



**van hall
larenstein**
university of applied sciences



Kansrijke Gewassen

Onderzoeksrapport

18/06/2026

Ruben Dümmer, Ilse Ubels, Jesse Wagenaar, Marije Westra, Sigrid Dassen, Martijn Rotteveel, Rik Abbink, Emiel Elferink



© 2026 Van Hall Larenstein University of Applied Sciences

Kansrijke Gewassen

Onderzoeksrapport

Lectoraat Duurzaam Bodembeheer

Ruben Dümmer, Ilse Ubels, Jesse Wagenaar, Marije Westra, Sigrid Dassen, Martijn Rotteveel, Rik Abbink, Emiel

94 pagina's

Dit project werd mogelijk gemaakt door een subsidie van Qop in het kader van De Versnellingsagenda (onderdeel van Regiodeal Noordoost-Fryslân)

www.hvhl.nl

info@hvhl.nl

T 058 284 61 00

Agora 1

8934 CJ Leeuwarden

Voorwoord

De akkerbouw (in Noordoost-Fryslân) staat voor forse uitdagingen: hoe blijven we economisch rendabel, houden we de bodem gezond en vergroten we de biodiversiteit, terwijl we tegelijkertijd minder afhankelijk worden van geïmporteerde grondstoffen en een bijdrage leveren aan de eiwittransitie, de circulaire economie en een lagere milieu-impact? Vanwege deze redenen is het project Kansrijke Gewassen opgezet. Vanuit de vraag van agrariërs hebben we in dit project vier teelten in de praktijk onderzocht: veldbonen, erwten, koolzaad en zonnekroon. Hoe groeit het gewas in Noordoost-Fryslân? Wat voor effect hebben de gewassen op de bodem? Wat voor meerwaarde dragen de gewassen bij aan biodiversiteit? En wellicht wel het belangrijkste vraag, kunnen agrariërs hun boterham met de kansrijke teelten verdienen?

Dit einddocument brengt de belangrijkste resultaten bijeen die we de afgelopen jaren samen met de praktijk hebben verzameld. We kijken niet alleen naar cijfers, maar vooral juist wat voor bijdrage deze gewassen kunnen leveren aan het bedrijf en omgeving. Vooral gefocused op de lokale keten.

Dit werk was alleen mogelijk dankzij de openheid, het vakmanschap en de actieve betrokkenheid van de agrariërs die hun percelen en ervaringen hebben ingebracht. Mijn dank gaat uit naar Balling van Kuiken, die als veldbonen- en erwtenbouwer stroken van diverse rassen heeft geïmplementeerd en daarnaast ook nog een bemestingsproef heeft aangelegd. Daarnaast heeft hij ook waardevolle bijdrage geleverd aan de marktanalyse voor deze eiwitgewassen. Dirk Sieds Vries, die koolzaad heeft geteeld, bij heeft gedragen aan meerdere interviews en de teelt-keten verder heeft verkend. Douwe Dijkstra en Hans Kroodsmas, die beiden zonnekroon wilde gaan uitproberen als pioniers in Friesland.

Daarnaast wil ik de keten- en marktpartijen bedanken die hun kennis, inzichten en tijd hebben gedeeld in interviews en gesprekken. De bijdragen van onder meer Silphie (MOVO-zaden), Colzaco, New Food Horizon en Dijkstra Draaisma hebben ons geholpen om niet alleen naar teelttechniek te kijken, maar juist ook naar verwerking, productontwikkeling, afzet en nieuwe toepassingen van regionale grondstoffen.

Daarnaast dank ik de onderzoekers, docenten en studenten van Hogeschool Van Hall Larenstein. Hun (wetenschappelijke en praktische) inbreng, veldwerk, metingen en analyses hebben een stevige kennisbasis gelegd en een frisse, onafhankelijke blik op de mogelijkheden geboden. Juist de combinatie van praktijk, bedrijfsleven en onderwijs heeft dit project zijn kracht gegeven.

