



Mellangrödor i Svenska Vinodlingar

För ökad produktion och hållbarhet

Cover crops in Swedish vineyards – For an increased production and sustainability

Marcos Cerutti

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Växtodlingsprogrammet
Uppsala 2024



Mellangrödor i svenska vinodlingar – För ökad produktion och hållbarhet

Cover crops in Swedish vineyards – For an increased production and sustainability

Marcos Cerutti

Handledare: Lotta Nordmark, SLU, Institutionen för biosystem & teknologi
Bitr. handledare: Göran Bergkvist, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi
Examinator: Ingrid Öborn, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

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
Omslagsbild: Foto: Marcos Cerutti 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: *Biologisk mångfald, hållbarhet, mellangrödor, ogräsbekämpning, svenska vingårdar, svensk vinodling, urlakning, Vitis vinifera, växtnäring*

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Sverige tillhör i dagsläget inte ett av de traditionella vinproducerande länderna men intresset för att odla vin på svenska marker är högre än någonsin och odlingsarealerna fortsätter att öka. Fastän klimatet hör till de mest utmanande i vinvärlden har svenska vinmakare bevisat att vin av hög kvalitet kan framställas i Sverige.

Att integrera mellangrödor i odlingsystemet kan öka produktionen genom att förbättra markens egenskaper, bekämpa ogräs och öka biodiversiteten i flera olika trofiska nivåer. Likaså har de en stor potential att spela en viktig roll i arbetet för en hållbar och miljövänlig svensk vinodling. För ekologiska odlare kan det, utöver alla andra fördelar, vara ett verktyg till att öka näringsförrådet i marken och minska skadegörar- samt ogrästrycket. Konventionella odlare kan även gynnas då det kan minska användningen av bekämpningsmedel och gödsel.

Att ha tillgång till svensk forskning hade hjälpt svenska vinodlare att fatta informerade beslut och optimera sin verksamhet för att möta de unika utmaningar och möjligheter som finns i svensk vinodling. Det hade också varit av stor vikt för att främja en hållbar och framgångsrik svensk vinproduktion.

Nyckelord: Biologisk mångfald, hållbarhet, mellangrödor, ogräsbekämpning, svenska vingårdar, svensk vinodling, urlakning, *Vitis vinifera*, växtnäring

Abstract

Sweden is currently not regarded as one of the traditional wine-producing countries. However the interest for growing vines on Swedish soils is higher than ever before and the cultivated areas continue to increase. Despite having one of the harshest climates in the wine world, Swedish winemakers have proven that that high-quality wine can be produced in Sweden.

Integrating cover crops into the cultivation can increase production by improving the soil properties, manage weeds and increase biodiversity at several trophic levels. They also have a great potential in promoting a sustainable and environmentally friendly Swedish wine cultivation. For organic growers it could, in addition to all other benefits, function as tool for increasing nutrient availability and reduce pest and weed pressure. Conventional growers can also benefit as it can reduce the use of pesticides and mineral fertilizers.

Access to Swedish research could help Swedish vine growers to make informed decisions and optimize their operations to meet the unique challenges and opportunities in Swedish vine cultivation. It would also be of importance to promote a sustainable and successful Swedish wine production.

Keywords: Biodiversity, cover crops, leaching, plant nutrition, Swedish wine production, Swedish vineyards, sustainability, *Vitis vinifera*, weed management

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Förtydligande av svåra ord	9
1. Inledning	11
1.1 Syfte och frågeställning.....	12
1.2 Avgränsningar.....	12
2. Metod.....	13
3. Bakgrund	14
3.1 Mellangrödor	14
3.2 Vinrankan och odlingen	14
3.2.1 Hållbarhet	15
3.3 Svensk vinodling	16
3.3.1 Framtida förutsättningar för en hållbar svensk vinproduktion.....	17
4. Resultat	20
4.1 System för mellangrödor.....	20
4.1.1 Bar mark utan vegetation.....	20
4.1.2 Sådda mellangrödor	22
4.1.3 Spontan vegetation som mellangröda	25
4.1.4 Marktäckning	26
4.2 Mellangrödors effekt på odlingen.....	27
4.2.1 Markhälsa	27
4.2.2 Växtnäring och vatten	29
4.2.3 Urlakning av växtnäring och bekämpningsmedel.....	33
4.2.4 Ogräs- och skadegörarkontroll	35
4.2.5 Biologisk mångfald.....	37
4.3 Förslag på sådda mellangrödor i Sverige.....	39
4.3.1 Gräsarter.....	39
4.3.2 Baljväxter	41
4.3.3 Örter/övriga.....	42
5. Diskussion	45
5.1 Effekter av mellangrödor på vinodlingen	45
5.2 Mellangrödor i svenska vinodlingar	47

5.3	Förslag till förbättring av arbetet och framtida forskning.....	48
6.	Slutsatser.....	50
7.	Tack.....	51
	Referenser.....	52

Tabellförteckning

Tabell 1. Antal registrerade vingårdar i respektive län med flest vinproducenter år 2022 (Föreningen svenskt vin 2023)	17
Tabell 2. Inomrad-mellangrödors påverkan på beskärningsvikt (här ett mått på vegetativ tillväxt) samt avkastning hos vuxna vinrankor i New York. (Heuvel 2017)	31
Tabell 3. Förslag på gräsarter som kan användas i svenska vinodlingar	39
Tabell 4. Förslag på baljväxtarter som kan användas i svenska vinodlingar	41
Tabell 5. Övriga arter som kan användas i svenska vinodlingar	42

Förtydligande av svåra ord

Spaljéodlingssystem	Ett odlingssystem där huvudgrödan stöds på spaljéer som då bl. a. underlättar arbete på fält och effektivt utnyttjar utrymmet på ett fält
Mellangrödor	Definieras i detta arbete som all önskad vegetation på en vinodling, utöver huvudgrödan
Spontan vegetation	Vegetation som växer spontant, m.a.o. inte sådd vegetation. Utgörs av vildflora och/eller fältets fröbank
C/N-kvot	Förhållandet mellan kol och kväve i ett substrat. Ger en fingervisning på hur snabbt substratet bryts ner, där ett lägre värde mineraliserar växttillgänglig näring snabbare än ett högre värde.
Urlakning	Förlust av näring från odlingsmark då de löses upp och forslas bort av vatten
PIWI-sorter	Specifika druvsorter som förädlats fram med syfte att vara motståndskraftiga mot sjukdomar. Många tål även kyla väldigt bra och utgör därför en stor del av Sveriges odlingar
Inomradsytorna	(eng. <i>under-vine</i>) Fältytorna rakt nedanför samt precis omkring raderna av vinrankorna
Mellanradsytorna	(eng. <i>inter-row</i>) Fältytorna mellan raderna av vinrankorna.

1. Inledning

Inom vinodlingen runt om i världen används idag främst spaljëodling som odlingssystem (se bild 1). Andra odlingssystem återfinns än idag i vissa områden av traditionella skäl eller där arbete med maskin inte är möjligt, men dessa odlingssystem har i högre grad övergivits internationellt då manuellt arbete ersatts med maskinellt arbete (Skelton 2020). Spaljéodlingen lämnar större ytor av fälten oöväxta av vegetation. Vinrankorna planteras i rader och lämnar vanligen ett cirka 2–3 meter brett tomrum emellan raderna för framkomlighet så att maskiner kan passera och arbete på fält kan ske. Skötseln av marken i dessa tomma utrymmen kan ha stor påverkan på vinrankornas tillväxt, avkastning, markens bördighet, vattenhushållningen, biodiversitet, miljön och vinets slutgiltiga kvalitet (Abad et al. 2021). Därtill är odlingssystemet flerårigt och fördelarna med en växtföljds årliga rotation av grödor måste tas tillvara på ett annorlunda sätt. Huvudgrödan står i flera år och medför en högre risk för uppförökning av specifika skadegörare och ogräs. Den förväntas även kunna producera kvalitativa skördar under många års tid varav det är fundamentalt att vårda marken och rankorna även ur ett långsiktigt, förebyggande perspektiv. Inkorporerandet av mellangrödor i tomrummen är en odlingsteknik som kan bidra till att gynna produktionen och hållbarheten både i nutid och i framtiden.



Bild 1: Spaljéodling av vinrankor i Valpolicella, Italien. (Foto: Carloalberto Furia, 2023)

En uppfattning är att det finns en tydlig kunskapslucka om vinproduktionens potential under svenska förutsättningar och vilka utvecklingsmöjligheter som finns. Det föreligger även ett underskott av tillgängliga svenska forskningsartiklar för vinodlare att ta del av. Sverige som ett vinproducerande land är i nuläget ungt och står idag utan tydlig tradition. Trots detta, samt ett extremare klimat, har svenska vinproducenter bevisat att svenska viner av hög kvalité är möjliga att framställa. Därför råder inget tvivel om att svensk vinproduktion är ett ämne värt att behandla. Detta arbete ämnar sig till att vara en bidragande del till att fylla kunskapsluckorna och inspirera till vidare forskning.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med detta arbete är att sammanställa internationell litteratur om mellangrödor och dess inverkan på ett flerårigt, perent odlingsystem såsom vinodling. Svenska vinodlare och rådgivare ska kunna ta del av sammanställningen i arbetet att effektivisera samt bidra till svensk hållbar vinodling.

Frågeställningarna som arbetet ska besvara är:

- *Hur kan mellangrödor gynna svenska vinodlingar?*
- *Hur kan mellangrödor göra svenska vinodlingar mer hållbara?*
- *Vilka mellangrödor kan man använda sig av i svenska vinodlingar?*

1.2 Avgränsningar

Arbetet har begränsats till att endast behandla mellangrödors påverkan på vinodlingar samt hållbarhetsaspekter kring utnyttjandet av dessa. Andra tillvägagångsätt att utnyttja utrymmet mellan vinraderna, som till exempel marktäckning med olika oorganiska material, kommer inte att behandlas.

2. Metod

Detta arbete är en litteraturstudie där information från relevanta vetenskapliga artiklar, böcker samt rapporter har inhämtats och sedan sammanställts. Databaser där informationen främst har hittats är Google, Google Scholar, ScienceDirect, Web Of Science samt oeno-one. Böckerna som har bistått med information har hittats på biblioteket på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Ultuna, Uppsala. Även handledaren har givit förslag på litteratur. Nyckelord som använts vid sökning är: *Cover crops, vineyard, catch crops, sustainability, environmental impact, erosion, species, nitrogen, competition.*

3. Bakgrund

3.1 Mellangrödor

En uråldrig odlingsteknik inom jordbruket, som blivit allt vanligare och välutvecklad på senare tid, är nyttjandet av mellangrödor (eng. *cover crops*) (Magdoff & van Es 2021). I detta arbete definieras mellangrödor i ett spaljeodlingssystem som själva växtligheten som återfinns emellan och under raderna av de planterade vinrankorna. Det kan vara spontan, icke-avsiktlig, vegetation eller sådda utvalda arter (López-Piñeiro et al. 2013). Odlingstekniken grundar sig i att man försöker dra nytta av vegetationens närvaro på fältet. Det antas att förmånerna blir högre än graden av förlusterna förknippade med konkurrensen om resurser. Begreppet mellangröda är också en paraplyterm för flera andra, ofta överlappande, begrepp där avsikten bakom mellangrödorna vidare definierar dess funktion. Exempel på detta kan vara fånggröda, täckgröda, grüngödslingsgröda m. fl. Vinodlare runt om i världen har olika tillämpningar av mellangrödor beroende på flera faktorer som till exempel klimat, lokala traditioner, produktionsinriktning, kunskapsnivå, maskinpark och ekonomiska förutsättningar.

3.2 Vinrankan och odlingen

Vitis Vinifera, även benämnd som **vinranka**, eller ibland **europaisk vinranka**, är den art inom vinsläktet (*Vitis*) som traditionellt används för vinproduktion. Arten är en perenn klängväxt vars åldersspann kan uppskattas till en mansålder. Den antas härstamma från områdena kring Kaspiska havet i sydvästra Asien och genom civilisationens gång har den domesticerats för att sedan spridas över stora delar av världen (Badet 2011). I vilt tillstånd uppträder vinrankan som lian där den klänger sig fast vid annan vegetation och klättrar, sökandes efter solljus för att anlägga bär med frön och därmed lyckas med fortplantningen. Dagens kommersiella sorter är produkter av både naturlig evolution och människans domesticering. I nuläget finns det ungefär 1500 sorter som används för framställning av vin (Skelton 2020).

Vinrankan är en solkrävande växt. De bästa klimatförutsättningarna för odling återfinns mellan 30- och 50-graders latitud på båda sidorna av ekvatorn. Klimatet kan inte vara alltför varmt för att druvorna ska mogna för snabbt eller för kallt för att de inte ska hinna mogna till skörden. 100 dagar med temperatur över 15 °C samt

ungefär 180 frostfria dagar brukar sägas behövas för att framgångsrikt kunna bedriva vinodling (Fogelfors 2015; Skelton 2020). Frost under växtsäsongen är ett allvarligt problem i frukt- och bärodlingar eftersom knoppar samt blommor i grödorna kan ta skada och resultera i defekta eller helt uteblivna frukter.

Vinrankan behöver mellan 250- och 1000 millimeter vatten per m^2 under växtsäsongen men variationen beror på många faktorer. Bevattningsmetod, evapotranspirationen från fältet samt markens vattenhållande förmåga är några att nämna. Generellt sett är den torktålig och en vanlig metod för att få kontroll över tillväxten är att medvetet utsätta plantorna för vattenstress och endast bevattna i absolut nödvändiga fall (Skelton 2020). Fälten bör även vara väl-dränerade för optimal rottillväxt och avkastning.

