

Вплив різних проміжних культур на динаміку азоту взимку

Вступ

Окрім вирощування кормових бобових як основної культури, яка, серед іншого, знову стала привабливішою для ферм з невеликою кількістю великої рогатої худоби завдяки випробуванням «Cut & Carry» у головному фермерському проєкті, проміжні культури в органічному землеробстві є ще одним важливим засобом підвищення показників внутрішньої азотфіксації у господарствах та покращення відтворення гумусу. Крім того, уникнення втрат поживних речовин протягом зими є центральним аспектом вирощування проміжних культур як з точки зору захисту водних ресурсів, так і з огляду на додаткові надходження поживних речовин на органічних фермах. В той час, коли значущість проміжних культур як поглинача азоту для зменшення переміщень нітратів протягом зими однаково визнана на практиці, в дорадництві і науці, невирішеними залишаються багато питань щодо ефективності проміжних культур як джерела азоту для наступних культур (Sieling 2019). Так, на практиці, незважаючи на значну вегетативну масу проміжних культур перед зимою, навесні часто спостерігається низька мінералізація. У теплі та вологі зими, що переважають у Рейнській місцевості, вторинні втрати від вимивання можуть виникнути після відмирання та втрати листя проміжними культурами із вузьким співвідношенням вуглецю/азоту (Bergkvist та ін. 2011). Види з широким співвідношенням вуглецю/азоту можуть навіть фіксувати азот протягом короткого часу після введення. І те, і інше призвело би навесні до незначного або навіть негативного впливу на ефективність мінералізації (Kolbe та ін. 2007). Наскільки високі втрати азоту з маси рослин після впливу морозу або велике співвідношення вуглецю/азоту після зими можуть бути причиною такого низького постачання азоту з проміжних культур навесні, що спостерігається на практиці, досліджується в різних умовах на території провідних органічних ферм Північного Рейну-Вестфалії з 2017 року. З точки зору консалтингу та практики цікавими є такі питання:

1. Наскільки великі втрати азоту з вегетативної маси проміжних культур за зиму?
2. Як змінюється співвідношення вуглецю/азоту проміжних культур протягом зими?
3. Який внесок можуть зробити «рослинні рештки» у насичення азотом наступного врожаю після зими?

Матеріали та методи

У однофакторних польових випробуваннях з метою контролю у порівнянні висівали наступні не стійкі та морозостійкі проміжні культури в чотирикратному повторенні блоковою системою (чистий від бур'янів перелог): фацелія (сорт Біхеппі 12 кг/га), олійна редька (сорт Силентина 25 кг/га), ріпак озимий (сорт Юпітер 15 кг/га), овес піщаний або щетинистий (сорт Пратекс 80 кг/га), жито зелене (сорт Костра 120 кг/га), люпин синій (сорт Д260, 120 кг/га), конюшина багряна або інкарнатна (сорт Лінкарус 30 кг/га).

Посів на фермі в районі Фірзен (60 м над рівнем моря, 9,6 °C, 750 мм, IS-sL, 50-70 BP) відбувся після моркви та підготовки посівного ложа за допомогою ротаційної борони 14.08.2019 року. На фермі в районі Боркен (50 м над рівнем моря, 10,2 °C, 760 мм, S- sL, 20-45 BP), проміжна культура була висіяна після цвітної капусти 14.08.2019 року. Після попередньої польової квасолі проміжні культури були висаджені на дослідній фермі Візенгут в Хеннеф/Зіг (65 м над рівнем моря, 10,3 °C, 840 мм, sL-uL, 60 BP) після оранки та підготовки посівного ложа за допомогою роторного культиватора також 14.08. 2019 р.

З початку випробування мінерально розчинений азот у верхньому шарі ґрунту (0-30 см), а також до (листопад) і після зими (лютий) досліджували щомісяця на глибині 90 см. Поглинання азоту та вуглецю рослинами визначали перед початком морозного періоду та незадовго до того, як проміжні культури зорали наступної весни, використовуючи сезонні збори (кожна 2 x 0,25 м²). Аналіз проводили окремо для листя та стебла підмерзаючих проміжних культур, морозостійкі варіанти не розділяли на пагони та листки через відсутність поздовжнього росту, а також не обробляли перед зимою.

