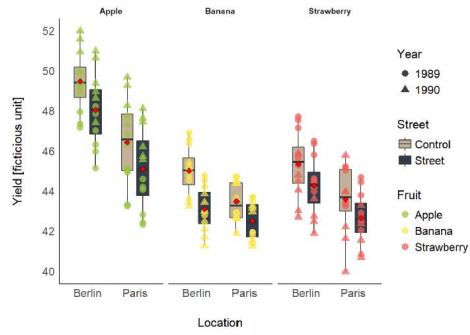
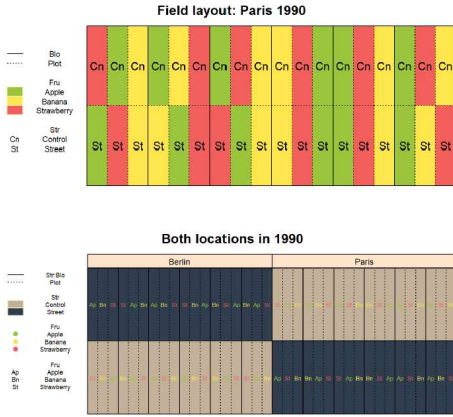
План з розщепленими ділянками

- Взаємодія різних факторів та їх різної інтенсивності
- Якщо ряд факторів важко рандомізувати (напр. полив, посадка, оранка)
- Решта факторів рандомізуються
- Більше місця, менша точність

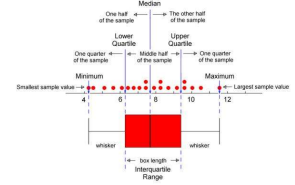


Vrešak T, Aendecker R, Drexler D, et al (2016) Guidebook participatory on-farm research for organic farmers. Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin 1177: 1-7.
Lúcio AD & Sari BG (2017) Horticultura Brasileira 35: 316-327.

Представлення даних біологічних повторень



Коробковий графік



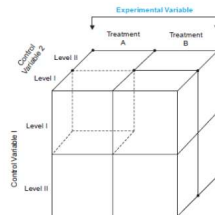
Багатофакторний експеримент

- Одночасна перевірка дії двох чи більше факторів
- Можна відразу перевірити дію окремих факторів та ефект їх взаємодії (особливо для взаємопов'язаних факторів, напр. поєднання культур та вплив сорту)
- Всі варіанти дії одного фактору поєднуються з усіма варіантами дії іншого.
- Складний та трудомісткий – використовується коли фактори взаємозалежні, зазвичай 2-факторний

A pictorial presentation is given of the design shown below

2 × 2 × 2 COMPLEX FACTORIAL DESIGN

Control Variable 1	Experimental Variable			
	Treatment A		Treatment B	
	Control Variable 2 Level I	Control Variable 2 Level II	Control Variable 2 Level I	Control Variable 2 Level II
Level I	Cell 1	Cell 3	Cell 5	Cell 7
Level II	Cell 2	Cell 4	Cell 6	Cell 8



Basic principles of experimental designs research methodology (wisdomjobs.com).

Two-way Factorial

- **Two factors (treatments)**
 - ❖ **Variety (three levels)**
 - Green, Red and Blue
 - ❖ **Fungicide (three levels)**
 - Check, horizontal, and vertical
- ❖ **NINE treatment combinations**

ONE BLOCK OF AN EXPERIMENT

Two factors (treatments)
 - Variety (three levels): Green, Red and Blue
 - Fungicide (three levels): Check, horizontal, and vertical
 NINE treatment combinations

