

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ АГРОЕКОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ВНЕСЕНИХ ДОЗ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

О.В. Швайка¹, Б.В. Борисюк¹, Л.І. Ворона²

¹ Житомирський національний агроекологічний університет,

² Інститут сільського господарства Полісся УААН

Розглянуто питання взаємозв'язків між показниками, що характеризують азотну складову ґрунту, та рівень факторного навантаження на неї з урахуванням екологічної парадигми. Проаналізовано функціональні зв'язки між агроекологічними показниками ґрунту за внесення різних доз мінеральних добрив. Встановлено показники-індикатори, які спричиняють «вузлове з'єднання» компонентів азотного фонду дерново-підзолистого ґрунту.

Ключові слова: ґрунт дерново-підзолистий, дози добрив, еколого-функціональні зв'язки, кореляційні плеяди

Постановка проблеми. Ріст, розвиток та продуктивність рослин обумовлені як генетичними так і екологічними факторами – кліматичними, ґрунтовими та біотичними. В агроценозі до них додаються чинники антропогенного характеру – основні агротехнічні прийоми [1]. У сукупності вони утворюють складну біологічну систему, для характеристики якої доцільно виділити групу чинників, важливих для її функціонування [2]. До методів такої оцінки можна віднести дослідження кореляційних зв'язків між системоутворювальними компонентами [3, 4].

В агроценозі одним з основних системоутворювачів є азот. На сьогодні питання взаємозв'язків між показниками, що характеризують азотну складову ґрунту та рівень факторного навантаження на неї досліджені однобічно, без урахування екологічної парадигми. Необхідно прийняти до уваги, що азот є не тільки фактором продуктивності, але й частиною багатогранної біологічної системи, ефективність функціонування якої залежить від урівноваженості екологічних зв'язків між її компонентами. Порушення рівноваги веде до їх розриву та втрати системою стійкості.

Тому, вважаємо актуальним дослідження особливостей формування зв'язків між агроекологічними показниками дерново-підзолистого ґрунту, що характеризують його азотний блок, в градієнті зростання доз мінеральних добрив.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження біотичних та абіотичних компонентів біологічної системи з багатьма ознаками є складним завданням. Для оцінки таких об'єктів пропонуються різноманітні підходи та методи. Ефективним є метод кореляційних плеяд [3], який дозволяє дослідити зв'язки набору показників та встановити найбільш важливі з них (індикатори). Виникнення кореляційних плеяд нерозривно пов'язано з підвищенням відносної

ролі внутрішніх факторів розвитку на фоні зовнішніх [4]. Внутрішні фактори стабілізують дію мінливих зовнішніх впливів на систему, надаючи перебігу процесів специфічності.

Трансформація системи зв'язків за впливу зовнішніх факторів має закономірний та комплексний характер. Вони проявляються як у підвищенні (пониженні) загальної інтегрованості (сили зв'язків), так і в змінах структури зв'язків (перегрупуванні кореляційних плеяд). Провідну роль в перетвореннях взаємозв'язків відіграє варіювання відповідних факторів. Рівень пластичності системи взаємозв'язків є додатковим буферним механізмом, що забезпечує існування системи в градієнті мінливих екологічних умов [4].

Матеріал і методика досліджень. Дослідження проводили в 2006-2008 рр. у довготривалому стаціонарному досліді відділу рослинництва Інституту сільського господарства Полісся УААН.

Варіанти досліду включали чотири строки сівби пшениці озимої сорту Подолянка: I строк – 10 вересня, II строк – 20 вересня, III строк – 30 вересня, IV строк – 10 жовтня та три фони удобрення: $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{90}K_{90}$, $N_{120}P_{120}K_{120}$. Попередник – люпин. Агротехніка вирощування пшениці озимої загальноприйнята для зони Полісся.

Ґрунт дослідної ділянки дерново-середньопідзолистий супіщаний, в орному шарі якого міститься: гумусу – 1,2 %, рухомого фосфору – 11,2, обмінного калію – 10,1 мг/100 г ґрунту, $pH_{\text{сол}} = 5,0$.

Проби ґрунту відбирали з шару 0-20 см у такі фази росту та розвитку пшениці озимої: кушення, весняне відростання та вихід у трубку. У відібраних пробах визначали: вміст гумусу – за Тюриним, лужногідролізованого азоту – за Корнфілдом, загального азоту – колориметрично з реактивом Несслера, нітратного азоту – за допомогою іонселективних електродів, азоту обмінного амонію – колориметрично, рухомих сполук фосфору та калію – за Кірсановим.