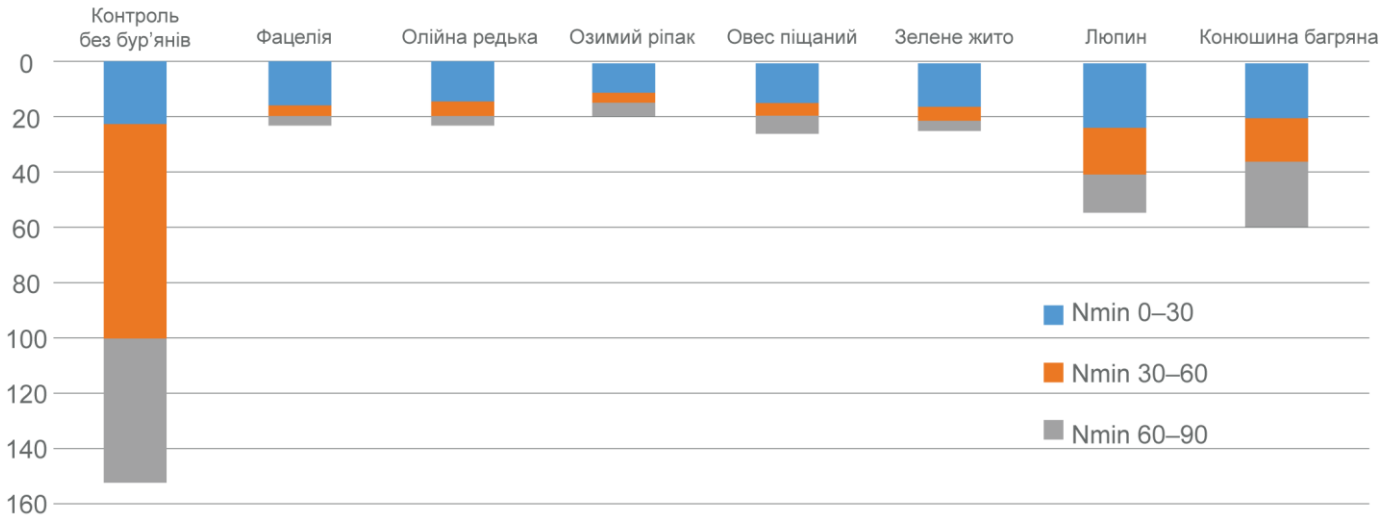
Результати

Підтверджено потенціал проміжних культур з огляду на захист ґрунтових вод

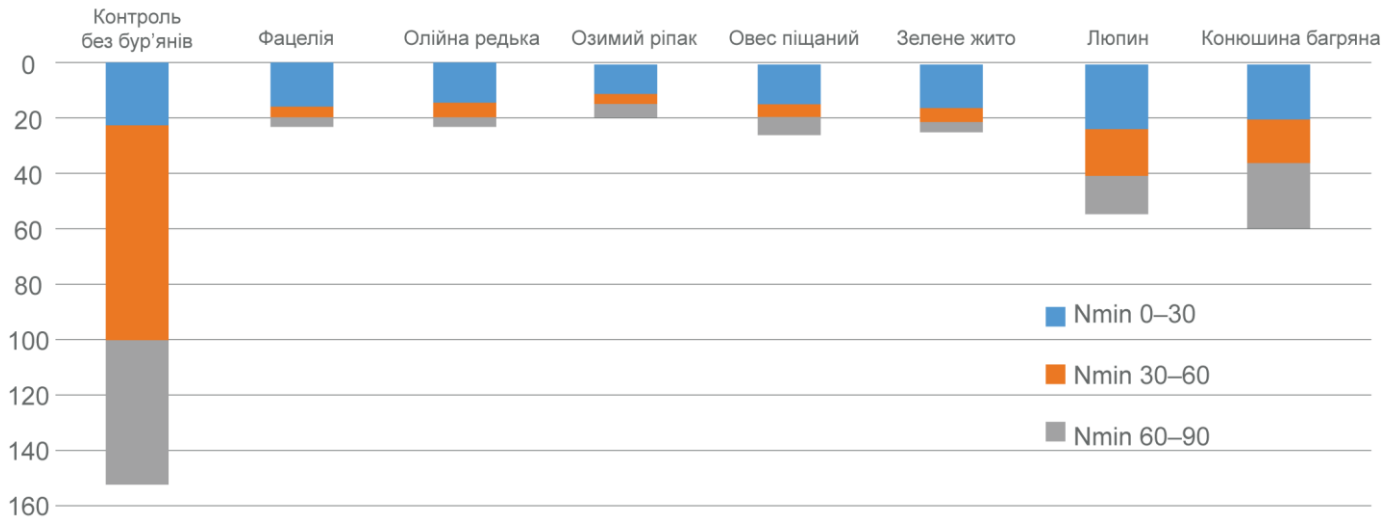
Потенціал проміжних культур до поглинання великої кількості азоту перед зимою і таким чином зменшення вимивання нітратів наразі широко визнаний і його було підтверджено в умовах органічного землеробства в Рейнській місцевості.

Усі небобові проміжні культури поглинули майже весь мінеральний розчинений азот до зими і таким чином запобігли його переміщенню в глибші шари ґрунту (зображення 1).

Візенгут, Nmin станом на 13.11.2019



Візенгут, Nmin станом на 13.11.2019



Зображення 1: Вплив різних проміжних культур на кількість мінерально розчиненого азоту (кг N/га) у ґрунтовому розчині на дослідній фермі Візенгут в Хеннефі (угорі 13 листопада 2019 р. та знизу 19 березня 2020 р.)

Власні результати, представлені тут лише для зимового півріччя 2019/20 рр. як приклад на території Візенгут, підтверджені численними дослідженнями (наприклад, Thorup-Kristensen 1994 та Grüner та ін. 2007) про важливість проміжних культур для зменшення відтоку нітратів взимку.

У контролі без бур'янів, а також на нижчому рівні під багряною конюшиною та люпином, частково було виміряно значно вищі рівні залишкових нітратів перед зимою, ніж у небобових проміжних культурах, що могло призвести до вищих втрат від вимивання, особливо на більш легких ґрунтах і з великою кількістю опадів.

