УДК 581.5: 574.42: 631.42

КІЛЬКІСНІ ЗМІНИ ҐРУНТОВОГО ПУЛУ ГІДРОГЕНУ В ПРОЦЕСІ ЗНЕЛІСНЕННЯ

Т.Ю. Бедернічек, Т.В. Партика, З.Г. Гамкало
Львівський національний університет імені Івана Франка

Проанализивано влияние вырубки на количественные характеристики почвенного пула гидрогена. Установлено существенные изменения активного (АПГ) и обменного (ОПГ) пулов гидрогена в результате сплошной вырубки второго яруса, представленого грабом обыкновенным (*Carpinus betulus*) в районе влажной грабовой рощи. Выявлено очень сильную корреляционную связь (r=0,92) между изменениями содержания нитратов и размером АПГ под старовозрастным древостоем и немного меншую (r=0,78) в районе вырубки, а также очень сильную связь (r=0,92) межде изменением содержания нитратов и величиной ОПГ в контроле и меньшую (r=0,32) в опытном варианте.

Трофичное окисление, вырубка, субэдификатор, почвенный пул гидрогена, нитраты

ВСТУП

Внаслідок зростаючого впливу антропогенного чинника на функціонування біосфери, на порозі ІІІ тисячоліття людство зіткнулось із глобальними екологічними проблемами. До їх числа належать і знеліснення та підкислення педосфери, які емерджентно пов’язані із глобальними кліматичними змінами [12].

Вважається, що явище підкислення педосфери спричинене переважно природними біогеохімічними процесами, які значно сильніше впливають на кислотність ґрунту, ніж атмосферні опади [15]. За даними А. Златнік та ін. [16], в пралісових екосистемах Закарпаття, які практично не зазнали антропогенного впливу, кислотність ґрунту у верхніх шарах сягала 4,5–4,8 од., а в окремих випадках навіть 3,4 pH [16].

Головним джерелом кислотності є рослини, ріст і розвиток яких супроводжується постійним надходженням до ґрунту йонів гідрогену у процесі йонообміну на катіони поживних речовин, так зване трофічне підкислення. Таке виділення рослинами еквівалентних катіонам ґрунтового розчину кількостей йонів гідрогену, пов’язано з підтриманням трансмембранного електростатичного потенціалу на мембрані клітини кореня з метою його захисту від електричного ушкодження [1]. Саме трофічне підкислення ґрунту є визначальним чинником формування кислотності педосфери і вплив людини, пов’язаний із веденням сільського та лісового господарства, призводить до його посилення або послаблення. В цьому контексті, особливе місце належить перетворенню олігогемеробних лісових екосистем [13] в процесі знеліснення, що призводить до глибинної трансформації органічної речовини ґрунту, зокрема зміни біогеохімічних циклів карбону і нітрогену, оксиди яких у йонній формі виступають кислотоутворювальними чинниками, а в молекулярній – парниковими газами.

Дослідження кислотності ґрунту, як важливого чинника функціонування лісових екосистем, в тому числі роль цього фактора у розрізі заліснення лучних ценозів або біологічної ремедіації порушених екосистем знайшло широке відображення в світовій науці.

Ще у 1931 році в Новій Зеландії М.М. Барнс [11], вивчаючи вплив лісогосподарських заходів в межах хвойних лісів (*Dacrydium cupressinum*) на хімічні властивості ґрунту, дійшов висновку, про існування сильного зв’язку між вмістом органічної речовини ґрунту і кислотністю. Автор відзначає, що на ранніх етапах розвитку рослини, вплив кислотності ґрунту є визначальним, однак з часом, вона втрачає свою факторну роль і стає результатом життєдіяльності ценозу, аніж лімітуючим чинником. В той же час, будь-які умови, що сприятимуть збереженню високої кислотності після вирубки деревостану, набудуть значення регуляторів регенераційних процесів у межах біотопу [11].

