



Lancetvejbred som nitrifikationshæmmer i marken



Effekt og potentiale som levende blandingspartner og i jorden efter
nedpløjning.





Udgivet af

Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 26
8200 Aarhus N
+45 78780120
info@icoel.dk

Forfatter

Marie Reimer, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Henvendelser vedr. rapporten

Dennis Weigelt Pedersen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug, dewp@icoel.dk

Citeres som

Reimer, M. (2025). *Lancetvejbred som nitrifikationshæmmer i marken*. Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Fagfællebedømmelse

Dennis Weigelt Pedersen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Finansiering

Støttet af Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø.

Forsidefoto

Sven Hermansen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug



Sammendrag og konklusion

Dette notat beskriver den nyeste viden og det faglige grundlag for at anvende lancetvejbred (*Plantago lanceolata* L.) som en biologisk nitrifikationshæmmer (BNI) i danske kløvergræsmarker og efterafgrøder. Formålet er at belyse både potentialet og de nuværende usikkerheder ved brugen af vejbred som et naturbaseret værktøj til at reducere udledning af lattergas (N_2O) og nedsætte nitratudvaskningen fra markfladen, samtidig med at afgrødesystemets kvælstofudnyttelse forbedres.

Lancet-vejbred er en lovende kandidat som biologisk nitrifikationshæmmer i danske kløvergræsmarker og efterafgrøder. Planten har dokumenterede BNI-egenskaber, både gennem rodexudater og via eftervirkning efter nedpløjning. Videnskabelig dokumentation peger på, at vejbred kan reducere både lattergasemissioner og nitratudvaskning, især når den indgår i blandinger frem for i renbestand.

Resultaterne er imidlertid ikke konsistente, og mange af de faktorer, der påvirker effekten, er ukendte.

Potentialet er betydeligt, men der er også usikkerheder. For at kunne implementere vejbred som klimavirkemiddel er der behov for yderligere markforsøg under danske forhold. På trods af disse videnshuller repræsenterer vejbred et realistisk naturbaseret værktøj til reduktion af kvælstoftab og klimabelastning i dansk jordbrug – et værktøj, som kan integreres i eksisterende driftsformer uden større omkostninger.

Baggrund og problemstilling

I dansk økologisk jordbrug udgør kløvergræsmarker og efterafgrøder en central kilde til kvælstof i sædskiftet. De tilføjer store mængder organisk materiale og er vigtige for jordens frugtbarhed og kulstoflagring og for reduktion af nitratudvaskning. Når disse afgrøder nedpløjes, frigives imidlertid betydelige mængder let omsætteligt kulstof og kvælstof, der sætter en kraftig mikrobiel omsætning i gang. Under fugtige forhold eller når store mængder biomasse nedpløjes i ét lag, kan forholdene blive delvist anaerobe, og den mikrobielle nitrifikation kan forløbe ufuldstændigt. Resultatet kan i nogle tilfælde være store udledninger af lattergas, en drivhusgas med et globalt opvarmningspotentiale der er omkring 273 gange større end CO_2 .

Nedpløjning af grønt plantemateriale fører også til hurtig omdannelse af organisk kvælstof til ammonium og derfra videre til nitrat (nitrifikation). Nitrat er meget mobilt i jordprofilen og kan derfor let udvaskes, især i efterårs- og vintersæsonen. Nitrifikation er således forgreningspunktet, hvor kvælstof enten bevæger sig mod udvaskning eller luftformig emission. Hvis nitrifikationen kan bremses, kan både nitratdannelse og efterfølgende tab reduceres markant. Dette fører til en samlet reduktion af N-tab, hvilket igen øger N-effektiviteten i sædskiftet i form af potentielt højere udbytte.