Поглинання азоту проміжними культурами

Вплив небобових проміжних культур на вміст нітратів, особливо у верхньому шарі ґрунту, досить чітко пояснюється високим поглинанням азоту біомасою рослин (зображення 2). Найвище поглинання азоту рослинами було зафіксовано на ділянці в районі Фірзен з приблизно 140 кг N/га у фацелії, олійної редьки, озимого ріпаку та вівса, а найменше – у бобових. Це повністю контрастує з результатами на фермі Візенгут, де найвище поглинання азоту було зафіксоване у підмерзаючого люпину. На ділянці Боркен (зображення 3) найвищі значення перед зимою були виміряні на рівні 120 кг N/га на сходах фацелії та хрестоцвітих, але трави були трохи нижчими, тому розвиток бобових був затриманим і їх не змогли включити в аналіз. Трохи більше половини поглиненого азоту було виявлено в листках підмерзаючих проміжних культур у середньому в усіх експериментах.

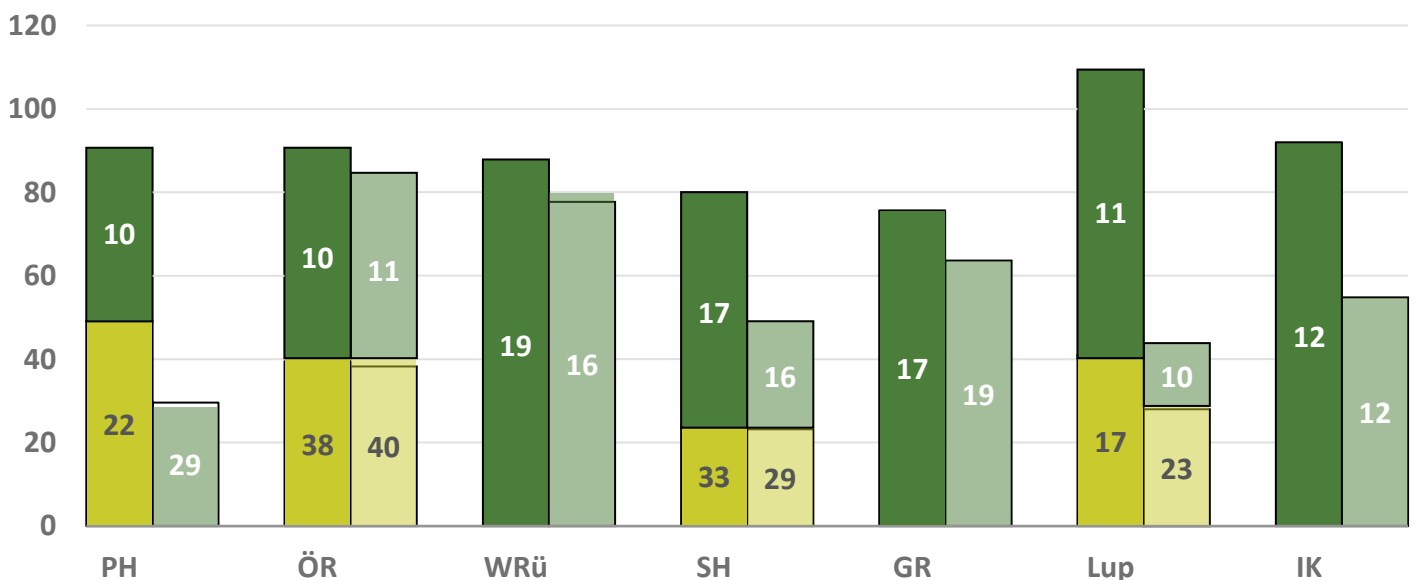
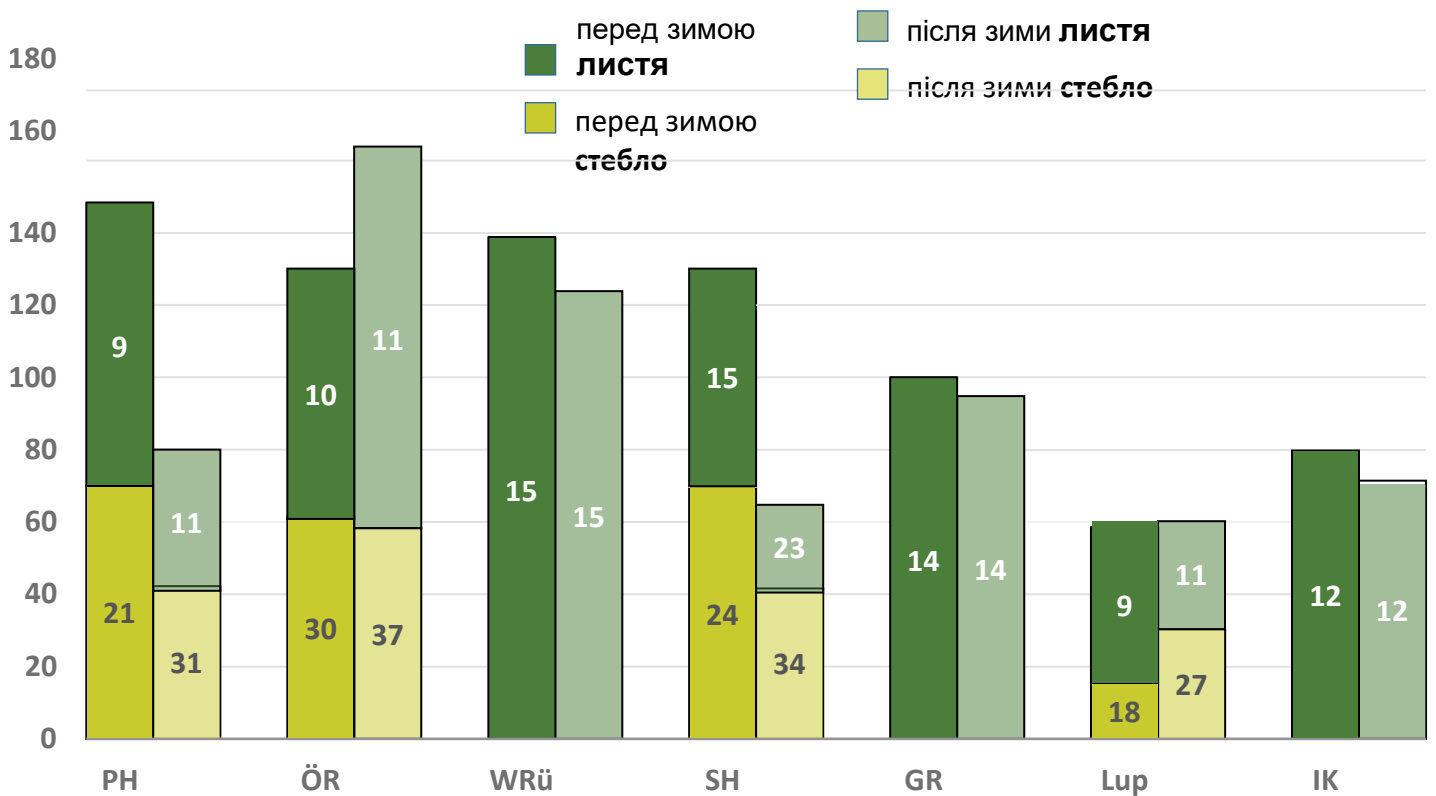
Після зими у всіх трьох місцевостях проведення дослідження було виявлено значно менше азоту в рослинах підмерзаючих проміжних посівів фацелії та піщаного вівса, що залишилися, ніж під час відбору проб у листопаді. Редька олійна не вимерзла на жодному з місць через низькі мінусові температури взимку 2019/20р., а продовжувала рости до весни, про що можна судити з інколи більшої кількості азоту в рослинах після зими на всіх місцях проведення експерименту.

