



Sortspecifika volatila ämnen hos åkerböna och deras samband med äggläggning hos bönsmyg

*Cultivar-dependent volatile profiles of faba bean and their
effects on bean weevil oviposition*

Axel Lundqvist

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för Biosystem och teknologi
Trädgårdsingenjörsprogrammet - Odling
Alnarp 2025



Sortspecifika volatila ämnen hos åkerböna och deras samband med äggläggning hos bönsmyg

Cultivar-dependent volatile profiles of faba bean and their effects on bean weevil oviposition

Axel Lundqvist

Fälten nedan är gjorda i tabellformat utan synliga linjer. Aktivera visning av "dolda tecken" så att du ser tabellens rader och kolumner, se instruktioner på föregående sida.

Handledare: **Mattias Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtskyddsbiologi**

Examinator: Åsa Lankinen, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtskyddsbiologi

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i Biologi

Kurskod: EX0855

Program/utbildning: Trädgårdsingejörsprogrammet - Odling

Kursansvarig inst.: Institutionen för Biosystem och teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2025

Omslagsbild: Axel Lundqvist

Nyckelord: *Vicia faba* L., Doftämnen, *Bruchus rufimanus* Boh.

Sveriges lantbruksuniversitet

LTV Fakulteten

Institutionen för Biosystem och teknologi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

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

Alla författare till arbetet måste kryssa i sitt godkännande. Ta bort eller lägg till rader beroende på antalet författare. Ta bort den här texten när den inte längre behövs.

☒ JA, jag, Axel Lundqvist har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

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

Sammanfattning

För att uppnå en hållbar livsmedelsproduktion krävs ökad nationell odling av proteingrödor som åkerböna (*Vicia faba* L.). Angrepp av bönsmyg (*Bruchus rufimanus* Boh.) är ett stort hinder för produktionen av åkerböna. Bönsmygen använder sig av volatila ämnen för att hitta lämpliga värdplantor där den kan lägga ägg. Det är därför av intresse att undersöka vilka ämnen som påverkar bönsmygens äggläggning, i syfte att identifiera sorter som är mer resistent.

Studien har baserats på insamlade doftprover från 15 olika sorter av åkerböna och separat insamlad äggläggningsdata. Proverna samlades in under tre utvecklingsstadier (knopp, blomning och baljsättning) vid SITES Lönnstorp Research Station sommaren 2023. Totalt analyserades 53 doftprover med gaskromatografi-masspektrometri (GC-MS). Tjugo volatila ämnen identifierades, tillhörande grupper som monoterpener, sesquiterpener, green leaf volatiles (GLVs) och aromatiska föreningar. Doftämnenas mängder har sedan jämförts med antalet ägg per sort genom enkel linjär regression, för att undersöka om det finns något samband mellan äggläggning och specifika volatila ämnen.

Resultatet visar att de olika sorterna av åkerböna har stor variation i emitterade volatila ämnen. Endast två ämnen, Methyl salicylate och (E,E)- α -farnesene, visade signifikanta samband med äggläggning. Sambandet var negativt i båda fallen, större mängd var alltså kopplat till färre lagda ägg. Majoriteten av ämnena saknar tydligt samband med äggläggning även fast många av dem förekommer i stora mängder. Det fanns inga signifikanta skillnader mellan sorter för Methyl salicylate eller (E,E)- α -farnesene. Studien indikerar att specifika försvarsrelaterade ämnen kan vara mer relevanta för bönsmygens äggläggning än den kombinerade doftprofilen. Arbetet avslutas med förslag på vidare studier och analyser.

Nyckelord: Vicia faba L., Doftämnen, *Bruchus rufimanus* Boh.

Abstract

To achieve sustainable food production, increased national cultivation of protein crops such as faba bean (*Vicia faba* L.) is required. Infestation by bean weevil (*Bruchus rufimanus* Boh.) is a major obstacle to the production of faba bean. The bean weevil uses volatile compounds to find suitable host plants where it can lay eggs. It is therefore of interest to investigate which compounds affect the bean weevil's oviposition, in order to identify cultivars that are more resistant.

The study has been based on collected scent samples from 15 different cultivars of faba bean and separately collected oviposition data. The samples were collected during three developmental stages (bud, flowering and pod formation) at SITES Lönnstorp Research Station in summer 2023. In total, 53 scent samples were analyzed with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Twenty volatile compounds were identified, belonging to groups such as monoterpenes, sesquiterpenes, green leaf volatiles (GLVs) and aromatic compounds. The amounts of scent compounds have then been compared with the number of eggs per cultivar through simple linear regression, to investigate whether there is any relationship between oviposition and specific volatile compounds.

The results show that the different cultivars of faba bean have large variation in emitted volatile compounds. Only two compounds, methyl salicylate and (E,E)- α -farnesene, showed significant relationships with oviposition. The relationship was negative in both cases, meaning larger amounts were associated with fewer laid eggs. The majority of compounds lack a clear relationship with oviposition even though many of them occur in large amounts. There were no significant differences between cultivars for methyl salicylate or (E,E)- α -farnesene. The study indicates that specific defense-related compounds may be more relevant to the bean weevil's oviposition than the combined scent profile. The work concludes with suggestions for further studies and analyses.

Keywords: *Vicia faba* L., volatile compounds, *Bruchus rufimanus* Boh.

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning	9
1. Introduktion.....	11
1.1 Bakgrund.....	11
1.2 Syfte och hypotes	13
1.3 Frågeställning	13
1.4 Avgränsningar.....	13
2. Material och Metod.....	14
2.1 Material	14
2.2 Metod	14
2.2.1 Insamling av doftprover	14
2.2.2 Identifiering av volatila ämnen.....	15
2.2.3 Statistisk analys	16
3. Resultat	17
3.1 Doftuppsamling	17
3.2 Identifierade volatila ämnen	18
3.3 Medelkoncentration och kemisk sammansättning	19
3.4 Volatila ämnen i förhållande till utvecklingsstadium	20
3.5 Volatila ämnen i förhållande till äggantal	20
4. Diskussion	24
Tack	27
Referenser	28

Tabellförteckning

Tabell 1. Antal uppsamlingar per sort och stadium.	17
Tabell 2. Identifierade volatila ämnen och deras kemiska grupp	18
Tabell 3. Enkel linjär regression mellan medelvärdet av antal ägg per sort och log10- transformerad ämnesmängd för volatila ämnen. Tabellen visar antal observationer (n), multipel korrelationskoefficient (R), determinationskoefficient (R ²) samt p-värde.	21

Figurförteckning

- Figur 1. Medelkoncentration (ng, logaritmisk skala) $\pm$ standardavvikelse för de 20 volatila ämnen som inkluderades i analysen, beräknad på alla prover. Färgkodning efter kemisk grupp. 19
- Figur 2. Sorters kemiska sammansättning visat som den procentuella andel olika kemiska grupper har i sorten. Färgkodning efter kemisk grupp. 19
- Figur 3. Scatterplots visar $\log_{10}$ -transformerad mängd mot antal ägg per sort för utvalda ämnen. Orange punkter och heldragna röda regressionslinjer indikerar signifikanta samband ($p < 0.05$), medan grå punkter och streckade linjer indikerar icke-signifikanta samband. Varje punkt representerar en individuell mätning, där äggantalet är sortmedelvärdet. 22
- Figur 4. Medelvärde av antal ägg per sort. Antalet ägg varierade från 2.7 ägg (Nadwislanskij) till 43.2 ägg (Super Aquadulce). Sorter är ordnade från högst till lägst antal ägg. 23
- Figur 5. Medelmängd (ng $\pm$ SD) av methyl salicylate (övre panel) och (E,E)- α -farnesene (nedre panel) uppdelat per sort. Staplarna visar medelvärde per sort och felstaplar anger standardavvikelse. 23

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Den globala livsmedelsproduktionen står inför ökade krav på hållbarhet, resurseffektivitet och klimatanpassning, vilket har gjort att intresset för växtbaserade proteinkällor har ökat. Baljväxter har här fått en alltmer framträdande roll, som livsmedel och som en gröda som är väl anpassad för ett hållbart odlingssystem (Tuccillo et al., 2025).

