



Kväveeffekt i spannmål och andra grödor av mobil grüngödsling

Hur växtrester kan användas som kvävegödsel

Erik Berge

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för mark och miljö

Växtodlingsprogrammet

Examensarbeten / Institutionen för mark och miljö, SLU

Nummer i serien: 2024:09

Uppsala 2024



Kväveeffekt i spannmål och andra grödor av mobil grüngödsling - Hur växtrester kan användas som kvävegödsel

Erik Berge

Handledare: Karin Hamnér, SLU, Institutionen för mark och miljö,
institution
Bitr. handledare: Per Ståhl, Hushållningssällskapet Östergötland
Examinator: Katharina Meurer, SLU, Institutionen för mark och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Växtodlingsprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2024

Nyckelord: N-mineralisering, mobil grüngödsel, nedbrytning, organiskt material, spannmål

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institution för vatten och miljö

Sammanfattning

Mobil grüngödsling (MGG) är en metod för att bättre utnyttja det organiskt bundna kvävet i växtrester som lämnas kvar i fält vid exempelvis grüngödslingsvallar, fröodling eller användning av mellangrödor. Vid MGG förflyttas växtresterna, som vanligen lämnas i fält, till andra fält för att dels användas som kvävegödsel, men även för att öka kvävefixeringen i den befintliga grödan som annars kan hämmas när kväve mineraliseras. Syftet med denna rapport är att samla information om mobil grüngödsel i Sverige och internationellt för att veta vilka grödor som lämpar sig att använda, vilken skördeeffekt och kväveeffektivitet som mobil grüngödsel kan åstadkomma samt hur nederbörd och temperatur påverkar mineraliseringen av grüngödsel.

Två försök i spannmål har genomförts i Sverige vilka utvärderades och jämfördes med studier om mobil grüngödsel i andra länder, i spannmål men även andra grödor. Resultatet visade att olika grüngödselmaterial hade olika skördeeffekt, där blandvall i flera försök orsakade en nettoimmobilisering medan rena baljväxtvallar orsakade en nettomineralisering, där vitklöver vid jämförelse hade högst skördeeffekt per kg N. Skördeeffekten per kg N visade sig även generellt vara något högre i vårsådda grödor jämfört med höstsådda. Då temperatur och nederbörd jämförts mellan försöksplatser och år så kan en högre nederbörd ha lett till en ökad kvävemineralisering, men ingen entydig slutsats har kunnat dras från befintliga data. Slutsatserna blev att MGG kan vara ett bra alternativ till annan gödsling samt att det är ett bra sätt att utnyttja växtnäring som annars kan gå förlorad. Vid rätt nederbörds och temperaturförhållanden samt spridning vid rätt tidpunkt kan det ge en hög kväveeffekt i spannmål, men även andra grödor. Dock är valet av MGG mycket viktigt då höga C:N-kvoter kan orsaka nettoimmobilisering.

Nyckelord: N-mineralisering, mobil grüngödsel, nedbrytning, organiskt material, spannmål

Abstract

Mobile green manure or cut and carry fertilizers is a method to better utilize the plant residues that is left in the field when growing green manure crops, catch crops and seed cultivars. When practicing mobile green manure methods, the plant residues from the crop is moved to another field and is then cultivated in to the soil. The nitrogen in the plant residue is there mineralized and becomes available for the next crop. The purpose of this research was to gather information about mobile green manure and different green manure-fertilizers to evaluate the nitrogen effect to see how it is effected by precipitation and temperature.

Two Swedish field trials with mobile green manure has been studied and have been compared with international studies. Mainly cereals have been examined, but also some other crops have been investigated to increase the perspectives of mobile green manure application. Multiple green manure crops such as mixed lays and forage legumes has been compared to investigate the yield effects of the green manure-fertilizers. Weather data was also summarized for a few studies and was related to the yield effect. It was shown that the mobile green manures effects on yields generally was higher in spring- rather than autumn sown crops. This difference was later linked to the higher risks for leaching and denitrification during winter. Furthermore it was concluded that there are striking differences between the yield effects of mobile green manures. White clover hade the highest yield effect per applied kg N but similar effects was shown in alfalfa and red clover. Negative yield effects was also shown in multiple studies where grass-clover lays was applied as mobile green manure. This effect was linked to the higher C:N-ratio of the mixed lay compared to forage legumes. No unambiguous conclusion could be drawn regarding weather factors due to the lack of materials regarding the topic in the field of mobile green manures. Though it is thought that a higher precipitation during one year of the field trials compared to the other could have had a positive effect on the N-mineralization.

Keywords: N-mineralization, mobile green manure, cut and carry fertilizers, decomposition, cereals

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Förkortningar	7
1. Inledning	8
1.1 Syfte	9
1.2 Avgränsningar	9
2. Bakgrund	10
2.1 Kväveomsättning från organiskt material.....	10
2.1.1 Inverkan av klimatfaktorer.....	11
2.2 Kväveförluster	12
2.3 Kväve i jordbruksgrödor	12
2.4 Förfruktseffekt	13
2.5 Gröngödsling.....	14
3. Metod.....	16
4. Resultat	17
4.1 Effekt av olika gröngödslingsgrödor.....	17
4.2 Mobil gröngödsling i vårspannmål	18
4.3 Mobil gröngödsling i höstspannmål.....	21
4.4 Mobil gröngödsling i andra grödor	23
5. Diskussion	24
5.1 Val av grödor för mobil gröngödsling	24
5.2 Skördeeffekt och kväveeffektivitet	25
5.3 Klimatets påverkan på kväveeffekten	26
6. Slutsats	28
Referenser.....	29

Tabellförteckning

Tabell 1: Exempel på C:N-kvoter för olika material (Jordbruksverket 2004).	10
Tabell 2: Medelskörd och medelskördeeffekt för försök med MGG i vårspannmål år 2019 och 2020 där skörd, skördeeffekt samt totalkväve anges i kg (Ståhl et al. 2021).	19
Tabell 3: Skördeeffekt/kg N vid applicering av blandvall, vitklöver och rödklöver och jordarter för 4 olika försöksplatser i Östergötland respektive Skaraborg för försöksår 2019 respektive 2020.....	20
Tabell 4: Nederbörd(mm) och medeltemperatur(°C) efter sådd för 4 försöksplatser år 2019 respektive 2020 med veckomedelnederbörd samt dagsmedeltemperatur. Att notera är att för försök Skaraborg 2019 så såddes grödan först i april därav avsaknad av mätdata för dessa fält.	20

Förkortningar

MGG	Mobil grüngödsling
N	Kväve
C:N-kvot	Kol/kväve-kvot
TS	Torrsubstans

1. Inledning

Behovet av kvävegödsel inom lantbruket är mycket stort. Priserna har dock under senare år börjat fluktuera och senast i mars 2022 ökade priserna med 226 % jämfört med samma datum året innan (Lannhard & Svensson 2022). Detta skapar en stor osäkerhet för lantbrukaren samt hela livsmedelsförsörjningen då kväve (N) är den mest skördeavgörande näringsämnet i jordbruksgrödor (Fogelfors 2015). Därför är det viktigt att lantbruket har alternativ till det industriellt framställda N för att på så vis bli mindre beroende av externa insatsvaror. Framställningen av mineralkvävegödsel är även en mycket energikrävande process och dess användning utgör en stor del av det konventionella lantbrukets totala klimatpåverkande utsläpp (EPOK 2023). För att göra lantbruket mer hållbart behövs därför fler kvävekällor inom växtproduktionen.