Так само було з люпином у Фірзені, але у Візенгуті втрати в цьому варіанті були дуже високими – близько 60%.

Очікування того, що втрати протягом зими для морозостійких видів будуть незначними, було підтверджено лише для озимого ріпака в усіх місцях проведення експерименту взимку 2019/20р. У випадку зеленого жита (Боркен) і багряної конюшини (Вайзенгут), з іншого боку, порівняно високі втрати азоту з рослинної маси за зиму, що підтверджує аналогічні результати попередніх років.

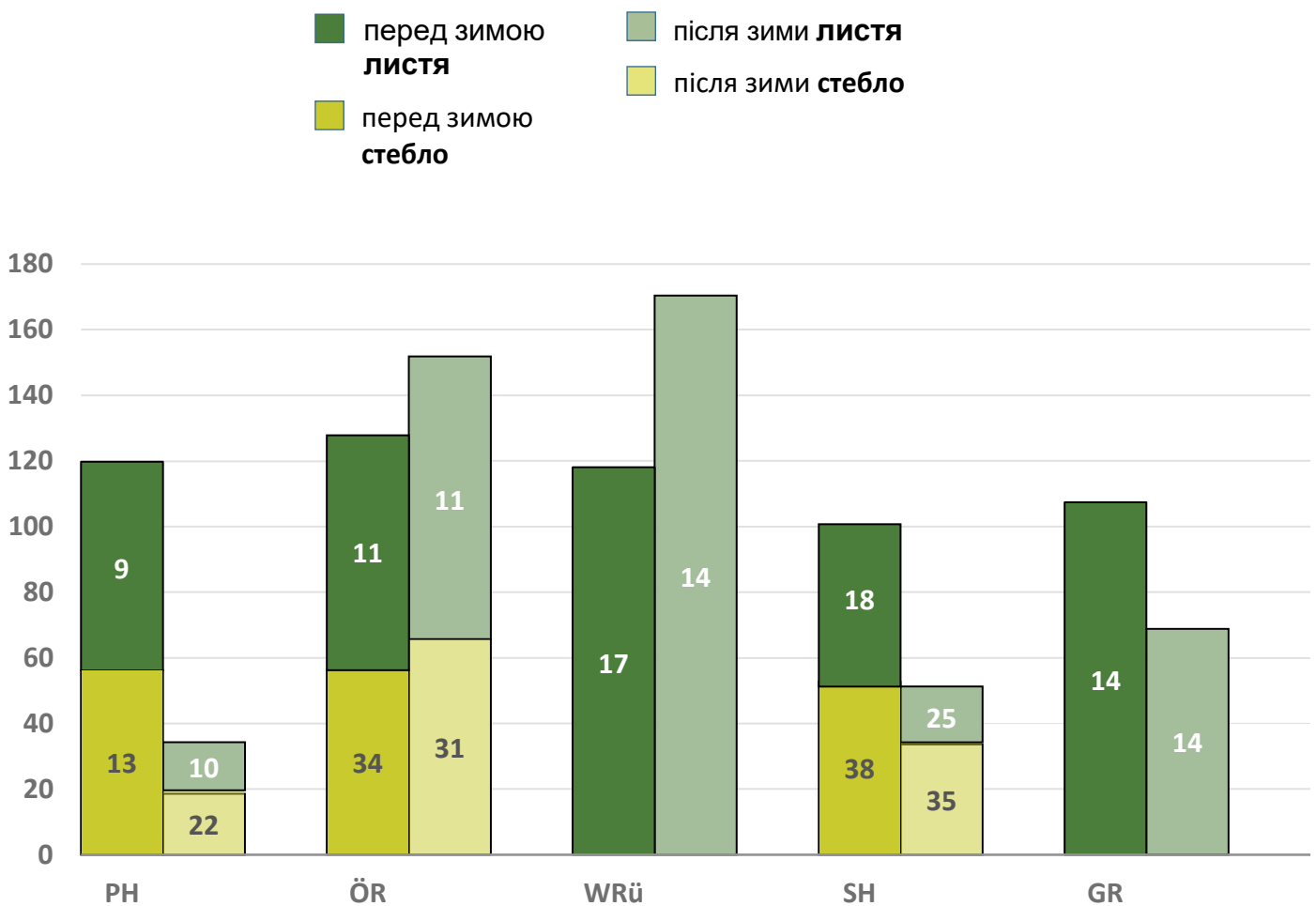
ВИПРОБУВАННЯ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРБОРСТВІ В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ

У неморозостійких видах втрати азоту з листкової маси, за тенденцією були вищими, ніж зі стебла; цей ефект, ймовірно, можна пояснити більш вузькими співвідношеннями вуглецю/азоту у листі. Зв'язок, на який вже вказував Бергквіст (2011р.) і який може призвести до вторинних втрат азоту від вимивання в теплу та вологу зимову погоду.



Зображення 2: Вплив різних проміжних культур на поглинання азоту рослинами (стовбчики) і співвідношення вуглецю/азоту (числа в стовбчиках) у двох місцях (вище в окрузі Фірзен і нижче на експериментальній фермі Візенгут у Хеннефі) до та після зими 2019/ 20р.

Аналіз проводився для неморозостійких проміжних культур окремо за листям і стеблом (PH – фацелія, ÖR – редька олійна, WRü – ріпак озимий, SH – овес піщаний, GR – жито зелене).



Зображення 3: Вплив різних проміжних культур на поглинання азоту рослинами (стовпчики) і співвідношення вуглецю/азоту (числа в стовбчиках) на провідній фермі в районі Боркен до та після зими 2019/20р. Аналіз проводили для неморозостійких проміжних культур окремо за листком і стеблом (PH – фацелія, ÖR – редька олійна, WRü – ріпак озимий, SH – овес піщаний, GR – жито зелене).

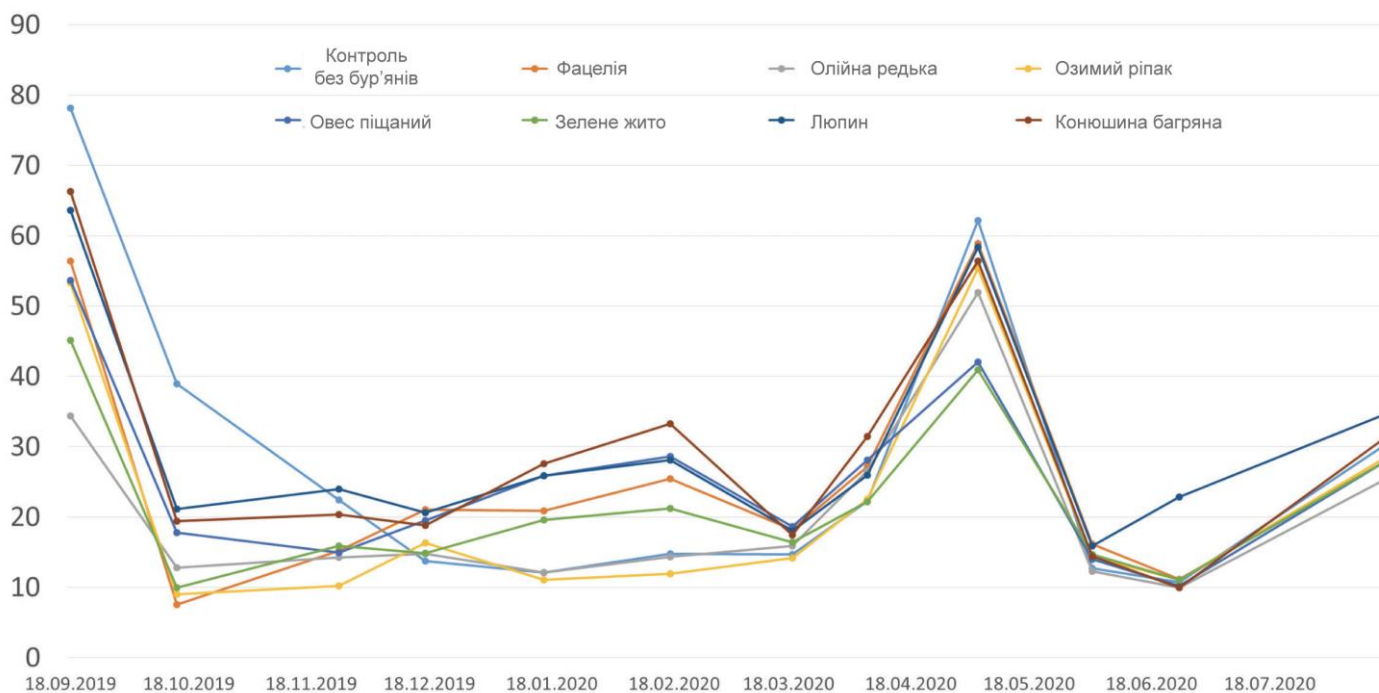
Співвідношення вуглецю/азоту у стеблі дуже широке

Для того, щоб оцінити потенційне постачання азоту з проміжних культур для наступної культури, було проаналізовано співвідношення вуглецю/азоту до та після зими для неморозостійких видів з додатковим виокремленням листя від стебла (числа в стовбчиках 2 і 3). У всіх морозостійких видах і в листі не стійких до морозу проміжних культур (за винятком вівса піщаного) це співвідношення було відносно вузьким і становило менше 20, що дає надію на порівняно швидку мобілізацію після заорювання навесні.