Åkerböna (*Vicia faba* L.), som tillhör familjen Fabaceae, räknas till en av de äldsta domesticerade grödorna med en historia som sträcker sig flera tusen år tillbaka (Metayer, 2004). Grödan är av stor betydelse som proteinkälla för både humankonsumtion och djurfoder. Åkerbönsans agronomiska värde bygger främst på dess förmåga att kvävefixera genom symbios med rotbakterier, en process som omvandlar atmosfäriskt kväve till växttillgängliga föreningar (Jordbruksverket, 2022). Denna kvävefixering bidrar till att förbättra markens bördighet och minskar behovet av syntetiska kvävegödsel, vilket i sin tur minskar jordbrukets klimatavtryck (Li-juan et al., 1993). En ökad inhemsk produktion av åkerböna bedöms kunna reducera de växthusgasutsläpp som genereras vid transport av soja och bidra till att begränsa den avskogning som sojaproduktionen orsakar i andra delar av världen (Jordbruksverket 2022, Raderschall et al., 2025).

Trots dessa miljömässiga och näringsmässiga fördelar har den globala odlingsrealen av åkerböna minskat under de senaste decennierna. Den främsta orsaken är en instabil avkastning, där skördevariationer mellan år skapar ekonomisk osäkerhet för odlare. Skördevariationerna påverkas av abiotiska stressfaktorer, såsom extrema temperaturer och torka, samt av biotiska faktorer inklusive sjukdomar och skadedjursangrepp (Metayer, 2004).

Särskilt kritiska är angreppen av bönsmygen (*Bruchus rufimanus* Boh.). Det är en univoltin (en generation per år) skalbagge som övervintrar och vaknar vid sen vår för att äta pollen från värdväxter (Tran et al., 1993). Efter att ha ätit pollen under en tid så lägger honan sina ägg på baljorna (Ward, 1999). Larverna som kläcks äter sig in genom baljan och in i fröet där de sedan utvecklas. Den fullvuxna skalbaggen kryper sedan ut ur fröet när åkerbönan är mogen och lämnar hål i bönorna (Redman, 2015). Därigenom sänks både den estetiska kvaliteten vilket försvårar försäljning på livsmedelsmarknaden (Raderschall et al., 2025) och skadorna på bönan kan orsaka försämrad grobarhet, kvalitetssänkningar i smak samt vara en väg in för andra patogener (Keneni et al., 2011).

Samspelet mellan åkerbönan och dess omgivning regleras i hög grad av flyktiga organiska föreningar, så kallade semiokemikalier. Semiokemikalier används både som signalering inom arter och mellan arter. Interartsliga semiokemikalier kallas kairomoner (Segers et al., 2021; Raderschall et al., 2025). För bönsmygen fungerar

dess kemiska signaler som kairomoner för att lokalisera värdväxten under olika, för bönsmygen viktiga, biologiska stadier (Segers et al., 2021). Studier har identifierat att specifika doftämnen från blommorna, såsom linalool, cinnamyl alkohol och cinnamaldehyd, attraherar vuxna bönsmygar vid fältlokalisering (Segers et al., 2021). Vidare styrs honans val av ägglägningsplats av doftämnen, där ämnet cis-3-hexenylacetat har identifierats som en central komponent i sökandet efter lämpligt substrat för larvernans utveckling (Segers et al., 2021). Flera olika artiklar tar upp volatiler som finns i åkerbönan och som potentiellt kan vara lockbeten för bönsmygen. Några av dessa volatiler är ocimene, myrcene, caryophyllene, sulcatone, α -pinene och β -pinene (Bruce et al., 2011; Casone et al., 2023; Griffiths et al., 1999; Hannour et al., 2018; Raderschall et al., 2025; Sutton et al., 1992).

En fördjupad kunskap om de semiokemiska processer som interagerar betraktas som en förutsättning för att utveckla miljömässigt hållbara strategier för ett integrerat växtskydd (Segers et al., 2021). Hanteringen av bönsmyg har visat sig vara svår, och valet av godkända insekticider i åkerböna i Storbritannien är för närvarande begränsat till pyretroider, som appliceras under blomning och tidig baljbildning (Ward, 2018; FERA, 2016). Eftersom effektiviteten hos konventionella bekämpningsmedel begränsas av faktorer som tät gröda och risk för resistensutveckling, har intresset för beteendestyrande metoder ökat (Segers et al., 2020, Raderschall et al., 2025). Genom att implementera semiokemiskt assisterade fångstgrödor - där en tidigt blommande kultivar kombineras med kairomonbetade fällor - kan skadegöraren attraheras bort från huvudgrödan (Raderschall et al., 2025). Denna strategi utgör ett lovande verktyg för att reducera graden av angrepp och därmed säkerställa en stabil produktion av högkvalitativt vegetabiliskt protein, vilket är av strategisk betydelse för framtidens livsmedelsförsörjning (Segers et al., 2020).

En annan effektiv metod för att minska både användning av bekämpningsmedel och skadegörartryck är att använda sig av resistent sorter. Det är ett både enkelt och miljövänligt sätt för odlare att implementera integrerat växtskydd (Sharma och Ortiz, 2002). Sorter med motståndskraft gör att det blir svårare för insekten att överleva, äta och föröka sig. De fysiska och kemiska egenskaperna påverkar insekters äggläggning (Naseri och Majd-Marani, 2020). Det kan därför vara av nytta att studera hur sortvariation och enskilda volatiler påverkar angreppen av bönsmyg.

1.2 Syfte och hypotes

Syftet med detta arbete var att undersöka variation i volatila ämnen hos olika sorter av åkerböna samt att analysera om dessa variationer kan relateras till äggläggning hos bönsmyg (*Bruchus rufimanus* Boh.). Genom att identifiera och kvantifiera volatila ämnen i doftprover samt analysera sambandet mellan ämnens mängder och antal ägg per sort syftade studien till att öka förståelsen för kemiska faktorer som kan påverka bönsmygens värdval och ägglägningsbeteende. Hypotesen är att det finns variationer mellan sorternas kemiska profiler som påverkar skillnaden i antal ägg som bönsmygen lägger på baljorna.

1.3 Frågeställning

- Vilka ämnen avges av åkerbönnorna?
- Finns det sortskillnader mellan åkerbönnorna vad gäller avgivning av specifika ämnen?
- Finns det en korrelation mellan avgivningen av enstaka volatila ämnen och antalet lagda ägg?

