

## **Вплив різних проміжних культур сівозміни на динаміку утворення азоту протягом зими**

### **Вступ**

Крім вирощування фуражних бобових культур в основній сівозміні, яке вдалося зробити знову привабливішим завдяки дослідом технології „Cut & Carry“ («косити й перевозити») на пілотних підприємствах проекту для підприємств з невеликою кількістю худоби, проміжні культури сівозміни надають ще одну важливу можливість для підвищення зв'язування азоту в межах підприємства й для покращення відновлення гумусу. Центральним аспектом вирощування проміжних культур сівозміни є також запобігання втратам поживних речовин протягом зими, що має позитивний вплив на захист водойм і на обмеження внесення поживних речовин на органічному підприємстві. Якщо значення проміжних культур сівозміни як поглиначів азоту задля зниження перерозподілу нітратів протягом зими наразі однаково визнаються практиками, дорадниками й наукою, то багато питань щодо їхньої дієвості як джерела азоту для наступних культур сівозміни залишаються невирішеними (Sieling, 2019). Отже, на практиці навесні часто спостерігається лише незначний рівень мінералізації попри щільні посіви проміжних культур сівозміни. У теплі й вологі зими, які переважають у регіоні Рейну, після відмирання й опадання проміжних культур сівозміни з вузьким співвідношенням вуглецю до азоту (співвідношення C/N) можуть виникнути вторинні втрати через вимивання (Bergkvist et al. 2011), а види з широким співвідношенням C/N можуть навіть на короткий строк зафіксувати азот. І одне, і інше можуть мати незначний або навіть негативний вплив на рівень мінералізації навесні (Kolbe et al. 2007). З 2017 р. на пілотних органічних підприємствах Північного Рейну-Вестфалії, розташованих у різних умовах виробництва, проводяться досліді, наскільки великі втрати азоту з рослинної маси після морозів або широке співвідношення C/N після зими можуть відповідати за цей низький внесок азоту з проміжних культур сівозміни навесні, який спостерігався на практиці. З погляду дорадництва й практики цікавими у цьому випадку є такі питання:

1. Наскільки високими є втрати азоту з рослинної маси проміжних культур сівозміни за зиму?
2. Як змінюється співвідношення C/N проміжних культур сівозміни за зиму?
3. Який внесок до утворення азоту для наступної культури сівозміни можуть зробити «рослинні рештки» після зими?
4. Як обробіток проміжної культури сівозміни впливає на динаміку утворення азоту?

## ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ

### **Матеріал і методи**

У ході однофакторних польових експериментів досліджувалися такі стійкі і нестійкі до морозів проміжні культури сівозміни: фацелія (сорт Veehappy, 12 кг/га), олійна редька (сорт Silentina, 25 кг/га), зимова суріпиця (сорт Jupiter, 15 кг/га), овес щетинястий (сорт Prateх, 80 кг/га), зелене жито (сорт Bonfire, 120 кг/га), люпин синій (сорт D260, 120 кг/га), конюшина інкарнатна (сорт Linkagus, 30 кг/га). Вони висівалися блоками, що повторювалися по 4 рази, й порівнювалися з контрольними ділянками (необроблене поле без бур'янів).

Посів на практичному підприємстві в окрузі Вірзен (60 м н.р.м., 9,6 °С, 750 мм, IS- sL, 50-70 BP) проходив 06.08.2018 р. на полі після ранньої картоплі й підготовки посівного ложа за допомогою роторного культиватора.

На практичному підприємстві в окрузі Боркен (50 м н.р.м., 10,2 °С, 760 мм, S-sL, 20-45 BP) експериментальні проміжні культури були висіяні 07.08.2018 р. після брокколи.

На дослідному підприємстві «Візенгут» в Геннеф/Зіг (65 м н.р.м., 10,3 °С, 840 мм, sL-uL, 60 BP) проміжні культури висівалися 12.08.2018 р. на полі після польових бобів, яке було виоране, а посівне ложе було підготовлене за допомогою роторного культиватора.