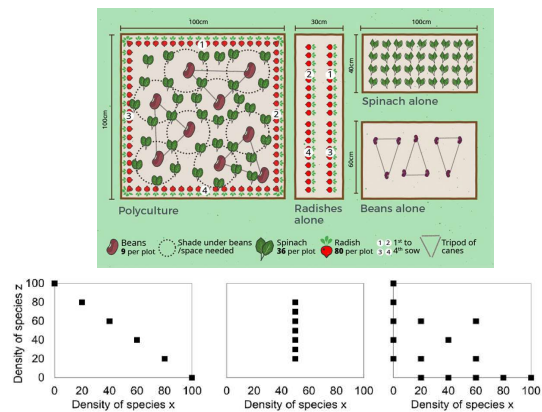
4 × 3 SIMPLE FACTORIAL DESIGN

Control Variable	Experimental Variable			
	Treatment A	Treatment B	Treatment C	Treatment D
Level I	Cell 1	Cell 4	Cell 7	Cell 10
Level II	Cell 2	Cell 5	Cell 8	Cell 11
Level III	Cell 3	Cell 6	Cell 9	Cell 12

Дизайн полікультурних експериментів

Bybee-Finley K & Ryan M (2018) Agriculture. 8: 80.

- Вибір видів (трансресивна надврожайність чи функційна розмаїтість; кількість видів)
- Густота посадки
 - Однакова (число рослин на одиницю площі) для усіх видів полікультури
 - % від оптимальної густоти посадки кожного виду (можна компенсувати конкуренцію)
 - Поєднання функційних еквівалентів видів (напр. швидкість нарощування біомаси, поглинання поживних речовин)
- Порівняння з монокультурами
- Рівномірність розподілу видів (частка у загальній біомасі – від 0 до 1) та швидкість росту видів (в динаміці?)
- Стабільність (окремих компонентів у різних умовах довкілля)
- Комплементарність
 - Дизайн заміщення
 - Дизайн додавання
 - Дизайн поверхні відгуку



Examples of different experimental designs for intercropping research: (a) replacement; (b) additive; and (c) response surface designs of a biculture intercrop.

Якщо густота посадки видів А та В в монокультурах = 2
 Дизайн додавання: $2A + 2B = 1A1B$ (по 50% кожного)
 Дизайн заміщення: $2A + 2B = 2A2B$ (по 100% кожного)

Intercropping often affects the management complexity. For example, the herbicide options available to a farmer with a grass-legume intercrop are limited and require knowledge of alternatives. (Bybee-Finley & Ryan 2018). Theoretically, an optimum point exists when ecosystem services are maximized and management complexity is minimized (Bybee-Finley & Ryan 2018) A main criticism of additive designs is that the observed benefits of the intercrop (e.g., greater biomass than the monocultures) are confounded with the greater plant density in the intercrop compared to the monocultures (Bybee-Finley & Ryan 2018) Response surface designs are more powerful than

replacement or additive designs because the effects of both intra- and interspecific competition can be measured (Bybee-Finley & Ryan 2018)

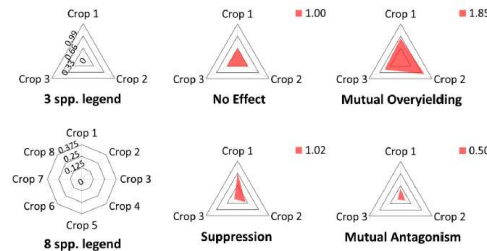
Коефіцієнт ефективності землекористування (КЗ)

Bybee-Finley K & Ryan M (2018) Agriculture. 8: 80.

- КЗ - Площа земельної ділянки, потрібна для отримання аналогічного врожаю в монокультурах (>1 – надврожайна полікультура)
- **Частковий КЗ** – вимір конкуренції в полікультурі
- Відносна конкурентна здатність (виду x щодо виду y) – кількість особин виду x, що можуть бути заміщені особинами виду y без втрати маси індивідуумами виду y в полікультурі.

$$LER = \frac{IC_a}{M_a} + \frac{IC_b}{M_b} + \dots + \frac{IC_n}{M_n}$$

LER – коефіцієнт ефективності землекористування
 IC – біомаса виду в полікультурі
 M – біомаса виду в монокультурі
 a, b, ... , n – види полікультури.