1.4 Avgränsningar

Insamling av doftämnen och räkning av ägg genomfördes under sommaren 2023 under svenska förhållanden. Studien fokuserade på kemiska profiler hos olika sorter av åkerbönan. Andra sortegenskaper, såsom morfologiska, inkluderas inte i studien. Endast ett begränsat antal volatiler undersöktes baserat på antagen relevans. Skillnader mellan de olika tillväxtstadierna har inte analyserats utan prov från olika stadier har använts enbart som ett sätt att få en mer fullständig kemisk profil. Detta på grund av att alla proverna från alla sorter under alla stadium inte hann samlas in under säsongen.

2. Material och Metod

2.1 Material

Materialet bestod av doftprover som samlades in från åkerbönor sommaren 2023 på SITES Lönnstorp Research Station utanför Lomma. Totalt gjordes 53 doftuppsamlingar vid sex olika tillfällen. Sex av dessa prover var kontroller och i tre stycken av proverna hittades inga volatiler som inte fanns i kontrollerna. Totalt användes 44 stycken prover i analysen (se Tabell 1.). Proverna samlades in från 15 olika sorter av åkerböna (*Vicia faba*) under tre tillväxtstadier: knopp, blomning och baljsättning. Sorterna var Super Aquadulce, Gubbestad, Russkije cernyje, Fernando, Lielplatonskij, Kontu, Robin Hood, Sampo, Tiffany, Nadwislanskij, Birgit, Anuksen Kanta, Uladovskie F., Karmazyn och Banqu. Utöver det samlades även ett kontrollprov in vid varje insamlingstillfälle. Antalet ägg per sort tillhandahölls av försöksledare Ola Lundin från separat insamlade data och användes som beroende variabel i de statistiska analyserna. Antalet replikat för antalet ägg per sort var 48 mätningar.

2.2 Metod

2.2.1 Insamling av doftprover

Åkerbönonorna var på testområdet uppdelat om fyra block med 15 sorter i vardera block. Insamlingen gjordes under tre stadier: knopp, blomning och baljsättning. Tillväxtstadiet bedömdes genom BBCH skalan (Lancashire et al., 1991). Insamlingar gjordes i BBCH 50 – 59 för knoppstadiet, i BBCH 60 – 67 för blomstadiet och i BBCH 70 – 79 för baljsättning. Insamlingarna gjordes mestadels vid mulet väder för att undvika påverkan på de emitterade volatilernas mängder. Värme kan agera som en stressor och påverka mängden emitterade volatiler (Niinemets, 2010).

Vid insamling av doftämnen trädde en stekpåse över plantan och öppningen på påsen knöts sedan igen runt plantans stam. Ur stekpåsen pumpades luft genom ett filter bestående av ett teflonrör fyllt med Porapak Q som agerade som absorbent (Larsson et al., 2021). Från filtret gick en plastslang till en luftpump. Varje pump var kopplad till flera stekpåsar för att effektivisera insamlingen, men luftflödet genom varje påse begränsades genom separata ventiler till 0,5 L/minut. Stekpåsarna placerades så slumpmässigt som möjligt inom sortrutan men begränsades av längden på pumpslangarna och på placeringen av sorterna i förhållande till varandra. Körningarna gjordes endast i enstaka fall i fältkanten då färre slangar kunde kopplas till pumpen på grund av begränsningar i slanglängd. Då många av plantorna blev väldigt angripna av bladlöss så valdes plantor ut med inga eller så lite bladlöss som möjligt. Pumpningen pågick under fyra timmar varefter pumparna

stängdes av. Filtret plockades av från slangen, lades i ett glaströr med lock som märktes med ett nummer som korresponderade till respektive sort och block samt märktes med datum. Vid varje insamlingstillfälle gjordes också ett kontrollprov där filtret placerades i en tom stekpåse utan planta, detta för att kunna utesluta volatiler som utgjorde en del av den allmänna bakgrundsmängden.

I dragskåp extraherades ämnena ur filtret genom att placera filtret ovanför en glasburk, pipettera 150 μL hexan och låta det rinna igenom filtret ner i glasburken. Kvävgas blåstes sedan igenom filtret för att trycka igenom lösningsmedlet. Hela denna procedur upprepades två gånger för att säkerställa att majoriteten av de volatila ämnen följde med lösningsmedlet ner i glasburken. En intern standard, E-anetol, tillfördes sedan till provet i mängden 100 ng. Detta gjordes för att ha en känd referenspunkt att jämföra andra ämnens mängd med. Innan analys koncentrerades proverna genom att avdunsta en stor del av hexanet genom att blåsa på provet med kvävgas.

På grund av tidsbegränsningar insamlades inte prover från alla sorter under alla stadier.

2.2.2 Identifiering av volatila ämnen

Analys av proverna gjordes i en gaskromatograf med masspektrometer (GCMS) (Larsson et al., 2021). Nästan alla av proverna injicerades för hand förutom tio stycken som injicerades med autoinjektor. Från varje prov injicerades 2 μL in i GCMS på en polär DB-WAX-kolonn, 60 meter lång med innerdiameter 0,25 mm. Programmet som kördes var: 40°C i tre minuter, 8°C min^{-1} till 225°C och sedan tio minuter på 225°C. Före varje körning av grupper med testprover injicerades en Kováts index blandning med n-alkaner C7 – C30.

Agilent MSD Chemstation (version F.01.00.1903) användes för att analysera kromatogrammen och identifiera toppar. Kontrollproven användes för att identifiera toppar som kom från ickebiologiska volatiler. I programmet användes en funktion för att överlappa kromatogram från kontroll och riktiga körningar; på så sätt kunde volatiler som kom från stekpåsen uteslutas. Databaser från Alnarp, NIST och Wiley användes för att identifiera ämnen genom att jämföra masspektra mot referensspektra i dessa. Kováts retentions index användes också för identifiering genom att jämföra toppars retentionstid i doftprover med närliggande n-alkaners toppar. Ett index räknades ut och matchades mot det ämnets retentionsindex i databaser på Pherobase (El-Sayed, 2025).

Ett flertal olika ämnen valdes ut, både på grund av areans storlek i kromatogrammet och frekvens i proverna samt på grund av deras förekomst i tidigare publicerad forskning (Bruce et al., 2011; Griffiths et al., 1999; Cascone et al., 2023). Ämnen som fanns med i tidigare forskning men endast hittades i enstaka prov togs inte med.

2.2.3 Statistisk analys

Volatila ämnen

Inom varje prov dividerades alla ämnens areor med arean på den interna standarden, E-anetol, och multiplicerades med 100 ng vilket var mängden E-anetol i provet. Detta gav en ungefärlig representation av hur stor mängd av ett ämne som fanns i provet. Shapiro-Wilks test användes för att undersöka om datan var normalfördelad. Eftersom data uppvisade en tydlig högerskevhet och avvek från normalfördelning ($p < 0,05$) log10-transformerades den före vidare analys, i syfte att minska skevheten och möjliggöra användning av parametriska tester. Efter genomförd log10-transformering uppfyllde datan kraven för parametriska test ($p > 0,05$). Envägs variansanalys (ANOVA) gjordes på utvalda ämnen för att se om statistiskt signifikanta skillnader fanns mellan de olika koncentrationerna mellan sorter och mellan stadier.