Ett pH-värde mellan 5.5 och 8.0 i marken är mest lämpligt för vinodling då alla näringsämnen är växttillgängliga inom detta spektrum. En alltför sur eller basisk odlingsjord kan resultera i näringsbrist och till följd av detta, en reducerad tillväxt och avkastning eller kvalitetsproblem hos druvorna (White, 2003).

I jämförelse med många andra grödor är vinrankan inte en näringskrävande växt, delvis på grund av att huvudfokus över lag ligger på fruktens kvalitet och inte kvantitet. Kväve (N) anses vara det mest relevanta näringsämnet för vegetativ tillväxt samt gällande risk för näringsutlakning (Abad et al. 2021).

Ogräs konkurrerar med huvudgrödan om viktiga resurser såsom vatten och näring. Att ha kontroll över ogräspopulationen på ett fält är i synnerhet viktigt i nyplanterade fält eftersom konkurrensen med unglantorna om vatten, näring och ljus kan bli för stark och fördröja deras utveckling samt tillväxt (Skelton 2020). Vissa ogräs kan även vara sjukdomsalstrande och bidra till vidare uppförökning av skadegörare.

3.2.1 Hållbarhet

Begreppet hållbarhet är högaktuellt i den politiska debatten och inte minst inom jordbruket. Ett problem med begreppet i sig är att det är brett med många olika tolkningar och definitioner. Brundtlandrapporten definierade hållbar utveckling som ”en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” (World Commission on Environment and Development 1987). Det finns även definitioner som är anpassade

för jordbrukets växtodling. Pretty (2005) menar på att ett odlingssystem med högre grad av hållbarhet kännetecknas av att det effektivt nyttjar naturens resurser och ekosystemtjänster utan att utarma dessa tillgångar. Detta sker delvis genom att integrera naturliga processer som till exempel gynmandet av naturliga fiender, näringsämnes-cirkulation och kvävefixering samt genom att minimera tillförseln av icke förnyelsebara ämnen som riskerar att skada omgivningen.

Bords- och vindruvsproduktionen i Frankrike står för 20% av den totala fungicidanvändningen samtidigt som den står för bara 3,3% av den totala odlingsarealen (Robert 2019). Även i ekologisk vinodling är det tillåtet inom EU att använda sig av kopparbaserade fungicider mot vinbladmögel (*Plasmopara viticola*) (Skelton 2020). Vinodlingen har idag på global nivå en negativ påverkan på miljön och hållbarhetspekter inom jordbruket har kommit att bli en central fråga. Den höga förbrukningen av bekämpningsmedel är bara ett av flera problem som ur ett hållbarhetsperspektiv inte håller i längden. Odlingsystem som negativt påverkar biodiversiteten samt miljö och bidragande till den globala uppvärmningen genom växthusgasutsläpp är ytterligare fler problem som måste åtgärdas för att minska klimatpåverkan av jordbruket.

3.3 Svensk vinodling

Svenskproducerat vin är en ny företeelse utan en etablerad tradition. Före avregleringen som skedde i samband med inträdet i EU 1995 så fanns det inga kommersiella vingårdar i Sverige (Föreningen svenskt vin 2023). Fyra år senare fick Sverige sin ansökan godkänd av EU om att bli ett officiellt vinland i syfte att kunna starta en inhemsk kommersiell vinproduktion. Sedan dess har intresset för svenskt vin och antalet etablerade vingårdar ökat markant. Den första perioden präglades av ”trial and error” och med importerad expertis från de större vinländerna i Europa så har man idag lyckats framställa viner av kvalité som utmärkt sig i internationella tävlingar (Karlberg 2021; Föreningen svenskt vin 2023). Den samlade kunskapen efter två decenniers erfarenhet har även gjort det enklare för nya producenter att etablera sig (Föreningen svenskt vin 2018).

År 2006 fanns det tre registrerade kommersiella vinproducenter och år 2021 hade antalet ökat till hela 64 (Jordbruksverket 2006; Föreningen svenskt vin 2023). Dessa förekommer i de flesta svenska län men över hälften finns i Skåne (se tabell 1). Detta beror på att ett mildare samt gynnsammare klimat för vinodling återfinns i de södra delarna av landet. Även Systembolagets försäljningssiffror visar på ett

tydligt ökat intresse av svenskt vin, där försäljningen ökade med 225% mellan 2015 och 2019 (Systembolaget n.d.).

Tabell 1. Antal registrerade vingårdar i respektive län med flest vinproducenter år 2022 (Föreningen svenskt vin 2023)

Län	Antal	Per 100 000 inv.
Skåne	35	2,5
Halland	4	1,2
Blekinge	3	1,9
Södermanland	3	1
Västra Götaland	3	0,2

Idag uppgår den totala odlingsarealen uppskattningsvis till 100–150 hektar (Karlberg 2021), men talet är osäkert då befintliga gårdar expanderar och nya etableras kontinuerligt. De flesta gårdarna i Sverige ligger mellan en och tio hektar men det finns gårdar som över- samt underskrider dessa arealer (Säfwenbergs 2023).

Druvsorterna som främst används i Sverige är PIWI-klassade. PIWI-sorterna härstammar från olika europeiska förädlingsprogram där syftet har varit att ta fram sjukdomsresistenta sorter genom att korsa in egenskaper från andra *vitis*-arter. Många av PIWI-sorterna har sedan visat sig ha en utomordentlig förmåga att tåla ett kallt klimat. *Solaris* är i särklass den mest odlade vita druvan i Sverige och *Rondo* är den mest odlade blå druvan. PIWI-sorterna ger svenska vinodlare bra möjligheter att framställa viner på ett hållbart sätt med tanke på deras sjukdomstolerans (Nordic Vineyards u.å; Säfwenbergs 2023).

3.3.1 Framtida förutsättningar för en hållbar svensk vinproduktion

Klimatförändringarna har under de senaste decennierna medfört att förutsättningarna för vinodling har förändrats i Europa såväl som i övriga delar av världen. Experter pekar på att inom 50 år kan den årliga medeltemperaturen i de

största vinodlingsområdena i världen ha höjts med i snitt 1.5 °C till 2.5 °C. Skelton (2020) menar på att områden som idag ligger vid ena gränsen för vart vinrankan kan odlas lär vara tvungna att sadla om, eller anpassa odlingsmetoderna, inför framtiden medan områden som ligger vid andra gränsen kommer att få ett alltmer gynnsamt klimat för vinodling. Nutida exempel på expansioner kopplade till förändringar i klimatet är Sverige (se 1.1 svensk vinodling) samt Storbritannien, vars vinodlingsareal har ökat med 400% mellan åren 2004–2021 och förväntas fortsätta öka (van Leeuwen et al. 2024). Intresset för vinproduktion i Sverige förväntas öka och nya odlingar anläggs regelbundet runt om i landet. Samtidigt så förväntas det framtida svenska klimatet förändras och bidra till gynnsammare förutsättningar för vinodling. Med ett varmare klimat kan nya sorter introduceras och möjliggöra att fler typer av viner kan produceras.

En konsekvens av klimatförändringarna är en högre medeltemperatur. Gällande vinodling kan sydligaste Sverige vid mitten av 2000-talet få jämförbara förhållanden med mellersta Tyskland (Fogelfors 2015). Uppvärmningen för Skåne län beräknas bli 3–4 grader mot slutet av 2000-talet, jämfört med perioden 1961–1990, och därmed kan vegetationsperioden komma att bli 60–90 dagar längre. Antal dagar med låg markfuktighet kan öka från cirka 15 dagar idag till 30–50 dagar (Ohlsson 2015).

Med en längre växtsäsong och högre temperaturer förändras även scenariot beträffande skadegörare och ogräs. Trycket av befintliga skadegörare kommer att stiga och arter som vanligen förknippas med varmare områden kommer att expandera till allt högre latituder i Europa. Bara under de senaste decennierna finns flera exempel på nytillkomna skadegörare på vinodlingar runtom i Europa (Skelton 2020).

Även nederbörden i Sverige förutspås förändras till framtiden. I Skåne län, där de flesta av dagens vinodlingar finns, kan årsmedelnederbörden öka med 15–25% och även den kraftiga nederbörden där maximal dygnsnederbörd stiger med 20% (Ohlsson 2015). Svampsjukdomar, som gynnas av fuktiga förhållanden, riskerar därmed att kunna bli ett större problem till framtiden. Vid kraftigare regn ökar risken för erodering av matjorden (det översta jordlagret) i odlingsmarken (s.k. *vattenerosion*). Regndroppar träffar bar markyta och lösgör markpartiklar som kan föras bort av flödande ansamlingar av ytvatten. Jordbearbetning som lämnar marken fri från vegetation samt dålig infiltrationsförmåga i marken är två ytterligare riskfaktorer för vattenerosion.

Utvecklingen mot allt tyngre maskiner har medfört att en stor del av åkermarken utsätts för skadlig markpackning. Det fleråriga spaljeodlingssystemet inom

vinodling begränsar också maskinkörning till fasta spår mellan vinranksräderna och marken där blir speciellt utsatt. Markpackning begränsar den potentiella tillväxten av grödornas rotsystem och rötternas förmåga att kunna andas samt ta upp näring och vatten (Bogunovic et al. 2017). Även markens infiltrationsförmåga minskar och till följd ökar risken för erosion (Johansson 2010).

Samtidigt så vill Skelton (2020) även understryka att utvecklingen inom sortförädling, odlingstekniker och växtskydd oftast undermineras och kan komma att spela en betydande roll i vinodlingarnas kamp mot klimatförändringarna.

4. Resultat

4.1 System för mellangrödor

4.1.1 Bar mark utan vegetation

I alltför varma områden med låg årsnederbörd och hög evaporation från fältet är det vanligt att inte ha någon vegetation överhuvudtaget mellan och under raderna. Där representeras ytorna istället av bar mark (se bild 2 & 3). Detta görs bland annat för att förhindra stark konkurrens om begränsade resurser och även förebygga mot frostsador (White 2003). All vegetation som gror bekämpas mekaniskt med jordbearbetning eller kemiskt med herbicider. Vanligtvis besprutas ogräsen med glyfosat på grund av dess höga effektivitet och relativt låga kostnad. Bekämpning av ogräs med glyfosat på bar mark leder till högre urlakning av bekämpningsmedel (Heuvel 2017). Mekanisk bekämpning är ett kemikaliefritt alternativ men är mer arbetsintensiv på grund av behovet av återkommande bekämpningar (Karl et al. 2016). Vid nyplanteringar är jordbearbetning den föredragna metoden eftersom herbicider kan läcka till rhizosfären (rotzonen) och skada ungplantorna genom rotupptag (Rodrigues & Arrobas 2020).

Den bara marken och stenarna ansamlar värme från dagsljuset som under kvällen avges långsamt, något som i synnerhet kan vara viktigt för områden med risk för frostsador. Marktäckande vegetation minskar uppvärmningen av marken, samt senare värmeflöde från mark till luft, och kan därför bidra till en högre risk för frost (White 2003). En bar, lös och torr jord har låg värmelagringsförmåga samtidigt som luften i porsystemen isolerar mot värmeförlust på dagen och värmeavgång under nätterna. En bar, blöt och kompakt jord lagrar däremot in mycket mer värmeenergi under dagen för att sedan utstrålas under natten. Fukten och kompaktionen hjälper då till att öka värmelagringsförmågan och värmekonduktiviteten. Däremot värms en blöt jord upp mycket långsammare än en torr jord (Coombe & Dry 2004). Större jordpartiklar och stenar kan även reflektera solljus mot vinrankans bladverk samt

druvor och bidra till ökad fotosyntes och druvmognad. Dock kan en alltför stor mängd solljus under torra förhållanden bränna och skada plantan (Skelton 2020).

Bar jord är mottaglig för erosion, i synnerhet i sluttningar, då ingen vegetation håller fast jorden (Novara et al. 2019; White 2003). Markpackning kan bli ett problem om många överfarter per säsong äger rum. Eftersom inget organiskt material brukas in så minskar mullhalten och den biologiska aktiviteten med tiden (Heuvel 2017). Jordbearbetning hindrar vinrankans rotsystem att utforska ytliga delar av jorden som oftast har högst biologisk aktivitet och högre tillgänglighet av näring (Rodrigues & Arrobas 2020).



Bild 2: Bar mark förhindrar konkurrens om viktiga resurser och kan bidra till ett gynnsammare mikroklimat. Här i Vacqueyras, Frankrike. (Foto: Simon Parent, 2023)



Bild 3: Odling i Sicilien, Italien, där vegetation på fältet bekämpas. Rankorna beskärs enligt det överhängande Pergola-systemet. (Foto: Filippo Amico, 2023)

4.1.2 Sådda mellangrödor

Systemet för var på fältet mellangrödorna sås, när de putsas eller brukas ned samt vilka arter som används är en viktig aspekt att ha i åtanke för att kunna uppnå syftet med mellangrödorna samtidigt som produktionen och ekosystemtjänster upprätthålls (Giffard et al. 2022).

De tomma ytorna som en spaljeodling ger upphov till kan delas upp i två delar (Skelton 2020) (se bild 4 & 5):

- Ytorna i raderna. Rakt nedanför vinrankorna och i en ungefärlig zon om 250–300 millimeter på båda riktningar om mittpunkten i raden (där vinrankan är planterad), alltså 500–600 millimeter totalt. Mellangrödor i detta område benämns i detta arbete som att de växer i inomradsytorna (eng. *under-vine cover crops*). Detta är området där vegetation har som störst konkurrensförmåga gentemot vinrankorna.
- Ytorna mellan raderna, som inte berörs av ovanstående ytas avgränsningar. Mellangrödor i detta område benämns i detta arbete som att de växer i mellanradsytorna (eng. *inter-row cover crops*). Större delen av fältet utgörs av detta område, varav markegenskaperna här är viktiga att förvalta.