En metod för att tillföra N till mark och grödor är odling av kvävefixerande baljväxter. Dessa kan dels användas till humankonsumtion men även som djurfoder såsom vid odling av vall till idisslare. Ett annat alternativ är odling av så kallade gröngödslingsvallar där växtmaterialet normalt inte används utan lämnas till att brytas ned på fältet. Detta görs då växtodlingsgårdar ofta inte har någon användning för vallen eller inte har möjlighet till att sälja den utan vill istället ha kvar så mycket N i fältet som möjligt och lämnar därför kvar växtresterna. Detta kan dock orsaka ett ineffektivt näringsutnyttjande där N dels riskerar att laka ut, men även för att kvävebehovet i grödan ofta inte är så stort direkt efter sådd och därför blir N som mineraliseras tidigt under säsongen outnyttjat (Sørensen et al. 2013).

En metod för att bättre utnyttja N i växtresterna från gröngödslingsgrödor är mobil gröngödsling (MGG). Detta är en metod för att utnyttja de växtrester som produceras vid odling av grödor där allt växtmaterial ej används, såsom vid gröngödslingsvallar, vallfröodling och vid odling av mellangrödor. Detta görs genom att antingen skörda och förflytta växtresterna till ett annat fält under växtsäsong eller genom att först mellanlagra det organiska materialet genom ensilering eller kompostering. Därefter kan växtmaterialet spridas på det fält där N behövs, antingen som spridning på ytan eller med efterföljande nedbrukning genom plöjning eller lättare bearbetning.

I detta arbete har skörde- och kväveeffekten av MGG i framförallt spannmål utvärderats, vilka material som lämpar sig att använda som grüngödsel och hur klimatfaktorer påverkar kväveeffekten.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet var att sammanställa litteratur och försök om MGG utifrån internationella och svenska källor. Detta görs för att utvärdera skördeeffekten av MGG, vilka material som lämpar sig till grüngödsling samt hur nederbörd och temperatur påverkar mineraliseringen av N i växtmaterial. Frågeställningarna är:

- Vilka (grüngödslings)grödor lämpar sig bäst att använda för MGG?
- Vilken skördeeffekt och kväveeffektivitet kan uppnås i spannmål och andra grödor vid MGG?
- Hur påverkar nederbörd och temperatur kväveeffekten i grödan?

1.2 Avgränsningar

Detta arbete har avgränsats till att undersöka effekt av MGG i framförallt spannmål, men andra grödor har även undersökts i avsnitt 4.6 för att få perspektiv på MGG i fler grödor.

2. Bakgrund

2.1 Kväveomsättning från organiskt material

Under nedbrytningen sker två processer samtidigt, dels frigörelse av N ifrån organiskt material (mineralisering), men även den motsatta processen då växttillgängligt N binds in i mikrobiell biomassa (immobilisering). Därför när man talar om mineralisering och immobilisering är det differensen mellan dessa två processer som avgör om det sker en netto-immobilisering eller -mineralisering. Mineralisering är den process då mikroorganismer bryter ner organiskt material och näringsämnen omvandlas från organisk form till växttillgänglig mineralform. Organiskt-N omvandlas till ammonium (NH_4^+) som därefter omvandlas till nitrat (NO_3^-) av mikroorganismer. Omvandlingen av ammonium (NH_4^+) till nitrat (NO_3^-) är en process som kallas nitrifikation (Fogelfors 2015). Flera faktorer påverkar mikroorganismernas förmåga att bryta ner substrat såsom temperatur, markfukt samt det organiska materialets sammansättning.

Det organiska materialets sammansättning är helt avgörande för om mikroorganismerna i marken kommer mineralisera eller immobilisera näringsämnena i substratet. Substratets kvot mellan kväve och kol (C:N-kvot) är det som avgör om N frigörs (mineralisering) eller binds in i mikroorganismernas biomassa vid nedbrytning (immobilisering). Kol (C) och N tas därför upp av mikroorganismerna då dessa näringsämnen behövs för deras tillväxt som energi och för bildandet av biomassa. En låg C:N-kvot kommer frigöra N, medan höga kvoter leder till en netto-immobilisering. Låga kvoter kan anses vara under 15 då mineraliseringen sker som mest effektivt under detta, medan högre kvoter medför tillräckligt med energi i form av ex. kolhydrater och fett till nedbrytarna men brist på N för att skapa biomassa (Jordbruksverket 2004). Exempelvis har baljväxterna klöver och lusern en C:N-kvot på mellan 10-15 och kommer därför vid nedbrytning frigöra N i snabb takt, medan spannmålshalm har kvoter på mellan 80-100, vilket orsakar en netto-immobilisering (se tabell 1).

Tabell 1: Exempel på C:N-kvoter för olika material (Jordbruksverket 2004).

C/N-kvot	
Grödor	
Klöver	10–14 (vitklöver lägre än rödklöver)
Korsblommiga växter	10–15
Gräs och spannmål	15–25
Växtrester	
Spannmålshalm	80–100
Ärthalm	ca 70
Potatisblast	50–70
Sockerbetsblast	16–20
Övrigt	
Fast och flytgödsel	ca 15

2.1.1 Inverkan av klimatfaktorer

Hu m.fl. (2014) har kunnat visa i försök att mineralisering av N från organiskt material var som högst i temperaturintervall mellan 25-40°C med 10-15 mm nederbörd under 14 dagar, vilket motsvarade en vattenhalt på mellan 58-85% av försöksjordens fältkapacitet. I torr jord minskar nedbrytningshastigheten som beror på att mikroorganismerna och substratet får minskad mobilitet, vilket gör det svårare för dem att nå substratet. Mikroorganismerna behöver även vatten och det tidigare nämnda temperaturintervallet för att kunna utföra nedbrytning så effektivt som möjligt då deras enzymaktivitet annars hämmas. Vid motsatt förhållande, dvs vid mycket blöta förhållanden, minskar de aeroba nedbrytarnas möjlighet att verka, vilket gör att det organiska materialets nedbrytning starkt hämmas. I en annan studie av Hood (2001) har man genomfört liknande försök med sojabönor där man även kunnat visa att nedbrytningshastigheten har ett starkt samband med evapotranspirationen, då höga värden medför goda markförhållanden för nedbrytning (Eriksson 2011). Detta innebär att mikroorganismerna i jorden har som högst effektivitet inom det tidigare nämnda temperaturintervallet samt att både mikroorganismerna samt substrat är mobilt och blir därför lättåtkomliga vid optimala vattenhalter.

Då kväveeffekten ska uppskattas i grön gödslingsgrödor kan det vara lämpligt att använda kalkyler för att uppskatta hur mycket N som frigörs vid nedbrytning under det första odlingsåret. Därför har Delin m.fl. (2010) tagit fram en formel för att uppskatta det kortsiktiga kvävegödslingsvärdet:

$$100\% - 6 \times C: N - \text{kvoten}$$

2.2 Kväveförluster

Utlakning är förluster av lösliga ämnen vid vattenavrinning och är en stor källa till kväveförluster (Eriksson 2011). N kan utlakas i organiska former men även oorganiskt N i form av framförallt nitrat (NO_3^-) utlakas lätt. Lättare jordar med under 25% lerhalt löper ofta större risk att orsaka kväveutlakning jämfört med styvare leror. Detta beror på att lättare jordar har en mer jämn genomtvättning av marken som gör att mer mineralkväve går förlorat. Styvare leror bildar i större utsträckning makroporer där en stor del av vattnet kan flöda igenom vilket minskar genomtvättningen av jorden. Detta tillsammans med att styvare leror även har en bättre vattenhållande förmåga som gör att mindre N och vatten rinner igenom jorden minskar på så vis kväveutlakningen. Enligt Eriksson (2011) så är kväveminaliseringen och nitrifikationen (omvandling av NH_4^+ till NO_3^-) av färska växtrester på hösten den största orsaken till utlakning i tempererade klimat. Detta då mineraliserat N i formen av framförallt NO_3^- mycket lätt utlakas. I dessa miljöer, såsom Sverige, är därför utlakningen som störst på höst, vinter och vår då man ofta jordbearbetar under denna period och ökar på så vis omsättningen av de växtrester som finns kvar på åkern då de blandas ned i marken. Val av bearbetningstidpunkt blir därför viktig för att minska utlakningsrisken och vår- istället för höstbearbetning minskar därför risken för utlakning då det N som mineraliseras efter bearbetningstillfället kan tas upp av efterföljande gröda. Kväveförlusterna kan dock vara högre på jordar med högre lerhalter då risken för denitrifikation är större. Denitrifikation är den mikrobiella process då NO_3^- övergår till gasformer såsom N_2O och N_2 och försvinner då som växttillgängligt näringsämne från marken. Denna process är som mest förekommande vid anaeroba förhållanden såsom vid vattenmättad och därför finns en ökad risk för denitrifikation på lerjordar då de har en bra vattenhållande förmåga.