Навпаки, співвідношення вуглецю/азоту до 40 було виміряно у стеблах усіх неморозостійких видів. Оскільки втрати азоту з листової маси протягом зими були вищими в цих варіантах, ніж у стеблах, вплив широкого співвідношення вуглецю/азоту у фракції стебла стає ще більш домінуючим після зими. Ці

ВИПРОБУВАННЯ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРБОРСТВІ В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ

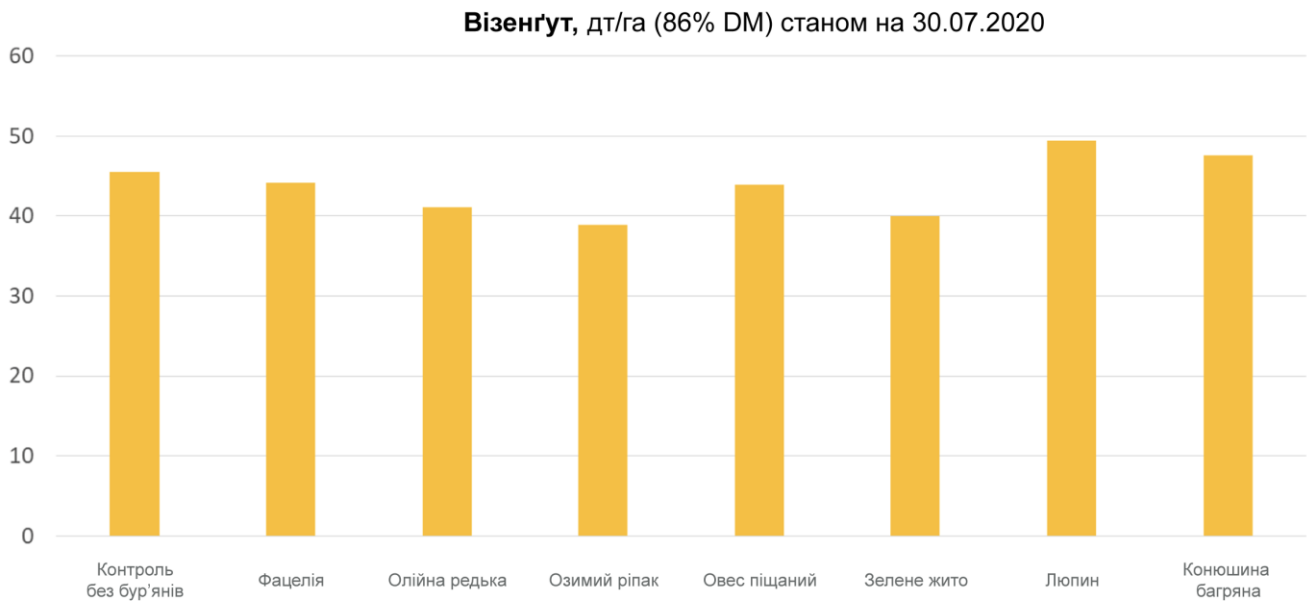
результати підтверджують спостереження практиків, згідно з якими залишки неморозостійких рослин проміжних культур роблять лише порівняльно невеликий внесок у постачання азоту ранньою весною для наступного врожаю або, в крайніх випадках, можуть навіть іммобілізувати азот завдяки дуже широкому співвідношенню вуглецю/азоту у стеблі (Cisek 2015).



Зображення 4: Мінеральний розчинений азот у ґрунтовому розчині (кг N/га) в 0-30 см під різними проміжними культурами на експериментальній фермі Візенгут у Хеннефі у період з вересня 2019 року по липень 2020 року (щомісячний відбір проб).