Е.В. Благодатська і Т. Андерсон [10], досліджуючи вплив екстремальних (pH=3) і нормальних (pH=6) кислотних умов на стан мікробоценозу в едафотопах хвойних (*Picea abies*) і широколистяних (*Fagus silvatica*) деревостанів, дійшли висновку, що в обох варіантах досліду кисла реакція ґрунтового розчину суттєво впливає на характеристики

ґрунту як субстрату. Застосувавши вибіркове пригнічення окремих груп мікроорганізмів, автори виявили, що дихання грибів суттєво зростає із збільшенням кислотності, натомість дихання бактерій – зменшується. Таким чином, кислотність ґрунту визначає структуру мікробоценозу.

Варто також відзначити, що поширеною практикою є "розкислення" ґрунту після вирубки з метою створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Для цього застосовують вапно, фізіологічно лужні добрива або випалювання дебрису та лісової підстилки, при якому вигорає також і верхній шар гумусового горизонту [9, 15].

Зважаючи на важливу роль, яку відіграє кислотний чинник у процесах мобілізації та іммобілізації біофільних елементів у пускових механізмах сукцесій і функціонуванні едафотопу в цілому, метою дослідження є проаналізувати його вплив на ґрунтовий резервуар карбону та його зміни в процесі знелісnення.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Територія дослідження знаходиться у верхів'ї басейну Дністра, в межах урочища "Корналовичі" (49°31'56" Пн.ш., 23°19'48" Сх.д). Клімат м'який помірно-континентальний із чітко вираженими порами року, сформований в умовах транскордонного повітряного перенесення і бар'єрного ефекту Карпат [5]. Прихід сонячної радіації коливається у межах 6436-6708 МДЖм$^{-2}$·рік, але, внаслідок значної хмарності протягом року (особливо весна – перша половина літа) реальна величина складає лише близько 60 %. У межах території дослідження, величина радіаційного балансу складає близько 2000 МДЖ·м$^{-2}$·рік, а від'ємні значення характерні лише для грудня і січня. Середньорічна кількість опадів складає близько 700 мм, середньорічна температура 7,8 °С, сума активних температур 2400-2600° С [6].

Ґрунти території дослідження сформовані переважно на алювіальних верхньоплейстоценових і голоценових відкладах. Вони відрізняються ступенем розвитку підзолистого процесу ґрунтоутворення і представлені двома генетичними типами – дерново-підзолистими оглеєними, а також сірими і ясно-сірими ґрунтами. Генетичним типам цих ґрунтів характерні певні особливості, пов'язані з промивним водним режимом, високим рівнем ґрунтових вод, підпертих Дністром і частими паводками, іноді катастрофічного характеру [2–4].

У межах рівнинної частини басейну Верхнього Дністра переважають дубові (*Querceta*) й дубово-грабові (*Querceto-Carpineta*) ліси. В цьому контексті особливий інтерес викликає урочище "Корналовичі", у межах якого до сьогоднішнього дня збереглись старовікові дубові і дубово-грабові деревостани віком 210–240 років та окремі дерева попередніх генерацій віком більше 300 років [7]. Відповідно до геоботанічного районування ліси урочища "Корналовичі" належать до району Дрогобицько-Стрийських дубових лісів. Їхня середня продуктивність складає 420 м^3/га й досягає 570 м^3/га, що є високим показником для вологої грабової діброви в умовах України, асоціація *Carpineto-Quercetum coryloso-caricetum (brizoidis)* [8].

Модельні ділянки розташовані в межах стаціонару Національного лісотехнічного університету, розміщеного у другому кварталі урочища "Корналовичі". Було закладено ґрунтові розрізи в межах секції стаціонару К – контроль (без антропогенного втручання) і секції №1 – з суцільною вирубкою другого ярусу, сформованого за участю граба звичайного.

Зразки ґрунту відбирали у п'ятикратній повторності до глибини 50 см через кожні 5 см. Підготовка ґрунтових зразків виконувалась відповідно до ISO 11464. Репрезентативну частину зразка відбирали із повітряно-сухого ґрунту, розтертого і просіяного крізь сито з діаметром отвору 2 мм.