Volatila ämnen och äggläggning

Sambandet mellan varje enskilt ämne och medelvärdet av antal ägg per sort analyserades med enkel linjär regression, där medelvärdet av antal ägg användes som beroende variabel och log10-transformerad ämnesmängd som oberoende variabel. Regressionerna utfördes separat för varje ämne. För varje regression beräknades determinationskoefficient (R^2) samt p-värde.

3. Resultat

3.1 Doftuppsamling

Totalt gjordes 53 doftuppsamlingar. Av dessa var sex uppsamlingar kontroller. Tre av uppsamlingarna inkluderades inte i undersökningen då de inte skiljde sig från kontrollerna. En översikt över insamlingarna ges i Tabell 1.

Tabell 1. Antal uppsamlingar per sort och stadium.

Sort	Knopp	Blomma	Balja	Totalt
Anuksen Kanta	2	0	1	3
Banquise	2	2	1	5
Birgit	2	0	1	3
Fernando	1	1	1	3
Gubbestad	2	0	1	3
Karmazyn	1	0	1	2
Kontu	1	1	1	3
Lielplatonskij	2	2	1	5
Nadwislanskij	1	2	1	4
Robin Hood	1	0	1	2
Russkije cernyje	1	0	1	2
Sampo	1	1	1	3
Super Aquadulce	1	0	1	2
Tiffany	0	0	1	1
Uladovskie F.	1	1	1	3
Total	19	10	15	44

3.2 Identifierade volatila ämnen

Av de ämnena som identifierades valdes 20 stycken (se Tabell 2) ut och användes i de statistiska beräkningarna.

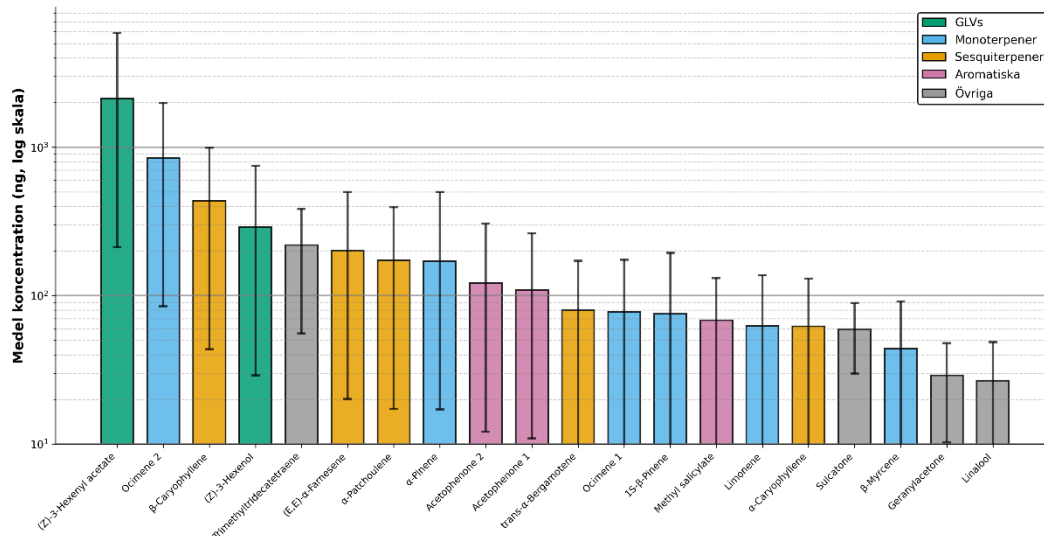
Tabell 2. Identifierade volatila ämnen och deras kemiska grupp. GLV = Green Leaf Volatiles.

Ämne	Kemisk grupp
β -Myrcene	Monoterpen
Ocimene 1	Monoterpen
Ocimene 2	Monoterpen
α -Pinene	Monoterpen
1S- β -Pinene	Monoterpen
Limonene	Monoterpen
β -Caryophyllene	Sesquiterpen
(E,E)- α -Farnesene	Sesquiterpen
α -Caryophyllene	Sesquiterpen
trans- α -Bergamotene	Sesquiterpen
α -Patchoulene	Sesquiterpen
(Z)-3-Hexenol	GLV
(Z)-3-Hexenyl acetate	GLV
Methyl salicylate	Aromatisk förening
Acetophenone 1	Aromatisk förening
Acetophenone 2	Aromatisk förening
Geranylacetone	Monoterpen-keton
Sulcatone	Keton, terpenderivat
Trimethyltridecatetraene	Kolväte
Linalool	Monoterpen-alkohol

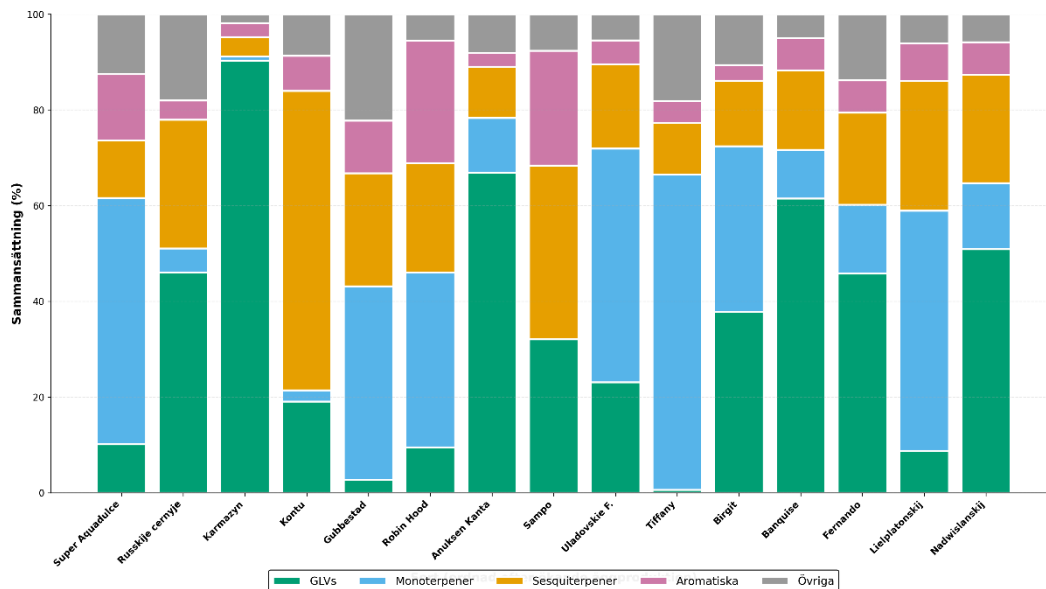
Flera olika kemiska grupper identifierades: monoterpener, sesquiterpener, green leaf volatiles (GLVs), aromatiska föreningar och övriga volatila ämnen som inte passar in i föregående grupper. Ocimene och acetophenone detekterades vardera som två separata kromatografiska toppar. Dessa behandlades som separata enheter eftersom de sannolikt är olika isomerer med skilda retentionstider.

3.3 Medelkoncentration och kemisk sammansättning

De volatila ämnena uppvisade stora skillnader i medelkoncentration och spridning, med särskilt höga nivåer och variation inom GLVs (Figur 1). Den kemiska sammansättning på gruppnivå visas i Figur 2.