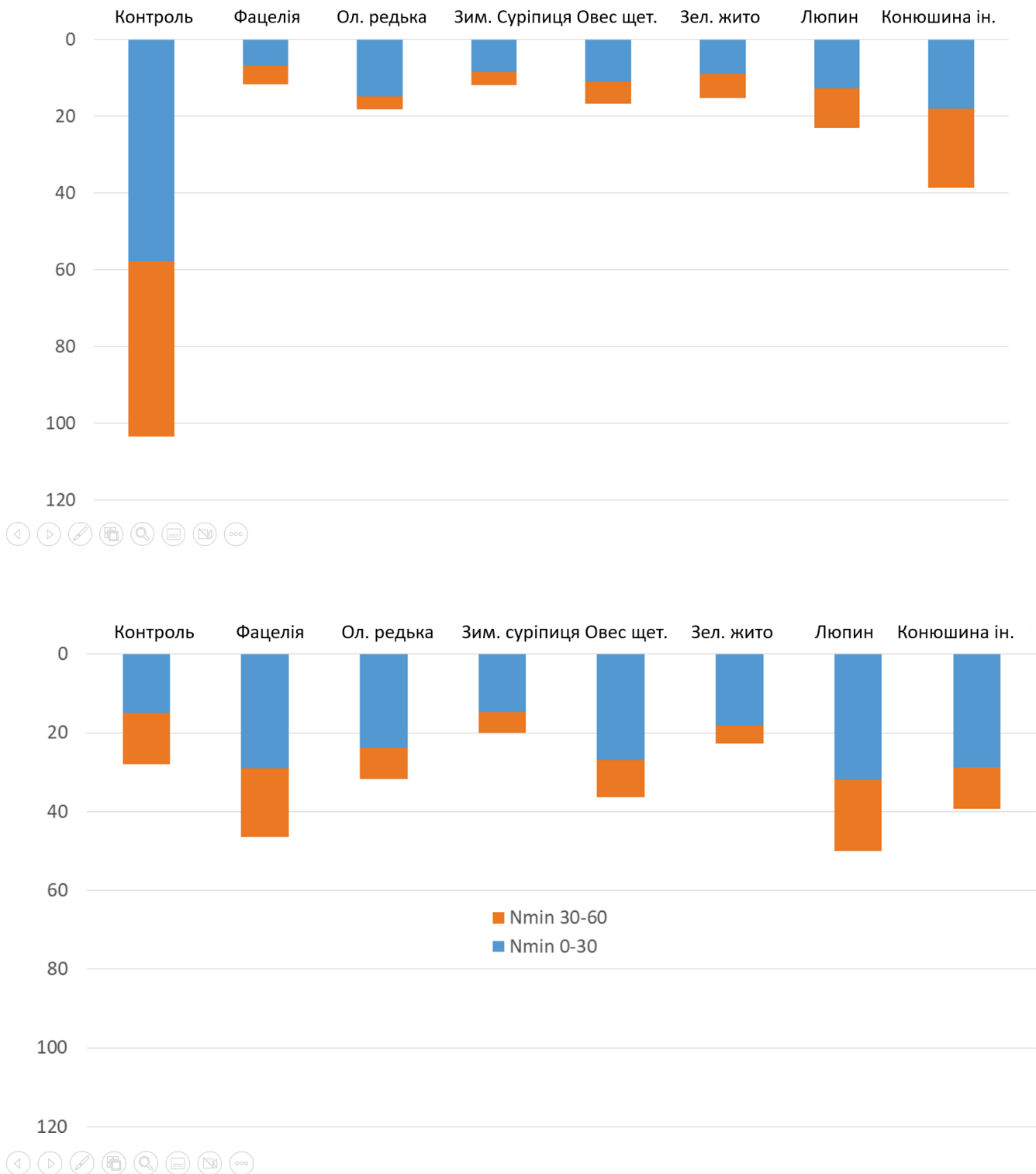
З початку дослідження щомісячно проводився аналіз мінерального розчиненого азоту в орному шарі ґрунту (0-30 см), а також бралися його проби до зими (листопад) і після зими (лютий) на глибині до 90 см. Поглинання азоту й вуглецю паростками визначалося на основі вибіркового зборів урожаю (2 x 0,25 м<sup>2</sup>) до початку періоду заморозків й незадовго до їхнього переорювання навесні. Для проміжних культур сівозміни, нестійких до морозу, окремо проводилися аналізи листя та стебел, а також після зими додатково бралися загальні проби паростків, які під час першої проби оброблялися ножовими валами (ступінь подрібнення 10 см). Морозостійкі культури через недостатню висоту рослин не аналізувалися окремо на листях і на стеблах, а також не оброблялися до зими.