Nitrifikationshæmmere

Der findes kemiske nitrifikationshæmmere som DMPP (3,4-Dimethylpyrazolephosphate) og DCD (Dicyandiamide), som effektivt undertrykker aktiviteten af ammoniak-oxiderende mikroorganismer. Der er dog en risiko for, at disse kemiske nitrifikationshæmmere også påvirker andre mikroorganismer i jorden, der ikke er mål for behandlingen, og denne bivirkning er for det meste ikke undersøgt^{1,2}.

I økologisk sammenhæng er kemiske løsninger ikke en mulighed, og der er samtidig stigende interesse for at anvende naturbaserede alternativer, der kan integreres i afgrødesystemet uden yderligere indsats eller input. På den baggrund er der voksende fokus på biologiske nitrifikationshæmmere, herunder lancetvejbred.



Biologiske nitrifikationshæmmere – definition og virkemåde

Biologiske nitrifikationshæmmere (BNI) kan defineres som plantespecifikke metabolitter, der hæmmer nitrifikationen. Disse forbindelser virker typisk ved at bremse aktiviteten af det nøgleenzym, ammoniakmonooxygenase (AMO), der står for det første trin i omdannelsen af ammonium til nitrit. De kan også have mere indirekte virkemåder, f.eks. ved at påvirke jordens mikrobiom eller kvælstofkredsløb.

Der er forskellige måder, BNI'er kan udnyttes på. De specifikke BNI-metabolitter kan udvindes fra planter og anvendes som tilsætning til gødning eller udbringes direkte på marker. Alternativt kan specifikke planter og/eller sorter med BNI-potentiale dyrkes alene eller i blandinger for at drage fordel af deres nitrifikationshæmmende egenskaber direkte i marken. Planter med BNI-egenskaber kan også bruges som foder og derved indirekte påvirke gødningens sammensætning.

Aktive stoffer i lancetvejbred

Lancetvejbred er en urt, der allerede vokser naturligt på græsmarker og derfor er velegnet som ledsagerplante i kløvergræsblandinger eller forskellige efterafgrøder. De plantemetabolitter, der menes at have en BNI-effekt i lancetvejbred, er allelokemikalier, især aucubin³. Disse plantemetabolitter findes i rødderne og bladvævet af lancetvejbred.

Ifølge den internationale BNI-litteratur udskiller planter kun BNI-stoffer i de dele af rodzonen, hvor der er høje koncentrationer af ammonium. BNI-effekten er altså en målrettet plantefunktion, der aktiveres, når planten forsøger at beskytte sin egen kvælstofforsyning. Rodudskillelse af BNI er derfor både rumligt og tidsmæssigt betinget og følger de zoner, hvor mikroorganismernes nitrifikation er mest aktiv. Denne rumlige og tidsmæssige aktivitet kan dog gøre det vanskeligt at kvantificere effekten af BNI'er.

Lancetvejbred som BNI – videnskabeligt grundlag

Lancetvejbred har de seneste år påkaldt sig stor interesse som grøn BNI-kilde. Flere studier har dokumenteret, at vejbred udskiller stoffer, der hæmmer nitrifikationen, og at biomassen kan have en nitrifikationshæmmende eftervirkning, når den nedmuldres³⁻⁷.

Laboratorie- og semifeltstudier har vist, at vejbredds rodexudater kan hæmme ammoniakoxidation, men effekten varierer mellem sorter og dyrkningsforhold. Dietz et al. (2013) dokumenterede i et inkubationsstudie, at biomasse af lancetvejbred ved indarbejdning i jorden kan sænke nitrifikationen og holde nitratniveauerne lave i op til to måneder³. Dette tidsvindue er særligt relevant, da størstedelen af N₂O-emissionerne fra efterafgrøder og kløvergræs forekommer netop i perioden umiddelbart efter nedpløjning.