2.3 Kväve i jordbruksgrödor

Kväve (N) är ett essentiellt näringsämne för växter och är en central beståndsdel i aminosyror och klorofyll. Växternas kvävebehov är stort och N är det mest skördeavgörande näringsämnet i jordbruksgrödor under svenska förhållanden (Fogelfors 2015). Växter tar framförallt upp N i formerna av nitrat (NO_3^-) samt ammonium (NH_4^+) och inte i organiska former, därför måste först det organiska materialet ombildas för att N ska bli växttillgängligt. Jordbruksgrödors kvävebehov varierar dock på grund av bland annat deras olika egenskaper för att ta upp N, vad de har för proteininnehåll samt vilken skördepotential grödan har. Baljväxter såsom ärtor och klöver har ett högt kvävebehov då de har ett högt proteininnehåll, men kan genom symbios med kvävefixerande bakterier (*Rhizobium*), som fixerar N från luften, ta upp och tillgodogöra sig N ifrån dem och har därför ett lågt

kvävegödslingsbehov. Även spannmål har ett relativt stort kvävebehov då proteinhalten är relativt hög och i kombination med en hög skördepotential. Spannmål har ingen symbios med kvävefixerare och kan därför endast ta upp N ifrån dess omgivning så därför är kvävegödslingsbehovet högt. Detta kan vara i form av mineralgödsel eller biologiskt nedbrutet organiskt material (Jordbruksverket 2024). Grödor har även ett varierande kvävebehov under odlingssäsongen beroende på grödans egenskaper och vilka egenskaper man vill att den skördade produkten ska ha. Exempelvis kan höstoljeväxter ta upp mycket N på hösten då de kan lagra in mycket energi i sin pålrot (Fogelfors 2015). Höstspannmål har inte lika stort kvävebehov på hösten då plantan ej blir så kraftig då, men har ett stort behov under vår och sommar. Även inom spannmålsodling finns olika behov, speciellt om den ska användas till brödsäd då specifika krav ställs på proteininnehåll. Proteininnehåll avgörs framförallt av spannmålets kvävetillgång i slutet av odlingssäsongen men totalskörden avgörs till större del tidigare under odlingssäsongen.

2.4 Förfruktseffekt

Som nämnts tidigare så finns det flera faktorer som påverkar en grödas kvävegödslingsbehov såsom önskad proteinhalt och skördepotential. Ytterligare en faktor är förfrukten, dvs grödan som odlats på samma fält året innan. Förfrukten kan påverka grödan på huvudsakligen två olika sätt, dels genom en kväveeffektverkan på fältet och dels genom en potentiell skördeökande effekt (Jordbruksverket 2024).

Kväveeffektverkan är en frigörelse av det organiska N som bundits in i växtmaterialet som sedan finns kvar på åkern då det organiska materialet bryts ner. Detta medför att om skörderesterna från förfrukten lämnar efter sig mycket kväverikt material så kan man minska kvävegödslingen i grödan jämfört med om du hade odlat samma gröda fast med en förfrukt utan kväveeffektverkan. För vall anges kväveeffektverkan vara 40 kg/ha i efterföljande gröda. Det organiska materialets omsättning beskrivs mer utförligt i avsnitt 1.3.

Den potentiella skördeökande verkan orsakas av egenskaper hos förfrukten i relation till nuvarande gröda och bidrar positivt på flera sätt. Dels genom att det verkar sjukdomssanerande om förfrukt och kommande gröda inte är nära besläktade och medför att grödan inte behöver använda energi och resurser för att motstå sjukdomsangrepp och skadegörare. Flera grödor verkar också luckrande och bidrar till en förbättrad markstruktur, såsom vall och raps. Detta gör att grödans rötter lättare kan ta sig ner i jorden samt ökar luft och vattenutbytet djupare ner i jorden. Växtrötterna och stubben som finns kvar efter grödan bidrar även med näring i form

av exempelvis fosfor, kväve och kalium då de bryts ner av mikroorganismer och ger på så vis en viss kväveeffekt. Enligt Lindén (2008) så är den potentiella skördeökande verkan av blandvall som förfrukt uppemot 900 kg/ha i höstvetete samt 500 kg för vårsäd, baljväxtvallar ger 700-1000 kg/ha i höstvetete samt 400-600 kg/ha i vårsäd och gräsvallar ger mellan 300-500 kg/ha i höstvetete samt 0-300 i vårsäd. Denna skördeökning ökar även kvävebehovet med 15 kg N/ton extra skörd (Jordbruksverket 2024). Detta gör att vid beräkning av N-giva så måste detta justeras, speciellt om skörderesterna förflyttas från fältet som vid MGG. Därför delas förfruktseffekten i kväveeffektverkan samt skördeökande verkan.

2.5 Gröngödsling

Gröngödsling är odling av en gröda som antingen fixerar N från luften eller tar upp växtnäring från marken för att sedan nedbrukas, och därefter utnyttjas som näring till efterföljande gröda då dess näring mineraliseras. Vanligt är att odla vall med stor andel kvävefixerande baljväxter och kan därför fixera en stor mängd N som därefter kan utnyttjas av efterföljande gröda. Detta är framförallt vanligt inom ekologisk odling där mängden kvävegödsel är begränsad. Gröngödslingsgrödorna kan även ha flera andra positiva egenskaper såsom en sjukdoms- och ogrässanerande effekt.

MGG är en metod där växtrester från en gröngödslingsgröda förflyttas mellan fält för att få ett bättre utnyttjande av flyktiga näringsämnen såsom kväve som lätt lakas ut då marken är obevuxen eller då grödan ej tar upp något N, såsom på vintern, och kan därför ej utnyttjas av efterföljande gröda eller försvinner vid denitrifikation. I baljväxtgrödor som kan skördas flera gånger hämmas även kvävefixeringen om av växtmaterial lämnas i fält och N mineraliseras och blir tillgängligt för grödan. På så vis kan bortförel av växtrester från exempelvis gröngödslingvallar öka den totala upptagna N under en växtsäsong (Sørensen et al. 2013).

Hur materialet behandlas efter skörd påverkar vilket kväveinnehåll växtmaterialet har vid spridning. Exempel på processer som påverkar detta är ensilering, rötning och kompostering. Ensilering är en metod för att konservera växtmaterial genom anaerob fermentering under sura förhållanden (Ensilage, u.å.). Processen gör att kväveinnehållet till stor del bevaras från det färska materialet om ensilering sker på rätt sätt. Kväveförluster kan dock förekomma om materialet ej är tillräckligt torkat vid ensilering, vilket kan orsaka utlakningsförluster, eller om inläggningen inte är lufttät vilket orsakar denitrifikation. Kompostering är en aerob mikrobiell process där växtmaterialet inte behandlas. Det sker då mikroorganismer bryter ner växtmaterial och frigör växtnäring såsom kväve, vilket i sin tur ökar risken för gas- och utlakningsförluster (Jordbruksverket 1991). Därför förloras mycket kväve då

materialet komposterats under en lägre tid och får en låg kväveffekt. Rötning är en anaerob process där organiskt material bryts ned och fermenteras vid specifika temperaturintervall, anpassat till vilken mikroorganismkultur som används för processen. Denna process används för att producera biogas som blir en produkt av fermenteringen, men näringsämnen såsom kväve blir även mer lättillgängliga under processen (Jordbruksverket 2005).