### **Результати**

#### **Підтвердження потенціалу проміжних культур для захисту ґрунтових вод**

Здатність проміжних культур сівозміни поглинати великі обсяги азоту до настання зими й скорочувати завдяки цьому вимивання нітратів є широко визнаним фактом, який знайшов своє підтвердження в умовах органічного землеробства в регіоні Рейна. Всі небобові проміжні культури фіксували мінеральний розчинений азот до зими майже в повному обсязі й запобігали його перенесенню до глибших шарів ґрунту (Рис. 1).

**ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ**



**Рис. 1: Вплив різних проміжних культур на обсяг мінерального розчиненого азоту (кг N/га) у ґрунтовому розчині на дослідному підприємстві Візенґут у Геннефі (нагорі – 9 листопада 2018 р., знизу – 21 лютого 2019 р.).**

Результати на підприємстві Візенґут, представлені тут станом на зимовий період 2018-2019 рр., наводяться лише для прикладу й підтверджуються численними дослідними значеннями проміжних культур сівозміни для скорочення

## ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ

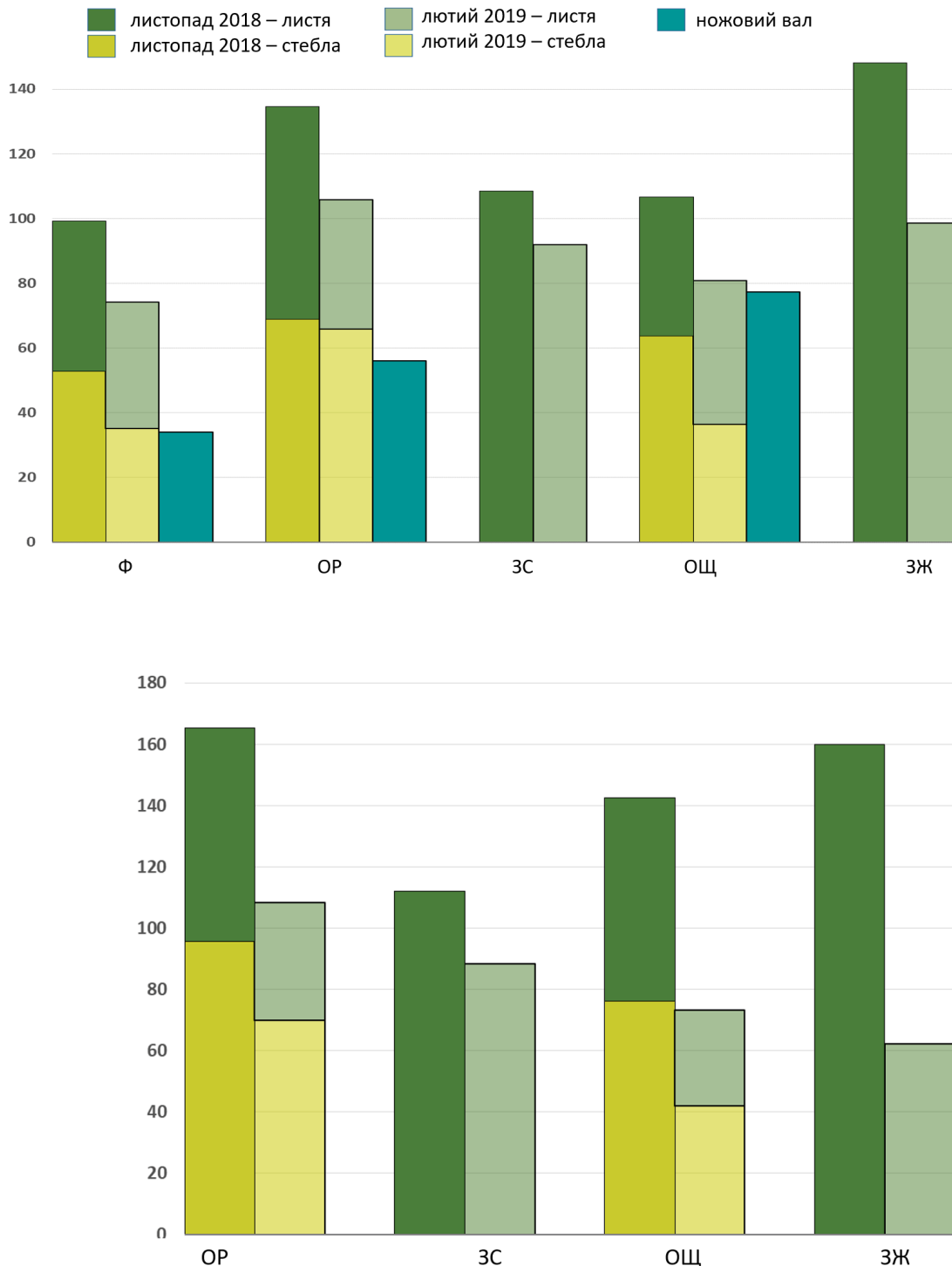
перерозподілу нітратів протягом зими (серед них Thorup-Kristensen, 1994 та Grüner et al. 2007). На контрольних необроблених ділянках, які не містили бур'янів або містили їх невелику кількість, а також в конюшині інкарнатній і люпині частково було виявлено значно більші кількості залишкових нітратів до зими, ніж у пробах небобових проміжних культур, що як наслідок могло призвести до вищих втрат через вимивання, передусім на майданчиках з легшим ґрунтом і за умови високого рівня опадів.