Vegetation i detta område har inte en lika påtaglig verkan på vinrankorna som ytorna rakt nedanför rankorna.

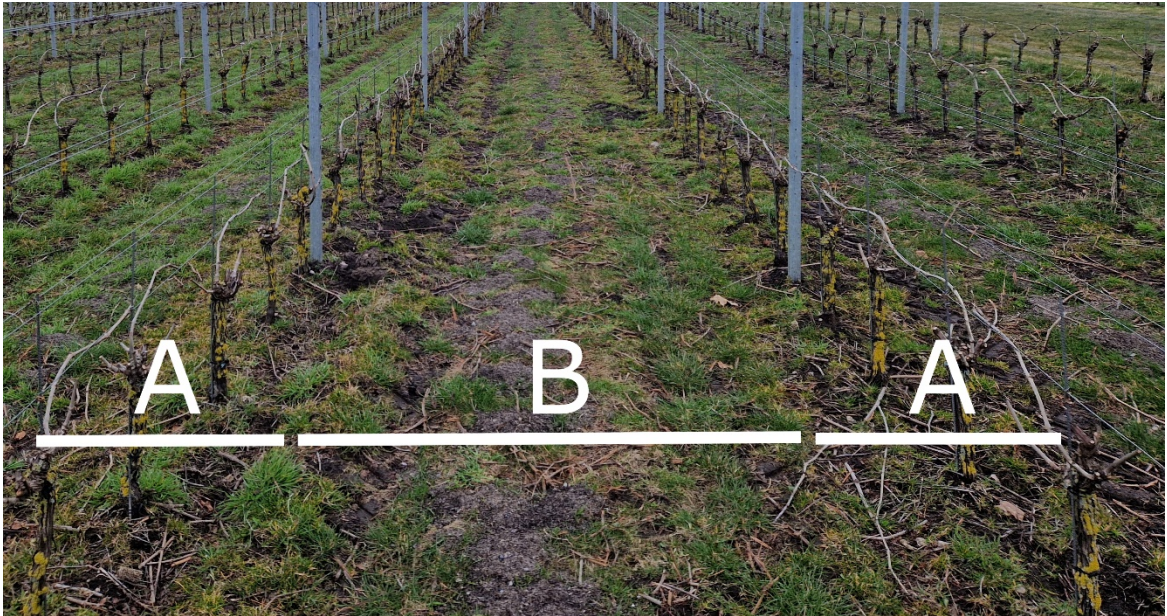


Bild 4: Ungefärliga mått på inomrads- (A) och mellanradsytorna (B). (Foto: Marcos Cerutti, 2024)



Bild 5: Vinodling med mellangrödor i mellanradsytorna (Foto: Nils Mellbin, 2022)

Mellangrödor kan efter livslängden sedermera klassificeras som annuella (ettåriga) eller perenna (fleråriga). De annuella arterna kan även delas upp i ytterligare två kategorier, vinter- och sommarannuella, beroende på om de har förmågan att, eller tillåts, övervintra eller inte (White 2003):

Vinterannuella mellangrödor sås in under hösten och tillväxer fram till vintern, då de övervintrar. Syftet är att förhindra erosion under vintertid, eller tidig vår, och minska risken för markpackning under våta förhållanden. De kan putsas ner under våren för att motverka frostsador. Vanligtvis brukas de ner i marken under försommaren som gröngödsling för att minimera konkurrens med vinrankorna under växtsäsongen. Tillåter man plantorna fröa kan en fröbank byggas upp till nästkommande säsong, s.k. regenererande mellangrödor, och kostnad för en ny sådd uteblir.

Sommarannuella mellangrödor sås in på våren och tillväxer under sommaren. Kan även oftast vara spontanväxta arter från vildfloran.

Perenna mellangrödor är fleråriga arter som vissnar ner på vinter och börjar återigen växa på våren. Fördelen är att kostnaden och arbetstiden för återkommande sådd inte är ett faktum samtidigt som många av mellangrödors fördelar fås, men däremot kan dessa inte brukas i marken ner år efter år.

Vid sådd av mellangrödor kan flertalet arter ingå i fröblandningen men det är även vanligt med sådd av monokulturer. Det finns många arter som kan odlas men de främst förekommande mellangrödorna i vinodlingar ingår i familjerna *Fabaceae* (baljväxter) samt *Poaceae* (gräs) (Abad et al. 2021). Många andra arter från olika familjer används men generellt sätt i mindre utsträckning än tidigare nämnda. Dessa kan räknas in i en tredje grupp bestående av olika bredbladiga, örtartade växter som ingår i bland annat familjerna *Brassicaceae* (kålväxter) och *Asteraceae* (korgblommiga växter) (Guerra & Steenwerth 2012).

De första åren i en nyplantering är viktiga för vinrankornas utveckling av rotsystemet som kommer att underhålla plantan i framtiden. Sådd av mellangrödor eller hög förekomst av vegetation kan hämma utvecklingen och är därför inte optimalt (Wise & Walter-Peterson 2018). Ifall mellangrödornas fördelar ändå behöver tas tillvara på kan ett glesare bestånd sås in i mellanradsytorna, där konkurrensen om resursen inte är lika påtaglig i nederbördsrika områden (Giffard et al. 2022).

4.1.3 Spontan vegetation som mellangröda

Ett vanligt alternativ till sådda mellangrödor, ur ett internationellt perspektiv, är att låta vildfloran och fältets fröbank ta rollen som mellangröda (se bild 6 & 7). Det kräver ingen sådd, eller nödvändigtvis nedbrukning, men kan däremot behövas putsas vid upprepade tillfällen under säsongen. Spontan vegetation kan, till varierande grad beroende på vildfloras sammansättning, bidra med många av fördelarna som sådd vegetation ger upphov till. Ökning av biodiversiteten, minskad risk för erosion, ökad mullhalt, minskad urlakning, ökning av markens vattenhållande förmåga och infiltration samt minskad markpackning är några att nämna (Rodrigues & Arrobas 2020).



Bild 6: Vinodling med spontanväxt vegetation som mellangröda i Valpolicella, Italien.
(Foto: Marcos Cerutti, 2023)



Bild 7: Vinodling med spontanväxta mellangrödor och jordbearbetning i varannan rad. Toscana, Italien. (Foto: Oscar Andersson 2024)

4.1.4 Marktäckning

När en mellangröda putsas på våren eller sommaren kan växtresterna strös ut under och/eller mellan vinraderna för att täcka marken. Det kan användas som en effektiv metod för ogräskontroll då ljus inte kan tränga igenom lagret och nå ogräsmåplantorna, vilket hämmar deras tillväxt och utveckling. Metoden har även visat sig vara mer effektivt än kemisk bekämpning och kan därmed leda till minskad växtskyddsmedelsberoende (DeVetter et al. 2015). För att detta ska ske så effektivt som möjligt krävs ett lager på 10–30 centimeter, beroende på vilket material eller mellangröda, och att marktäckningen görs så tidigt som möjligt i samband med ogräsfrönas gröningsperiod.

Mullhalten, näringshalten och aktiviteten hos mikro- samt makrofaunan kan förbättras med marktäckning eftersom att organiskt material tillförs till jorden (DeVetter et al. 2015). Nedbrytningshastigheten beror däremot på vilken mellangröda som används och dess C/N-kvot. En alltför hög kvot kan t.o.m. leda till brist av N under första året efter putsning då gödning kan behövas tillföras (White 2003). Kalium (K) och fosfornivåerna (P) i marken har visat sig öka i ett flertal studier med marktäckning med mellangrödor (Abad et al. 2021). Markstrukturen kan förbättras genom att öka infiltrationsförmågan (däriigenom

minskar även erosionsrisken), den vattenhållande förmågan och stabilisera markaggregaten (DeVetter et al. 2015).

På grund av dess låga värmeledande förmåga kan marktäckning med organiskt material, såsom strån från gräsarter, minska värmekonduktiviteten nedåt i jordprofilen under soltimmarna eller uppåt till atmosfären under nattetid. Detta bidrar därför till en stabiliserad temperaturreglering över hela dygnet (White 2003). Områden med ett varmare klimat och låg nederbörd kan gynnas av detta då vattenavdunstningen från fältet minskar. Men eftersom det organiska materialet som används till marktäckning reflekterar bort större andel solljusvärme, och har sämre värmekonduktivitet, än bar jord så är den totala mängden absorberad värmeenergi till marken, och därav marktemperaturen, lägre. Det leder till ökad risk för frostsador i de områden där frost kan vara ett problem (White 2003).

Det organiska materialet kan vara mottagligt för sjukdomar som riskerar att förökas och spridas till vinrankorna eller kvarvarande mellangrödor. *Botrytis Cinerea*, en svamp som orsakar gråmögel, är ett sådant exempel. Alltför torrt material kan utgöra en brandfara vid väldigt stark sol och i torrt klimat (White 2003).

4.2 Mellangrödors effekt på odlingen

4.2.1 Markhälsa

Mellangrödor som brukas ned i marken, eller som låts dö av, kan tillföra organiskt material till marken, s.k. grüngödslingsgrödor, och öka mullhalten (Karl et al. 2016; Rodrigues & Arrobas 2020). En ökad mullhalt bidrar med många fördelar till markens fysikaliska, biologiska och kemiska egenskaper, vilket gör odlingssystem som bevarar den viktiga för långvariga och hållbara vinodlingar (Coombe & Dry 2004; Karl et al. 2016). Organiskt material, särskilt nyligen inkorporerade växtrester, utgör en viktig föda för faunan och mikroberna i marken och deras aktivitet kan öka, vilket kan ses som en indikator på god markhälsa (Karl et al. 2016). Genom mikrobiell nedbrytning kan näringsämnen som erhålles i det organiska materialet mineraliseras, frigöras, och bli tillgängliga för vinrankorna att ta upp (Rodrigues & Arrobas 2020). En C/N-kvot på det tillförda organiska materialet över 10:1 tenderar att minska N-tillgängligheten för vinrankorna eftersom mikroberna immobiliserar fritt N för nedbrytning av materialet (Coombe & Dry 2004). I ett tioårigt försök nära Stellenbosch, Sydafrika, visade Fourie et al. (2007) att sådda mellangrödor signifikant ökade mullhalten i de översta 30

centimetrarna i jordprofilen. Försöken testades mot kontrollförsök som bestod av bar mark samt en där ogräs bekämpades kemiskt och dessa visade på en minskad mullhalt med 16% efter 10 år.

Utveckling av mellangrödors rotsystem kan föra med sig många fördelar för markhälsan. Stabilisering av markaggregat kan förbättras av mellangrödor men kan ta en relativt lång period att uppnå positiva resultat. I vissa fall krävs 2–3 år innan förändring kan observeras. Ökad meso- och makroporositet, sammanslutning av porer samt infiltrationshastighet är viktiga fördelar. Sammanslaget kan dessa effekter förbättra dräneringsförmågan i fältet (Abad et al. 2021). Karl et al. (2016) visade att fyra år av vitklöver i raderna minskade markens volymvikt jämfört med jordbearbetad vegetationsfri mark. Det medförde även högre porositet och tillgänglig vattenkapacitet. Vitklövern hade 17% högre halt av organiskt material än den vegetationsfria marken samt 46% högre aggregatstabilitet jämfört med glyfosatbehandlad vegetationsfri mark.

För att gynna markstrukturen kan gräs allmänt vara ett bättre alternativ än baljväxter eftersom de har ett större och mer fibröst rotsystem och ifall målet är en högre mullhalt är gräsarter allmänt också ett lämpligare alternativ (White 2003). Däremot har andra grödor visat sig vara bättre lämpade för penetration av djupare och packade jordlager, speciellt de med djupgående pålrot. Chen & Weil (2010) visade att rättika (*Raphanus sativus*) hade två gånger så många rötter, samt raps (*Brassica napus*) 1,5 gånger så många rötter, än råg på ett djup av 15–50 centimeter i en hårt packad jord. Antalet rötter hos rapsen samt rågen påverkades negativt av hårdare packning medan rättikan inte påverkades alls. Samma grödor hade ingen signifikant skillnad i vertikal penetration i en icke-packad jord.

I områden med hög nederbörd kan mellangrödor användas för att torka ut jorden snabbare. Dels suger växtrötterna upp vattnet, dels ökar markens infiltrationsförmåga. Då minskar risken för vattenansamlingar som i sin tur kan leda till erosion, näringsförluster, läckage av bekämpningsmedel samt syrefria luckor som kan kväva vinrankornas rötter. Ett bestånd av mellangrödor med välutvecklade och fibrösa rotsystem, i synnerhet gräsarter, torkar ut jorden snabbare än bar mark (Celette et al. 2009).

Risken för erosion minskar med av vegetation bevuxen mark eftersom växternas rotsystem håller ihop jorden samtidigt som regndropparna inte träffar de översta jordlagret, s.k. matjorden, direkt (Rodrigues & Arrobas 2020). En konsekvens av förflyttning av matjorden är att organiskt material transporteras bort, och därmed även näring, och resulterar i näringsförluster på fältet och övergödning i närliggande vattendrag (Schütte et al. 2020). Novara et al. (2019) visade i Sicilien

att mellangrödor minskade den årliga erosionen jämfört med jordbearbetad mark. Mellangrödorna gjorde även stor skillnad i mängd eroderad jord i ett sluttande fält jämfört med ett plant fält.