Radar plot framework for evaluating species interactions for a three-species intercrop (triangle) and for an eight-species intercrop (octagon). The numbers in the top right corner denote the LER of each example. No effect occurs when all species in the intercrop have partial land equivalent ratios (LERs) that are 0.33 for a three-species intercrop or 0.125 for an eight-species intercrop. Mutual overyielding occurs when all species in a three-species intercrop have partial LERs that greater than 0.33 for a three-species intercrop or 0.125 for an eight-species intercrop. Mutual antagonism occurs when all species in a three-species intercrop have partial LERs that are less than 0.33 or 0.125 for an eight-species intercrop. Suppression is a result of asymmetric competition and occurs when a species performs better in an intercrop by suppressing the growth of other species in the intercrop.

In addition to relay intercropping and managing to promote temporal niche differentiation, asymmetric competition in intercrops can be minimized by (1) selecting crop species with similar growth rates; (2) seeding crop species at appropriate densities; and (3) managing crop growth to reduce competitiveness of the dominant species. For example, farmers can tailor the seeding rates of each species to account for differences in competitive ability, to adjust ratios based on soil nutrient conditions or timing, and to mow intercrops to reduce the dominance of aggressive species. (Bybee-Finley & Ryan 2018)

In some situations, asymmetric competition might be

tolerable if adding the poor competitor species to the mixture provides some benefit other than biomass (e.g., pollination or disease resistance), provided it is present enough for those benefits to occur. (Bybee-Finley & Ryan 2018)

Спостереження

- Фото (до-після, аерофотозйомка?) + непрогнозовані зміни та ключові моменти.
- Відносна шкала (напр. від 1 до 9)
- Разові вимірювання чи в динаміці (зокрема зі шкідниками)?
- Фактори, що можуть впливати на вимірювану величину (напр. опади на враженість хворобами)

Bybee-Finley K & Ryan M (2018) Agriculture. 8: 80.

Vrešak T, Aendeckerk R, Drexler D, et al (2016) Guidebook participatory on-farm research for organic farmers.

Davis RF, Harris GH, Roberts PM, et al UGA extension bulletin 1177: 1-7.

Topic	Criteria	Units	Frequency
Environment	Locations	GPS coordinates, name of site of experiment, town state/province	
	Years	Years	Annually
	Heat units	Temperature in degrees Celsius, growing days with base unit specified	Monthly or daily
	Precipitation	Mm	Monthly or daily
Soil	Type	Name and taxonomic class	
	Organic matter content	Percentage of distribution of regional soils with similar texture	Before experiment starts
	pH	1-14 scale	Before experiment starts
	Nutrient status	Field-level, report N-P-K in ppm	Before experiment starts
Hypothesis testing	Purpose(s) of intercrop	e.g., for forage and water quality	
	Experimental design	e.g., additive, replacement, response surface	
	Seeding rate approach	Constant density, recommended seeding rates, or functional equivalent	
Intercrop treatments	Species	Scientific name	
	Cultivars	Name	
	Seeding rate(s)	kg ha-1	
	Duration of planting	Days	
Management	Seeding date	Day-month-year	
	Seeding depth	cm, specify if varied by species	Every planting
	Fertilizer application	Type, equipment used, concentration and rate of practice	Every application
	Water management	Rainfed or irrigated, specify details in mm	Daily
	Pest control	Type, equipment used, product and rate	
	Tillage practices	Type, equipment used, depth in cm	Every tillage event
	Termination practices	Type, equipment used, product and rate	
Results	Sampling date(s)	Day-month-year	
	Biomass	Total and by species, kg ha-1	Every sampling
	Crop growth rate	kg ha-1 day-1	Every sampling
	Pest pressure	Abundance, species	
Meta-data	Data repository	Description of where data are stored	
	Data license	Description of how you want to be acknowledged for your data	
	Persistent identifier	Unique code for identification (e.g., digital object identifier (DOI))	

Написання курсової роботи

Не включено до цього річного курсу – інформація подається для загального ознайомлення

Сформулюйте спершу гіпотезу

Вона визначатиме методологію дослідження
Аналізуйте мінімум 3 змінні



Example : impact on survival rates

Заголовок

- Стислий
- Інформативний – про що ваше дослідження, який результат?
- Креативний

Вступ

Структуроване ознайомлення з вашим дослідженням



Аспект, що досліджується

Цілі та гіпотеза

Сформулюйте загальну проблему, яка вирішується за допомогою полікультур та пов'язана з характером вашого дослідження.