Det organiska materialet från den mobila grüngödslingsgrödan kan tillföras med olika metoder. Ofta sker tillförsel med en fastgödselspridare före sådd och materialet brukas sedan ner i marken med hjälp av olika bearbetningsredskap såsom kultivator, tallriksharv eller plog. Materialet kan även brukas ned i växande gröda genom myllning med exempelvis radhacka. En viktig faktor är bearbetningsdjupet då detta avgör hur djupt ner växtresterna hamnar och i sin tur hur snabbt materialet mineraliseras. Materialets storlek har även en inverkan på hur fort materialet mineraliseras. Generellt ger ett finare material en snabbare mineralisering då detta gör materialet mer mobilt och i sin tur lättillgängligt samt ökar materialets area vilket ger mer yta för mikroorganismer att interagera med. Hackning(sönderdelning av vall i mindre bitar) kan därför vara relevant om man vill att materialet ska mineraliseras fort. Olika grödor har även varierande gödslingsbehov beroende på deras utveckling vilket gör att lämplig tidpunkten för applicering av grüngödseln varierar. Exempelvis har höstraps ett högt behov på hösten och jordbruksverket rekommenderar uppemot 60 kg N/ha, medan höstspannmål i jämförelse har ett lågt kvävebehov på hösten och därför rekommenderas ingen N-gödsling (Jordbruksverket 2024).

För att mäta effekten av grüngödseln i denna rapport har även ett mått benämnt skördeeffekt/kg N använts. För att beräkna detta används skördeeffekten som är differensen i skörd mellan försöksled X och ogödsled mätt i kg/ha, dividerat med total mängd tillförd N i grüngödslingsmaterialet. Ekvationen har följande utseende:

$$\frac{\text{Skörd för försöksled X} - \text{Skörd ogödsled}}{\text{Total mängd tillförd N}}$$

3. Metod

Denna rapport är en litteraturstudie där vetenskapliga artiklar främst har hittats genom sökning via databaserna Web of Science och Google Scholar. Sökord har varit ”cut and carry”, ”mobile green manure”, ”N-mineralisation”, ”cereal” osv. Litteratursökningen har gjorts med flera av dessa söktermer kombinerade för att hitta fler relevanta artiklar. Antalet studier som undersökt MGG i spannmål var dock relativt få vilket gör att underlaget för att jämföra studier varit begränsat. Två speciellt viktiga källor i denna rapport är biträdande handledare Per Ståhls två rapporter *Slutrapport Mobil grüngödsling till höstgrödor i ekologisk odling* samt *Slutrapport Mobil grüngödsling i ekologisk odling*.

4. Resultat

4.1 Effekt av olika grüngödslingsgrödor

I ett försök genomfört av Arlauskienė m.fl. (2018) har växtnäringsinnehållet i olika grüngödslingsgrödor jämförts för att beräkna mängden grüngödsel som behövs för att uppnå genomsnittlig höst- och vårveteskörd. För att uppnå skördar på 4 respektive 3 ton kärnskörd/ha så har kvävebehovet beräknats till 74.4 kg/ha respektive 54.6 kg/ha för höst- respektive vårspannmål. Samtligt N i växtmaterialet blir dock inte växttillgängligt under det första odlingsåret utan faktorer såsom utlakning, fastläggning samt långsam nedbrytning av mer svårnedbrutna material gör att mängden växttillgängligt N första odlingsåret varierar kraftigt. Exempelvis har material med C:N-kvoter runt 2 samma kvävegödslingsvärde (80%) som mineralgödselmedel, medan material med C:N-kvot på över 16 endast har mycket lite tillgängligt N på kort sikt (Delin et al. 2010). För att uppnå de tidigare nämnda 4 respektive 3 ton kärnskörd/ha för höst- samt vårvete så uppskattades det att det krävs 3 respektive 2 t torrsubbstans (ts)/ha av grüngödslingsgrödan före sådd. Även blandvallar är ett alternativ men där måste mängden ökas med 0,5-1 t/ha ts på grund av materialets högre C:N-kvot. Grüngödslingsgrödorna i försöket var lucern (*Medicago sativa*), rödklöver (*Trifolium pratense*) samt blandvall med tidigare nämnda vallbaljväxter tillsammans med rajsvingel (*Festofolium*). Slutsatserna från försöket blir då att vid odling av grüngödslingsgrödor så ger rena baljväxtvallar en bättre kväveeffekt jämfört med vallar med rajsvingel. Grödor med bäst kvävefrigörelse blev därför i följande ordning: lucern > rödklöver > blandvallar > rajsvingel.

I ett danskt försök av Lyngé m.fl. (2023) har detta undersökts vidare genom att jämföra växtmaterials kväveinnehåll samt -effekt vid olika skördetidpunkter. Lucern, rödklöver och vitklöver skördades antingen 3, 4 eller 5 gånger och antingen vid tidiga, mellan- eller vid ett sent utvecklingsstadium för att jämföra respektive växtmaterials totala kväveupptag samt dess C:N-kvoter. Resultatet blev att desto tidigare materialet hade skördats desto lägre var dess C:N-kvot. Fler skördar gav också högst N-produktion och kunde uppgå till 300-640 kg N/ha. Grüngödslingsgrödorna skiljde sig åt på så vi vis att lucern och rödklöver kunde

producera 30-40% mer N/ha jämfört med vitklöver. Vitklöver hade dock generellt lägre C:N-kvoter och hade även högst kväveeffekt per mängd ts av substratet.

4.2 Mobil grüngödsling i vårspannmål

Vid försök gjorda av Toleikienė m.fl. (2020) har olika organiska gödselmedel jämförts i odlingsförsök med vårspannmål för att mäta gödselmedlens skördehöjande förmåga. Färsk-, komposterad- samt ensilerad rödklöver, ensilerad ärt- och vetehalm samt pelleterad nötgödsel jämfördes med ett ogödslat led. Förfrukt var antingen klöver eller vårvete. Försöket utfördes under två odlingsår där MGG applicerades före vårvetesådd och skördeeffekten studerades, för att sedan under andra försöksåret studera den efterföljande skördeeffekten av MGG i vårkorn. Materialet applicerades genom nedbrukning före sådd där behandlingen med det färska materialet applicerades på hösten, och resterande behandlingar applicerades och nedbrukades på våren. Resultatet visade att totala upptaget av N för båda odlingsår var högst i leden med färsk- och ensilerad rödklöver samt i leden med den pelleterade nötgödseln vilket medförde en skördeeffekt/kg N på 10,3, 6,6 respektive 10,5 kg. Leden med ensilerad ärt- och vetehalm visade sig ha minskat det totala N-upptaget i spannmålen, vilket författaren förutsett innan, då detta tros ske på grund av materialets höga C:N kvot, vilket har gjort att N immobiliserats. Att ta i beaktande är dock att det även fanns led där kväveupptaget i spannmål med ensilerad ärt- och vetehalm applicerat kunde uppnå samma ökning som i leden med pelleterad nötgödsel under det andra försöksåret. Detta tyder på att N immobiliseras det första odlingsåret för att sedan återmineraliseras.