### **Поглинання азоту проміжними культурами**

Вплив небобових проміжних культур на обсяг нітратів, передусім у верхніх шарах ґрунту, майже однозначно пояснюється високим поглинанням азоту біомасою рослин (Рис. 2). Найбільше поглинання азоту було зафіксовано на обох практичних майданчиках у випадку олійної редьки й зеленого жита. Вимірювання цих варіантів показало до 160 кг N/га, що було значно вищим показником у порівнянні, наприклад, з фацелією на майданчику Боркен або із зимовою суріпицею на обох майданчиках. Проте можна сказати, що фацелія та зимова суріпиця виявили ще досить високі показники поглинання азоту до зими – мінімум 100 кг N/га. У випадку нестійких до морозів проміжних культур дещо більше ніж половину поглинутого азоту було знайдено в стеблах. У цьому випадку поглинання азоту кореневими системами виявлено не було, адже макс. 20 кг N/га є досить низьким показником.

Після зими в рештках рослин у всіх необроблених посівах проміжних культур частково спостерігався значно менший вміст азоту (Рис. 2), ніж під час вибіркового збору врожаю в листопаді. На обох майданчиках найменше скорочення було зафіксовано в морозостійкій зимовій суріпиці. Дещо неочікуваним було те, що найвищі втрати спостерігалися в морозостійкому зеленому житі. Серед нестійких до морозу культур тенденція до втрати азоту із маси листя була вищою, ніж зі стебел. Особливо яскраво цей ефект проявився в олійній редьці на обох майданчиках й у вівсі щетинястому в окрузі Вірзен. Вищі втрати з маси листя, ніж зі стебел, можна, очевидно, пояснити більш вузьким співвідношенням C/N (див. Табл. 1). Цей взаємозв'язок вже згадувався в дослідженні Bergkvist et al. (2011 р.). За умови теплої та вологої погоди взимку він може також призвести до вторинних втрат через вимивання.

## ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ



**Рис. 2: Вплив різних проміжних культур сівозміни на поглинання азоту рослинами на двох практичних підприємствах (нагорі – округ Боркен, знизу – округ Вірзен) до й після зими 2018-2019 рр. Для проміжних культур сівозміни, нестійких до морозу, окремо проводилися аналізи листя та стебел, а також після зими додатково бралися загальні проби рослин, які в листопаді оброблялися ножовим валом (ступень подрібнення 10 см). Ф - фацелія, ОР – олійна редька, ЗС - зимова суріпиця, ОЩ - овес щетинястий, ЗЖ – зелено жито.**

**ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ****Оброблення до зими призводить до вищих втрат азоту**

Якщо проміжні культури до зими оброблялись ножовим котком, втрати азоту з пагонів частково значно збільшуються (Рис. 2, Боркен). У фацелії після оброблення в листопаді в залишках рослин було зафіксовано лише третину від обсягу азоту, який вони поглинули, в олійній редьці – менш ніж 50%, а у вівсі щетинястому заміри залишків рослин показали майже однаковий обсяг азоту у порівнянні з необробленим варіантом.