Мікробіологічні аналізи з визначення фізіологічно цінних груп мікроорганізмів проводили за загальноприйнятими методиками. Амоніфікувальні бактерії урахували на м'ясопептонному агарі (МПА), актиноміцети та бактерії, що використовують мінеральний азот – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), азотобактер – на безазотному середовищі Ешбі за методом обростання грудочок ґрунту.

Математичну обробку результатів проводили за допомогою програми Microsoft Office Excel 2003. Для аналізу даних використовували метод кореляційних плеяд Терентьєва [3], який дозволяє графічно оцінити структуру зв'язків між показниками.

Результати досліджень та їх обговорення. Активність та спрямованість трансформаційних процесів, з якими пов'язано перетворення азотних сполук в агроценозі пшениці озимої, залежить від специфіки еколого-функціональних зв'язків між компонентами азотного фонду ґрунту. З метою встановлення характеру цих зв'язків було проаналізовано динамічні зміни 13 агроекологічних показників, 10 з яких характеризують азотний фонд дерново-підзолистого ґрунту, 3 – допоміжні фактори.

На основі здобутих даних було розраховано коефіцієнти кореляцій, складено відповідні матриці та побудовано кореляційні плеяди за рівня достовірності $p < 0,05$ (табл. 1).

1. Кореляційна матриця взаємозалежності агроекологічних показників ґрунту в агроценозі пшениці озимої за різних доз добрив