Чому це важливо для досягнення сталості в сільському господарстві?

Факти мають підкріплюватися посиланнями.

*Поради: звертайтеся до публікацій, пишіть сфокусовано
Чіткий зв'язок зі сталим сільським господарством
Користуйтеся формальною мовою*

Оцінюватиметься

- Чіткість та послідовність висловлення ідей
- Чітке та сфокусоване ознайомлення з великою проблемою, пов'язаною з досягненням сталості у с/г
- Пояснено цілі експерименту
- Мета та гіпотези чітко сформульовані та зрозумілі

Матеріали та методи
Опишіть як, де та коли проводилися
вимірювання

- Дизайн та схема експерименту
- Догляд (умови росту)
- Використовуйте підзаголовки
 - 1 вимір (змінна) – де, коли, як?
 - 2 вимір (змінна) – де, коли, як?

*Поради: будьте максимально точними
Можете використовувати діаграми та
ілюстрації*

Узагальніть в 1 абзаці, без зайвої деталізації

Soil Respiration

Soil respiration was measured with The Solvita Field Test which is USDA and NRCS approved. Sieved soil from each sample was placed into individual incubation jars up to the fill line. A CO₂ probe was inserted into the jar without touching and the jar incubated out of sunlight for exactly 24 hours. After 24 hours, match the color of the paddle with the Color Key provided in the testing kit and record the results.

Оцінюватиметься:

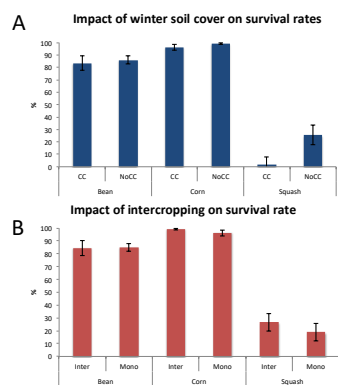
- Методологія повністю описана (для всіх змінних, що досліджувалися)
- Чітко пояснено дизайн експерименту, він є доречним
- Наведено інформацію про догляд (умови росту)
- Пояснено процес збору та аналізу даних

Результати

- Навести зібрані дані та чітко зазначити результати взаємодій
- Для представлення великих масивів даних використовуйте таблиці або графіки, на які ви посилатиметесь у тексті
- Не дублюйте дані (графік АБО таблиця)
- Використовуйте підрозділи щоб структурувати представлення результатів
- Можете зазначати ваші спостереження
- Міркування описуються в розділі Обговорення

*Поради: будьте стислими, продумайте спершу план
Описуючи результати занотуйте ваші міркування
для розділу Обговорення*

• Ілюстрації та таблиці



Поради:

- 1 ілюстрація, 1 параграф, 1 ідея / змінна
- Використовуйте заголовки до таблиць та ілюстрацій
- Вкажіть назви осей
- Підписи до ілюстрацій / таблиць
- Суть зрозуміло з підпису
- Ілюстрація може поєднувати кілька діаграм
- Дотримуйтесь єдиного формату в усіх ілюстраціях / таблицях
- Чітко визначте результати
- Посилання на графіки / таблиці в тексті Результатів
- Не забувайте про динаміку змін!

Figure 1: Impact of cover crop and intercropping on transplant survival rates. (A) [...] (B) [...]. Average and standard deviations are shown. * indicates significant differences a $p=0.05$. CC= cover crop [...]

Depth (in.)	Treatment	Draft (lbs)		Fuel (gal/hr)	
		Mean*	S.D.	Mean*	S.D.
9	1	2,461 ^b	80	4.5 ^b	0.10
9	2	2,176 ^b	75	4.3 ^b	0.14
14	3	5,129 ^a	357	5.4 ^a	0.13
14	4	5,039 ^a	172	5.2 ^a	0.15

Note: *Means with similar letters in columns have no statistical differences ($\alpha = 0.05$).