Efter många års nedbrukning av gröngödslingsgrödor, och därmed stigande mullhalt, kan pH-värdet sänkas till en liten grad. Enligt ett tioårigt försök med en gräsfröblandning som mellangröda, som putsades utan att resterna fördes bort, kunde pH-värdet sänkas 0,3 enheter (White 2003). Att uppnå detta kan vara kostsamt och tidskrävande men relevant på jordar där ett alltför högt pH-värde är ett problem (Skelton 2020).

4.2.2 Växtnäring och vatten

Baljväxter har fördelen att kunna fixera kväve (N) i form av N₂ direkt från atmosfären, vilket bidrar till att öka kväveförrådet i marken utan tillförsel av externt kväve. Abad et al. (2021) hävdar i en sammanställning av flertalet olika studier att baljväxter ökade kväveförrådet i marken med i snitt 30% och att gräs tillfälligt tömmer kväveförrådet med ungefär 25%. Däremot är kanske inte baljväxternas ökning av kvävet direkt tillgängligt för vinrankorna att tillgodogöra sig. En observation var att endast 10% av det totala fixerade kvävet på 125 kg/ha/år togs upp av vinrankorna under växtsäsongen (Abad et al. 2021). En hypotes gjordes om att en kombination av rådande fysikaliska, biologiska och kemiska processer medverkade till den låga andelen. Vidare kan baljväxter enligt White (2003) tillföra mineraliserat N på 50–100 kg/ha/år när de brukas in i jorden men specificerar inte hur mycket baljväxter som krävs eller i vilket land som resultatet observerades i.

Generellt sett finns ingen trend som visar på skillnad i fosfor- (P) eller kaliumhalten (K) i jordar med mellangrödor och jordar som jordbearbetats (Abad et al. 2021). Klodd et al. (2016) fann dock en liten minskning i P när mellangrödor såtts in. Däremot var magnesium (Mg), P och K förlusterna i ett sluttande fält 70–95% högre vid jordbearbetning jämfört med mellangrödor. Förklaringen är att sluttningen medförde höga näringsförluster till följd av omplacering av matjorden, d.v.s. erosion, efter regnfall (Abad et al. 2021).

I redan alltför bördiga jordar och särskilt i kombination med gödning kan det resultera i ett överskott på växttillgängligt N (White 2003). Ett överskott av N, som är ett tillväxtreglerande näringsämne, kan påverka den reproduktiva utvecklingen negativt (Se bild 8) och i stället gynna en överdriven vegetativ tillväxt. Detta kan föra med sig besvär då bladverket kan skugga druvorna och försämra

mognadsprocessen. Likväl hindras vattenavdunstning från bladverket att ske och svampsjukdomar kan gynnas av det fuktiga mikroklimatet. Ytterligare skadegörarbekämpningar eller beskärningsarbete kan då behöva tillämpas. Därför kan mellangrödor som tillåts konkurrera med vinrankorna om N under växtsäsongen vara gynnsamt för att hålla den vegetativa tillväxten nere. Enligt Abad et al. (2021) utgör mellangrödor mellan vinraderna inte en större konkurrens med vinrankorna gällande näring, förutom om N när gräsarter används. Däremot visade Klodd et al. (2016) på att mellangrödor bestående av två gräsarter, rörsvingel (*Festuca arundinacea*) samt hundäxing (*Dactylis Glomerata*), inte utgjorde någon större konkurrens om N och vatten. Fosforupptaget samt fruktsättningen minskade dock delvis. Förändringar i rotmorfologin observerades då vinrankornas rotsystem utvecklades nedåt i jordprofilen och minskade i de ytligare skikten till följd av konkurrens med mellangrödorna, vilket i sin tur också kan förklara att näring hämtades från andra, outforskade delar av jordprofilen. Dessa observationer gjordes i ett 7-årigt försök i Virginia, USA, där klimatet är tempererat och svalt med högre nederbörd, vilket också kan förklara att vattenstress inte blev ett faktum. Giffard et al. (2022) stärker resonemanget i en sammanställning av flera studier; ingen signifikant konkurrens om resurser har noterats av mellangrödor i mellanradsytorna på fält som konstbevattnas eller som befinner sig i ett nederbördsrikt klimat, speciellt på jordar med hög vattenhållande förmåga. Celette et al. (2009) visar också på att mellangrödors påverkan under torra år resulterar i högre konkurrens om N relativt till år med högre nederbörd.

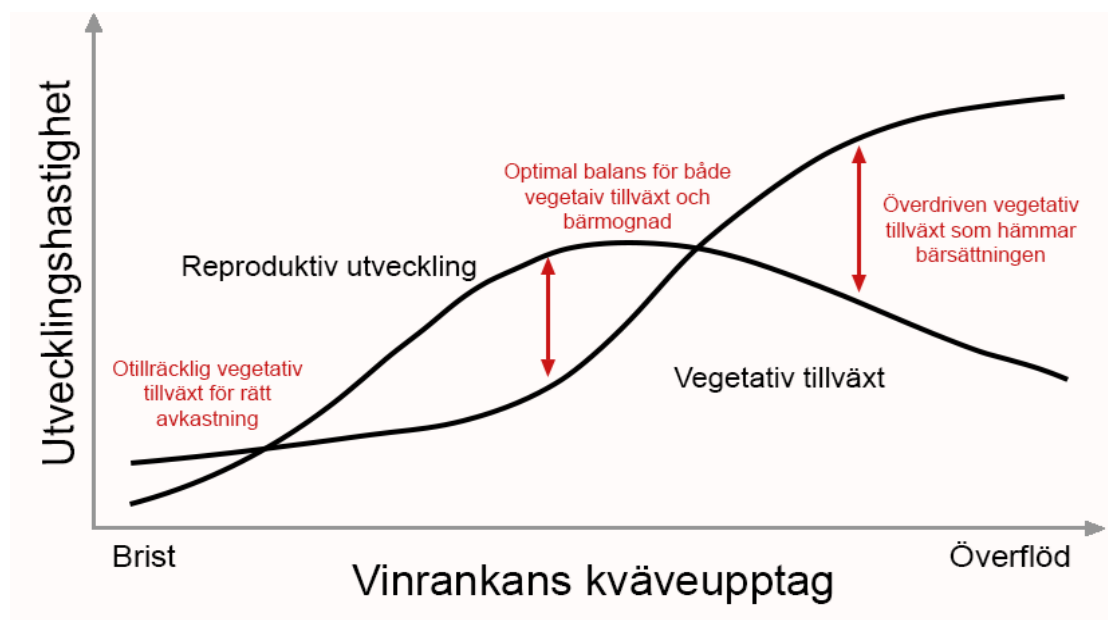


Bild 8: Utvecklingshastighet av vegetativ samt reproduktiv tillväxt som funktion av vinrankans kvävestatus (Verdenal et al. 2021).

Mellangrödor i inomradsytorna har dock visat sig ha större konkurrensförmåga gentemot vinrankorna. I ett försök i delstaten New York, där klimatet är tempererat och svalt med hög nederbörd, visade Heuvel (2017) på att monokulturer av olika mellangrödor hade vitt skilda påverkan på vinrankorna vegetativa tillväxt samt avkastning (se tabell 2). Rotsystemen utvecklades också nedåt i jordprofilen på grund av konkurrens i ytligare nivåer. Abad et al. (2020) observerade under ett tvåårigt försök i Navarra, Spanien, att smultronklöver (*Trifolium fragiferum*) minskade antalet skott på vinrankorna endast det andra året, efter att klöveren hunnit etablera sig tillräckligt. Det fanns dock en ökad vattenstress under båda åren. Mellangrödor i inomradsytorna som under torra år utgör alltför stor konkurrens om vatten bör brukas ned under växtsäsongen för att inte hämma produktionen (Heuvel 2017).

Tabell 2. Inomrad-mellangrödors påverkan på beskärningsvikt (här ett mått på vegetativ tillväxt) samt avkastning hos vuxna vinrankor i New York. (Heuvel 2017)

Ingen/minimal påverkan	Måttlig påverkan	Signifikant påverkan
Bovete	Rättika	Cikoria
rova	Lusern (Alfalfa)	Italienskt rajgräs
	Rörsvingel	
	Spontan vegetation*	

*Beror på vegetationens artsammansättning

Valet av mellangrödor påverkar när resursbehovet är som störst för mellangrödan och inom hur stort tidsspänn den sträcker sig. Till exempel kan spontan vegetation, med sin högre diversitet av växtarter, konkurrera över hela säsongen då döende plantor ersätts med nya arter. En monokultur av tidigt sått bovete tillväxer däremot starkt tidigt på säsongen för att sedan vissna av i mitten av augusti (i delstaten New York, USA) (Heuvel 2017). Det är inte bara viktigt att kunna kontrollera tidpunkten för mellangrödans konkurrens men även veta när under säsongen som vinrankan har störst behov av näring och vatten (se bild 9). Skillnader i biologi samt resursbehov hos mellangrödan och vinrankorna möjliggör att odlaren kan, genom att anpassa tidpunkten för t.ex. putsning och sådd, effektivt fördela de tillgängliga resurserna mellan vinrankorna och mellangrödorna.

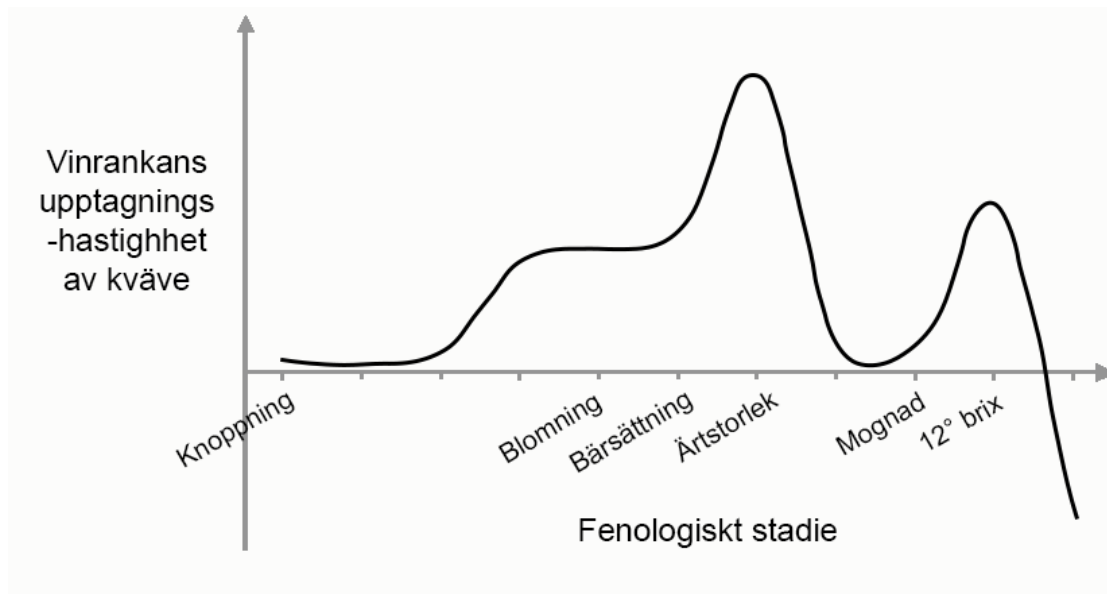


Bild 9: Vinrankans årliga variation av kväveupptag (Verdenal et al. 2021)

Växtnäringsupptaget hos vinrankan kan gynnas genom symbios med markorganismer. Arbuskulär mykorrhiza är en symbios mellan olika svamparters hyfer och växters rotvävnader. Både vinrankorna och de flesta mellangrödor är mottagliga för symbiosen. Rotsystemets area för näringsupptag kan bli många gånger större än den hade varit utan symbiosen (Skelton 2020). Mykorrhizasvamparna har en hög förmåga att assimilera näring i marken och gynnar därför bl. a. växtens närings- och vattenupptag starkt, speciellt fosfor, koppar och zink. Även toleransen för abiotiska stressmoment ökar, såsom vattenstress, jordsalinitet och tungmetaller. Toleransen för sjukdomar ökar hos vinrankan (Giffard et al. 2022). I gengäld bidrar växterna med kolhydrater till mykorrhizasvamparna (Verdenal et al. 2021). Krishna et al. (2005) visade att mykorrhiza ökar kväveinnehållet i vinrankan såväl som många metaboliter som till exempel klorofyll, fenoler och nitratreduktas. Svamparnas mycelnätverk i marken kan också fysiskt binda ihop och stabilisera markaggregaten. Odling av mellangrödor bidrar ytterligare till denna effekt, speciellt perenna grässorter, genom att grödorna i sin tur också ingår i symbios och gynnar svamparnas uppförökning (White 2003). Mellangrödor har inte heller någon negativ påverkan på symbiosbildningen mellan mykorrhiza och vinrankorna utan har snarare tendens att gynna den (Giffard et al. 2022; Klodd et al. 2016). Markstörningar såsom jordbearbetning har en negativ effekt på förekomsten av mykorrhiza i marken, genom att förstöra mycelnätverken samt avdödning av mottagliga grödor, samtidigt som diversiteten av mykorrhizasvamparter också tenderar att vara lägre i kultiverade jordar (Kabir 2005).

4.2.3 Urlakning av växtnäring och bekämpningsmedel

Idag är kopparhalten i matjorden (övre jordskiktet) över 100 mg koppar (Cu) per kg i 15% av den europeiska vinodlingsarealen (Droz et al. 2021). Det motsvarar det genomsnittliga värdet för när marksanering rekommenderas. Cu kan ackumuleras i marken och kan i för höga halter påverka markorganismer och växter negativt. Bördighets- och produktivhetsproblem i vinodlingen kan uppstå samt urlakning av Cu till närliggande vattensystem (Droz et al. 2021).