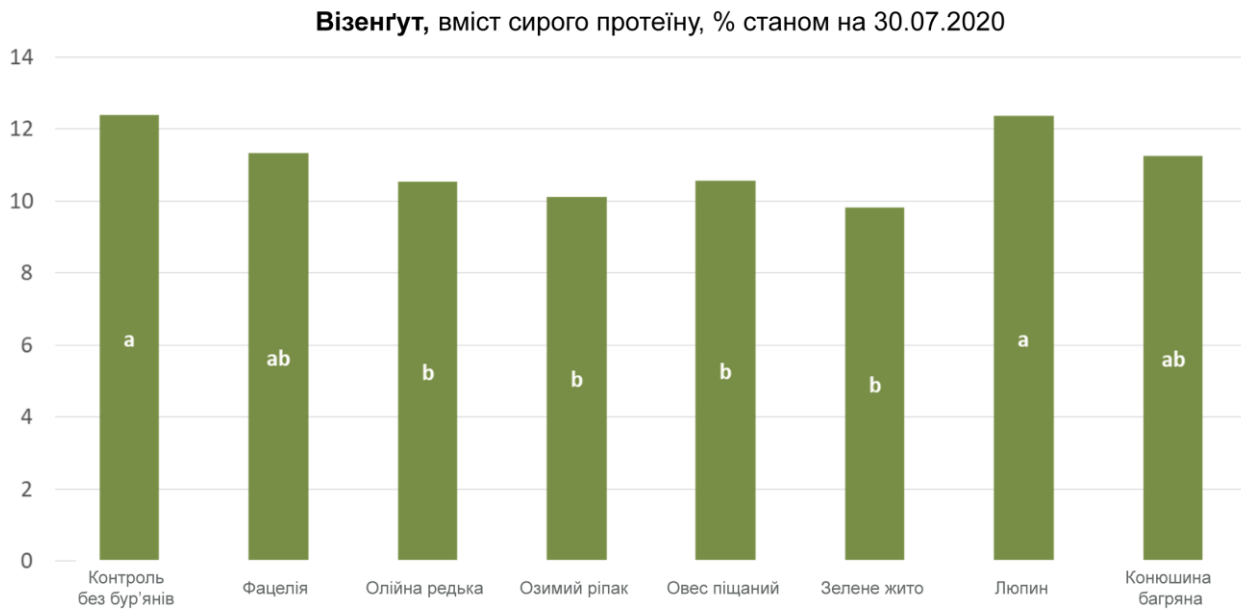
Обмежений потенціал для забезпечення азотом наступних культур

У вересні 2019 р. вміст N_{min} у верхньому шарі ґрунту на дослідній фермі Боннського університету після збору врожаю польових бобів був порівняно високим і становив до 80 кг N/га (зображення 4). Найпізніше до жовтня проміжні культури майже повністю поглинули доступний азот, тому вимивання нітратів порівняно з необробленим контролем можна було значною мірою уникнути (див. зображення 1). Однак, на фермі Візенгут на основі показників листопада 2019 року можна чітко побачити, що спустошення верхнього шару ґрунту було дещо уповільнене також і для бобових культур. Для того, щоб органічне землеробство отримало користь від додаткової фіксації азоту бобовими проміжними культурами, відповідні рослини-партнери повинні забезпечити швидке поглинання залишкової кількості нітратів до зими. Протягом зими теж не була мінералізована відносно значна кількість азоту при помірних температурах. Лише після оранки проміжних культур у березні початок виділення азоту у всіх варіантах стає очевидним з квітня, хоча у травах воно дещо нижче. Наприкінці червня значення N_{min} на фермі Візенгут у верхньому шарі ґрунту у варіанті після проміжної культури люпину було значно вищим, ніж у всіх інших варіантах. Хоча таке більш високе виділення азоту з проміжної культури більше не має значного впливу на врожайність (зображення 5), воно, за тенденцією, є найвищим у варіанті люпину.

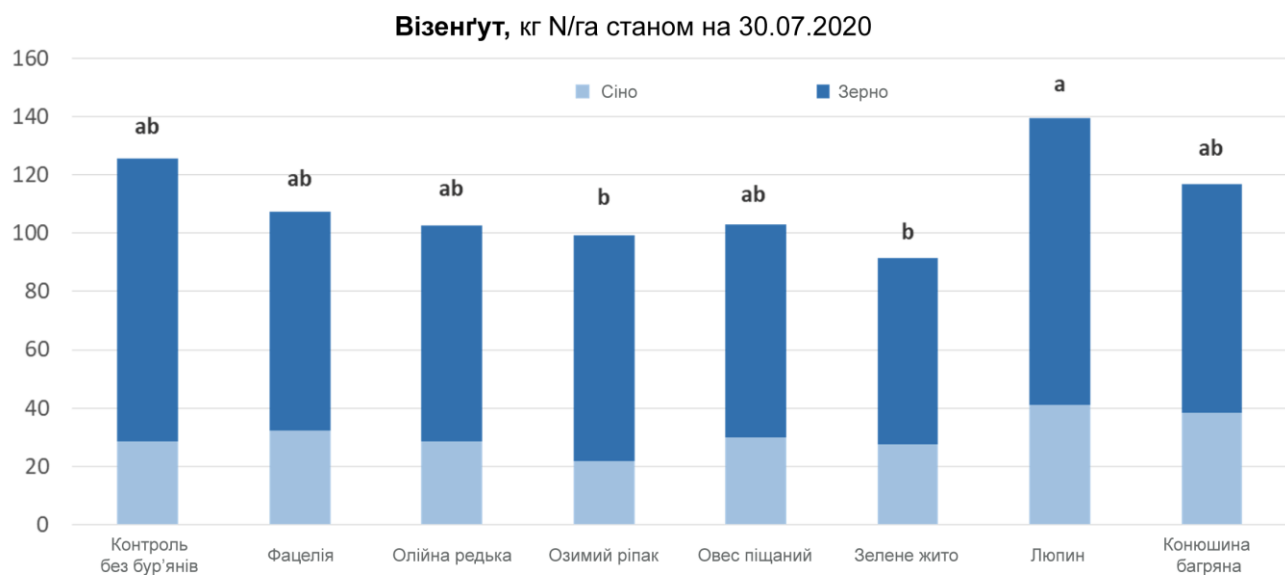


Зображення 5: Вплив різних проміжних культур на врожайність зерна (дт/га з 86% DM) наступної ярої пшениці на дослідній фермі Візенгут у Хеннефі 30 липня 2020 р. Відмінності в урожайності були незначними (GD $\alpha = 0,05$, тест Тьюкі).