Figur 1. Medelkoncentration (ng, logaritmisk skala) $\pm$ standardavvikelse för de 20 volatila ämnen som inkluderades i analysen, beräknad på alla prover. Färgkodning efter kemisk grupp. GLV = Green Leaf Volatiles.



Figur 2. Sorters kemiska sammansättning visat som den procentuella andel olika kemiska grupper har i sorten. Färgkodning efter kemisk grupp. GLV = Green Leaf Volatiles.

3.4 Volatila ämnen i förhållande till utvecklingsstadium

Envägs variansanalys gjorde för att se om utvecklingsstadium påverkar mängden volatila ämnen. Av de 20 testade ämnena fanns det signifikanta skillnader ($p < 0,05$) mellan sex av ämnena. β -Caryophyllene och Linalool uppvisade signifikanta skillnader mellan stadierna där den största mängden fanns i blomstadiet och lägsta i knoppstadiet. α -Caryophyllene uppvisade signifikanta skillnader mellan blomstadiet, där den högsta mängden fanns, och baljstadiet, där den lägsta mängden fanns. Trimetyldtridecatetraene, Trans- α -bergamotene och (E,E)- α -Farnesene hade signifikanta skillnader med högst mängd i baljstadiet och lägst i knoppstadiet. (Z)-3-Hexenol ($p = 0,0510$) och Methyl salicylate ($p = 0,0531$) låg precis utanför signifikansnivå.

Då en stor del av sorterna saknades från blomstadiet så slogs stadierna samman för att få en mer komplett bild av doftämnena i förhållande till antal ägg.

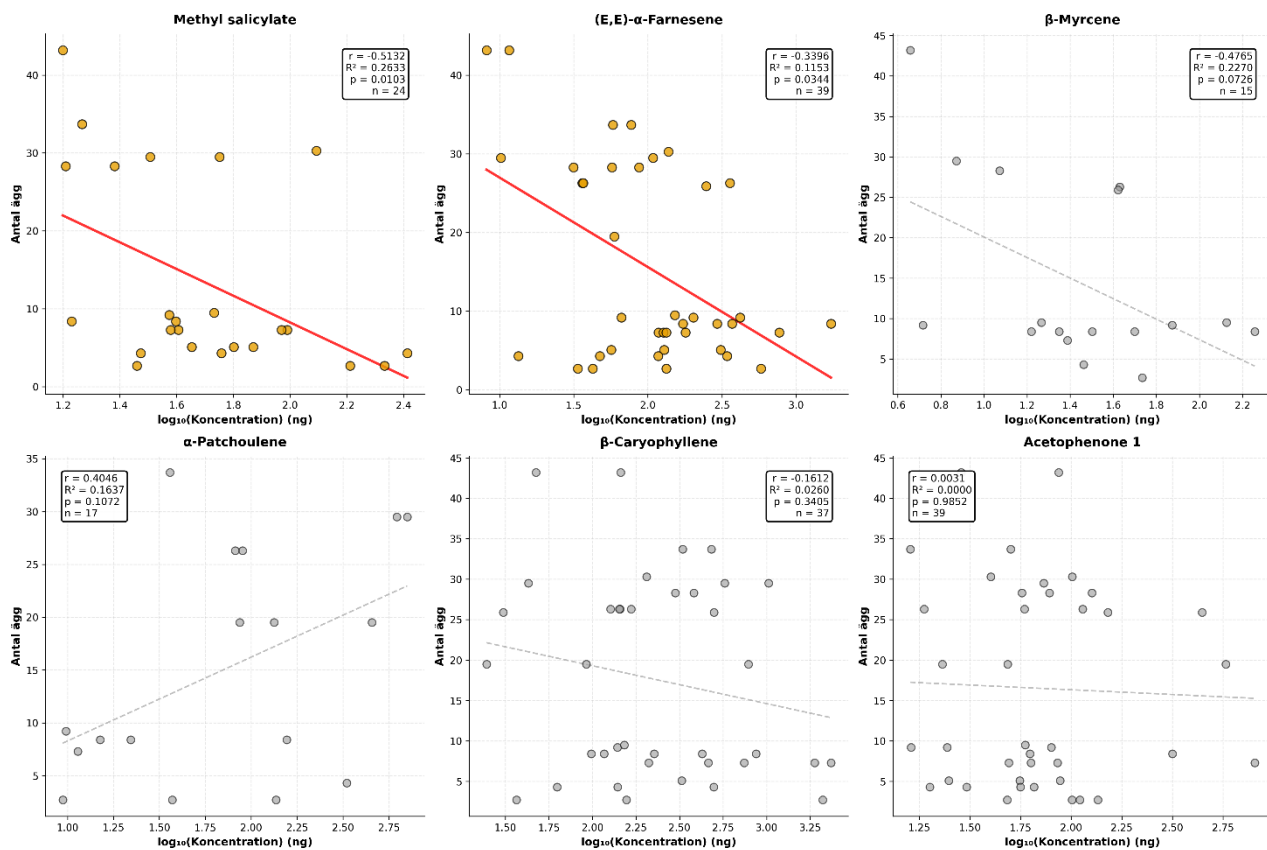
3.5 Volatila ämnen i förhållande till äggantal

Då ägg och doftinsamlingarna gjordes i två separata undersökningar så fanns inte äggdata för varje planta som det gjordes en doftinsamling från. Istället togs ett äggmedelvärde för alla plantor i en viss sort och jämfördes med volatilerna. Mängder av enskilda volatiler i förhållande till antal ägg analyserades med hjälp av en enkel linjär regression (Tabell 3). Endast två av de analyserade ämnena, methyl salicylate och (E,E)- α -Farnesene, hade statistiskt signifikanta samband med antal ägg. β -Myrcene uppvisade ett nästan signifikant samband ($p = 0,0726$) med antal ägg. För övriga ämnen hittades inga signifikanta samband ($p > 0,05$). Scatterplots för signifikanta respektive icke-signifikanta samband visas i Figur 3. Envägs variansanalys visade inga statistiskt signifikanta skillnader i koncentration mellan sorter för varken methyl salicylate eller (E,E)- α -farnesene ($p > 0,05$), vilket indikerar att variationen i dessa ämnen är relativt jämnt fördelad mellan sorter eller att det på grund av låga n-värden gör att den statistiska styrkan blir låg. För att illustrera de samband som identifierades i regressionsanalyserna visas koncentrationen av methyl salicylate och (E,E)- α -farnesene uppdelat per sort i relation till antal ägg (Figur 5).