Ступінь кислотності визначали у водній та сольовій (1М KCl) суспензіях ґрунту за допомогою лабораторного іономіра рН-150; вміст нітратів з використанням нітратоміра ЭЦ-01 й іон-селективного мембранного електрода ЭМ-NO_3. Для встановлення розмірів

активного (АПГ) і обмінного (ОПГ) пулів гідрогену виконували перерахунок ступеня кислотності у концентрацію протонів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Як видно з рис. 1, у ґрунті контрольного непорушеного старовікового деревостану концентрація йонів гідрогену ґрунтового розчину поступово зменшується від 48,9 (0-5 см) до 12,02 мкмоль·л$^{-1}$ на глибині 50 см.

Повне усунення субедифікатора граба звичайного (*Carpinus betulus)* суттєво вплинуло на кількісний розподіл АПГ у профілі ґрунту – концентрація протонів різко зменшується, причому найбільші зміни виявлено у верхніх шарах ґрунту 0–5 і 5–10 см. Варто зауважити, що на глибині 10–15 см виявлено більший вміст активного Гідрогену (28,18 мкмоль·л$^{-1}$), порівняно з шарами ґрунту 5–10 і 15–20 см. Привертає також увагу характер кривої змін вмісту йонів Гідрогену в обох варіантах досліду, наприклад синхронність коливань на глибині 20–30 см і 40–50 см.

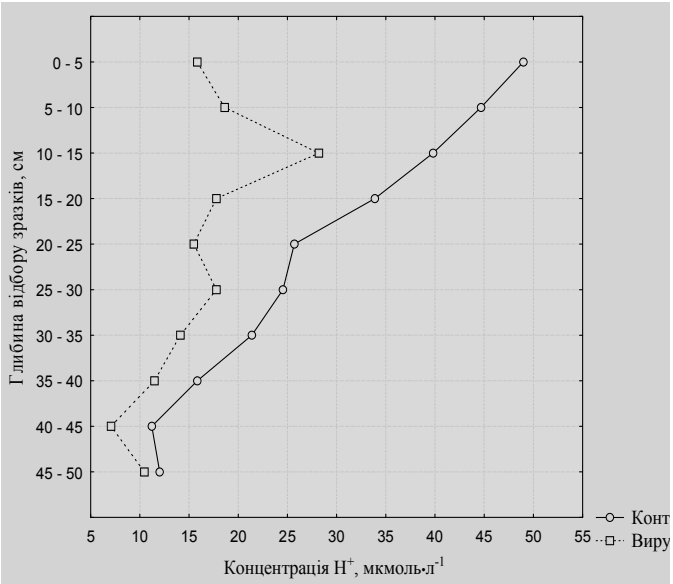


Рисунок 1 – Вплив вирубки субедифікатора на активний пул Гідрогену у профілі ґрунту 0–50 см

Такі суттєві зміни актуальної кислотності, що відбулись у верхніх верствах едафотопу ділянки, на якій було повністю усунуто субедифікатор, пояснюються інтенсивним розвитком трав'янистої рослинності, більшою замкнутістю ценозу й інтенсивнішим поверненням мортмаси в ґрунт. Важливо також, що за цих умов зменшується кислотне навантаження фітоценозу на ґрунт, оскільки трав'янистим рослинам властивий катіонно- аніонний тип живлення, внаслідок чого, до ґрунту надходять як йони гідрогену так і гідрогенкарбонату (HCO_3^-) чи гідроксид-іони (OH^-), що зумовлює кислотонейтралізуючий вплив, особливо у межах зони ризосферної активності трав [1].

Перед аналізом обмінного пулу Гідрогену (рис. 2) необхідно зауважити, що його розміри є значно більшими за активний пул, зокрема у 11,3 рази в шарі ґрунту 0–5 см під лісом.