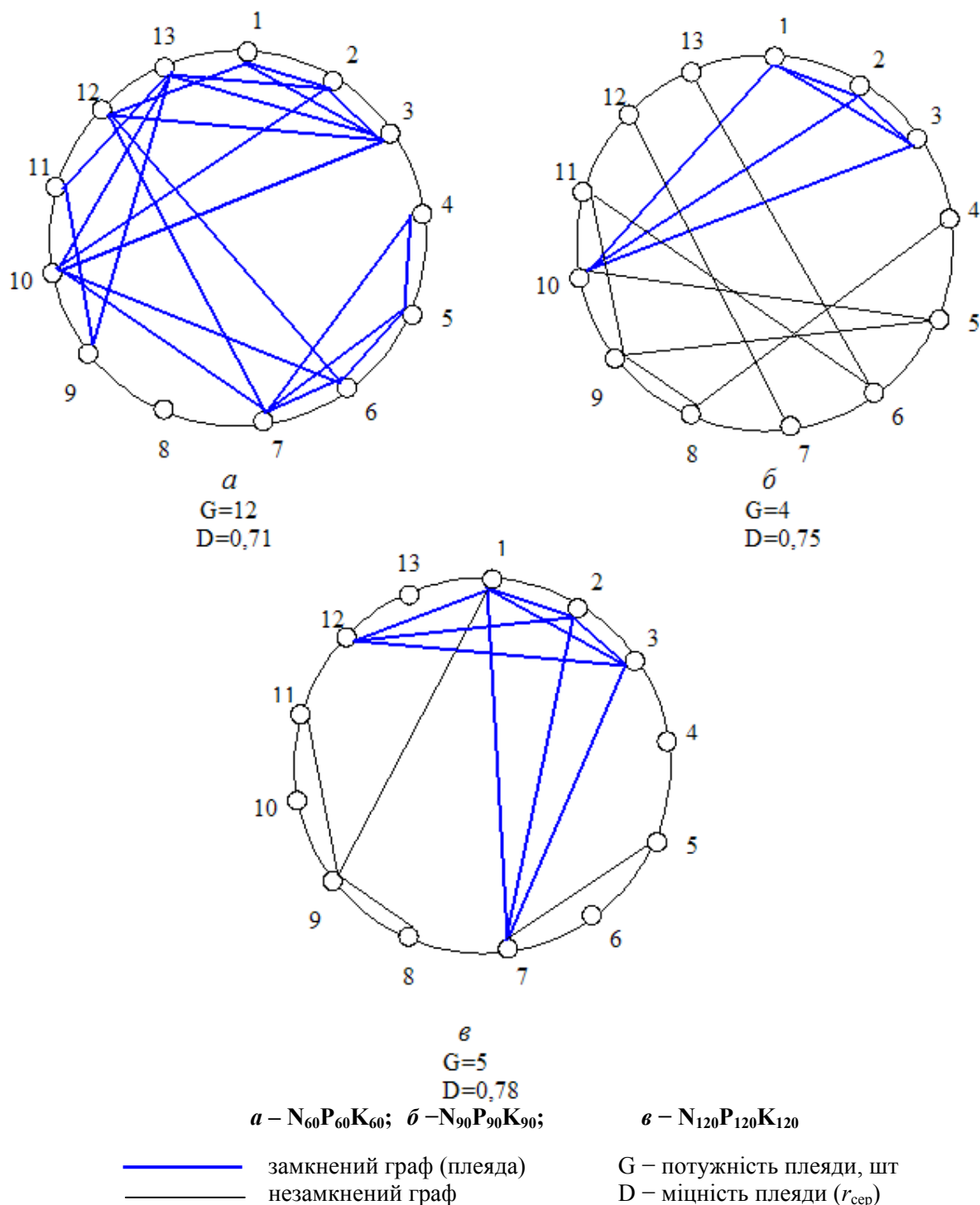
| Показники | NO ₃ | NH ₄ | Nмін | Гумус | Nзаг | Nлг | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Вологість ґрунту | Azotobacter | Активні-цети | Амоніфікатори | Імобілізатори |
|--|-----------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------------------------|------------------|------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| 2. | 0,82 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| 3. | 0,97 | 0,94 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| 4. | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 1,00 | | | | | | | | | |
| 5. | -0,23 | -0,32 | -0,28 | 0,68 | 1,00 | | | | | | | | |
| 6. | -0,19 | -0,49 | -0,34 | 0,55 | 0,69 | 1,00 | | | | | | | |
| 7. | -0,31 | -0,48 | -0,40 | 0,69 | 0,74 | 0,89 | 1,00 | | | | | | |
| 8. | 0,53 | 0,44 | 0,51 | 0,29 | 0,37 | 0,26 | 0,13 | 1,00 | | | | | |
| 9. | 0,00 | 0,33 | 0,15 | 0,37 | 0,03 | -0,29 | 0,04 | -0,08 | 1,00 | | | | |
| 10. | -0,52 | -0,66 | -0,61 | 0,20 | 0,38 | 0,74 | 0,80 | -0,04 | -0,19 | 1,00 | | | |
| 11. | 0,09 | -0,24 | -0,06 | -0,30 | -0,01 | 0,31 | -0,07 | 0,28 | -0,80 | 0,10 | 1,00 | | |
| 12. | -0,59 | -0,55 | -0,60 | 0,38 | 0,55 | 0,63 | 0,63 | -0,19 | 0,16 | 0,50 | -0,10 | 1,00 | |
| 13. | 0,47 | 0,70 | 0,60 | 0,15 | 0,01 | -0,55 | -0,40 | 0,30 | 0,63 | -0,67 | -0,59 | -0,34 | 1,00 |
| N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| 2. | 0,72 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| 3. | 0,95 | 0,90 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| 4. | 0,20 | 0,10 | 0,17 | 1,00 | | | | | | | | | |
| 5. | -0,34 | -0,23 | -0,32 | 0,36 | 1,00 | | | | | | | | |
| 6. | -0,53 | -0,50 | -0,56 | 0,07 | -0,06 | 1,00 | | | | | | | |
| 7. | -0,23 | -0,37 | -0,31 | 0,50 | 0,36 | 0,52 | 1,00 | | | | | | |
| 8. | 0,20 | -0,01 | 0,12 | 0,82 | 0,41 | -0,22 | 0,35 | 1,00 | | | | | |
| 9. | -0,17 | 0,02 | -0,10 | 0,30 | 0,63 | -0,47 | -0,08 | 0,59 | 1,00 | | | | |
| 10. | 0,58 | 0,60 | 0,64 | 0,23 | -0,63 | -0,10 | -0,06 | 0,07 | -0,41 | 1,00 | | | |
| 11. | 0,12 | -0,04 | 0,06 | -0,38 | -0,52 | 0,58 | -0,02 | -0,56 | -0,76 | 0,12 | 1,00 | | |
| 12. | 0,08 | -0,45 | -0,15 | 0,21 | 0,04 | 0,26 | 0,62 | 0,39 | -0,25 | 0,01 | 0,18 | 1,00 | |
| 13. | 0,47 | 0,37 | 0,46 | -0,02 | 0,14 | -0,79 | -0,30 | 0,33 | 0,49 | 0,03 | -0,48 | -0,03 | 1,00 |
| N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀ | | | | | | | | | | | | | |
| 1. | 1,00 | | | | | | | | | | | | |
| 2. | 0,79 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| 3. | 0,94 | 0,95 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| 4. | -0,38 | -0,11 | -0,26 | 1,00 | | | | | | | | | |
| 5. | -0,18 | -0,27 | -0,24 | -0,31 | 1,00 | | | | | | | | |
| 6. | -0,22 | -0,52 | -0,39 | -0,01 | 0,11 | 1,00 | | | | | | | |
| 7. | -0,61 | -0,69 | -0,69 | 0,01 | 0,62 | 0,48 | 1,00 | | | | | | |
| 8. | -0,23 | 0,08 | -0,08 | 0,09 | 0,30 | -0,48 | 0,26 | 1,00 | | | | | |
| 9. | -0,70 | -0,33 | -0,54 | 0,26 | 0,31 | -0,12 | 0,30 | 0,62 | 1,00 | | | | |
| 10. | -0,45 | -0,24 | -0,37 | 0,22 | 0,27 | 0,33 | 0,41 | -0,05 | 0,22 | 1,00 | | | |
| 11. | 0,57 | 0,22 | 0,42 | -0,16 | -0,12 | 0,18 | -0,08 | -0,25 | -0,73 | -0,43 | 1,00 | | |
| 12. | -0,79 | -0,75 | -0,82 | 0,02 | 0,23 | 0,42 | 0,53 | -0,07 | 0,54 | 0,20 | -0,31 | 1,00 | |
| 13. | 0,29 | 0,50 | 0,42 | -0,03 | 0,26 | -0,02 | 0,07 | 0,50 | 0,10 | 0,13 | 0,28 | -0,30 | 1,00 |