Feltstudier viser et mere komplekst billede. Pijlman et al. (2020) fandt en reduktion på 39 procent i N₂O-emissioner fra græsmarker med høje andele af vejbred⁷. Krachunova et al. (2025) fokuserede mere på jordens kvælstofkredsløb og fandt en højere ammonium (NH₄⁺)-koncentration og lavere nitrat- (NO₃⁻) koncentration ved blandingsdyrkning af lucerne og vejbred sammenlignet med blandingsdyrkning af lucerne og engsvingel. Dette indikerer en hæmning af nitrifikationen⁴.

Et nyt tysk studie⁵, der efterligner økologisk dyrkning, bekræfter lancetvejbreds potentiale som BNI-plante, og viser samtidig hvilken forfrugtseffekt vejbred kan have. Forsøget sammenlignede



renbestande og 50/50-blandinger af rødkløver med enten rajgræs eller lancetvejbred og målte både jordens indhold af mineralisk kvælstof samt drivhusgasemissioner. Selvom resultaterne ikke altid var statistisk signifikante, viste de entydig tendens: Renbestand af lancet-vejbred gav de laveste N_2O -emissioner i en efterfølgende vinterhvede. Dette kan dog delvist skyldes den manglende N-fiksering sammenlignet med rødkløver. En mere retfærdig sammenligning er derfor mellem de to 50/50-blandinger. Her fandt forskerne ingen signifikante forskelle, men der var en konsistent tendens i retning af lavere N_2O -emissioner, når vejbred indgik som blandingspartner. Over de to år viste studiet, at både ren vejbred og blandingen rødkløver/vejbred havde potentiale til at reducere N_2O i nogen grad og samtidig give en forfrugtsværdi til den efterfølgende vinterhvede, der var lige så god som – eller bedre end – de tilsvarende rødkløver/rajgræs-blandinger.

I forsøg fra New Zealand fandt Carlton et al. (2019), at græs/kløver-blandinger med vejbred udledte mindre nitrat til grundvandet. Dette tyder på en dobbelt effekt; dels hæmning af nitrifikationen, dels en større vandoptagelse som reducerer udvaskningen gennem rodzonen. En vigtig pointe er dog, at de fleste studier peger på, at effekten afhænger af proportionen af vejbred i blandingen og af forhold i jorden, herunder vandtilgængelighed og ammoniumindhold.

Andre undersøgelser, hvor vejbred indgik som renbestand og hvor effekten blev vurderet i vækstsæsonen, har ikke kunnet påvise en tilsvarende effekt^{8,9}. I flerarts-blandinger har vejbred derimod ofte medvirket til lavere NO_3 -koncentrationer i jorden og derfor potentiale til lattergasemissioner, hvilket antyder, at samspillet mellem arterne er vigtigt for at fremme BNI-effekten.

Potentiale for reduktion af lattergas og nitratudvaskning

Når kløvergræs og efterafgrøder nedmuldes i Danmark, er lattergasemissioner (N_2O) en af de største klimamæssige udfordringer. Meta-analyser viser, at emissionerne efter nedpløjning kan være betydelige, især hvor biomassen er umoden og C/N-forholdet lavt, som typisk er tilfældet for vinterfaste og kløverrige blandinger^{10,11}.

Dietz et al. (2013) dokumenterede, at biomasse af vejbred kan hæmme nitrifikationen i en 2-måneders periode efter nedmuldning, hvilket falder sammen med den mest emissionsintensive fase efter ompløjning af efterafgrøde eller kløvergræs. Anvendes dette resultat som grundlag, kan vejbred potentielt mindske N_2O -emissioner fra kløvergræs og efterafgrøder på markniveau.

Da der endnu ikke findes markforsøg, som specifikt undersøger effekten af samdyrkning med vejbred under danske forhold, anvendes et konservativt skøn baseret på markforsøg med kemiske nitrifikationshæmmere, hvor N_2O -emissionerne under nedmuldning blev reduceret med ca. 15 procent. Dette estimat anvendes som reference for et realistisk potentiale for vejbrede BNI-effekt i marken.