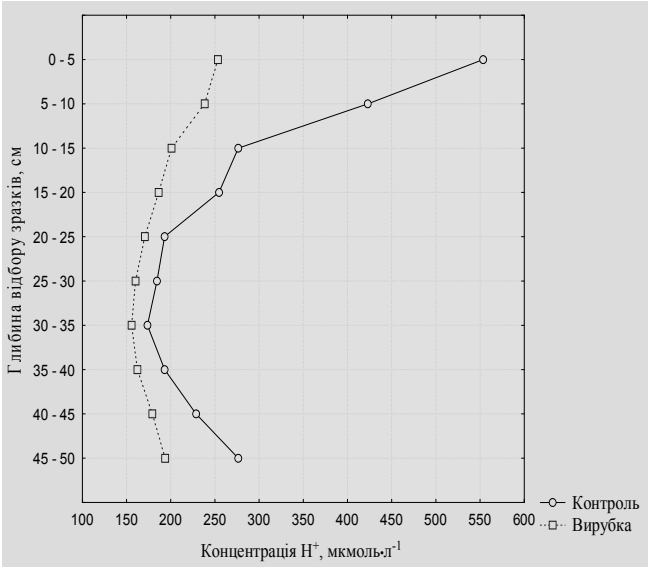


Рисунок 2 – Вплив вирубки субедифікатора на обмінний пул Гідрогену у профілі ґрунту 0–50 см

Кількісний профільний розподіл обмінного пулу Гідрогену, в едафотопі вологої грабової діброви носить складний характер: до глибини 35 см – регресивно-акумулятивний тип розподілу речовини, а нижче – регресивно-елювіальний. Також, помітні суттєві відмінності розподілу ОПГ ґрунту від його активного пулу, особливо починаючи з глибини 30–35 см. Якщо вміст активних йонів гідрогену тут поступово зменшувався, то вміст ввібраних йонів, навпаки, збільшується. Це пояснюється більшою ємністю грунтово-вбирного комплексу на цій глибині, природа якої пов'язана, ймовірно, із мінеральною складовою ГВК.

Із глибиною вміст обмінного Гідрогену у ґрунті контрольного варіанту різко зменшується: від 553,58 (0–5 см) до 276,42 мкмоль·л$^{-1}$ (10–15 см) і досягає мінімуму на глибині 30–35 см – 173,60 мкмоль·л$^{-1}$.

Суцільна вирубка субедифікатора спричинила суттєві кількісні зміни в обмінному пулі Гідрогену, особливо у верхній частині ґрунтового профілю 0–20 см. У шарі ґрунту (0–5 см) під розладнаним вирубкою другого ярусу деревостаном ОПГ у 2,2 рази менший, ніж в едафотопі старовікового непорушеного деревостану.

Як і в контролі, у дослідному варіанті мінімум ОПГ зафіксовано у шарі ґрунту 30–35 см, нижче якого спостерігається збільшення вмісту протонів у складі ґрунтово-вбирного комплексу (ГВК). На глибині 50 см концентрація обмінного H^+ в ґрунті контрольного варіанту зросла на 37,2 %, а дослідного на 16,8 % порівняно з мінімальними значеннями у шарі 30–35 см.

Однією з ймовірних причин суттєвих відмінностей у розмірах АПГ і ОПГ у ґрунтах контрольного і дослідного варіантів може бути різне накопичення нітратів і відповідно нітратної кислоти в едафотопах, особливо в межах зони ризосферної активності.

Як видно з рис. 3, у ґрунті контрольного варіанту максимальний вміст нітратів виявлено у верхньому 0–5 см шарі, який поступово зменшується до глибини 35–40 см з подальшим незначним збільшенням на глибині 50 см.

За профілем ґрунту антропогенно зміненого деревостану вміст нітратів спочатку зменшується від 16,98 (0–5 см) до 14,45 мкмоль·л$^{-1}$ (5–10 см), а нижче – збільшується, особливо в шарі 10–35 см. Зокрема, під непорушеним деревостаном, починаючи з верстви ґрунту 5–10 см і до 15-20 см, виявлено зменшення концентрації NO_3^- з 14,45 до 11,48 мкмоль·л$^{-1}$, в той час як під розладнаним деревостаном її збільшення з 15,85 до 18,62 мкмоль·л$^{-1}$.

У зоні найбільшої ризосферної активності (0–30 см), вміст нітрат-іонів в ґрунті контрольного варіанту становить 13,26 мкмоль·л$^{-1}$, що в 1,3 рази менше, ніж у ґрунті

дослідного варіанту.