Även Burgt m.fl. (2021) har undersökt MGG i ett flerårigt försök i Nederländerna där flera olika grödor odlats i en 6-årig växtföljd där en av de odlade grödorna var havre. Havren odlades efter en grüngödslingsgröda utan baljväxter där även mobilt grüngödsel i form av antingen lusern- eller rödklöverensilage spreds före bearbetning. Genomsnittsskörden för försöket visade sig bli 5636 kg/ha vilket endast är 0,2 t/ha lägre än den genomsnittliga ekologiska havreskörden. Skördarna är dock mycket lägre än de i konventionell produktion i landet och årsvariationerna var också relativt stora med skördar på mellan 3600 och 7836 t/ha. I försöken har även kväveeffektiviteten utvärderats vilket undersökts genom att mäta hur stor andel av tillfört kväve som bortförts med grödan. Resultatet visade att effektiviteten var högst (75%) i leden med MGG jämfört med led där mineralgödsel använts (60%). Även mineralkväveinnehållet i jorden och ammoniakavgång mättes löpande under försöket för att få en uppfattning av hur stora N-förlusterna uppskattades vara. Enligt författaren tros denna skillnad bero på flera faktorer men däribland:

- Mineralkväveinnehållet i jordens toppskikt blir aldrig mer än 40 N kg/ha vid MGG då mineralisering av organiskt material sker långsamt, vilket minskar risken för denitrifikation.
- Fler mellangrödor samt höstgrödor användes i leden med MGG vilket signifikant minskade risken för utlakning.
- Ingen ammoniakavgång vid användning av MGG jämfört med vid användning av konstgödning

Ståhl m.fl. (2021) har även utfört odlingsförsök på 6 olika platser där MGG med rödklöver-, klöver-gräsblandvall- samt vitklöverensilage testats i havre och har jämförts med ett ogödslat led. Försöket utfördes under två år där skörd samt proteininnehållet mättes i grödan för att avgöra hur mycket N grödan tagit upp. Medelskördarna visade att det var variation mellan gröngödslingsgrödorna men framförallt mellan blandvallsensilage och övriga behandlingar. Samtliga rödklöverled var signifikant skilda åt från övriga MGG försök. Vitklöver- och blandvallsförsöken var dock ej signifikant skilda åt under första försöksåret. Medelskördeökningen för samtliga försök under båda åren med MGG (exklusive behandling med gräs- och klöverblandning jämfört med ogödslat led blev 1242 kg/ha medan MGG med gräs- och klöverblandning orsakade en medelskördesänkning på 342 kg/ha (Tabell 2). På två försöksplatser följdes gröngödslingen av vårplöjning, vilket gav en högre medelskördeökning (1704 kg/ha) jämfört med övriga försöksplatser där gröngödseln brukats ned ytligt (782 kg/ha). Att notera i tabell 2 är även att vitklöver gav den största skördeökningen av de olika gödselmedlen, både med och utan plöjning.

Tabell 2: Medelskörd och medelskördeeffekt för försök med MGG i vårspannmål år 2019 och 2020 där skörd, skördeeffekt samt totalkväve anges i kg (Ståhl et al. 2021).

	Medelskörd kg/ha	Skördeeffekt kg/ha	Tillförd total N/ha	Skördeeffekt/kg N
Ogödslad	3693			
Blandvall	3351	-342	124	-3
Vitklöver	4690	997	137	7
Rödklöver	4259	566	133	4
Rödklöverensilage plöjd	4982	1289	128	10
Vitklöverensilage plöjd	5812	2119	137	15
Medel				
Samtliga utom gräsklöver		1243	134	9
Icke plöjda försök		782	135	6
Plöjda försök		1704	133	13

Nederbörds mängd och medeltemperatur har även samlats in för de olika försöksplatserna och -åren från närliggande mätstationer. I tabell 3 och 4 jämförs 4 försöksplatser från Östergötland respektive Skaraborg där försöken från respektive

region även befinner sig nära till varandra och väderdata har därför kunnat avläsas från samma mätstationer. Samtliga försök är mjäliga lättleror (Mj LL) utom Skaraborg 2019 som är en mellanlera (ML). Mullhalterna varierar med mullhalter mellan något mullhaltiga (2–3%) och måttligt mullhaltiga (3–6%). Skördeeffekten/kg N varierar kraftigt mellan försöksplatserna och försöksåren där blandvall fick en negativ skördeeffekt på båda platserna. Vitklöver hade relativt låg skördeeffekt 2019 jämfört med 2020 där utbytet per mängd applicerad N var mycket hög för båda försök, men högst för Östergötland. Rödklöver, som endast testats 2020, hade en positiv skördeeffekt för båda försök men högst effekt fanns i Skaraborgs-försöket.

Tabell 3: Skördeeffekt/kg N vid applicering av blandvall, vitklöver och rödklöver och jordarter för 4 olika försöksplatser i Östergötland respektive Skaraborg för försöksår 2019 respektive 2020.

	Östergötland (Skänninge)	Skaraborg (Logården)
Jordart	mmh Mj LL	nmh ML
2019	Skördeeffekt/kg N	
Blandvall	-7,5	-0,1
Vitklöver	2,0	1,6
Jordart	nmh Mj LL	mmh Mj LL
2020	Skördeeffekt/kg N	
Rödklöver	4,1	7,6
Vitklöver	14,5	10,9

Nederbörd är redovisad per månad men en veckomedelnederbörd för hela försöksperioden har även beräknats. Sedan är dagsmedeltemperaturer för respektive månad samt ett medelvärde för hela perioden beräknad (tabell 4). Veckomedelnederbörden var generellt högre för försöken 2020 jämfört med 2019 där störst skillnad syns i Östergötland. Där var det ett tydligt nederbördsunderskott i början av 2019 med 0 mm nederbörd under april. I båda regionerna var dock nederbörden jämnare 2019 då största delen av nederbörden 2020 föll under sista försöksmånaden. Dagsmedeltemperaturen var lika för samtliga led förutom Skaraborg 2019 där den var mellan 1,7-2,1°C högre jämfört med andra försök.

Tabell 4: Nederbörd(mm) och medeltemperatur (°C) efter sådd för 4 försöksplatser år 2019 respektive 2020 med veckomedelnederbörd samt dagsmedeltemperatur. Att notera är att för försök Skaraborg 2019 så såddes grödan först i april därav avsaknad av mätdata för dessa fält.

Månad	Östergötland (Skänninge)		Skaraborg (Logården)	
	Nederbörd mm	Medeltemp.	Nederbörd mm	Medeltemp.
2019				
April	0	7,0		
Maj	76	10,1	53	10,0
Juni	51	17,1	63	16,1
Juli	66	16,6	58	17,2
Veckomedelnederbörd/	13,8	12,7	14,5	14,4

dagsmedeltemperatur				
2020				
April	18	7,2	9	7,0
Maj	27	9,6	15	10,0
Juni	52	17,0	52	17,4
Juli	200	15,0	159	14,8
Veckomedelnederbörd/ dagsmedeltemperatur	21,2	12,2	19,6	12,3

4.3 Mobil grüngödsling i höstspannmål

I Sverige har ett odlingsförsök med MGG i höstvetete genomförts där ensilerad vitklöver, lusern och rödklöver samt färsk lusern spridits på hösten före sådd (Ståhl et al. 2024). Grönmassa brukades ned, först med tallriksredskap och därefter genom plöjning före sådd. Försöket genomfördes på sex olika platser under två års tid där förhållandena var relativt olika i aspekter såsom jordmån och nederbörd. Skördeeffekten var relativt lika i samtliga behandlingar (Tabell 5), men försöksled som sticker ut är dubbel mängd lusernsilage samt färsk lusern som hade högre medelskörd än resterande led och är båda signifikant skilda åt från övriga MGG försök på fem av sex försöksplatser. Värt att nämna för leden med färsk- och dubbel mängd lusern är att de hade högst mängd tillförd N av samtliga led. Detta påverkar även skördeeffekten/kg N och dubbel mängd lusern var en av två led med minsta skördeeffekt/kg N, men färsk lusern hade högst tillsammans med vitklöver. Samtliga MGG försök är även signifikant skilda åt från ogödslad led, dock finns det ingen signifikans mellan rödklöver, vitklöver samt lusern. Under försökets första år var det dock leden med vitklöver som uppvisade största skörden och högsta skördeeffekten av de organiska gödselmedlen. Skördeeffekten/kg N är även mycket lika mellan leden, dock har färsk lusern och vitklöver högst av samtliga led med 8 jämfört övriga led som hade mellan 6–7 i skördeeffekt/kg N.