Функціональну стабільність та екологічну збалансованість внутрішньої системи ґрунту характеризує *потужність плеяди* (G) – число показників, членів плеяди, з яких складаються *замкнені* графи. Такі графи утворюються за умови збігу початку графічного вектора з його кінцем і є свідченням циклічності процесів, що протікають у системі. В іншому випадку формуються *незамкнені* графи, наявність яких інформує про порушення природного ходу процесів. Чим зв'язки розгалуженіші, тим система міцніша. Встановлено [5], що найбільш насиченими кореляційними зв'язками є цілинні ґрунти під природною рослинністю.

В наших дослідженнях потужність плеяд відрізнялася за варіантами досліду (рис. 1). Так, на варіантах з внесенням дози $N_{60}P_{60}K_{60}$ показник G був максимальним і становив 12. У межах плеяди, утвореній на цих варіантах, можна виділити два взаємопов'язаних блоки. Перший блок формується за рахунок зв'язків «мінеральний азот {1,2,3} – мікрофлора {10,11,12,13}», другий – «органічний азот {4,5,6} – P_2O_5 {7}». Кореляційне коло показників на даних варіантах не містить незамкнених графів. Це вказує на збалансованість функціональної системи агроценозу за внесення під пшеницю озиму дози $N_{60}P_{60}K_{60}$.

На варіантах підвищених доз добрив відмічаємо розрив та спрощення кореляційних зв'язків. Потужність плеяди G зменшується у 2,4–3 рази та становить за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ – 4, $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 5. Це свідчить про дестабілізаційний вплив добрив на систему екологічних зв'язків між показниками азотної складової дерново-підзолистого ґрунту. При внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ відмічаємо збереження плеяди «мінеральний азот {1,2,3} – азотобактер {10}», проте з'являється 8 незамкнених графів. За внесення дози $N_{120}P_{120}K_{120}$ утворюються плеяди «мінеральний азот {1,2,3} – P_2O_5 {7}» та «мінеральний азот {1,2,3} – амоніфікатори {12}». Кількість незамкнених зв'язків на цих варіантах зменшується до 4.

Іншим показником, що характеризує інтегрованість взаємозв'язків є *міцність плеяди* (D) – середня арифметична величина абсолютних значень внутрішньоплеядних коефіцієнтів кореляції. За збільшення дози добрив цей показник зростав та змінювався в межах від 0,71 ($N_{60}P_{60}K_{60}$) до 0,78 при ($N_{120}P_{120}K_{120}$). Таким чином, внесення підвищених доз добрив під пшеницю озиму веде до зростання тісноти зв'язків між компонентами азотної складової ґрунту на фоні зменшення їх кількості і вказує на адаптивні можливості системи. Така пластичність взаємозв'язків є додатковим буферним механізмом, який забезпечує існування системи в змінних умовах середовища.