Results

Tree nutrition, yields, and productivity

Trees following WOR significantly out-yielded those in the burn treatment nine years after establishment (+19%, 400 kg ha⁻¹; Fig 1A), which led to increased irrigation water use efficiency (IWUE) compared to the burn treatment (1.25 kg m⁻³ vs 1.04 kg m⁻³; Fig 1C). Higher kernel yields have been consistently observed in the grind treatment since 2014 (S1A Fig). Furthermore, the accumulated yields indicated a 15% kernel yield increase in the grind treatment compared to the burn (S1B Fig). Trees grown under WOR accumulated slightly higher leaf N content compared to the burning practice regardless of the irrigation treatments; yet, accumulation of other minerals was not significantly affected by the treatments (S1 Table).

Оцінюватиметься:

- Ефект взаємодій чітко відображений
- Представлено мінімум 3 незалежні змінні
- Чітко зазначені підзаголовки

Ілюстрації та таблиці:

- Вказано заголовки, позначення та одиниці виміру, вони читабельні
- Суть зрозуміло з підпису
- Результати відображено в тексті
- Кожна ілюстрація / таблиця відображає окремий набір даних, немає дублювання
- Чітка подача інформації на ілюстраціях / таблицях

Обговорення

- Обміркуйте ваші результати (нові результати тут не наводяться)
 - ✓ Чому результати є саме такими на вашу думку? Які процеси їх обумовили?
 - ✓ Прокоментуйте та пов'яжіть між собою результати різних вимірів
 - ✓ Визначте потенційні проблеми та перепони
 - ✓ Надайте рекомендації. Чому саме такі?
 - ✓ Використовуйте спостереження при обговоренні результатів
- Висновки:
- Чому це важливо (пов'яжіть зі вступом)
 - Які подальші дослідження?



Порада: посилайтесь на інші публікації у обговоренні

На що варто звернути увагу у обговоренні:

- **Як / в якій мірі** змінилися параметри та чому?
- Чому, на вашу думку, ви спостерігаєте чи не спостерігаєте ефект?
- Обміркуйте **взаємозв'язок між різними вимірами:** про яку взаємодію загалом свідчать всі зміни?
- Чи варто було б виміряти ще якісь параметри?
- Взаємозв'язок зі сталістю.

Оцінюватиметься:

- Чіткий взаємозв'язок кожної змінної із взаємодією, що досліджується
- Обмірковано на рівні дослідника, чому взаємодія впливає / не впливає на параметри
- Підкреслено потенційні взаємозв'язки між різними змінними
- Зауважено можливі причини помилок та як їх уникнути в майбутніх дослідженнях
- Запропоновано подальші експерименти або напрям дослідження
- Обговорення з цитуванням науково-професійної літератури
- Надано рекомендації щодо створення / покращення створення полікультур

Онлайн бібліотеки

[Scopus](#), [Google Scholar](#), [бібліотека Вернадського](#)

The screenshot shows a Scopus search results page. On the left, there is a 'Refine results' sidebar with filters for 'Open Access' (All Open Access: 568, Gold: 280, Hybrid Gold: 57, Bronze: 148, Green: 304) and 'Year' (2022: 9, 2021: 164, 2020: 173, 2019: 152, 2018: 135). The main area displays a list of documents. Document 1 is 'Bio-crude oil production and valorization of hydrothermal liquefaction anode material from brackish dairy wastewater'. A dropdown menu is open over the first document, showing search options: 'All fields', 'Article title, Abstract, Keywords', 'Authors', 'First author', 'Source title', 'Article title', 'Abstract', 'Keywords', 'Affiliation', 'Affiliation name', 'Affiliation city', 'Affiliation country', 'Funding information', and 'Funding sponsor'. Below the document list, there is a 'Document type' filter with options: Article (1,785), Review (95), Conference Paper (94), Book Chapter (64), and Conference Review (7).