Eon et al. (2023) visade i ett experiment på att en ökning från 90 mg Cu/kg till 204 mg/kg var förödande för tillväxten av arter inom familjen korsblommiga växter (*Brassicaceae*) och åkerböna (*Vicia Faba*), som är vanligare mellangrödor i europeiska vinodlingar. Vidare visade baljväxten blodklöver (*Trifolium incarnatum*) den högst producerade biomassan i en jord med hög Cu-koncentration, och tillsammans med åkerböna hade de högst koncentration Cu i skotten. Dessa resultat pekar på att klöverarter kan vara lämpliga för fytoextraktion, d.v.s. ackumulering av högre mängd koppar i växtvävnaden. Resultatet visade dock också att mängden fytoextraherad Cu av mellangrödor inte når upp till den mängd som årligen tillsätts med bekämpningsmedel i högintensiva områden i Europa. Man konstaterar att fortsatt besprutning av kopparpreparat kan äventyra möjligheterna till odling av mellangrödor i dessa områden och att utnyttjandet av dess potentiella fördelar inte kommer att fullt ut kunna tas tillvara på. Samma artikel påpekar även att mängden Cu som extraherats av mellangrödorna varierade mellan 25–166 g/hektar beroende på växttillgängligheten av Cu i matjorden och den generella tillväxten av mellangrödorna på fält.

Ackumulering av Cu i marken gör att stora mängder av ämnet ingår i föreningar som inte är tillgängliga för organismer eller växter att ta upp. Cu tas av växter upp som en fri, i vatten upplöst, jon (Cu^{2+}) vars växttillgänglighet i marken beror till större del på pH-värdet och det organiska materialets egenskaper som i sin tur har förmågan att påverka lösligheten av ämnet. Ouédraogo et al. (2024) har visat att organiskt material från mellangrödor har förmågan att påverka lösligheten av Cu i marken 60–90 dagar efter att det bearbetats ned i jorden. Därav finns det potential för mellangrödor att omvandla ackumulerat Cu till lösta biotillgängliga Cu^{2+} -joner. Det fanns inte heller någon skillnad i påverkan på mängden löst koppar mellan organiskt material från olika arter med vitt skilda C/N-kvoter. Det antyder på att vilken mellangröda som inkorporeras i marken inte har en större betydelse utan snarare om att det är den totala mängden C som brukas ner som påverkar biotillgängligheten av Cu.

Karl et al. (2016) gjorde ett försök i Finger Lakes, USA, där man jämförde urlakning från fyra olika rader som behandlats enligt olika metoder i inområdsytorna. Vitklöver (*Trifolium repens*) som fånggröda jämfördes med jordbearbetad vegetationsfri mark, glyfosatbehandlad vegetationsfri mark samt spontanväxt fånggröda från vildfloran. Resultaten visade bl. a. på att den jordbearbetade marken samt den spontanväxta fånggrödan minskade den genomsnittliga årliga urlakningen av kväve med 86%. Eftersom vitklöver, till skillnad från vildfloran, fixerar allt N från atmosfären så minskar den inte urlakningen av N nämnvärt. Både vitklöver och den spontanväxta grödan kunde minska årlig urlakning av löst organiskt kol (eng. *dissolved organic carbon, DOC*) med 36% jämfört med vegetationsfri mark. DOC är till en hög grad nedbrutet organiskt material som fungerar som näringsämne för mikrobiella markorganismer och dess närvaro gynnar den mikrobiella aktiviteten. Alla behandlingar visade mätbara spår av växtskyddsurlakning men den glyfosatbehandlade marken hade ett fem gånger högre värde än resterande. Även råg (*Secale cereale*) har visat sig i många försök vara en effektiv fånggröda med minskning av N-urlakning på upp till 66% (Camargo Silva & Bagavathiannan 2023).

Mellangrödor under vinrankans viloperiod, det vill säga vinterhalvåret, kan även då agera som fånggröda och minska N-förluster via urlakning eller avgång till atmosfären (Rodrigues & Arrobas 2020).

Vinodlingen världen över bidrar idag, tillsammans med övriga delar av lantbrukssektorn, till växthusgasutsläpp och har därigenom en negativ påverkan på klimatet. Men vinodlingarna kan även agera till fördel som en kolsänka genom kolinlagring i marken. Eftersom mellangrödor har förmågan att öka det organiska materialet i marken kan kol (i form av CO₂) från atmosfären lagras in i växtbiomassa för att sedan brukas ned i marken (Fogelfors 2015). Abad et al. (2021) hävdar i sin sammanställning av flertalet studier att minimal jordbearbetning med korn (*Hordeum vulgare*) som mellangröda lagrade in 1.12 Mg CO₂/hektar/år medan en mellangröda som årligen putsades och brukades ner genom jordbearbetning minskade mängden C i marken. CO₂-utsläppen är högre efter jordbearbetning jämfört med putsning där växtrester inkorporerats in i marken. Likväl är utsläppen högre ifall jordbearbetning sker på årlig basis jämfört med vartannat år. Samtidigt observerades lägre CO₂-utsläpp i odlingsystem utan jordbearbetning överhuvudtaget. Det visar att förvaltningen av mellangrödorna har större effekt på utsläppen än mellangrödorna själva. Däremot uppmättes högre lustgasavgångar (N₂O) då baljväxter putsades och växtresterna lämnades på markytan jämfört med när de jordbearbetades ned. Sammantaget bidrar mellangrödor aktivt till att lagra in C i marken genom inkorporerandet av organiskt material med skiftande effektivitet beroende på odlingsystemet och mellangrödan.

4.2.4 Ogräs- och skadegörarkontroll

Mellangrödor kan bekämpa ogräs genom olika mekanismer som kan klassificeras som konkurrensbetonade eller icke-konkurrensbetonade. Ett levande bestånd konkurrerar med ogräs om ljus, näring, vatten samt utrymme (Camargo Silva & Bagavathiannan 2023). Detta hämmar ogräsens tillväxt, reproduktionsförmåga och frögrobarhet. Mellangrödans kapacitet till ogräsbekämpning är artberoende då det finns skillnader i fenotypiska egenskaper, såsom tillväxthastighet, storlek på bladverket och potentiell produktion av biomassa. Rätt val av art med förmåga till en snabb och bra etablerad mellangröda har med andra ord störst kapacitet för ogräsbekämpning. Arter som i tidigare försök har visat sig ha bra ogräsbekämpandeförmåga är bl. a. snabbväxande gräs såsom havre (*Avena sativa*) och råg (*Secale cereale*), bovete (*Fagopyrum Esculentum*) samt arter inom kåsläktet (*Brassica spp.*) Lågväxande arter som tar längre tid att etablera sig hör till de med sämre ogräsbekämpningsförmåga, såsom vissa baljväxtarter (McKenzie-Gopsill et al. 2022). Abad et al. (2020) gjorde däremot en tvåårig studie i Navarra, Spanien som visar på att väletablerade klöverlika mellangrödor i inområdsytorna har förmågan att minska ogräsförekomsten på samma yta. Vinrankorna fick dock ökad vattenstress och den vegetativa tillväxten av vinrankorna hämmades under båda åren till följd av konkurrens. Vidare påverkades inte skördenivåerna under försöket.

Icke-konkurrensbetonad ogräsbekämpning syftar på en mellangrödans förmåga att förhindra ett ogräs tillväxt och utveckling utan att exploatera resurser. Vissa arter av mellangrödor kan utsöndra kemiska substanser som hämmar andra växters groning och tillväxt, s.k. allelopati, där råg är en gröda som utmärker sig (Fogelfors 2015). De kan även sänka ljuskvaliteten under sitt bladverk och hindra ogräs från att gro eller effektivt fotosyntetisera. En annan möjlighet, som inte har utforskats fullt ut, är att en minskning av marktemperaturen blir ett resultat av ett levande bestånd. Detta kan fördröja groningen hos ogräsen till långt efter mellangrödans etablering och därmed direkt minska ogräsens konkurrensförmåga (Camargo Silva & Bagavathiannan 2023).

Smith et al. (2020) undersökte olika mellangrödors förmåga att bekämpa ogräs som monokulturer eller tillsammans i fröblandningar. Resultatet visade att monokulturerna i snitt hade en mycket större förmåga att bekämpa ogräsen till skillnad från fröblandningarna. Slutsatsen som drogs var att ifall ogräsbekämpning är huvudmålet med att så in en mellangröda så är monokulturer, av arter med störst

förmåga för bekämpning, det föredragna alternativet. Samtidigt gav fröblandningarna aldrig de sämsta resultaten, vilket visar på att ifall en arts ogräsbekämpningsförmåga är okänt så är det säkraste valet att jämna ut riskerna genom att så en fröblandning av relevanta arter.

En nackdel med att så in mellangrödor är att de kan skifta till att bli ogräs ifall de tillåts fortplantas. Om de gror på en plats eller under en tid där deras närvaro eller effekt inte önskas så måste de bekämpas för att motverka negativ påverkan. Därför är det viktigt att veta under vilken tidsram de gror, tillväxer och förökar sig.

Naturliga fiender till skadegörare kan gynnas av vegetation på vinodlingen. Hoffmann et al. (2017) gjorde ett försök i Siebeldingen, Tyskland, där man genom att så in bovete (*fagopyrum esculentum*) samt honungsfacelia (*Phacelia tanacetifolia*) studerade dess effekter på biologisk kontroll av vinskottsvecklare (*Lobesia botrana*). Resonemanget var att fröblandningar behöver skraddarsys utefter regionala förutsättningar samt vildfaunan i området för att den biologiska kontrollen ska få störst effekt. Konstitutionen av omgivande landskap kring fältet har också en viktig roll i naturliga fienders verkan på skadegörare. De visade även på att rätt timing av putsning eller nedbrukning av mellangrödorna skulle kunna ha en betydande effekt på vinskottsvecklarna skadeverkan eftersom de oftast inte angriper vinrankorna ifall andra habitat i närheten finns tillgängliga.

Spontanväxande vildflora som mellangrödor kan ha en större gynnande effekt på naturliga fiender än vad insådda icke-naturligt förekommande arter har, men beror helt på vildfloras artsammansättning. En studie i sydöstra Australien visade att endemiska växtarter hade större påverkan på naturliga fienders predation av den ljusbruna äppelmalen (*Epiphyas postvittana*) än vad havre, en introducerad art, hade (Danne et al. 2010). De resonerar vidare att endemiska arter kan bidra med positiva aspekter men måste tillämpas noggrant för att inte vidare förvärra problemen med lokala skadegörare.

Många arter från familjen korsblommiga växter har visat sig ha en sanerande effekt på växtparasitära nematoder efter nedbrukning av grödan. Kruger et al. (2015) studerade under tre säsonger, i Stellenbosch, Sydafrika, förmågan att bekämpa nematoder hos följande korsblommiga växter; vitsenap (*Sinapis alba*), raps, sareptasenap (*Brassica juncea*), senapskål (*Eruca sativa*), calientesenap (*Caliente 199*) samt havre. Alla arter visade en godtycklig effekt men rapsen och calientesenapen visade sig ha bäst potential för nematodsanering. Vidare drar de en slutsats om att flera olika faktorer måste sammanfalla för optimal effekt, som att så hög biomassa som möjligt måste produceras av mellangrödan, mellangrödans

fenologiska stadie vid nedbrukning och att markfuktigheten också påverkar resultatet.

4.2.5 Biologisk mångfald

Mellangrödor kan effektivt gynna biodiversiteten på vingården över flera olika trofiska nivåer i det ekologiska systemet, då det fungerar som en energikälla till nedbrytare och heterotrofa organismer (Giffard et al. 2022; López-Piñeiro et al. 2013). Det kan även bistå med biologisk bekämpning av skadegörare då beståndet kan fungera som habitat för nyttoinsekter (Geldenhuis et al. 2021). Risken för att olika sådda eller vilda arter kan gynna uppförökning av skadegörare bör dock inte förbises (Rodrigues & Arrobas 2020).

Mellangrödor bestående av flertalet växtarter kan gynna artrikedomen samt populationerna av leddjur såsom insekter och spindlar genom fler mikrohabitater. Vad som tyder på störst negativ påverkan hos dessa är dock ifall marken jordbearbetas över säsongerna eller inte (Geldenhuis et al. 2021).

Mellangrödor som blommor under sommaren har förmågan att gynna bin och andra pollinerare. Även om vinrankorna är självpollinerande så är en artrikedom av pollinatörer en viktig beståndsdel för det omgivande landskapet då de har en viktig ekologisk funktion. Samtidigt gynnas andra odlare indirekt då deras närvaro kan öka produktionen hos de vars inkomst förlitar sig på pollinerade grödor. En studie i Kalifornien studerade olika blommande mellangrödors påverkan på bipopulationen och fann en signifikant ökning i artrikedom samt antal individer av pollinerare (Wilson et al. 2018). Mellangrödorna såddes i mellanradsytorna i varannan rad, samt att varannan rad lämnades bar, och arterna i fröblandningen selekterades fram så att de kunde sås samtidigt under hösten men blommade under olika tidsperioder så att tidsintervallet med blommande vegetation sträckte sig från april-september. De mellangrödor som användes var; Honungsfacelia, slöjsilja (*Ammi majus*) och vildmorot (*Daucus carota*).