Tabell 5: Medelskörd (kg/ha), skördeeffekt (kg/ha), tillförd N (kg N/ha) samt skördeeffekt/kg N för försök med MGG i höstvetete. Medel för två odlingssäsonger och 6 försök (Ståhl et al. 2024).

	Medelskörd		Tillförd kg N/ha	Skördeeffekt/kg N
	kg/ha	Skördeeffekt kg/ha		
Ogödslad	3886		0	
Vitklöver	5175	1289	171	8
Lusern	4849	964	147	7
Rödklöver	4818	932	156	6
Dubbel mängd lusern	5550	1664	294	6
Färsk lusern	5454	1568	208	8
Medelökning				

Samtliga gödslade led	5169	1283	195	7
-----------------------	------	------	-----	---

I rapporten har även ett värde på N effekt i förhållande till tillförd mängd total-N beräknats, vilket benämns kvävegödslingsvärde. Kvävegödslingsvärdena blev i medeltal relativt låga det första året och hade en effekt av 6–10 % för samtliga led utom vitklöverleden som hade en effekt av 19%. År två var värdena generellt högre och låg mellan 14–20% men det led som uppvisade högst effekt var det med lusernsilage som låg på 20%. En försöksplats sticker även ut och uppvisar klart bäst kvävegödslingsvärde det andra odlingsåret. Där blev kväveeffektiviteten 33% jämfört med andra led som hade en effekt av 11–15%. Att notera är dock att det ogödslade ledet på den försöksplats som hade högst kväveeffektivitet hade en hög skördenivå vilket indikerar att marken redan har en god kvävelevererande förmåga. Detta skulle kunna innebära att omsättningen av organiskt material är högre på försöksplatsen jämfört med andra försöksplatser och därför har även mineraliseringen gått snabbare (Ståhl et al. 2024).

I ett danskt odlingsförsök av Notaris m.fl. (2018) har kväveeffekten av rötad lucernvall samt en lusern, gräs och örtblandvall till höstvetete undersökts. Att röta det organiska materialet ger en ökad näringstillgänglighet och skiljer sig därför från tidigare nämnda metoder med resultat i denna rapport, där MGG inte behandlats, komposterats respektive ensilerats. Lusernvallen skördades fyra gånger före rötning medan blandvallen skördades antingen två eller fyra gånger. Det rötade organiska materialet myllades mellan raderna på våren en gång och kärnornas kväveinnehåll mättes för att utvärdera kväveeffekten i behandlingarna. Mängden tillfört växtmaterial avgjordes av dess N-koncentration och applicerades så det skulle motsvara 120 kg N/ha. Resultaten visade relativt stora skillnader i skörd mellan behandlingarna där blandvall som skördats två gånger gav lägst kärnskörd av höstvetete (3,6 t/ha), därefter blandvall med fyra skördar (4,5 t/ha) och lusern skördat fyra gånger gav högst (5,1 t/ha). Kvävekonzentrationerna i det rötade organiska materialet följde även samma mönster där blandvall skördat 2 gånger hade lägst koncentration med 4,1 kg N/100 kg ts, blandvall som skördadats 4 gånger hade 7,8 samt lucern skördat 4 gånger hade 8,9 kg N/100 kg ts. Slutsatsen av försöket blev därför att en hög andel vallbaljväxter i det organiska gödselmaterialet samt ett större antal skördar gav en ökad kväveeffekt av gröngödseln.

Även negativ skördeeffekt har uppvisats av MGG i en studie i höstråg (Sørensen et al. 2013). Där applicerades rödklöversilage på våren genom spridning på markytan vilket orsakade bränning av grödan. Detta tros bero av att det ensilerade gröngödseln skapade ett surt förhållande runt grödan samt att gödseln innehåller organiska fettsyror som kan vara giftiga för grödan.

4.4 Mobil grüngödsling i andra grödor

I ett nederländskt försök av Van der Burgt m.fl. (2011) har MGG tillförts i spenat som såatts och skördats på hösten i ett odlingsförsök. Fyra olika behandlingar med olika grüngödslingssubstrat samt en ogödslad kontroll testades. Leden var färsk lusern (tillförd N-mängd 271 kg/ha), ensilerad lucern (200 kg N/ha) och färsk blandvall med gräs och klöver (267 kg N/ha) som samtliga applicerades 5 veckor före sådd samt ett led där färsk lucern applicerades 10 dagar före sådd (N-mängd 165 kg /ha). Försöket visade att behandlingarna med gräsklöver samt färsk lusern gav högst färskviktsskördar(då torrsvikt saknas) på runt 44 t/ha följt av ensilerad lusern (40 t/ha), färsk lusern sent applicerad(32 t/ha) och lägst skörd gav kontrollen(23 t/ha). Vid beräkning av skördeeffekten per kg N så visar det sig att högst skördeeffekt har ensilerad lusern med en skördeökning på 85 kg/kg N, näst högst var färsk lusern (81 kg/kg N), därefter blandvall (79 kg/kg N) och sist den färska lusernen som applicerats vid ett senare tillfälle (55 kg/kg N).

Omfattande försök har även gjorts i potatis i Nederländerna (Palomba 2016) där blandvall med vitklöver och engelskt rajgräs skördats vid fyra olika tidpunkter och sedan ensilerats för att sedan användas som grüngödslingmaterial. Materialens C:N-kvoter var 16, 17, 22 och 24 som användes som olika behandlingar i grödan. De fyra olika materialen applicerades med fyra olika totalkvävemängder (57-, 113- samt 170 kg N/ha) plöjdes ner till 15 cm djup, 6 dagar före potatissättning. Ett kontrollled användes även som referens på grundskördenivån. Resultatet visade att knölskörden för MGG-leden blev mellan 7,2-9 t ts/ha jämfört med 6,2 för kontrollledet. Försöket visade även att högre total tillförd N-mängd och låga C:N-kvoter i materialet ökade knölskörden. Skördeeffekten per kg N visar att variation mellan de olika mängderna tillförd N kväveeffektivitet och högst kväveeffektivitet visar ledet där 57 kg N/ha med 17,5-, jämfört med 15- och 16,5 kg skördeeffekt/kg N i leden med 113- respektive 170 kg N/ha. Medelvärdet av nederbörd och temperatur under potatisens 20 veckors odlingssäsong mättes också och visade att medelnederbörden och -temperaturen var 11 mm/vecka samt 15,5°C. Nederbörden var dock ojämnt fördelad över odlingsperioden där vecka 1-7 gav ca 10 mm per vecka, vecka 8-15 3 mm per vecka och vecka 16-20 kom i genomsnitt 32 mm/vecka.