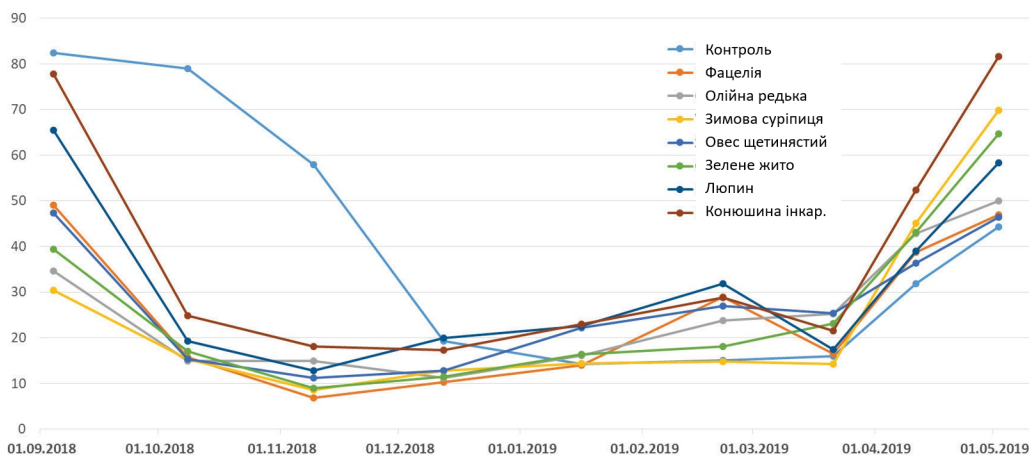
**Таб. 1: Вплив різних проміжних культур сівозміни на співвідношення C/N до й після зими 2018-2019 рр. на трьох майданчиках у Північному Рейні-Вестфалії.** Для проміжних культур сівозміни, нестійких до морозу, окремо проводилися аналізи листя та стебел, а також після зими додатково бралися загальні проби рослин, які в листопаді оброблялися ножовим котком (ступінь подрібнення 10 см). Роздільні проби морозостійких культур через недостатню висоту рослин не бралися, а також не проводилося їхнє оброблення.

			Фц	ОР	ЗС	ОЦ	ЗЖ	Люп	КІ
<b>Геннеф</b>	15.11.2018	листя	15,7	14,0	19,0	15,5	19,9	10,6	14,0
		стеблини	38,8	38,3		36,9		22,1	
	21.02.2019	листя	12,2	11,2	13,3	25,3	19,6	10,6	13,1
		стеблини	36,5	37,6		47,0		30,3	
		Ножовий коток	40,1	24,0		34,0		42,3	
<b>Боркен</b>	16.11.2018	листя	12,4	11,8	15,5	20,1	15,3		
		стеблини	38,2	35,1		48,1			
	25.02.2019	листя	11,2	10,8	13,2	24,1	14,1		
		стеблини	35,6	34,8		61,1			
		Ножовий коток	37,3	31,9		35,6			
<b>Вірзен</b>	14.11.2018	листя		11,0	15,0	16,7	14,1		
		стеблини		34,8		38,6			
	26.02.2019	листя		11,2	10,9	20,8	15,0		
		стеблини		34,8		48,9			