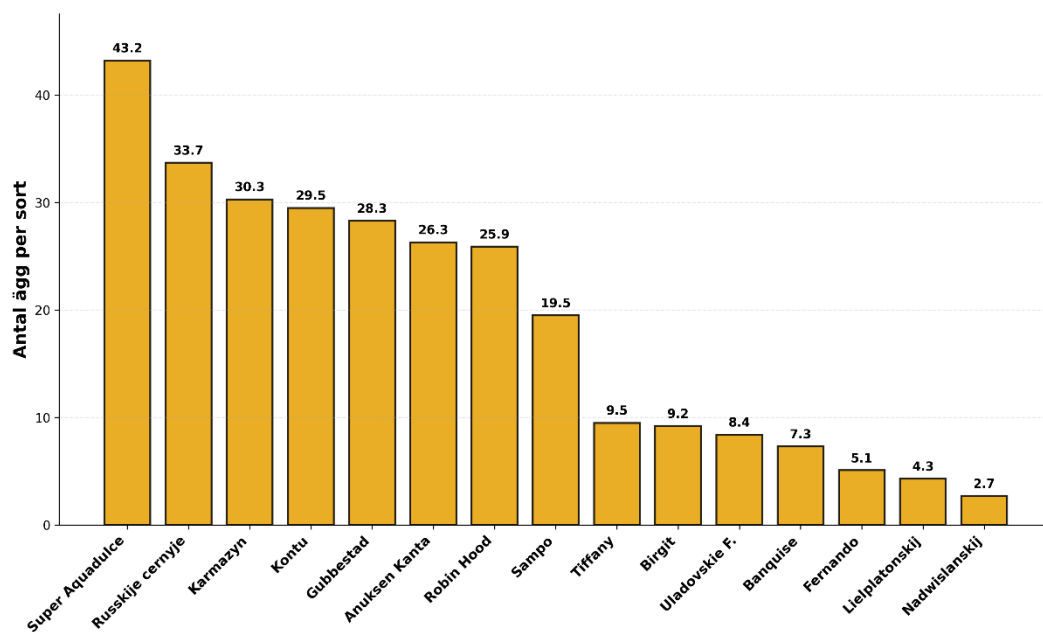
Stapeldiagram för antalet ägg per sort redovisas i Figur 4.

Tabell 3. Enkel linjär regression mellan medelvärdet av antal ägg per sort och log10-transformerad ämnesmängd för volatila ämnen. Tabellen visar antal observationer (n), multipel korrelationskoefficient (R), determinationskoefficient (R²) samt p-värde.

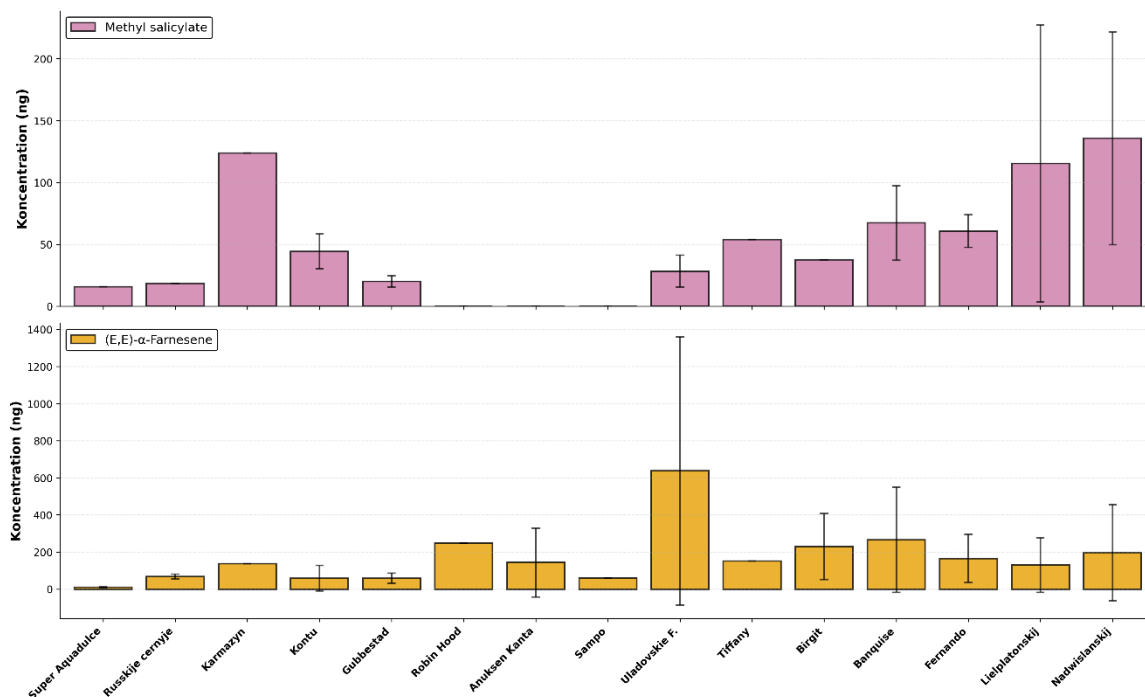
Ämne	n	Multipel-R	R-kvadrat	p-värde
Methyl salicylate	24	-0,5132	0,2633	0,0103
β-Myrcene	15	-0,4765	0,2270	0,0726
α-Patchoulene	17	0,4046	0,1637	0,1072
(E,E)-α-Farnesene	39	-0,3396	0,1153	0,0344
Linanool	18	-0,3300	0,1089	0,1811
Ocimene 2	29	-0,2944	0,0867	0,1211
Trans-α-Bergamotene	18	0,2684	0,0721	0,2814
Limonene	17	0,2034	0,0414	0,4337
1S-β-Pinene	11	0,1940	0,0376	0,5676
β-Caryophyllene	37	-0,1612	0,0260	0,3405
α-Pinene	22	0,1048	0,0110	0,6426
Trimethyltridecatetraene	41	0,0756	0,0057	0,6387
Ocimene 1	18	-0,0641	0,0041	0,8006
Sulcatone	40	-0,0576	0,0033	0,7238
(Z)-3-Hexenyl acetate	28	-0,0425	0,0018	0,8298
(Z)-3-Hexenol	43	-0,0421	0,0018	0,7885
α-Caryophyllene	25	-0,0415	0,0017	0,8439
Geranyl acetone	36	0,0090	0,0001	0,9584
Acetophenone 1	39	0,0031	0,0000	0,9852
Acetophenone 2	41	-0,0016	0,0000	0,9919



Figur 3. Scatterplots visar log₁₀-transformerad mängd mot antal ägg per sort för utvalda ämnen. Orange punkter och heldragna röda regressionslinjer indikerar signifikanta samband ($p < 0.05$), medan grå punkter och streckade linjer indikerar icke-signifikanta samband. Varje punkt representerar en individuell mätning, där äggantalet är sortmedelvärdet.



Figur 4. Medelvärde av antal ägg per sort. Antalet ägg varierade från 2.7 ägg (Nadwislanskij) till 43.2 ägg (Super Aquadulce). Sorter är ordnade från högst till lägst antal ägg.



Figur 5. Medelmängd ($\text{ng} \pm \text{SD}$) av methyl salicylate (övre panel) och (E,E)-α-farnesene (nedre panel) uppdelat per sort. Staplarna visar medelvärde per sort och felstaplar anger standardavvikelse.

4. Diskussion

Resultaten visar att åkerbönssorterna har en tydlig variation i både sammansättning och koncentration av volatila ämnen. Denna variation syns redan i de deskriptiva analyserna, där flera ämnen har stor spridning i koncentration mellan prover. Särskilt GLVs fanns i höga koncentrationer och bidrog i hög grad till den totala volatilprofilen. Detta överensstämmer med tidigare studier som visat att dessa ämnen ofta dominerar växters flyktiga emissioner (Segers et al., 2020). Bruce et al. (2011) identifierade β -Caryophyllene, α -Caryophyllene och Linalool i blommande åkerbönslantor. Ingen av dessa ämnen hade signifikanta skillnader mellan sorter eller med antalet ägg. Det fanns däremot signifikanta skillnader mellan stadium för dessa ämnen.