5. Diskussion

5.1 Val av grödor för mobil grüngödsling

Vad som är en bra grüngödslingsgröda beror på vilken gröda som materialet används i. Generellt vill man att grüngödseln ska ha ett högt kväveinnehåll vars näring fort börjar mineraliseras och blir lättillgängligt för efterföljande gröda, vilket innebär en hög kväveeffekt under grödans växtsäsong. Kvävebehovet under grödans vegetationsperiod beror dock av om den är höst- eller vårsådd vilket gör att kväveleveransen ibland bör ske vid olika tidpunkter för att öka effektiviteten och minska risker för utlakning och andra kväveförluster.

Vid jämförelser av grüngödslingsgrödor i både vår- och höstsäd i flera studier (Arlauskienė et al. 2018; De Notaris et al. 2018; Ståhl et al. 2021) kan man se att sämst kväveeffekt uppvisats när blandvall används som grüngödslingsgröda, där N ofta immobiliseras snarare än mineraliseras. Detta kan orsakas av materialets höga C:N-kvot som skapar ett underskott på N i förhållande till kol, vilket man även funnit i försök där ensilerad ärt- och vetehalm applicerats som grüngödsel (Toleikienė et al. 2020). Även för dessa halmsubstrat uppmättes en negativ kväveeffekt. Ett försök i potatis visade dock att blandvall med vitklöver och engelskt rajgräs kan ge en stor skördeökande effekt, speciellt om antalet skördar ökas (Palomba 2016). Att ett ökat antal skördar i grüngödslingsgrödorna har en positiv inverkan på kväveeffekten visar även både De Notaris m.fl. och Lynges m.fl. (De Notaris et al. 2018; Lynges et al. 2023) i både blandvall men även i flera baljväxtvallar. Upprepade avslagningar medför att materialet får en lägre C:N-kvot och det har också visats att högst totala kväveskörd uppmätts i skördesystem med fyra skördar jämfört med två.

I vårsådda grödor har ensilerad vitklöver och -blandvall, färsk- samt ensilerad rödklöver testats. Både ensilerad vitklöver och rödklöver har visat sig vara effektiva MGG-grödor. I försök av Ståhl m.fl. (2021) där både ensilerad vitklöver och rödklöver använts har vitklöver haft 50-75% högre skördeeffekt per kg tillfört N jämfört med rödklöver och har på så vis visat sig vara mer effektiv än rödklöver. Blandvall har visat varierande skördeeffekter där Ståhl m.fl. (2021) visade en nettoimmobilisering och på så vis en negativ skördeeffekt, men i Palombas (2016) försök i potatis så har man kunnat uppmäta höga skördeeffekter även i blandvall. Denna skillnad kan möjligtvis kopplas till olika vallblandningar samt lägre C:N kvoter i växtmaterialet i det senare försöket på grund av att vällen skördats fler gånger än i det tidigare försöket.

I höstgrödor har ensilerad- och färsk lusern samt ensilerad vitklöver och rödklöver testats. I De Notaris m.fl. (2018) försök myllades lusernensilage skördat olika många gånger och visade på att fler skördar än färre samt en större andel baljväxter i grüngödslingsgrödan ger en ökad kvävekoncentration i grüngödslingsmaterialet. I ett försök spreds även rödklöver på markytan vilket orsakade en negativ skördeeffekt vilket tros ha orsakat bränning i grödan (Sørensen et al. 2013). Sedan har även ett försök genomförts i Sverige där ensilerad vitklöver, rödklöver samt färsk och ensilerad lusern jämförts. I dessa försök fann man att skördeeffekten per kg N blev mycket lika i samtliga försök men högst effekt kunde uppvisas i vitklöver och färsk lusern.

5.2 Skördeeffekt och kväveeffektivitet

Skördeeffekten har varierat mellan grödor och MGG, men högst skördeeffekt har uppvisats i potatis där skördeeffekten som högst blev 17,5 kg per kg N. Där användes blandvall som skördats 4 gånger och sedan ensilerats och nedbrukats 5 veckor före sådd (Palomba 2016). I vårsäd (Ståhl et al. 2021) uppmättes även hög skördeeffekt med som högst 15 kg merskörd/kg N då ensilerad vitklöver nedbrukats och sedan plöjts före sådd. Liknande kväveeffektivitet kunde även uppmätas i plöjd rödklöver med 10 kg merskörd/kg N. I detta försök hade vitklöver högst kväveeffektivitet i både plöjda och icke-plöjda led och kan därför anses som den mest kväveeffektiva MGG i detta försök. I höstsäd var skördeeffektiviteten mycket lika mellan de olika MGG men var något högre för vitklöver och färsk lusern. Att notera är dock att skördeeffekten/kg N i höstsäd som högst var i medel 8 kg merskörd/kg N och var på så vis lägre än både det plöjda- och det icke-plöjda vårsädsförsöken. Om man jämför medelvärdena för samtliga led i de båda spannmålsförsöken så skiljer sig dock inte värdena så mycket då medelskördeeffekten/kg N blev 9 för vårsäd respektive 7 för höstsäd.

Detta kan kopplas till att delar av den N som mineraliserats under höst och vinter kan ha gått förlorad på grund av utlakning, denitrifikation mm. Detta kan ha gjort att större delen av det N som grödan kunde ta upp mineraliserats under våren och därför är skillnaden i skördeeffekterna/kg N mellan försöksleden små. Därför skulle det vara intressant att utvärdera fler försök där MGG sprids på våren. Mindre N går då förlorat såsom i vårsäden i Ståhl m.fl. (2021) försök där skördeeffekterna/kg N generellt var högre än de för försöken i höstvet (Ståhl et al. 2024). Därför hade det även varit intressant med försök där fler spridningstekniker testades vid MGG i höstsäd då spridning på hösten verkar medföra relativt låg kväveeffektivitet.

Att vidare utvärdera fler rapporter där rötad MGG använts hade även varit intressant då detta ger en ökad N-tillgänglighet, och kan samtidigt producera biogas. Fler

mätmetoder hade även varit intressant att utvärdera då ”skördeffekt/kg N” inte nödvändigtvis är den mest praktiskt applicerbara för lantbrukaren. Ett bättre mått hade kunnat vara merskörd/kg ts växtmaterial då olika grüngödslingsgrödor har olika skördepotential. Ren vitklövervall har exempelvis en genomsnittlig totalavkastning på 8 t ts/ha/år medan motsvarande för rödklöver och lusern är 13 respektive 10,5 t ts/ha/år. Därför är även total mängd fixerad N/ha/år för grüngödslingsgrödan relevant för att även kunna utvinna största möjliga mängd N av MGG som möjligt.

5.3 Klimatets påverkan på kväveeffekten

För försöket i vårsäd av Ståhl m.fl. (2021) kan väderdata från två försöksplatser i Östergötland och Skaraborg jämföras för de båda försöksåren. Där fanns liknande tendenser för båda försöksåren och -platserna där liknande nederbörds- och temperaturmönster uppmätts. Försöksplatserna har även mycket lika jordarter på båda försöksplatserna vilket gör dem jämförbara mellan åren, även om försöken inte är på samma plats båda åren. Generellt är nederbörden lägre för båda försöksplatser 2019 jämfört med 2020. Dagsmedeltemperaturerna var dock mycket lika för de båda åren där den enda skillnaden var något högre för Skaraborg 2019. Skördeeffektiviteten/kg N skiljde sig även för båda försöksplatserna och då vitklöver odlats i båda försök båda år är detta en bra gröda att jämföra med, och visar att den var betydligt högre år 2020. Därför skulle man kunna koppla nederbördsskillnaden mellan åren till skillnaden i skörd och i sin tur skördeeffekt. Därför skulle en möjlig orsak till skillnaderna i kväveeffektivitet mellan åren kunna kopplas till den skilda nederbörden mellan åren. Dock är det svårt att kunna dra en klar slutsats då det finns många andra faktorer som kan påverka. Enligt mig bör nederbörden vara mest avgörande då denna ofta har större årsvariation samt att skillnaderna var relativt tydliga i detta exempel. Därför skulle bevattning kunna vara en bra metod för att lättare styra vattentillgången, och i sin tur mineraliseringen av det organiska materialet. Att notera angående temperaturmätningarna är även att samtliga är mätvärden är lufttemperaturmätningar. Mer relevant borde egentligen vara att mäta marktemperatur då detta bör ge större effekt på nedbrytningshastigheten. Marktemperaturmätningar hade därför varit intressant att göra i vidare forskning.