Bild 10: Sådda blommande mellangrödor, bl. a. blåklint och sömntuta (Foto: Nils Mellbin, 2022)

Daggmaskpopulationen i en vingård i Slovenien har visat sig öka trefaldigt då spontan vegetation i mellanradsytorna inte bearbetades eller putsades ned, jämfört med jordbearbetning. Större andelen av individerna kunde hittades nära markytan. Även kemisk bekämpning av ogräs med glyfosat visade sig ha en negativ effekt på daggmaskpopulationen (Vrsic et al. 2011). Daggmaskar utgör en viktig del i nedbrytningen av organiskt material och deras närvaro är av stor vikt för en vinodlare som vill producera vin med hållbarhet i fokus.

López-Piñeiro et al. (2013) observerade att icke-jordbearbetad spontan vegetation i gångarna avsevärt gynnade den mikrobiella biologiska mångfalden i marken, både bakterier och svampar, jämfört med jordbearbetning utan vegetation. Det som visade på en ökning av mikroorganismer var den ökade mullhalten. Studien visade även på att störningar i markprofilen, i detta fall jordbearbetning, hade som störst inverkan på den mikrobiella biodiversiteten i marken. I ett långvarigt försök, 22 säsonger, där mellangrödor antingen putsades och lämnades kvar på markytan eller

kultiverades ner så var den mikrobiella aktiviteten högre vid putsning (Belmonte et al. 2018).

Vegetation på vinfältet gynnar vinrankornas mykorrhizasymbios (se 4.2.2 växtnäring och vatten) och mykorrhizasvamparnas diversitet genom att mellangrödorna i sin tur också ingår i symbiosen (White 2003).

4.3 Förslag på sådda mellangrödor i Sverige

Nedan följer tabeller med förslag på olika arter som kan användas som mellangrödor i svenska vinodlingar. Eftersom ingen litteratur finns att tillgå gällande mellangrödor på svenska vinodlingar så har information hämtats från det traditionella svenska lantbruket. De som har valts ut är arter som förekommer i svenska försök med mellangrödor eller arter som finns i utbud på den svenska marknaden och vanligen marknadsförs som mellangrödor. De är bara ett urval av alla de arter som har potential att kunna användas. Notera att beteckningen flerårig innefattar en livslängd på två eller fler år.

4.3.1 Gräsarter

Tabell 3. Förslag på gräsarter som kan användas i svenska vinodlingar

Svenskt namn	Latinskt namn	Ettårig/flerårig
Havre	<i>Avena sativa</i>	Ettårig
Korn	<i>Hordeum Vulgare</i>	Ettårig
Råg	<i>Secale Cereale</i>	Ettårig
Vete	<i>Triticum aestivum</i>	Ettårig
Rågvete	<i>Triticale Rimpauii</i>	Ettårig

Engelskt rajgräs	<i>Lolium Perenne</i>	Flerårig
Sudangräs	<i>Sorghum sudanense</i>	Ettårig
Westerwoldiskt rajgräs	<i>Lolium multibl. var westerwoldicum</i>	Ettårig
Italienskt rajgräs	<i>Lolium multiflorum</i>	Flerårig
Rödsvingel	<i>Festuca rubra</i>	Flerårig
Purrhavre	<i>Avena strigosa</i>	Ettårig
Timotej	<i>Phleum pratense</i>	Flerårig
Hundäxing	<i>Dactylis glomerata</i>	Flerårig

Gräsarter agerar generellt sett som effektiva kväveupptagare jämfört med andra växter, och tillfälligt minskar den totala mängden växttillgängligt kväve i marken (Abad et al. 2021). Detta gör att gräsarter kan sås in efter t. ex. ett bestånd mellangrödor bestående av hög andel baljväxter, då de utnyttjar den mineraliserade näringen och minskar risken för utlakning. De har ofta även en högre C/N-kvot än andra växter vilket gör att de bryts ned långsammare och mineralisering av näring sker över ett längre tidsspektrum. Fördelen med många av dessa arter är att de är väl aklimatiserade till det svenska klimatet och är väldigt köldtoleranta. Gräsarter är därför vanliga som fånggrödor, speciellt engelskt rajgräs.

Engelskt rajgräs har ett tydligt vernaliseringskrav, d.v.s. den måste övervintra för att kunna gå i blom, vilket gör att den kan sås på våren utan att behövas putsas ned innan nästa säsong. Den har dock en hög förmåga att bli ogräs ifall den tillåts fortplantas (Aronsson et al. 2012). Rödsvingel är också en vanligt förekommande mellangröda som odlas som fånggröda och grüngödsling. Den är även torktålig. Rödsvingeln tillväxer sämre än engelskt rajgräs men fördelen är att rödsvingelns rotsystem bildar utlöpare och är därav en väldigt bra marktäckare (Aronsson et al. 2012).

4.3.2 Baljväxter

Tabell 4. Förslag på baljväxtarter som kan användas i svenska vinodlingar

Svenskt namn	Latinskt namn	Ettårig/flerårig
Vitklöver	<i>Trifolium repens</i>	Flerårig
Rödklöver	<i>Trifolium pratense</i>	Flerårig
Alsikeklöver	<i>Trifolium hybridum</i>	Flerårig
Blålusern	<i>Medicago sativa</i>	Flerårig
Ärt	<i>Pisum sativum</i>	Ettårig
Blodklöver	<i>Trifolium incarnatum</i>	Ettårig
Blålupin	<i>Lupinus Angustifolius</i>	Ettårig
Luddvicker	<i>Vicia villosa</i>	Ettårig
Gul sötväppling	<i>Melilotus officinalis</i>	Flerårig
Kärringtand	<i>Lotus corniculatus</i>	Flerårig
Åkerböna	<i>Vicia faba</i>	Ettårig

Baljväxter fixerar sitt eget kväve från atmosfären, vilket bidrar till att öka kväveförrådet i marken utan tillförsel av externt kväve. Däremot gör det baljväxterna till att inte vara så lämpliga till att agera just som en fånggröda. Generellt sett har baljväxter en lägre C/N-kvot jämfört med växter. Det lägre värdet leder till snabbare nedbrytning av det organiska materialet vilket kan frigöra växttillgänglig näring, speciellt N, i en snabbare hastighet (Virk et al. 2022). Genom att så in dessa arter kan i teorin kvävegödningen till vinrankorna minskas eller utebli helt. Svenska försök har visat på att mängden klöver ett blandat bestånd kan ökas genom att minska på N-gödningen (Bergkvist et al. 2011). Det beror på att

baljväxternas kvävebehov ändå täcks av kvävefixeringen samtidigt som tillväxten hämmas hos de icke-fixerande arterna. Samma studie påstår även att den potentiella risken för kväveutlakning som klöverväxter medför kan minskas genom att inkludera engelskt rajgräs i fröblandningen. Detta beror på att det engelska rajgräset agerar som fånggröda.

Blålupin har ett djupgående rotsystem och fungerar bra som markstrukturförbättrare. Används även som gröngödsling. Den är däremot relativt frostkänslig (Fogelfors 2015).

Rödklävern har ett djupt rotsystem med en pålrot som enkelt drabbas av rotröta och kan därför vara svår att ha som en långvarig mellangröda över flera säsonger. Den kan behövas sås om emellanåt för att uppnå god effekt. Vitklävern har ett grundare rotsystem än rödklävern men har däremot utlöpare och därav bättre marktäckning (Aronsson et al. 2012; Fogelfors 2015). Blålusern är i jämförelse med vit- samt rödklävern den art som har djupast rotsystem och mest djupgående pålrot (Boller et al. 2010).

4.3.3 Örter/övriga

Tabell 5. Övriga arter som kan användas i svenska vinodlingar

Svenskt namn	Latinskt namn	Ettårig/flerårig
Raps	<i>Brassica napus</i>	Ettårig
Bovete	<i>Fagopyrum Esculentum</i>	Ettårig
Oljerättika	<i>Raphanus sativus</i>	Ettårig
Honungsfacelia	<i>Phacelia tanacetifolia</i>	Ettårig
Cikoria	<i>Cichorium intybus</i>	Flerårig
Lin	<i>Linum usitatissimum</i>	Ettårig

Kummin	<i>Carum carvi</i>	Flerårig
Vitsenap	<i>Sinapis alba</i>	Ettårig
Sareptasenap	<i>Brassica juncea</i>	Ettårig
Svartkämpar	<i>Plantago lanceolata</i>	Flerårig
Tagetes	<i>Tagetes</i>	

Snabbetablerade arter med större rotsystem i kombinationen med djupgående pålrot har särskild potential att fungera som fånggrödor. Näringen i marken kan även flyttas från ett lägre djup upp till övre delar av markprofilen. Brassica-arter har ofta en lägre C/N-kvot än de flesta gräsarter och ger därför i jämförelse en snabbare återmineralisering. C/N-kvoten varierar dock mycket beroende på grödans utvecklingsstadium där man generellt sett kan utgå från att ju längre i utvecklingsstadium plantorna har kommit, desto högre kvot. Med tiden hinner plantorna bilda fiberrika växtdelar och kväveandelen sjunker (Aronsson et al. 2012).

Som nämnt innan visade Kruger et al. (2015) att vitsenap, raps och sareptasenap visade en godtycklig effekt på nematodsanering efter nedbrukning. Tagetes har också visat en tydlig nematodsanerande effekt (Hooks et al. 2010).

Honungsfacelian är en snabbväxande och torktålig ört med lång blomningstid. Vanligtvis odlas den som gröngödslingsgröda, där den brukar brukas ned vid blomning. Om den putsas innan full blomning har den förmågan att återväxa. Honungsfacelian är även en utmärkt växt för pollinering med god tillgång till nektar (Fogelfors 2015).

Cikoria är torktålig tack vare sin djupgående pålrot med bra jordförbättringsegenskaper. Den har sin tillväxt förlagd till högsommaren (Fogelfors 2015).

Kummin har en kraftig pålrot och är effektiv i uppluckring av jorden. Den dör av efter andra eller tredje året (Fogelfors 2015).

Bovete är en lättodlad gröda som snabbt ger god marktäckning och har bra förmåga att bekämpa ogräs. Den kan sås sent och har även då bra förmåga att bekämpa annuella ogräs. Däremot är den frostkänslig och dör av vid frost, varvid den bör sås

när risken för nattfrost är över (Fogelfors 2015). Rotsystemet är dock svagt vilket gör den duglig för sådd i inomradsytorna utan större konkurrens med vinrankan om resurser (Heuvel 2017)

Oljerättikan är snabbetablerad, torkkänslig och har ett djupgående rotsystem med kraftig pålrot. Den är relativt frostkänslig. Därför kan den sås sent, hinna bilda ett större rotsystem och dö av senare när kylan kommer (Aronsson et al. 2012).

5. Diskussion

Det främst förekommande odlingsystemet i världens vinodlingar idag är ett perennt spaljeodlingssystem. Vinrankorna planteras i rader och lämnar större delar av fältets yta fri från vegetation. Hanteringen av dessa tomma ytor varierar beroende av traditionella, ekonomiska och produktionsinriktningsbaserade skäl samt variationer kopplade till klimat. I varma, torra delar av Europa och andra delar av världen är det vanligt att ytorna inte tillåts täckas utav vegetation och marken lämnas helt bar. Detta är för att förhindra en stark konkurrens med vinrankorna om vatten och näring men även för att underlätta framkomligheten på fält. För att uppnå en vegetationsfri mark så tillämpas jordbearbetning eller besprutning av ogräs med bekämpningsmedel. Dessa metoder har kopplats till stark degradering av odlingsmarken över tid och påverkar markens biologiska, fysikaliska, samt kemikaliska egenskaper negativt (Rodrigues & Arrobas 2020). Överskottsningen kan inte ackumuleras av vegetation och ökar risken för urlakning. Eftersom inget nytt organiskt material tillförs jorden så minskar mullhalten över tid och därav förrådsningen i marken samt dess strukturella egenskaper. Jordbearbetning samt en lägre mullhalt har enligt studier också visat sig ha en förödande påverkan på biodiversiteten och den mikrobiella aktiviteten i marken. Dessa aspekter gör att odlingsystemet är sårbart för förändringar och har en minskad resiliens.

5.1 Effekter av mellangrödor på vinodlingen

Mellangrödor av olika slag och odlingsmetoder är alternativet till bar mark där sådda grödor eller spontan vegetation från vildfloran tillåts växa i de tomma ytorna. De kan växa antingen mellan vinraderna och/eller direkt under raderna, där konkurrensen med vinrankorna om resurser är mer påtaglig. De avslagna grödorna kan sedermera även användas som täckmaterial och bidra med en effektiv ogräskontroll samt ökad mullhalt (DeVetter et al. 2015).

Vilken art som odlas beror på förutsättningar och syfte men de vanligaste är gräsarter eller baljväxter samt örtartade växter (Abad et al. 2021). Baljväxter kan fixera atmosfäriskt N och öka markens kväveförråd utan tillförsel av gödning, men det resulterar i att de inte är så dugliga som fånggrödor och kan bidra till en ökad

risk för kväveutlakning (Karl et al. 2016). Därför kan en rekommendation vara att blanda in gräsarter i fröblandningen för att agera som fånggrödor. Gräsarter har däremot ett mer fibröst rotsystem vilket också gynnar markstrukturen mer (White 2003). Gräs har även en högre C/N-kvot vilket gör att de bryts ned långsammare och då blir effektivare i att upprätthålla mullhalten över tid, som i sin tur ökar porositeten, infiltrationsförmågan, den vattenhållande kapaciteten samt biodiversiteten i marken vinodlingar (Coombe & Dry 2004; Karl et al. 2016). Arter med pålrot, såsom rättika och raps, har visat sig ha förmåga att bilda ett större vertikalt rotsystem och ha en mer luckrande effekt på hårt packad jord jämfört med gräsarter (Chen & Weil 2010).