Lattergasreduktion efter nedmuldning af efterafgrøde

I Danmark er der ca. 261.000 ha kløvergræs i sædskiftet. Derudover er arealet med efterafgrøder i Danmark stigende og forventes yderligere at være det i den nærmeste fremtid, hvor kravet til kvælstofreduktion ofte vil skulle løses med efterafgrøder. Det estimeres, at der vil være et tilsvarende areal med efterafgrøder hvor vejbred realistisk vil kunne indgå i blandingen. Ved nedmuldning af en kløvergræsbestand med 1 ton tørstof pr. ha og 2,75 procent kvælstof tilbageføres omkring 27,5 kg N pr. ha til jorden. Ifølge IPCC's emissionsfaktorer udledes 0,01 kg N_2O -N pr. kg N i biomassen, hvilket



svarer til 275 g $\text{N}_2\text{O-N}$ pr. ha. En reduktion på 15 procent giver et reduktionspotentiale på ca. 41 g $\text{N}_2\text{O-N}$ pr. ha.

Reduktion i nitratudvaskning

BNI-effekten i vejbred kan også mindske nitratudvaskning. Under danske forhold udvaskes typisk 25–50 kg N pr. ha fra kløvergræs afhængigt af alder, drift og jordtype¹². Kemiske nitrifikationshæmmere kan reducere udvaskningen med op til 50 procent¹³. Et konservativt estimat for vejbrede BNI-effekt er 25 procent reduktion, hvilket svarer til 6–12 kg N pr. ha. For kløvergræsarealet alene svarer dette til ca. 2.500 tons reduceret udvaskning på nationalt niveau.

Under efterafgrøder der stadig en risiko for udvaskning af nitrat på 20–50 kg N ha^{-1} afhængigt af såtidspunkt, jordtype, anvendt gødning og afgrødeart^{14,15}. Med samme reduktionsprocent som ovenfor kan vejbred som blandingspartner reducere udvaskningen med omkring 5 kg N pr. ha, hvilket svarer til omkring 1.200 ton kvælstof om året. Tilsammen udgør dette en samlet national reduktion på omkring 3.700 ton N, hvilket også mindsker de indirekte N_2O -emissioner fra udvasket nitrat.

Effekt skal verificeres

Set i forhold til den nationale arealmæssige udbredelse giver dette et substantielt klimamæssigt og miljømæssigt potentiale. Det er samtidig værd at bemærke, at en plantebaseret BNI-tilgang ikke kræver yderligere input eller særlige driftsændringer, men kan integreres i de eksisterende dyrkningssystemer. Det er vigtigt at bemærke, at der her er tale om teoretiske beregninger, som ikke er blevet verificeret under danske forhold. De skal undersøges i flerårige markforsøg, før der kan drages konkrete konklusioner.

Positive sideeffekter

Udover de potentielle reduktioner i lattergasemissioner og nitratudvaskning kan vejbred også øge kvælstofudnyttelsen i efterfølgende afgrøder. En langsommere nitrifikation resulterer i en mere gradvis frigivelse af kvælstof til planterne, hvilket kan styrke udnyttelsesgraden og reducere behovet for yderligere gødningstilførsel. Samtidig bidrager vejbred som hjemmehørende art med rig blomstring til en øget biodiversitet i marken, hvilket styrker insektlivet og økosystemets funktionalitet.

Behov for yderligere forskning

Selvom den eksisterende forskning peger på en reel mulighed for at bruge lancetvejbred som BNI-plante, mangler der fortsat viden om effekten i praksis og særligt under danske forhold. Der er behov for feltstudier, som undersøger:

- hvordan vejbrede BNI-aktivitet varierer mellem sorter,
- hvor stor en andel af vejbred i blandingen, der er nødvendig for en målbar effekt,
- hvordan jordtype, vandindhold og NH_4^+ -niveauer påvirker effekten,
- om effekten ved nedpløjning også kan dokumenteres på markniveau under danske klima- og dyrkningsforhold.