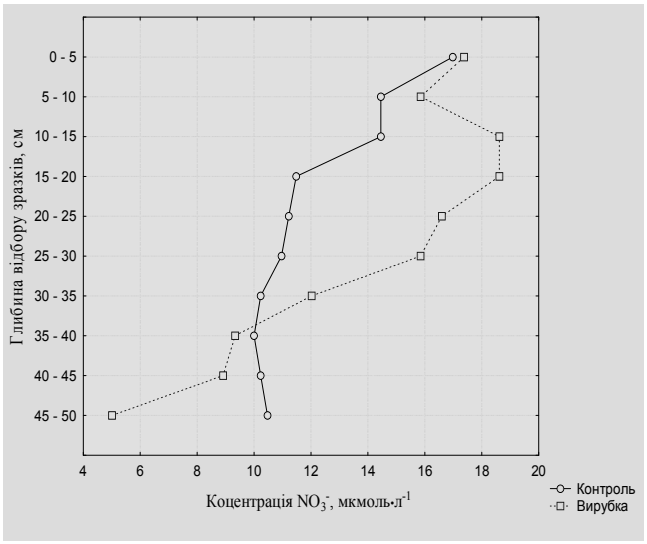


Рисунок 3 – Вплив вирубки субедифікатора на профільний розподіл нітратів у профілі ґрунту 0–50 см

З глибини 25–30 см, у контрольному варіант виявлено зменшення концентрації нітратів і вже на глибині 40 см вміст NO_3^- в ґрунті стає меншим, ніж у контролі. З глибини 40 см у контролі спостерігається незначне підвищення вмісту нітрат-іонів, натомість в дослідному варіанті продовжується стрімке зменшення їх вмісту.

Кореляційний аналіз залежності концентрації йонів Гідрогену від вмісту нітратів підтвердив припущення про суттєвий вплив аніонів NO_3^- на кислотність ґрунту. З'ясовано, що під старовіковим деревостаном існує дуже сильний позитивний зв'язок ($r=0,92$, $p<0,05$) між вмістом нітратів і величиною АПГ і дещо слабший ($r=0,78$, $p<0,05$) в межах вирубки. Натомість зміни величини пулу обмінного гідрогену сильно корелюють із змінами вмісту нітратів в контрольному варіанті ($r=0,92$, $p<0,05$), а в межах дослідного варіанту цей зв'язок є слабким ($r=0,32$, $p<0,05$).

ВИСНОВКИ

1. Суцільна вирубка другого ярусу, представленого грабом звичайним (*Carpinus betulus*) в межах вологої грабової діброви суттєво вплинула на кількісні характеристики АПГ і ОПГ до глибини 50 см.
2. У верхньому 0–15 см шарі ґрунту виявлено суттєві відмінності у профільному розподілі АПГ. В едафотопі контрольної ділянки, з глибини 0–5 см, концентрація гідрогену знижується з 48,98 до 39,81 мкмоль/л у шарі 10–15 см. Натомість, в межах едафотопу під розладнаним деревостаном, зафіксовано збільшення концентрації H^+ з 15,85 мкмоль/л у шарі 0–5 см до 18,62 і 28,18 мкмоль/л у шарах ґрунту на глибині 5–10см і 10–15 см відповідно.
3. Суцільна вирубка субедифікатора спричинила суттєві кількісні зміни не лише в активному, але й в обмінному пулі гідрогену, зокрема у верхньому 0-5 см шарі ґрунту в межах контролю, вміст гідрогену у ґрунтово-вбирному комплексі (ГВК) у 2,2 вищий, ніж в межах вирубки.

У зоні найбільшої ризосферної активності (0–30 см), вміст нітрат-іонів у ґрунті контрольного варіанту становить 13,26 мкмоль·л$^{-1}$, що в 1,3 рази менше, ніж у ґрунті дослідного варіанту.

Під старовіковим деревостаном існує дуже сильний позитивний зв'язок ($r=0,92$, $p<0,05$) між вмістом нітратів і величиною АПГ і дещо слабший ($r=0,78$, $p<0,05$) в межах вирубки. Натомість зміни величини пулу обмінного гідрогену сильно корелюють зі змінами вмісту нітратів в контрольному варіанті ($r=0,92$, $p<0,05$), а в межах дослідного

варіанту цей зв'язок є слабким ($r=0,32$, $p<0,05$)

Отже, в процесі знелісснення ґрунтовий пул Гідрогену зазнає сильних змін, що пов'язані із зміною типу живлення фітоценозу з катіонного на катіонно-аніонний, внаслідок чого до ґрунту надходять як йони Гідрогену, так і гідрогенкарбонату (HCO_3^-) чи гідроксид-іони (OH^-), що зумовлює кислотонейтралізуючий вплив, особливо у межах зони ризосферної активності трав.