Trots den stora kemiska variationen mellan prover och sorter var det endast två av de analyserade ämnena, methyl salicylate och (E,E)- α -farnesene, som visade signifikanta samband med antalet ägg per sort. I båda fallen var sambandet negativt. Det betyder att högre koncentrationer av dessa ämnen var kopplade till lägre äggläggning. Det tyder på att vissa volatila ämnen kan vara mer relevanta för bönsmygens ägglägningsbeteende än den övergripande volatilprofilen.

De negativa korrelationer känns rimliga då methyl salicylate är en viktig del av växters kemiska försvar enligt Gong et al. (2023). Det är en vanlig förekommande volatil vid försvar mot bladlöss. Då många av plantorna var attackerade av bladlöss så kan detta ha påverkat nivåerna av methyl salicylate. Enligt Kuhn et al. (2025) så har isomerblandningar av farnesene använts som ett avskräckande medel mot bladlöss. (E)- β -farnesene är ett alarmferomon som används av bladlöss vid angrepp från rovdjur och vissa plantor kan också utsöndra detta.

Envägs variansanalys visade inga signifikanta skillnader i koncentration mellan sorter för vare sig methyl salicylate eller (E,E)- α -farnesene. Detta tyder på att variationen i dessa ämnen är ganska jämnt fördelad mellan sorter och inte orsakas av ett fåtal tydliga extremsorter. Ett sådant mönster visar att även mindre, gradvisa skillnader i koncentration kan vara biologiskt relevanta för bönsmygens äggläggning, även när tydliga skillnader mellan sorter saknas.

Att majoriteten av de analyserade volatila ämnena inte hade något samband med äggläggning, trots att vissa av dem låg på höga nivåer, tyder på att mängden emitterade volatiler inte är det enda som är avgörande för ägglägningsbeteendet. Till exempel visade GLVs höga koncentrationer men saknade samband med antalet ägg. Det antyder att dessa ämnen kanske har andra funktioner än att påverka bönsmygens val av värd.

Kombinationen av regressionsanalys och sortanalys ger en mer nyanserad bild av sambandet mellan volatilprofil och äggläggning. Regressionen visar att variation i koncentrationen av vissa ämnen hänger ihop med variation i äggantal mellan

sorter. Samtidigt visar analysen av skillnader mellan sorter att dessa ämnen inte skiljer sig tydligt mellan enskilda sorter. Tillsammans pekar detta på att sambanden orsakas av kontinuerlig variation snarare än av tydliga kemiska profiler hos specifika sorter.

Stapelldiagrammen över koncentration per sort illustrerar detta genom att visa ett stort överlapp i koncentrationsintervall mellan sorter, även för de ämnen som har signifikanta samband med äggläggning. Detta stödjer tolkningen att många sorter bidrar till den observerade variationen snarare än att ett fåtal sorter dominerar mönstret.

Studiens resultat måste tolkas med försiktighet mot bakgrund av flera metodologiska begränsningar. Proverna samlades in från olika stadier och alla sorter är inte representerade i alla stadier. Resultaten visade att sex av tjugo analyserade volatila ämnen skiljde sig signifikant åt mellan stadier, det tyder på att åkerbönsans doftprofil ändras under plantans utveckling. Detta gör att sorter som främst provtagits i ett stadium inte är helt jämförbara med sorter som provtagits i ett annat stadium. Detta kan ha påverkat möjligheten att identifiera sortspecifika skillnader.

Ett annat problem var det omfattande bladlusangreppet på åkerbönsplantorna. Då angrepp av bladlöss gör att plantan sänder ut försvarssignaler, vilket både Methyl salicylate och (E,E)- α -farnesene är exempel på (Gong et al., 2023; Kuhn et al., 2025). Bönsmygens beteende vad gäller äggläggning kan alltså ha påverkats av förekomsten av bladlöss och deras påverkan på plantans volatilproduktion.

Antalet observationer av de olika ämnena varierar också kraftigt. Detta påverkar den statistiska styrkan och möjligheten att hitta korrelationer. Ämnen med få observationer kan ha låg statistisk styrka och på grund av detta sakna korrelation, inte på grund av att ämnet är biologisk oviktigt. Ämnet β -Myrcene visade till exempel ett nästan signifikant samband med äggläggning ($p = 0,0726$). β -Myrcene hade relativt sett få observationer $n=15$. Ett signifikant samband hade möjligtvis kunnat visas med fler observationer.

Det är viktigt att påpeka att de observerade sambanden är korrelativa och inte kan tolkas som kausala. Bönsmygens äggläggning påverkas nog av flera samverkande faktorer, där den kemiska profilen bara är en del. Andra sortspecifika egenskaper, som fenologi, morfologi eller växtens fysiologiska tillstånd, kan också påverka äggläggningen (Estefanía Carrillo-Perdomo et al., 2019) och kan hänga ihop med doftprofilen.

Vidare baseras analyserna på medelvärden per sort, vilket innebär att variation inom sorter inte beaktas helt. Detta kan påverka möjligheten att identifiera starkare samband på individnivå. Trots detta visar resultaten att vissa specifika volatila ämnen kan vara kopplade till variation i äggläggning, även när sortskillnaderna i dessa ämnen är ganska små.

Analysen baseras dock på enkla linjära samband mellan enskilda ämnen och äggläggning. Eftersom sorternas doftprofiler består av en stor mängd ämnen i komplexa blandningar så är det rimligt att bönsmygen påverkas av flera ämnen samtidigt eller reagerar på en ratio av dessa. Insekters värdväxtval är oftast baserad på förhållanden mellan ämnen i en doftprofil än på enskilda ämnen (Bruce and Pickett, 2011) Det är möjligt att vissa ämnen som inte visade signifikanta samband spelar en roll i kombination med andra ämnen eller att relation mellan de olika ämnena spelar mer roll än faktiska mängder. Framtida studier bör därför fokusera på multivariata analyser eller mer avancerade regressioner.

Sammanfattningsvis visar studien att åkerbönans volatilprofil varierar mycket mellan sorter och prover, men att bara ett begränsat antal ämnen uppvisar samband med bönsmygens äggläggning. Resultaten indikerar att methyl salicylate och (E,E)- α -farnesene kan vara kopplade till lägre äggläggning, medan majoriteten av de analyserade volatila ämnena saknar ett sådant samband. Detta visar att vissa specifika ämnen kan vara bra att fokusera på vid studier av växt-insekt-interaktioner, snarare än att endast fokusera på den totala kemiska profilen. Experiment i större omfattning och under mer kontrollerade former, till exempel i växthus, hade varit intressant för att få en klarare bild och en djupare förståelse för bönsmygens värdval och äggläggning i förhållande till sortvariation.

Tack

Tack till Ola Lundin och Åsa Grimberg för tillgången till sorterna och äggläggningsdata. Tack till Marina Emelianova för hjälp och inspiration med dataanalys. Tack till Mattias Larsson för gott handledarskap.

