

Innspill bærekraftig matsystem: Lystgass (N₂O)

Lars Bakken, professor NMBU.

Lars.bakken@nmbu.no tlf 97021822

Sammendrag:

Dette er et kort notat som forklarer at vi er i ferd med å utvikle en biologisk basert teknologi (NOX2N) for effektiv bekjempelse av N₂O-utslippet, at denne teknologien kan gjøre Norge til et foregangsland på området, og at det derfor vil være strategisk riktig for Norge å bruke midler på å akselerere denne utviklingen til fullskala implementering i løpet av de kommende 2-3 år. Det ligger også et potensiale for næringsutvikling basert på NOX2N.

Notatet gir også en oversikt over andre mulige tiltak som muligvis kan anses mindre attraktive fordi de er mindre effektive (kalking, rhizobia) eller kontroversielle (nitrifikasjonshemmere).

Lystgass, en «svarte-Per» for jordbruket.

Brorparten av landbruksarealenes klima-pådriv skyldes utslipp av lystgass (N₂O).

Når det norske samfunnet en gang er blitt karbon-nøytralt vi landbruket sitte igjen med «svarte-Per» = lystgass-utslippene.

..med mindre vi gjør noe med det.

Dette har lenge vært ansett som en umulig oppgave, bortsett de marginale reduksjoner av N₂O-utslipp som kan oppnås ved «forbedret agronomi» (riktig gjødsling, god drenering, god jordstruktur osv). Denne pessimismen er klart uttrykt i The European Nitrogen Assessment (Sutton et al 2011).

Lys i en tunnel, men mye støy!

Forskning på biologien som regulerer N₂O-utslipp har gjort store fremskritt, og har avdekket nye muligheter for å redusere utslippene fra jord. Men disse er ikke effektivt formidlet til politiske beslutnings-miljøer. En årsak til dette kan være forskeres tilbøyelig til å ta forbehold. Men også at de har gode grunner til å ta forbehold: Lystgassemisjon fra jord er ekstremt variabel både i tid og rom, og påvirkes av en rekke faktorer. Dette resulterer i vide konfidensintervaller for estimert utslipp i hvert enkelt eksperiment, usikker bestemmelse av tiltaks-effekter, og ikke minst: studier som konkludere med at lovende tiltak «ikke virker likevel». Dette vil effektivt diskreditere tiltak hvor man ikke kjenner virkningsmekanismen.

Tiltak med kjent virkningsmekanisme.

Et viktig kriterium for troverdige tiltak er at man har forstått hvordan det virker. Vi har identifisert 4 tiltak mot N₂O-utslipp hvor virkningsmekanismen er klarlagt (Bakken & Frostegård 2020). To av dem er imidlertid kontroversielle pga mulige bivirkninger.

Kalking:

Meta-analyser viser at heving av pH ved kalking av sur jord reduserer N₂O utslippet med ca 10 % pr pH-enhet (pH 5-7) (Wang et al 2018), og virkningsmekanismen er klarlagt: modningen av N₂O-reduktase enzymet (NosZ) hemmes av lav pH (Liu et al 2014). NosZ er naturens eneste enzym som reduserer N₂O til harmløst N₂. Kalking av sur jord vil øke mengden aktivt NosZ, og derfor redusere N₂O-utslippet. Medaljens bakside er at kalking resulterer i utslipp av CO₂. Hvis man, som IPCC, antar at alt CO₂ i kalken frigjøres til atmosfæren resulterer dette i at netto klima-effekt av kalking blir

tilnærmet nøytral. IPCC tar feil, men det råder fortsatt usikkerhet her. Kalking kan faktisk senke CO₂ utslippet under visse forutsetninger, og det er klart behov for forskning på kalkingens effekt på CO₂-emisjon.

Nitrifikasjonshemmere (NH):

N₂O-utslippet fra landbruksjord kan reduseres ved å blande nitrifikasjonshemmere (NH) i nitrogengjødselen. NH er kjemikalier som retarderer nitrifikasjon i jord ved å hemme første trinn i oksidasjon av ammonium til nitrat. Dette reduserer N₂O utslippet direkte (nitrifikasjonsbakterier produserer N₂O), og indirekte fordi retardert nitrifikasjon reduserer oksygenforbruket i jord (som ellers er høyt rett etter gjødsling). Bruk av NH er imidlertid kontroversielt: det stilles spørsmål om uønskede miljøvirkninger, og fordi det kan føre til økt ammoniakk-tap, og dermed økt N₂O-utslipp fra naturlige økosystem (Lam et al 2016).

N₂O-reduserende rhizobium-bakterier

N₂O utslippet kan reduseres ved å inokulere belgvekster med symbiotiske bakterier (rhizobia) som bærer på genet for N₂O reduktase (nosZ). Grunnen til at slike bakterier fungerer som N₂O-sluk (som dermed reduserer N₂O-utslippet) er at de prefererer N₂O fremfor nitrat fordi de har periplasmisk nitrat reduktase (Gao et al 2021). Selv om effekten av dette tiltaket på N₂O-utslippet er moderat (Akiyama et al 2016), er det interessant fordi det er tilnærmet kostnadsfritt: det dreier seg kun om å velge riktig stamme for inokulering.

N₂O-reduserende bakterier i organisk avfall (NOX2N)

Dette er et nyutviklet teknikk: bakterier som kan redusere, men ikke produsere N₂O kan dyrkes i organisk avfall før dette brukes som gjødsel. Disse vil redusere det N₂O som produseres av andre bakterier i jord, og dermed redusere utslippet til atmosfæren.

Teknologien har fått akronymet NOX2N.

De første feltforsøkene viser at N₂O-emisjon reduseres med 50-95%, avhengig av pH (His et al 2023). Pågående forskningsprosjekter på dette finansiert av NFR ([NOX2N](#) og [NRBOW](#)) til utgangen av 2027.

Målet med disse prosjektene er å utvikle teknologien videre mot anvendelse på pilot-skala. Her er det muligheter for god anvendelse av mer forskningsmidler for å akselerert utvikling mot implementering i stor skala, og ikke minst en næringsutvikling som vil gjøre Norge til et foregangsland på bekjempelse av lystgassutslipp. Målet er å lage tørre organiske gjødselmidler med bakterier som bekjemper N₂O-utslippet.

Referanser:

Akiyama H et al (2016) Mitigation of soil N₂O emission by inoculation with a mixed culture of indigenous Bradyrhizobium diazoefficiens. Scientific Reports 6:32869 DOI: 10.1038/srep32869

Bakken L, Frostegård Å (2020) Emerging options for mitigating N₂O emissions from food production by manipulating the soil microbiota. Current Opinions in Environmental Sustainability 47: 89-94.

Gao et al (2021) Competition for electrons favours N₂O reduction in denitrifying Bradyrhizobium isolates. Env Microbiol 23:2244-2259.

Hiis et al (2023) Effective biotechnology for reducing N₂O-emissions from farmland: N₂O-respiring bacteria vectored by organic waste. biorXiv <https://doi.org/10.1101/2023.10.19.563143>

Lam SK, Suter H, Mosier A, Chen D (2016) Using nitrification inhibitors to mitigate agricultural N₂O emission: a double-edged sword? *Global Change Biology* 23: 485-489.

Sutton et al (2011) *The European Nitrogen Assessment*. Cambridge University Press
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511976988>

Wang Y, Guo J, Vogt RD, Mulder J, Wang J, Zhang X (2018): Soil pH as the chief modifier for regional nitrous oxide emissions: new evidence and implications for global estimates and mitigation. *Global Change Biol* 2018, 24:e617-e626.