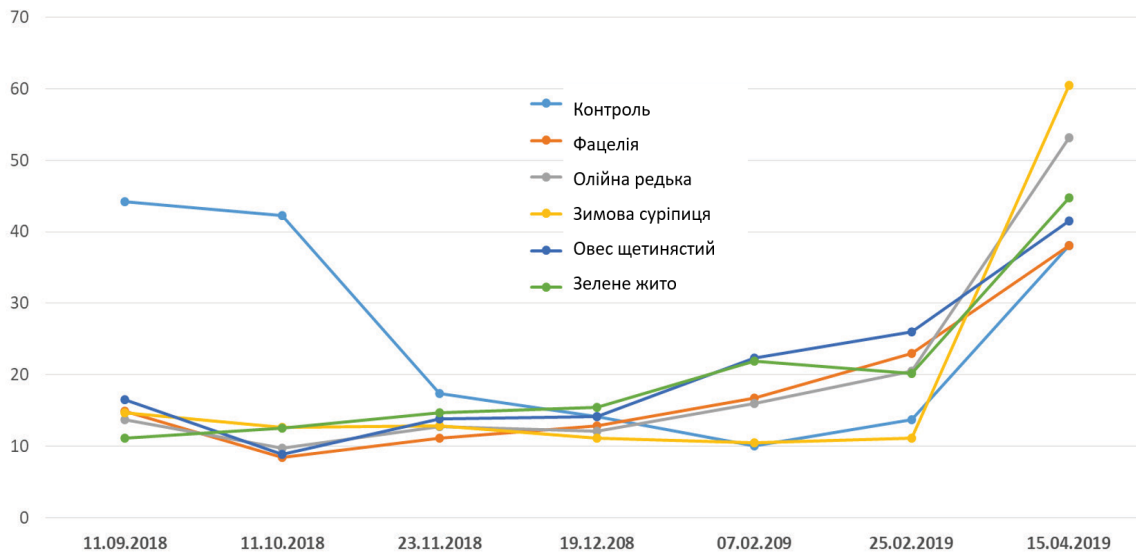
Фц - фацелія, ОР – олійна редька, ЗС - зимова суріпиця, ОЦ - овес щетинястий, ЗЖ – зелене жито, Люп – люпин, КІ - конюшина інкарнатна.

**Дуже широке співвідношення вуглецю та азоту в стеблах**

Для можливості оцінки потенційної передачі азоту з проміжних культур сівозміни до наступних культур проводився аналіз співвідношення C/N до й після зими, проби бралися окремо з листя та стебел (Таб. 1). Якщо в масі листя співвідношення C/N складало від 10 (люпин до зими) до 25 (овес щетинястий після зими) й, відповідно, їх можна потенційно розглядати як джерело азоту зі швидкою мінералізацією, то в стеблах були зафіксовані показники від 22 (люпин до зими) до майже 60 (овес щетинястий після зими). Через те що втрати азоту з маси листя протягом зими були вищими в порівнянні зі стеблами, вплив широкого співвідношення C/N в стеблах після зими стає ще більш значним. Для морозостійких проміжних культур розділення на листя та стебла було неможливим, а співвідношення C/N в зеленому житі, зимовій суріпиці й конюшині інкарнатній сягало від 10 до 20, що дозволяє сподіватися на відносно швидку мобілізацію після заорювання навесні. Ці результати підтверджуються практичними спостереженнями, що залишки рослин проміжних культур, нестійких до морозів, роблять ранньою весною тільки відносно невеликий внесок до передачі азоту наступній культурі або в екстремальних випадках можуть навіть зв'язувати азот через дуже широке співвідношення C/N в стеблах (Сісек 2015).



**Рис. 3: Мінеральний розчинений азот у ґрунтовому розчині (кг N/га) на глибині 0-30 см під різними проміжними культурами на дослідному підприємстві Візенгут у Геннефі, вересень 2018 р. – квітень 2019 р. (щомісячний відбір проб).**

**ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ**

**Рис. 4:** Мінеральний розчинений азот у ґрунтовому розчині (кг N/га) на глибині 0-30 см під різними проміжними культурами на двох практичних підприємствах (нагорі – в окрузі Боркен, знизу – в окрузі Вірзен), вересень 2018 р. – квітень 2019 р. (щомісячний відбір проб).

#### Обмежений потенціал для забезпечення азотом наступних культур

На органічному дослідному підприємстві Боннського університету у вересні 2018 р. показники вмісту мінерального азоту (N<sub>min</sub>) у верхньому шарі ґрунту контрольних необроблених ділянок після збору врожаю польових бобів були ще порівняно високими й сягали 80 кг N/га (Рис. 3). У той же момент часу контрольні необроблені ділянки на обох практичних підприємствах також містили значно вищі обсяги залишкових нітратів у порівнянні з варіантами вирощування проміжних культур (Рис. 4). Щонайпізніше до жовтня проміжні культури майже повністю поглинули наявний азот, завдяки чому можна було запобігти вимиванню азоту в порівнянні з контрольними необробленими ділянками. Водночас на майданчику у Візенгуті можна було чітко побачити, що в разі бобових культур очищення верхніх шарів ґрунту відбувалося дещо повільніше. Якщо в органічному землеробстві є цілі додаткового зв'язування азоту в проміжних бобових культурах сівозміни, то швидке поглинання залишкових нітратів до зими мають забезпечувати придатні для цього культури-партнери.