Referenser

- Bruce, T.J., Martin, J.L., Smart, L.E. and Pickett, J.A. (2011). Development of semiochemical attractants for monitoring bean seed beetle, *Bruchus rufimanus*. *Pest Management Science*, 67(10), pp.1303–1308. doi:<https://doi.org/10.1002/ps.2186>.
- Bruce, T.J.A. and Pickett, J.A. (2011). Perception of plant volatile blends by herbivorous insects – Finding the right mix. *Phytochemistry*, 72(13), pp.1605–1611. doi:<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.04.011>.
- Cascone, P., Jozsef Vuts, Birkett, M.A., Rasman, S., Pickett, J.A. and Guerrieri, E. (2023). Small volatile lipophilic molecules induced belowground by aphid attack elicit a defensive response in neighbouring un-infested plants. *Frontiers in plant science*, 14. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1154587>.
- El-Sayed, A.M. (2025). The Pherobase: Database of pheromones and semiochemicals. [online] <https://www.pherobase.com/>. Available at:<https://www.pherobase.com/>.
- Estefanía Carrillo-Perdomo, Blandine Raffiot, Ollivier, D., Chrystel Deulvot, Jean-Bernard Magnin-Robert, Tayeh, N. and Marget, P. (2019). Identification of Novel Sources of Resistance to Seed Weevils (*Bruchus* spp.) in a Faba Bean Germplasm Collection. *Frontiers in Plant Science*, 9. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01914>.
- FERA (2016). Liaison FERA: Pesticide database. <https://secure.fera.defra.gov.uk/liaison/> [Accessed 30 Dec. 2025].
- Gong, Q., Wang, Y., He, L., Huang, F., Zhang, D., Wang, Y., Wei, X., Han, M., Deng, H., Luo, L., Cui, F., Hong, Y. and Liu, Y. (2023). Molecular basis of methyl-salicylate-mediated plant airborne defence. *Nature*, [online] 622(7981), pp.139–148. doi:<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06533-3>.
- Griffiths, D.Wynne., Robertson, G.W., Shepherd, T. and Ramsay, G. (1999). Epicuticular waxes and volatiles from faba bean (*Vicia faba*) flowers. *Phytochemistry*, 52(4), pp.607–612. doi:[https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(99\)00298-8](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(99)00298-8).
- Hannour K, Boughdad A, Maataoui A, Bouchelta A. Chemical composition of *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) essential oils and evaluation of their toxicity against *Bruchus rufimanus* (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae) in Morocco. *International Journal of Tropical Insect Science*. 2018;38(3):192-204. doi:10.1017/S1742758418000012
- Jordbruksverket (2022) Ökad odling av baljväxter till livsmedel och foder – möjligheter och utmaningar. Rapport 2022:07. Stockholm: Jordbruksverket. Available at: <https://webbutiken.jordbruksverket.se/sv/artiklar/okad-odling-av-baljvaxter-till-livsmedel-och-foder-mojligheter-och-utmaningar.html> [Accessed: 13 Jan. 2026].
- Keneni, G., Bekele, E., Getu, E., Imtiaz, M., Damte, T., Mulatu, B and Dagne, K. (2011). Breeding food legumes for resistance to storage insect pests: Potential and limitations. *Sustainability* 3, 1399-1415. doi: <http://dx.doi.org.libproxy.ncl.ac.uk/10.3390/su3091399>

- Kuhn, D., Bauer, P., Till Tolasch, Georg Petschenka and Johannes (2025). The potential of farnesene isomer mixtures to support the control of aphids in the cultivation of lettuce crops. *Journal of Pest Science*, 98(4), pp.2375–2382. doi:<https://doi.org/10.1007/s10340-025-01944-9>.
- Lancashire, P.D., Bleiholder, H., Boom, T.V.D., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E. and Witzemberger, A. (1991). A uniform decimal code for growth stages of crops and weeds. *Annals of Applied Biology*, 119(3), pp.561–601. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1991.tb04895.x>.
- Larsson, M. C., Madjidian, J. A., Lankinen, Å. (2021). Floral scent and pollinator visitation in relation to floral colour morph in the mixed-mating annual herb *Collinsia heterophylla*. *Nordic Journal of Botany* 39: e03025. <https://doi.org/10.1111/njb.03025>
- Lippolis, A., Roland, Ornela Bocova, Pouvreau, L. and Trindade, L.M. (2023). The challenge of breeding for reduced off-flavor in faba bean ingredients. *Frontiers in plant science*, 14. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1286803>.
- Metayer, N. (2004). *Vicia faba* breeding for sustainable agriculture in Europe: Identification of regional priorities and definition of target genotypes (Paris: GIE Févérole), 5
- Naseri, B. and Majd-Marani, S. (2020). Assessment of eight rice cultivars flour for feeding resistance to *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Stored Products Research*, 88, p.101650. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101650>.
- Niinemets, Ü. (2010). Mild versus severe stress and BVOCs: thresholds, priming and consequences. *Trends in Plant Science*, 15(3), pp.145–153. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.008>.
- Raderschall, C.A., Johansson, Y. and Lundin, O. (2025). Semiochemically assisted trap cropping to reduce broad bean beetle (*Bruchus rufimanus*) infestation in faba bean. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, [online] 388, p.109669. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109669>.
- Segers, A., Caparros Megido, R., Lognay, G. and Francis, F. (2021). Overview of *Bruchus rufimanus* Boheman 1833 (Coleoptera: Chrysomelidae): Biology, chemical ecology and semiochemical opportunities in integrated pest management programs. *Crop Protection*, 140, p.105411. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105411>.
- Sharma, H.C. and Ortiz, R. (2025). Host plant resistance to insects: an ecofriendly approach for pest management and environment conservation. [online] Cgiar.org. Available at: <https://cgspace.cgiar.org/items/d0ae4790-23f6-471b-b025-fb65961f010f> [Accessed 30 Dec. 2025].
- Sutton, C.J., Keegans, S.J., Kirk, W.D.J. and Morgan, E.David. (1992). Loral volatiles of *Vicia faba*. *Phytochemistry*, 31(10), pp.3427–3428. doi:[https://doi.org/10.1016/0031-9422\(92\)83699-y](https://doi.org/10.1016/0031-9422(92)83699-y).
- Redman, G. (2015). Revealing the opportunities for growing peas and beans in the UK.

Report by the Andersons Centre.

https://www.jic.ac.uk/media/cms_page_media/2015/7/27/Potential%20of%20UK%20Pulses_Andersons-FINAL_240615.pdf.

- Tran, B., Darquenne, J. and Huignard, J. (1993). Changes in responsiveness to factors inducing diapause termination in *Bruchus rufimanus* (Boh.) (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Insect Physiology* 9, 769-774.
- Tuccillo, F., Kårlund, A., Koistinen, V., Saini, S., Ahmed, H., Hanhineva, K., Sandell, M., Katina, K. and Lampi, A.-M. (2025). Metabolite variations in faba bean ingredients: Unraveling the links between off-flavors and chemical compounds. *Food Chemistry*, 479, pp.143753–143753. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143753>.
- Ward, R.L. (1999). The monitoring and control of bean seed beetle (*Bruchus rufimanus*) in field and broad beans (*Vicia faba*). Thesis submitted to the University of Newcastle for the Degree of Master of Philosophy [Accessed 30 Dec. 2025].
- Ward, R.L. (2018). The biology and ecology of *Bruchus rufimanus* (bean seed beetle). [online] *Ncl.ac.uk*. doi:<http://theses.ncl.ac.uk/jspui/handle/10443/4358> [Accessed 30 Dec. 2025].