Nederbörd och temperatur mättes även i Palombas (2016) försök i potatis där man kan se något lägre veckomedelnederbörd men högre medeltemperatur jämfört med försöken i vårspannmål. Här verkar inte nederbörden vara en begränsande faktor då en hög skördeffekt uppmätts i försöket. Detta skulle dock kunna bero av att materialet nedbrukades 5 veckor före sådd vilket gjort att grüngödseln hunnit börja mineraliseras redan före potatissättning. Dock är det svårt att jämföra dessa försök då de är väldigt skilda åt i flera aspekter, såsom nedbrukningstid, grödor samt

väderförhållande. Det är även svårt att dra några slutsatser då det ej finns fler försöksplatser med olika väder i Palombas rapport.

6. Slutsats

MGG kan vara ett alternativ till annan gödsling då det kan vara ett bra sätt att utnyttja växtnäring som annars till stor del blir outnyttjad. MGG kan även ge en hög kväveeffekt vid rätt förhållanden och har visats kunna ge betydande skördeökningar. Att ha i åtanke är dock att använda ett material väl anpassat för grödan den tillförs till, då vissa material kan orsaka en nettoimmobilisering av N. Därför bör material med låga C:N-kvoter, såsom material med mycket baljväxter och som skördats helst 4 gånger användas. Vidare bör inte materialet spridas i växande gröda då detta kan orsaka bränning utan istället brukas ned före sådd, helst djupt ned med exempelvis plog. Dock får man ha i åtanke att nedbrytning är väldigt beroende av väderförhållanden och både optimal temperatur och nederbörd krävs om man vill uppnå en så bra effekt som möjligt. Därför är möjlighet till bevattning en fördel då man till viss del får möjlighet att styra, materialets mineralisering och i sin tur har möjlighet att påverka när N blir växttillgängligt. MGG verkar även vara mest effektiv i vårsådda grödor, även om skillnaderna jämfört med höstsäd inte är stora. MGG skulle också kunna vara intressant i höstoljeväxter som tar upp mycket N under hösten, tyvärr hittades inga försök med denna gröda och kunde därför inte utvärderas.

Referenser

- Arlauskienė, A., Gecaitė, V. & Jablonskytė-Raščė, D. (2018). THE EVALUATION OF THE COMPATIBILITY OF CEREAL AND GREEN MANURE ON THE BASIS OF NUTRIENTS. *Proceedings of RURAL DEVELOPMENT*, Aleksandras Stulginskis University, Lithuania, februari 15 2018. Aleksandras Stulginskis University. <https://doi.org/10.15544/RD.2017.039>
- Burgt, G.-J.H.M., Rietema, C. & Bus, M. (2021). *Evaluation Planty Organic 2012-2020*. <https://orgprints.org/id/eprint/32529/> [2024-04-29]
- De Notaris, C., Sørensen, P., Møller, H.B., Wahid, R. & Eriksen, J. (2018). Nitrogen fertilizer replacement value of digestates from three green manures. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 112 (3), 355–368. <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9951-5>
- Delin, S., Stenberg, B., Nyberg, A. & Brohede, L. (2010). *Potentiella mätmetoder för att uppskatta kvävegödslingsvärdet hos organiska gödselmedel =: Potential methods for estimating the nitrogen fertilization value of organic fertilizers*. Precisionsodling och pedometri, Institutionen för mark och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet.
- EPOK (2023). Klimatpåverkan är ungefär lika stor från ekologisk som från konventionell mat. *SLU*. <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/epok-centrum-for-ekologisk-produktion-och-konsumtion/vad-sager-forskningen/klimat/klimatpaverkan-ar-ungefar-lika-stor-fran-ekologisk-som-fran-konventionell-mat/> [2024-05-13]
- Eriksson, J. (2011). *Marklära*. Studentlitteratur.
- Fogelfors, H. (2015). Vår mat [Elektronisk resurs] odling av åker- och trädgårdsgrödor : biologi, förutsättningar och historia.
- Hood, R.C. (2001). The Effect of Soil Temperature and Moisture on Organic Matter Decomposition and Plant Growth. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 37 (1), 25–41. <https://doi.org/10.1080/10256010108033279>
- Hu, R., Wang, X., Pan, Y., Zhang, Y. & Zhang, H. (2014). The response mechanisms of soil N mineralization under biological soil crusts to temperature and moisture in temperate desert regions. *European Journal of Soil Biology*, 62, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2014.02.008>
- Jordbruksverket (1991). *Kompostering*. Jordbruksverket.
- Jordbruksverket (2004). God kvävehushållning i ekologiskt lantbruk. *Jordbruksverket*, 2004. https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/p8_5.pdf
- Jordbruksverket (2005). *Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk*
- Jordbruksverket (2024). Rekommendationer för gödsling och kalkning 2024. *Jordbruksverket*,
- Lannhard, Å. & Svensson, U. (2022). Priserna ökar i hela livsmedelskedjan. *Den svenska maten*. <https://densvenskamaten.com/tag/priser/> [2024-05-13]
- Lindén, B. (2008). *Efterverkan av olika förfruktur*:
- Lynge, M., Kristensen, H.L., Grevsen, K. & Sorensen, J.N. (2023). Strategies for high nitrogen production and fertilizer value of plant-based fertilizers. *Journal of*

- Plant Nutrition and Soil Science*, 186 (1), 105–115.
<https://doi.org/10.1002/jpln.202200031>
- Ensilage (u.å.). *Nationalencyklopedin*. Hämtad: 2024-05-30
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ensilage>
- Palomba, I. (2016). Effects of C: N ratio in cut-and-carry green manure and nitrogen application rate in organic potato production. *MSc thesis, Wageningen UR, Wageningen, the Netherlands*. <https://edepot.wur.nl/396244> [2024-05-09]
- Ståhl, P., Andersson, K. & Ernfors, M. (2024). *Slutrapport Mobil grön gödsling till höstgrödor i ekologisk odling*
- Ståhl, P., Andersson, K. & Modig, P. (2021). *Slutrapport Mobil grön gödsling i ekologisk odling*
- Sørensen, P., Kristensen, E., Odokonyero, K. & Petersen, S. (2013). Utilization of nitrogen in legume-based mobile green manures stored as compost or silage. *NJF Seminar 461, organic farming systems as a driver for change*, 157–158
- Toleikienė, M., Arlauskienė, A., Šarūnaitė, L., Šidlauskaitė, G. & Kadžiulienė, Ž. (2020). The effect of plant-based organic fertilisers on the yield and nitrogen utilization of spring cereals in the organic cropping system. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107 (1), 17–24. <https://doi.org/10.13080/z-a.2020.107.003>
- Van der Burgt, G., Scholberg, J.M.S. & Koopmans, C.J. (2011). Developing novel farming systems: effective use of nutrients from cover crops in intensive organic farming., 2011. 32–35. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/182841>

Tack

Jag vill rikta stort tack till min handledare Karin Hamnér som varit till stor hjälp under arbetet. Ytligare tack vill jag rikta till min biträdande handledare Per Ståhl (Hushållningssällskapet Östergötland) för all hjälp.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.