Автори висловлюють подяку державному підприємству Науково-телекомунікаційний центр "Українська академічна і дослідницька мережа" ІФКС НАН України (УАРНЕТ) за технічну допомогу і підтримку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Гамкало З.Г. Екологічна якість ґрунту: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 412 с.*
2. *Кіт М.Г., Позняк С.П., Шпаківська І.М. Стан і трансформація ґрунтового покриву // Досліджененя басейнової екосистеми Верхнього Дністра. – Львів, 2000. – С. 51–66.*
3. *Кіт М.Г., Позняк С.П., Шпаківська І.М. Екологічна оцінка землекористування // Досліджененя басейнової екосистеми Верхнього Дністра. – Львів, 2000. – С. 66–75.*
4. *Ковальчук І.П. Гідролого-геоморфологічні процеси в Карпатському регіоні України // Праці НТШ том XI. Екологічний збірник – 3. Екологічні проблеми Карпатського регіону. – Львів, 2003 – С. 101–125.*
5. *Муха Б.П. Фізико-географічні умови та ландшафтна структура басейну верхів'я р. Дністер // Досліджененя басейнової екосистеми Верхнього Дністра. – Львів, 2000. – С. 7–22.*
6. *Муха Б.П. Клімат верхів'я р. Дністер // Досліджененя басейнової екосистеми Верхнього Дністра. – Львів, 2000. – С. 22–34.*
7. *Стойко С.М. Эталоны природы. – Львов: Вища школа. Изд-во при Львов. ун-те, 1980. – 120 с.*
8. *Чернявський М.В., Ященко П.Т., Геник Я.В., та ін. Рівнинні ліси верхньої частини долини Дністра і оцінка рівня їх трансформації // Досліджененя басейнової екосистеми Верхнього Дністра. – Львів. 2000. – С. 75–95.*
9. *Binkley D. Soil acidity in loblolly pine stands with interval burning. – Soil Sci. Soc. Am. J. 1986. – P. 1590–1594.*
10. *Blagodatskaya E.V., Anderson T.H., Interactive effects of pH and substrate quality on the fungal-to-bacterial ratio and QCO_2 of microbial communities in forest soils. – Soil. Biol. Biochem. 1998. – Vol. 30, №10/11, pp. – 1269–1274.*
11. *Burns M.M. Chemical aspects of the soil of the rimu forests. Te Kura Ngahere, 1931. – 3 (1), P. 5–16*
12. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. – 996 p.*
13. *Jalas J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch // Acta Soc. Fauna Flora Fenn. — 1955. – 72, N 11. – S. 1–15.*
14. *Mckenzie R. Soil pH and Plant Nutrients: What is the Connection? Agri-News. – 1–3. – 2003. – P. 121–133.*
15. *Mitchell M.J. et al. Nutrient cycling in Hungtington Forest and Turkey lakes deciduous stands: nitrogen and sulfur – Can.J.For.Res., 1992. – №22. – P. 457–464*
16. *Zlatník A. et al. Průzkum přirozených lesů na Podkarpatské Rusi. Brno, Sborník výzkumných ýstavů zemědělských ČSR, sv. 152: 1938. – 524 s.*

QUANTITATIVE CHANGES OF SOIL HYDROGEN POOL DURING THE PROCESS OF DEFORESTATION

Bedernichek T., Partyka T., Hamkalo Z.

Influence of deforestation on quantitative characteristics of soil hydrogen pool was analyzed. Significant changes of active (AHP) and changeable (CHP) caused by cutting of the second layer, represented by hornbeam (*Carpinus betulus*) in oak-hornbeam forest were discovered. Very strong correlation (r=0,92) between changes of NO_3^- content and size of AHP and a little weaker (r=0,78) in the soil after cutting were discovered as also very strong correlation between nitrate and hydrogen content changes in control (r=0,92) and weak (r=0,32) in experimental variant.