## ДОСЛІДИ З ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА В ПІВНІЧНОМУ РЕЙНІ-ВЕСТФАЛІЇ

Попри достатньо високу температуру взимку в період наприкінці грудня – на початку січня мінералізації значного обсягу азоту не відбулося. У Візенґуті, а також на практичному підприємстві в окрузі Боркен початок вивільнення азоту можна було побачити тільки після заорювання проміжних культур у березні, а на практичному підприємстві в окрузі Вірзен вимірювання на той момент провести було неможливо, ймовірно, через важкі ґрунти (результати не представлено). На дослідному підприємстві у Візенґуті на початку травня спостерігалася тенденція до вищої мінералізації після морозостійких проміжних культур у такій послідовності: конюшина інкарнатна, зимова суріпиця та зелене жито, що можна пояснити більш вузьким співвідношенням N/C в залишках рослин цих культур, в яких домінує листя. Натомість у Боркені цей ефект швидшої мінералізації після морозостійких культур підтвердився лише частково. Без конюшини інкарнатної, тільки із зимовою суріпицею тут також в середині квітня було зафіксовано найвищий показник N<sub>min</sub> (60 кг N/га), а середній показник у разі олійної редьки складав 53 кг N/га, що було вище відповідних показників зеленого жита (45 кг N/га). На обох майданчиках широке співвідношення N/C в стеблах вівса щетинястого й фацелії могло спричинити повільнішу мінералізацію навесні, а на контрольних ділянках низькі показники N<sub>min</sub> могли стати результатом втрати від вимивання. Результати третього року дослідів чітко демонструють обмежений потенціал передусім нестійких до морозів проміжних культур щодо своєчасної передачі зв'язаного до зими азоту до наступної культури навесні.

### **Висновки й перспективи**

Власні дослідження підтверджують, що всі досліджені небобові проміжні культури поглинають великі обсяги азоту до зими й можуть завдяки цьому запобігти перенесенню азоту фільтраційною водою. Отже, на територіях із високим рівнем внесення азоту, наприклад, з відходів тваринництва, а також на легких ґрунтах або у разі очікуваного великого обсягу фільтраційної води відмовлятися від вирощування проміжних культур не рекомендується. Проте великим викликом залишається фіксація азоту протягом зими паралельно з якомога вищою мінералізацією азоту, що залежить від морозостійкості культур, співвідношення N/C, але передусім і від таких важко передбачуваних параметрів, як температура й опади. Власні дослідження підтверджують факти, багато разів описані на практиці, що високі втрати азоту з рослинної маси взимку, насамперед у нестійких до морозів проміжних культурах, а також широке співвідношення N/C в рештках їхніх рослин вказують на досить низький потенціал збереження азоту для наступних культур. Механічне оброблення проміжних культур ще більше підвищувало втрати азоту взимку й тому в умовах регіону Рейну проводити не рекомендується.

Перші роки дослідів показали, що нестійкі до морозів проміжні культури мають тенденцію до поглинання більших обсягів азоту до зими у порівнянні з морозостійкими. Проте у морозостійких культур завдяки більш вузькому співвідношенню C/N вивільнення азоту з пагонів відбувається, як правило, швидше. З цих причин на багатьох пілотних підприємствах Північного Рейна-Вестфалії зараз випробуються різні комбінації з морозостійких проміжних культур і нестійких до морозу проміжних культур, а також досліджується вплив передачі азоту на врожайність наступних культур сівозміни.

### Список літератури

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: 10.1016/j.agee.2014.12.007

Grüner A, Köppen D & Vágó I (2007) Lysimeterversuch zum Nitrataustrag mit dem Sickerwasser in unterschiedlichen Bodennutzungssystemen, *Pflanzenbau- wissenschaften*, 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.*