На додачу до запропонованих підтем ви можете обирати власну підтему та додаткові чи альтернативні статті для підготовки доповідей. На цьому слайді я навів деякі інструменти для пошуку статей. Їх загальна структура подібна: ви можете шукати ключові слова у різних частинах статей (я рекомендую шукати в назві, анотації та ключових словах). Далі ви можете обмежувати пошук за роком публікації (я раджу в першу чергу перевіряти публікації за останні роки) та за типом публікації. В деяких системах, зокрема Scopus, є можливість одразу завантажити тексти усіх відмічених вами статей. Google Scholar знаходить найбільшу кількість публікацій за ключовими словами.

Пошуковий запит

Оператори пошуку	Пояснення	Приклади	Результати пошуку
* Зірочка	Різні варіанти закінчення слова	Farm*	'Farm', 'farms', 'farming', 'farmed'
"" Дужки	Пошук точної відповідності	"growing food"	Лише результати, де є словосполучення "growing food", не включаються результати лише за одним зі слів "growing" або "food"
AND	Поєднання пошукових термінів	Grow AND food AND back AND garden	Наявність усіх пошукових термінів водночас
OR	Пошук різних варіантів	"back garden" OR allotment	Результати що містять принаймні один з пошукових термінів
NOT ('-' для пошуку в Гугл)	Виключення пошукових термінів	"Back garden" NOT allotment "Back garden" -allotment	Результати зі словосполученням «back garden», в яких не зустрічається термін «allotment».

Тексти статей

[Research Gate](#)

Q Search ResearchGate

Researchers Projects **Publications** Questions Jobs Institutions

All types ▾

Combining participatory mapping with Q-methodology to map stakeholder perceptions of complex environmental problems
Article Jan 2015
John Forrester · Brian Cook · Louise J. Bracken [...] · Andrew Donaldson
396 Reads · 69 Citations
[Request full-text](#) Recommend Follow Share

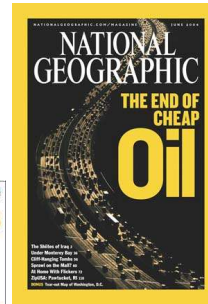
"Q Methodology" for Mapping Stakeholder Perceptions in Participatory Forest Management
Article [Full-text available](#) Jan 2005
Purnamita Dasgupta · Bhaskar Vir
265 Reads · 20 Citations
[Download](#) Recommend Follow Share

[Sci-Hub](#)



Якщо повнотекстові версії статей не доступні у вільному доступі, ви можете їх шукати у соціальній мережі для дослідників ResearchGate або на сайті Sci-Hub.

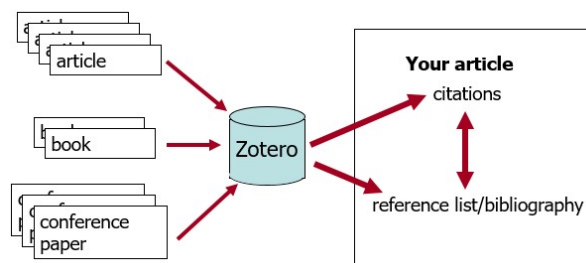
Якщо ви не володієте англійською, я можу допомогти з автоматичним перекладом текстів статей.



*Блоги, сайти, проф. література – знайдіть вихідні джерела
Можна цитувати проф. літературу, але на додачу потрібно мати
мінімум 5 рецензованих публікацій*

Список використаних джерел

- Довільний академічний формат цитувань
- Зручно користуватися програмами впорядкування бібліографій (напр. Zotero)



Запитання до попереднього матеріалу

- Які процеси взаємодій (групи) відбуваються в полікультурах?
- Як можна поєднати культури в просторі і часі, яке поєднання буде оптимальним в залежності від типу культур?
- На які функційні риси полікультур варто звернути увагу для покращення контролю а) шкідників, б) бур'янів?
- Якою є роль свійських тварин в полікультурних системах?