Organiskt material kan tillföras marken, och mullhalten ökas, då mellangrödor dör av och/eller brukas ned i marken. Näringsreserver byggs då upp i marken och kan frigöras i olika hastighet beroende på C/N-kvoten i det organiska materialet för att sedan bli tillgängligt för vinrankorna att ta upp (Fogelfors 2015). Abad et al. (2021) visade också på att minimal jordbearbetning med korn som mellangröda ledde till en ökad kolinlagring i marken. Detta pekar på potentialen som mellangrödor har att fungera som en kolsänka och bidra till att mildra klimatförändringarna genom att binda in CO₂, fastän det är på en mindre skala.

En tydlig trend som flera studier visade på är att konkurrensen om vatten samt kväve (N) mellan vinrankorna och mellangrödorna var som starkast under perioder med låg nederbörd (Celette et al. 2009; Giffard et al. 2022; Klodd et al. 2016). I de områden med lägre nederbörd och där vinrankorna inte har alltför hög vegetativ tillväxt så kan det vara gynnsamt att så in mellangrödor som inte är så vattenkrävande för att minska konkurrensen. Omvänt kan områden med hög nederbörd och hög vegetativ tillväxt så in arter som är vattenkrävande för att till fördel konkurrera med vinrankorna och håller den vegetativa tillväxten i schack. Här kan även, för att ha mer kontroll på nivån av konkurrens, en metod vara att välja att antingen så eller inte så i inomradsytorna. Den enskilde odlaren bör se efter vinrankans tillväxt och utvärdera hur mycket tillgänglig näring som behöver tillföras rankan eller tas ifrån den för att därefter forma dess förutsättningar för hur mycket av den tillgängliga näringen den kan ta upp.

Mellangrödor har också visat sig vara ett värdefullt redskap för att minska risken för erosion av odlingsmarken (Novara et al. 2019; Rodrigues & Arrobas 2020). Erosion karakteriseras av transport av matjord efter höga nederbördsnivåer och orsakar förlust av näringsrik odlingsmark där befintlig markstruktur också förloras. Där odlingar på sluttningar bedrivs så är det av stor vikt att använda sig av vegetation för att hålla ihop marken, som annars löper större risk för vattenerosion.

Genom att ha pollinerade blommande arter så kan artrikedomen och populationer hos pollinerare, som har en betydelsefull ekologisk funktion i omgivande landskap, gynnas (Wilson et al. 2018).

En större nackdel med spontan vegetation som mellangrödor är att artsammansättningen blir slumpmässig och inte medvetet framselektad såsom i sådda mellangrödor. Dess fördelar och nackdelar kan variera och går inte att kontrollera lika lätt. Putsning utan nedbrukning av spontan vegetation tenderar till att gynna perenna arter, som i sin tur tål avslagning mycket bättre än annuella. En allt högre kvot av svårkontrollerade perenna arter kan slutligen övergå till att bli oönskade på fältet, d.v.s. övergå till att bli ogräs (Rodrigues & Arrobas 2020).

5.2 Mellangrödor i svenska vinodlingar

Den svenska vinodlingen förväntas öka i framtiden, till stor del på grund av klimatförändringarna. Medeltemperaturen förväntas öka i framtiden och likaså vegetationsperioden, ett klimat som är mer anpassat för vinodling. Andra delar än bara sydligaste Sverige kan få ett gynnsamt klimat och därmed öppna upp för en mer varierad vinodling över landet. Det möjliggör även att nya sorter som idag odlas i andra delar av Europa kan introduceras till Sverige, vilket öppnar upp för nya möjligheter. Samtidigt är det av stor vikt att vara medveten om utmaningarna som kommer att uppstå i samband med det extremväder som klimatförändringarna ger upphov till. Det är viktigt att vinodlare anpassar sig till dessa förändringar genom att använda sig av hållbara och effektiva odlingsmetoder. Mellangrödor har visat att de kan på ett hållbart vis bistå med en rad fördelar till vinodlingen och välplanerat nyttjande av dessa kan vara en viktig del i att hantera utmaningarna.

En odlare bör vara medveten om fältens egenskaper gällande vattenhushållning och vidta åtgärder enligt förutsättningarna. En jord med högre mullhalt har större vattenhållande förmåga och kan därför anses hålla i en vattenreserv under perioder av torka. För att förhindra konkurrens om resurser mellan vinrankan och mellangrödorna under dessa perioder så kan rätt arter som inte är så vattenkrävande sås. Arter med hög marktäckningsförmåga minskar även avdunstningen av vatten från fält. Vidare kan de putsas ned ifall konkurrensen blir för hög och blasten kan fungera som marktäckning som även förhindrar avdunstning. I de områden där vatten inte är en bristvara så kan mellangrödor sås i inomradsytorna för att motverka en överdriven vegetativ tillväxt hos vinrankorna.

Förlust av odlingsjord genom vattenerosion är idag, generellt sett, inte ett högriskproblem i de sydligare vinodlande delarna av Sverige jämfört med andra

delar av EU (Panagos et al. 2015). Däremot kan risken för erosion av odlingsjord i Sverige öka i framtiden med förändrade nederbördsmonster, speciellt på topografiskt känsliga eller dåligt dränerade fält.

I framtiden kan det även bli aktuellt med nya skadegörare och ogräs i den svenska vinodlingen. Genom att utnyttja mellangrödors konkurrensförmåga och förmåga att gynna naturliga fiender så kan trycket hos dessa potentiellt minskas. Som Smith et al. (2020) visade så är en monokultur av en konkurrenskraftig gröda, med snabb tillväxt och större bladverk, det bättre valet för ogräsbekämpning jämfört med en fröblandning.

Odling av mellangrödor kan med fördel gynna svenska vinodlare inom alla produktionsinriktningar, t. ex. konventionella eller ekologiska. De ekologiska odlingarna tillåts däremot enligt regelverken inte använda sig av flera insatsmedel, såsom mineralgödsel eller kemiska substanser, för att höja sin avkastningsnivå. Rätt nyttjande av mellangrödor kan vara ett komplement för rankans näringsbehov och minska skadegörar- samt ogrästrycket. Även för den konventionella odlaren kan dessa fördelar gynna produktionen då en minskad mängd kemiska substanser samt gödning behöver tillsättas, samtidigt som alla de andra positiva aspekter också erhålls. I framtiden är det sannolikt att de svenska regelverken kring bekämpningsmedel samt gödselmedel fortsätter att regleras och bli mer strikta. Därför kan mellangrödor få en större betydelse i framtidens vinproduktion som en metod att stå emot utmaningarna som uppstår till följd av en striktare reglering.

5.3 Förslag till förbättring av arbetet och framtida forskning

Termen ”mellangröda” i en kontext av ett spaljeodlingssystem har en lös definition som inte alltid överensstämmer mellan olika parter. I studier på engelska används nästan uteslutande benämningen ”*cover crops*” för all vegetation som växer på fältet, utöver huvudgrödan samt särskilda oönskade arter som då benämns som ogräs. Den direkta översättningen till svenska är ”täckgröda” som syftar på vegetation vars syfte är att täcka markytan. I och med att det då antyder på bara ett av många syften som vegetation på ett fält kan ha så blir det inte helt korrekt heller. En mer definierad terminologi kring nyttjandet av vegetation på vinodlingar hade underlättat litteratursökning samt utelämnat svårigheter i tolkning av litteratur.

För att detta arbete skulle blivit bättre hade svenska studier behövts. I dagsläget finns ingen forskning gällande odling av mellangrödor i svenska vinodlingar. Resultatet i detta arbete har visat att de olika fördelarna med mellangrödor varierade i effekt beroende på vart i världen studierna har bedrivits. De pekar på att Sveriges klimat, som tillhör de mest nordliga och extrema i vinvärlden, också har säregna förutsättningar för odling av mellangrödor i vinodlingar, varav det är av stor vikt att redogöra för dessa med forskning. Genom att undersöka vilka arter av mellangrödor som är mest lämpliga för svenska förhållanden och hur de kan bäst integreras i vinodlingspraxisen, kan man optimera användningen av dessa grödor för att uppnå önskade resultat. Det underlättar och effektiviserar även arbetet för den enskilde svenska vinodlaren då de kan förlita sig på empiriska resultat från Sverige och inte på hur man gör i andra delar av världen. Inspiration till arbetet hade kunnat hämtas från svenska försök med mellangrödor inom traditionellt lantbruk då de utgår från samma klimatförutsättningar. Däremot medverkar vinodlingens spaljeodlingssystem till att dessa befintliga svenska försök inte är fullt ut applicerbara. Vinodling följer även andra kriterier då t.ex. näringsbehov, vattenbehov, krav på jordmån, skadegörare och arbetsfördelning över årssäsongerna skiljer sig från övrigt lantbruk.

Förslag på frågeställningar som framtida forskning kan besvara är:

- *Vilka mellangrödor lämpar sig bäst för att förse vinrankans årliga näringsbehov i svenska vinodlingar?*
- *Vilka mellangrödor lämpar sig bäst för att förhindra näringsutlakning från svenska vingårdar?*
- *När bör mellangrödor sås in eller brukas ned på svenska vingårdar?*
- *Vilka mellangrödor lämpar sig bäst för att kontrollera ogräs och skadegörare i svenska vinodlingar?*
- *Vilken/vilka mellangrödor gynnar biodiversiteten på svenska vingårdar?*
- *Vilket eller vilka system för mellangrödor lämpar sig bäst på svenska vingårdar?*

6. Slutsatser

Svensk vinproduktion förväntas öka i framtiden samtidigt som klimatförändringarna väntas bidra till en högre medeltemperatur. Odling av mellangrödor kan vara en effektiv och hållbar metod till att bemöta framtidens utmaningar och främja en framgångsrik samt hållbar svensk vinproduktion.

Nyttjandet av mellangrödor i ett spaljeodlingssystem, som ett alternativ till bar mark, kan bidra med många fördelar och även till en mer hållbar vinproduktion i Sverige. I internationella studier har det visats att de bland annat kan förbättra markstrukturen, öka mullhalten, ogräskontroll, förhindra utlakning samt främja biodiversitet på vingården. Det kan resultera i ett minskat beroende av gödning samt bekämpningsmedel och därav även öka odlingssystemets resiliens. Genom att förstå vinrankans och mellangrödans årliga variationer i upptag av resurser kan produktionen finslipas och effektiviseras.

Trots de potentiella fördelarna finns det ingen forskning specifikt inom odling av mellangrödor i svenska vinodlingar, vilket gör det svårt att ge konkreta rekommendationer för praktisk tillämpning. Det är därför viktigt för framtida forskning att utvärdera hur odling av mellangrödor på svenska vingårdar ska bedrivas, samt vilka arter som är bäst lämpade för vårt klimat. En tydligare och mer precis terminologi kring fördelaktig vegetation i vinodlingar hade underlättat litteratursökning och tolkning av forskningsresultat.

7. Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Lotta Nordmark (SLU) som har bidragit med hjälp under arbetets gång. Jag vill även tacka de vinodlare som välvilligt bjudit in till dialog och diskussion. Slutligen är jag tacksam för de personer som bidragit med foton och hjälp med illustrationer till detta arbete.

Referenser

- Abad, J., Diana, M., Gonzaga, S.L., Félix, C.J. & Ana, S. (2020). Under-vine cover crops: impact on weed development, yield and grape composition : This article is published in cooperation with the XIIIth International Terroir Congress November 17-18 2020, Adelaide, Australia. Guest editors: Cassandra Collins and Roberta De Bei. *OENO One*, 54 (4), 975–983. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2020.54.4.4149>
- Abad, J., Mendoza, I.H. de, Marín, D., Orcaray, L. & Santesteban, L.G. (2021). Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard. *OENO One*, 55 (1), 295–312. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3599>
- Aronsson Helena, Bergkvist Göran, Stenberg Maria och Wallenhammar Ann-Charlotte. Jordbruksverket (2012). *Gröda mellan grödorna – samlad kunskap om fånggrödor*. Jönköping. (Jordbruksverkets rapport 2012:21). <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/groda-mellan-grodorna-samlad-kunskap-om-fanggrodor.html>
- Badet, C. (2011). Antibacterial Activity of Grape (*Vitis vinifera*, *Vitis rotundifolia*) Seeds. I: Preedy, V.R., Watson, R.R., & Patel, V.B. (red.) *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*. Academic Press. 545–552. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10065-9>
- Belmonte, S.A., Celi, L., Stahel, R.J., Bonifacio, E., Novello, V., Zanini, E. & Steenwerth, K.L. (2018). Effect of Long-Term Soil Management on the Mutual Interaction Among Soil Organic Matter, Microbial Activity and Aggregate Stability in a Vineyard. *Pedosphere*, 28 (2), 288–298. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(18\)60015-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(18)60015-3)
- Bergkvist, G., Stenberg, M., Wetterlind, J., Båth, B. & Elfstrand, S. (2011). Clover cover crops under-sown in winter wheat increase yield of subsequent spring barley—Effect of N dose and companion grass. *Field Crops Research*, 120 (2), 292–298. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.11.001>
- Bogunovic, I., Bilandzija, D., Andabaka, Z., Stupic, D., Rodrigo Comino, J., Cacic, M., Brezinscak, L., Maletic, E. & Pereira, P. (2017). Soil compaction under different management practices in a Croatian vineyard. *Arabian Journal of Geosciences*, 10 (15), 340. <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3105-y>
- Boller, B., Schubiger, F.X. & Kölliker, R. (2010). Red Clover. I: Boller, B., Posselt, U.K., & Veronesi, F. (red.) *Fodder Crops and Amenity Grasses*. Springer. 439–455. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0760-8_18
- Camargo Silva, G. & Bagavathiannan, M. (2023). Mechanisms of weed suppression by cereal rye cover crop: A review. *Agronomy Journal*, 115 (4), 1571–1585. <https://doi.org/10.1002/agj2.21347>
- Celette, F., Findeling, A. & Gary, C. (2009). Competition for nitrogen in an unfertilized intercropping system: The case of an association of grapevine and grass cover in a

- Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, 30 (1), 41–51.
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2008.07.003>
- Chen, G. & Weil, R.R. (2010). Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant and Soil*, 331 (1), 31–43. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0223-7>
- Coombe, B. & Dry, P. (2004). *Viticulture Volume 2 - Practices*.
- Danne, A., Thomson, L.J., Sharley, D.J., Penfold, C.M. & Hoffmann, A.A. (2010). Effects of Native Grass Cover Crops on Beneficial and Pest Invertebrates in Australian Vineyards. *Environmental Entomology*, 39 (3), 970–978. <https://doi.org/10.1603/EN09144>
- DeVetter, L.W., Dilley, C.A. & Nonnecke, G.R. (2015). Mulches Reduce Weeds, Maintain Yield, and Promote Soil Quality in a Continental-Climate Vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture*, 66 (1), 54–64. <https://doi.org/10.5344/ajev.2014.14064>
- Droz, B., Payraudeau, S., Rodríguez Martín, J.A., Tóth, G., Panagos, P., Montanarella, L., Borrelli, P. & Imfeld, G. (2021). Copper Content and Export in European Vineyard Soils Influenced by Climate and Soil Properties. *Environmental Science & Technology*, 55 (11), 7327–7334.
<https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02093>
- Eon, P., Robert, T., Goutouly, J.-P., Aurelle, V. & Cornu, J.-Y. (2023). Cover crop response to increased concentrations of copper in vineyard soils: Implications for copper phytoextraction. *Chemosphere*, 329, 138604.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138604>
- Fogelfors, H. (2015). Vår mat – Odling av åker- och trädgårdsgrödor. Första upplagan. Studentlitteratur AB.
- Fourie, J.C., Agenbag, G.A. & Louw, P.J.E. (2007). Cover Crop Management in a Chardonnay/99 Richter Vineyard in the Coastal Region, South Africa. 3. Effect of Different Cover Crops and Cover Crop Management Practices on Organic Matter and Macro-nutrient Content of a Medium-textured Soil. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 28 (1), 61–68. <https://doi.org/10.21548/28-1-1461>
- Föreningen Svenskt vin, LRF lokal mat och dryck, Sveriges Oberoende Bryggerier och Sveriges Producenter av Alkoholdrycker, SPAA (2023). Dryckesbranschrapporten 2023.
<https://svensktvin.se/wp-content/uploads/2023/05/Dryckesbranschrapporten2023korr230508.pdf>
- Föreningen Svenskt vin (2018). Sveriges vingårdar 2018.
<https://svensktvin.se/wp-content/uploads/2018/03/Sveriges-Ving%C3%A5rdar-2018.pdf>
- Geldenhuis, M., Gaigher, R., Pryke, J.S. & Samways, M.J. (2021). Diverse herbaceous cover crops promote vineyard arthropod diversity across different management regimes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 307, 107222.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107222>
- Johansson, B. (2010) Jordbruk som håller i längden. Forskningsrådet Formas.

- Jordbruksverket (2006). Marknadsöversikt - vin (n.d.).
<https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/marknadsoversikt-14.html>
- Guerra, B. & Steenwerth, K. (2012). Influence of Floor Management Technique on Grapevine Growth, Disease Pressure, and Juice and Wine Composition: A Review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 63 (2), 149–164.
<https://doi.org/10.5344/ajev.2011.10001>
- Giffard, B., Winter, S., Guidoni, S., Nicolai, A., Castaldini, M., Cluzeau, D., Coll, P., Cortet, J., Le Cadre, E., d’Errico, G., Forneck, A., Gagnarli, E., Griesser, M., Guernion, M., Lagomarsino, A., Landi, S., Bissonnais, Y.L., Mania, E., Mocali, S., Preda, C., Priori, S., Reineke, A., Rusch, A., Schroers, H.-J., Simoni, S., Steiner, M., Temneanu, E., Bacher, S., Costantini, E.A.C., Zaller, J. & Leyer, I. (2022). Vineyard Management and Its Impacts on Soil Biodiversity, Functions, and Ecosystem Services. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.850272>
- Heuvel, J.V. (2017). Adopting Under-Vine Cover Crops in Vinifera Vineyards. *Research Focus 2017-1: Cornell Viticulture and Enology*, (1).
<https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/2d04b63f-fa43-487a-b1f5-d13bbdc8bc3a/content>
- Hoffmann, C., Köckerling, J., Biancu, S., Gramm, T., Michl, G. & Entling, M.H. (2017). Can Flowering Greencover Crops Promote Biological Control in German Vineyards? *Insects*, 8 (4), 121. <https://doi.org/10.3390/insects8040121>
- Hooks, C.R.R., Wang, K.-H., Ploeg, A. & McSorley, R. (2010). Using marigold (*Tagetes* spp.) as a cover crop to protect crops from plant-parasitic nematodes. *Applied Soil Ecology*, 46 (3), 307–320. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.09.005>
- Kabir, Z. (2005). Tillage or no-tillage: Impact on mycorrhizae. *Canadian Journal of Plant Science*, 85 (1), 23–29. <https://doi.org/10.4141/P03-160>
- Karl, A.D., Merwin, I.A., Brown, M.G., Hervieux, R.A. & Heuvel, J.E.V. (2016). Under-vine Management Impacts Soil Properties and Leachate Composition in a New York State Vineyard. *HortScience*, 51 (7), 941–949.
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.51.7.941>
- Klodd, A.E., Eissenstat, D.M., Wolf, T.K. & Centinari, M. (2016). Coping with cover crop competition in mature grapevines. *Plant and Soil*, 400 (1), 391–402.
<https://doi.org/10.1007/s11104-015-2748-2>
- Krishna, H., Singh, S.K., Sharma, R.R., Khawale, R.N., Grover, M. & Patel, V.B. (2005). Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular-mycorrhizal fungi (AMF) inoculation during ex vitro acclimatization. *Scientia Horticulturae*, 106 (4), 554–567.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2005.05.009>
- Karlberg, P. (2021). Svenskt vin odlas redan på 150 hektar. *Landsbygdens folk*, 30 april.
<https://www.landsbygdensfolk.fi/nyheter/svenskt-vin-odlas-redan-pa-150-hektar> [2024-03-27]

- Kruger, D.H.M., Fourie, J.C. & Malan, A.P. (2015). The effect of cover crops and their management on plant-parasitic nematodes in vineyards. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36 (2), 195–209
- López-Piñeiro, A., Muñoz, A., Zamora, E. & Ramírez, M. (2013). Influence of the management regime and phenological state of the vines on the physicochemical properties and the seasonal fluctuations of the microorganisms in a vineyard soil under semi-arid conditions. *Soil and Tillage Research*, 126, 119–126.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2012.09.007>
- Magdoff, F. van Es, H. (2021) Ch 10. Cover Crops. SARE.
<https://www.sare.org/publications/building-soils-for-better-crops/cover-crops/>
- McKenzie-Gopsill, A., Mills, A., MacDonald, A.N. & Wyand, S. (2022). The importance of species selection in cover crop mixture design. *Weed Science*, 70 (4), 436–447.
<https://doi.org/10.1017/wsc.2022.28>
- Nordic Vineyards. (u.å). *Winemaking in Scandinavia*.
<https://nordicvineyards.com/pages/wine-making-in-scandinavia> [2024-05-17]
- Novara, A., Minacapilli, M., Santoro, A., Rodrigo-Comino, J., Carrubba, A., Sarno, M., Venezia, G. & Gristina, L. (2019). Real cover crops contribution to soil organic carbon sequestration in sloping vineyard. *Science of The Total Environment*, 652, 300–306.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.247>
- Novara A, Stallone G, Cerdà A, Gristina L. (2019) The Effect of Shallow Tillage on Soil Erosion in a Semi-Arid Vineyard. *Agronomy*. 2019; 9(5):257.
<https://doi.org/10.3390/agronomy9050257>
- Kesser, M.M., Cavagnaro, T.R., Bei, R.D. & Collins, C. (2023). Vineyard floor management intensity impacts soil health indicators and plant diversity across South Australian viticultural landscapes: This article is published in cooperation with the 22nd GiESCO International Meeting, hosted by Cornell University in Ithaca, NY, July 17-21, 2023. *OENO One*, 57 (2), 139–158. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2023.57.2.7432>
- Ohlsson, A., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Johnell, A., Mårtensson, J.A. & Nylén, L. (2015). Framtidsklimat i Skånes län. SMHI.
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:948120/FULLTEXT01.pdf>
- Ouédraogo, F., Cornu, J.-Y., Fanin, N., Janot, N., Sourzac, M., Parlanti, E. & Denaix, L. (2024). Changes over time in organic matter dynamics and copper solubility in a vineyard soil after incorporation of cover crop residues: Insights from a batch experiment. *Chemosphere*, 350, 141137. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141137>
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L. & Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438–447.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.012>
- Pretty, J. 2005. Sustainability in agriculture: Recent progress and emergent challenges. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.

- Robert, A. (2019). Pesticide challenge leaving French viticulture with little choice. www.euractiv.com. <https://www.euractiv.com/section/agriculture-food/news/pesticide-challenge-leaving-french-viticulture-with-little-choice/> [2024-04-23]
- Rodrigues, M.Â. & Arrobas, M. (2020). Chapter 20 - Cover cropping for increasing fruit production and farming sustainability. I: Srivastava, A.K. & Hu, C. (red.) *Fruit Crops*. Elsevier. 279–295.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818732-6.00020-4>
- Schütte, R., Plaas, E., Gómez, J.A. & Guzmán, G. (2020). Profitability of erosion control with cover crops in European vineyards under consideration of environmental costs. *Environmental Development*, 35, 100521. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100521>
- Skelton, S. (2020). *Viticulture - An introduction to commercial grape growing for wine production*. 2nd edition. S. P. Skelton Ltd.
- Smith, R.G., Warren, N.D. & Cordeau, S. (2020). Are cover crop mixtures better at suppressing weeds than cover crop monocultures? *Weed Science*, 68 (2), 186–194. <https://doi.org/10.1017/wsc.2020.12>
- Systembolaget (n.d.). *Vinlandet Sverige - Solaris och Rondo*
<https://www.systembolaget.se/vin/varldens-vinlander/europa/sverige/> [2024-03-27]
- Säfwenbergs, M. (2023). *Svenskt vin: bland druvor och vingårdar*. Idus förlag.
<https://idusforlag.se/bok/svenskt-vin-bland-druvor-och-vingardar>
- van Leeuwen, C., Sgubin, G., Bois, B., Ollat, N., Swingedouw, D., Zito, S. & Gambetta, G.A. (2024). Climate change impacts and adaptations of wine production. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1–18.
<https://doi.org/10.1038/s43017-024-00521-5>
- Verdenal, T., Dienes-Nagy, Á., Spangenberg, J.E., Zufferey, V., Spring, J.-L., Viret, O., Marin-Carbonne, J. & Leeuwen, C. van (2021). Understanding and managing nitrogen nutrition in grapevine: a review. *OENO One*, 55 (1), 1–43. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2021.55.1.3866>
- Virk, A.L., Lin, B.-J., Kan, Z.-R., Qi, J.-Y., Dang, Y.P., Lal, R., Zhao, X. & Zhang, H.-L. (2022). Chapter Two - Simultaneous effects of legume cultivation on carbon and nitrogen accumulation in soil. I: Sparks, D.L. (red.) *Advances in Agronomy*. Academic Press. 75–110. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2021.08.002>
- Vrsic, S., Ivancic, A., Pulko, B. & Valdhuber, J. (2011). Effect of soil management systems on erosion and nutrition loss in vineyards on steep slopes.
https://jeb.co.in/journal_issues/201105_may11/paper_05.pdf
- White, R.E. (2003). *Soils for Fine Wines*. Oxford University Press, Inc.

- Wilson, H., Wong, J.S., Thorp, R.W., Miles, A.F., Daane, K.M. & Altieri, M.A. (2018). Summer Flowering Cover Crops Support Wild Bees in Vineyards. *Environmental Entomology*, 47 (1), 63–69. <https://doi.org/10.1093/ee/nvx197>
- Wise, A. & Walter-Peterson, H. (2018). Expanding the Use of Under-Vine Cover Crops in New York Vineyards. *Research Focus: Cornell Viticulture and Enology*, (2). <https://ecommons.cornell.edu/server/api/core/bitstreams/4daa85b1-a2e1-48e2-bc4e-0d64b8fd16e8/content>
- World Commission on Environment and Development [WCED]. (1987). Our common future. Oxford: Oxford University Press. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Publishing and archiving

Approved students' theses at SLU are published electronically. As a student, you have the copyright to your own work and need to approve the electronic publishing. If you check the box for **YES**, the full text (pdf file) and metadata will be visible and searchable online. If you check the box for **NO**, only the metadata and the abstract will be visible and searchable online. Nevertheless, when the document is uploaded it will still be archived as a digital file. If you are more than one author, the checked box will be applied to all authors. You will find a link to SLU's publishing agreement here:

- <https://libanswers.slu.se/en/faq/228318>.

YES, I/we hereby give permission to publish the present thesis in accordance with the SLU agreement regarding the transfer of the right to publish a work.

NO, I/we do not give permission to publish the present work. The work will still be archived and its metadata and abstract will be visible and searchable.