AU's review af BNI¹⁶ fremhæver også, at mekanismerne bag BNI ikke er fuldt forstået, og at mere avanceret screening af plantearter og genetiske variationer er nødvendig for at udvikle målrettede BNI-sorter i fremtiden.



Referencer

1. Tindaon, F., Benckiser, G. & Gottlieb Ottow, J. C. Side Effects of Nitrification Inhibitors on Non Target Microbial Processes in Soils. *J Trop Soils* 16, 7–16 (2011).
2. Tindaon, F. & Benckiser, G. Evaluation of the Side Effects of Nitrification-Inhibiting Agrochemicals in Soils. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Prospects for Sustainable Agriculture* 93–107 (2019) doi:10.1007/978-981-13-6790-8_6.
3. Dietz, M., Machill, S., Hoffmann, H. C. & Schmidtke, K. Inhibitory effects of *Plantago lanceolata* L. on soil N mineralization. *Plant Soil* 368, 445–458 (2013).
4. Krachunova, T., Bellingrath-Kimura, S. & Schmidtke, K. Annual ribwort plantain and alfalfa mixtures enhance forage accumulation and reduce nitrate. *Agron J* 117, e70098 (2025).
5. Tröber, F., Pol, M., Krauss, M. & Schmidtke, K. Impact of Ribwort Plantain on Nitrous Oxide Emissions from Arable Farming Systems with Forage Legumes. <https://doi.org/10.2139/SSRN.5263764> (2025) doi:10.2139/SSRN.5263764.
6. Carlton, A. J., Cameron, K. C., Di, H. J., Edwards, G. R. & Clough, T. J. Nitrate leaching losses are lower from ryegrass/white clover forages containing plantain than from ryegrass/white clover forages under different irrigation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 62, 150–172 (2019).
7. Pijlman, J., Mani, D., Groenigen, J. Van & Erisman, J. Can the temperate forage herb plantain (*Plantago lanceolata* L.) decrease nitrous oxide emissions from grassland on peat soils? 25, (2020).
8. Fernandez Pulido, C. R., Rasmussen, J., Eriksen, J. & Abalos, D. Cover crops for nitrogen loss reductions: functional groups, species identity and traits. *Plant Soil* 507, 127–140 (2023).
9. Barneze, A. S. *et al.* Belowground links between root properties of grassland species and N₂O concentration across the topsoil profile. *Soil Biol Biochem* 196, 109498 (2024).
10. Abalos, D. *et al.* Predicting field N₂O emissions from crop residues based on their biochemical composition: A meta-analytical approach. *Science of The Total Environment* 812, 152532 (2022).
11. Kjær, S. T., Lang, R., Kätterer, T. & Dörsch, P. Species specific effects of cover crops on nitrous oxide emissions in hemiboreal cereal production: The importance of freeze-thaw driven emissions. *Agric Ecosyst Environ* 397, 110061 (2026).
12. Eriksen, J., Askegaard, M., Rasmussen, J. & Sørensen, K. Nitrate leaching and residual effect in dairy crop rotations with grass–clover leys as influenced by sward age, grazing, cutting and fertilizer regimes. *Agric Ecosyst Environ* 212, 75–84 (2015).
13. Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G. & Vallejo, A. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agric Ecosyst Environ* 189, 136–144 (2014).
14. Blicher-Mathiesen, G. *et al.* Videnskabelig rapport fra DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi. <https://dce.au.dk> (2024).
15. Kumar, U. *et al.* Late sowing of cover crops reduces potential for nitrate leaching reduction and carbon inputs. *Agric Ecosyst Environ* 393, 109858 (2025).
16. Krogh Madsen, C. *et al.* Expert synthesis on knowledge and knowledge gaps of biological nitrification inhibitors Advisory report from DCA-Danish Centre for Food and Agriculture. <https://dca.au.dk/raadgivning/>.