Якість була значно кращою у формі вищого вмісту білка в зерні (зображення 6) завдяки цьому пізньому поштовху мінералізації у варіанті люпину порівняно з іншими варіантами проміжних культур; однак слід зазначити, що порівняльні значення були також досягнуті в контролі. Якщо поєднати вміст азоту з урожайністю, стає особливо чітким ефект вищої мінералізації у варіанті люпину наприкінці червня (зображення 7).



Зображення 6: Вплив різних проміжних культур на вміст сирого протеїну (%) наступного врожаю ярої пшениці на експериментальній фермі Візенгут у Хеннефі 30 липня 2020 р.). Варіанти з різними буквами суттєво відрізняються (GD α = 0,05, тест Тьюкі).



Зображення 7: Вплив різних проміжних культур на врожайність зерна (дт/га з 86% сухої речовини) наступної культури ярої пшениці на експериментальній фермі Візенгут у Хеннефі 30 липня 2020 р. Варіанти з різними буквами суттєво

ВИПРОБУВАННЯ В ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРБОРСТВІ В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ
відрізняються (GD α
= 0,05, тест Тьюкі).

Узагальнення

Власні експерименти підтверджують, що всі протестовані небобові проміжні культури можуть поглинати велику кількість азоту перед зимою і таким чином запобігати його вимиванню з фільтраційною водою. У місцях з високим надходженням азоту, наприклад, у тваринництві, на легких ґрунтах або там, де очікується велика кількість фільтраційної води, необхідно вирощувати проміжні культури. Збереження азоту протягом зими з одночасною можливою мінералізацією залежно від потреби для наступних культур навесні, все ж таки

залишається серйозною проблемою і залежить не лише від морозостійкості, співвідношення вуглецю/азоту, але, перш за все, також від параметрів температури та опадів, які важко передбачити.

Великі втрати азоту з рослинної маси протягом зими, особливо у неморозостійких проміжних культурах, а також широке співвідношення вуглецю/азоту у їхніх рослинних рештках, вказують також і у власних тестах на відносно низький потенціал постачання азоту для наступних культур, як це часто описується на практиці. У дослідному році 2019/20 підвищену мінералізацію проміжної культури можна було виявити лише у варіанті люпину на ділянці Візенгут. Оскільки це сталося дуже пізно в червні, це, в першу чергу, вплинуло на вміст білка в наступній культурі – ярій пшениці. Однак, маючи цей результат, важливо зазначити, що бобові проміжні культури можуть забезпечити швидке поглинання залишкової кількості нітратів до зими лише з відповідними культурами-партнерами для змішування.

Подальші кроки

Після того, як перші роки дослідження показали, що неморозостійкі проміжні культури, як правило, поглинають більше азоту перед зимою, ніж морозостійкі, але з останніх, через більш вузьке співвідношення вуглецю/азоту, вивільнення азоту з рослин за тенденцією відбувалось, за деякими винятками, все ж таки швидше, у зимовому півріччі 2020/21 рр. на кількох провідних фермах Північного Рейну-Вестфалії випробували різні суміші неморозостійких та стійких до морозу проміжних культур та дослідили вплив від їх передачі азоту на формування врожайності наступних культур. З осені 2021 року ці дослідження придатності видів доповнюються дослідженнями з впливу різних методів обробки на більш своєчасну мінералізацію проміжних культур для підживлення наступних культур навесні.

Література

Bergkvist G, Stenberg M, Wetterlind J, Båth B, Elfstrand S (2011): Clover cover crops undersown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley - Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research* 120, 292-298, DOI: 10.1016/j.fcr.2010.11.001

Cicek H, Thiessen Martens JR, Bamford KC, Entz MH (2015): Late-season catch crops reduce nitrate leaching risk after grazed green manures but release N slower than wheat demand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 202, 31-41, DOI: 0.1016/j.agee.2014.12.007

Grüner A, Köppen D & Vágó I (2007) Lysimeterversuch zum Nitrataustrag mit dem Sickerwasser in unterschiedlichen Bodennutzungssystemen, *Pflanzenbauwissenschaften*, 11 (1), 12-19.

Kolbe H, Schließer I & M Schuster (2007) Einfluss verschiedener Zwischenfrüchte als Vorfrüchte für die Ertrags- und Qualitätsleistung von Mais und Kartoffeln, *Zwischenfrüchte im Ökolandbau*, Schriftenreihe des LfULG, Heft 27/2010.

Sieling, K., 2019: Improved N transfer by growing catch crops - a challenge, *Journal für Kulturpflanzen*, 71 (6). 145-160, DOI: 10.5073/JfK.2019.06.01

Thorup-Kristensen K (1994) The effect of nitrogen catch crop species on the nitrogen nutrition of succeeding crops, *Fertilizer Research*, 37(3), 227–234.



Цей матеріал перекладено українською мовою проектом «Німецько-українська співпраця у галузі органічного сільського господарства».

© Всі права захищені

Повне чи часткове відтворення чи передача цієї публікації в будь-якій формі чи будь-якими засобами, в тому числі електронними, механічними, шляхом фотокопіювання чи запису чи у будь-який інший спосіб можливе лише за попередньої згоди авторів або видавців.