1 – NO_3 ; 2 – NH_4 ; 3 – Nмін; 4 – гумус; 5 – Nзаг; 6 – Nлг; 7 – P_2O_5 ; 8 – K_2O ; 9 – вологість ґрунту; 10 – Azotobacter; 11 – актиноміцети; 12 – амоніфікатори; 13 – іммобілізатори

Рис. 1. Кореляційні плеяди взаємозв'язків у ґрунті за різних доз добрив, достовірно за $p < 0.05$, $r_0 = 0,58$

Проведений аналіз кореляційних плеяд дозволив нам встановити показники-індикатори, що спричиняють «вузлове з'єднання» компонентів азотного фонду дерново-підзолистого ґрунту і завдяки чому ґрунт продовжує виконувати свою агрономічну функцію – формування продуктивності агроценозу. Єдиним блоком, що зберігає своє функціонування в градієнті зростання доз добрив є блок мінерального азоту, який і слугує «вузлом» продуктивності. З проведених

розрахунків видно, що цей блок обумовлює рівень врожайності пшениці озимої. Так, на варіантах з внесенням $N_{60}P_{60}K_{60}$ її урожайність, залежно від строків сівби, коливалась в межах 5,9-4,6 т/га, а $N_{120}P_{120}K_{120}$ – 6,3-5,2 т/га. Разом з тим, урожайність пшениці озимої за внесення доз $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ зростає за рахунок спрощення структури і порушення екологічної стійкості агроєкосистеми внаслідок розриву переважної більшості функціональних зв'язків, які ми спостерігаємо на фоні $N_{60}P_{60}K_{60}$. Тобто, підвищення продуктивності досягається збереженням плеяди, сформованої компонентами мінерального азоту, і пригніченням та елімінацією інших зв'язків, що веде до спрощення еколого-функціональної системи дерново-підзолистого ґрунту.

Висновки

1. Азотний фонд дерново-підзолистого ґрунту є чутливим до збільшення антропогенного навантаження на агроценоз. Це проявляється в мінімізації функціональних зв'язків між його агроєкологічними показниками.

2. Найбільша кількість еколого-функціональних зв'язків між компонентами азотної складової ґрунту формується за внесення під пшеницю озиму $N_{60}P_{60}K_{60}$. Потужність плеяд на цьому варіанті становить 12. З підвищенням дози добрив цей показник зменшується у 2,4-3 рази.

3. На фоні зменшення кількості зв'язків між компонентами азотної складової ґрунту за внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ та $N_{120}P_{120}K_{120}$ відбувається зростання тісноти зв'язків, що вказує на адаптивні можливості системи.

Література:

1. Бровкин В.А., Денисенко Е.А., Шульгин Е.А. Моделирование конечной продуктивности агроценозов на основе функции состояния системы "агроценоз-внешняя среда" // Журнал общей биологии. – 1991. – Т. 52. – № 6. – С. 855-862.
2. Хомяков Д.М., Искандарян Р.А. Математическое моделирование и информационные технологии в задачах природопользования при реализации концепции устойчивого развития // Экологические и социально-экономические аспекты развития России в условиях глобальных изменений природной среды и климата. – М.: Геос, 1997. – С. 102-119.
3. Терентьев П.В. Метод корреляционных плеяд // Вестн. ЛГУ. – 1959. – № 9. – С.137-141.
4. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. – С-Пб.: Изд-во СГУ, 2002. – 308 с.
5. Андreyuk К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / – К.: Обереги, 2001. – 240 с.

THE ANALYSIS OF FUNCTIONAL INTERRELATIONS BETWEEN SOIL AGROECOLOGICAL CRITERIA DEPENDING ON DOSES OF MINERAL FERTILIZERS

O.V.Shvajka¹, B.V.Borisjuk¹, L.I.Vorona²

¹ Zhitomir national agroecological university; ² Institute for agriculture of Polissya, Zhitomir

The problem of interrelations among the indicators which characterize the nitrogen part of soil and its level of factor loading taking into consideration the ecological paradigm is considered. The functional relations between agroecological indicators of soil in the perspective of increasing levels of anthropogenic loading are analyzed. The indicators which cause “knot-connection” of components of nitrogen stock of soddy medium podzolic soils are set.

Key words: soddy medium podzolic soils, doses of fertilizers, ecological and functional relations, correlation pleiads