Ik hoop dat dit document inspireert en praktische handvatten biedt aan andere boeren, ketenpartijen, beleidsmakers en onderzoekers om verder te bouwen aan een robuuste, duurzame en rendabele akkerbouw in Noordoost-Fryslân. De eerste stappen zijn gezet; nu ligt er een mooie uitdaging om de meest kansrijke richtingen verder uit te werken.

Met dank,

Ruben Dümmer

Onderzoeker Duurzaam Bodembeheer, Hogeschool Van Hall Larenstein

Februari 2026

Samenvatting

Het project Kansrijke Gewassen is uitgevoerd binnen het Fjildlab Noordoost-Fryslân, in samenwerking met agrarisch collectief Waadrâne en regionale ketenpartners. Het onderzoek sluit aan bij de ambities van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB), waarin via de eco-regeling duurzame teelten worden gestimuleerd, en bij regionale opgaven rond kringlooplandbouw, biodiversiteit en economische weerbaarheid. Binnen het programma QOP (Regiodeal Noordoost-Fryslân) staat onder meer het versterken van economische groei, innovatie en een duurzamer landbouwsysteem centraal. Tegen deze achtergrond is onderzocht welke alternatieve (kansrijke) gewassen economisch en ecologisch perspectief kunnen bieden voor agrariërs in Noordoost-Fryslân.

In de periode 2024–2025 zijn veldproeven uitgevoerd met zonnekroon, koolzaad, veldbonen en erwten. Het onderzoek bestond uit praktijkproeven op regionale percelen, monitoring van groei en opbrengst, bodem- en biodiversiteitsmetingen, voederwaarde- en nutriëntenanalyses, NDVI-metingen en een uitgebreide markt- en ketenverkenning. Door twee contrasterende teeltjaren (2024: nat en laat gezaaid; 2025: droog en vroeg gezaaid) konden verschillen in opbrengst en geschiktheid onder uiteenlopende omstandigheden worden beoordeeld. Naast teelttechnische prestaties stond vooral de economische haalbaarheid en ketenontwikkeling centraal.

Zonnekroon is onderzocht als meerjarig gewas met potentie voor biomassa (biogas), veevoer, biodiversiteitsversterking en bodemverbetering. Het gewas was al in 2023 gezaaid en liet vanaf het derde groeijaar een toename in biomassa en NDVI zien. Het scoorde hoog op biodiversiteitsindicatoren ten opzichte van de andere gewassen. Economisch vormt de afzet momenteel het grootste knelpunt. Het beperkte areaal en het ontbreken van een regionale verwerkingsketen maken toepassingen in biogas, vezelmaterialen of substraat nog niet rendabel. Daarnaast is de voederwaarde momenteel te laag voor hoogwaardige veevoertoepassingen. Hoewel er interesse bestaat voor toepassing als permanente bloemrand of overgangsgewas tussen landbouw en natuur, is verdere opschaling en ketenvorming noodzakelijk om tot een sluitend verdienmodel te komen.

Koolzaad liet in het drogere jaar (2025) hogere opbrengsten zien dan in het natte jaar 2024. De teelt is economisch perspectiefvol door de productie van olie voor humane consumptie. Nieuwe ontwikkelingen, zoals de toepassing van gefermenteerde koolzaadkoek in humane voeding en de mogelijke inzet van strovezels in bouwmaterialen, vergroten het integrale benuttingspotentieel van koolzaad. De bestaande keten en concrete afzetmogelijkheden maken koolzaad tot een van de economisch meest kansrijke gewassen binnen dit project.

Veldbonen en erwten vertegenwoordigen de eiwittransitie binnen de regio. Erwten hebben momenteel, door hogere opbrengstprijzen en concrete afzetkanalen, de meest gunstige marktpositie voor humane consumptie. Veldbonen beschikken over een hoog eiwitgehalte en duidelijke nutritionele meerwaarde, maar worden in de praktijk nog vaak tegen veevoerprijzen afgezet. Veldbonen die bestemd zijn voor de vleesvervangingsindustrie moeten voldoen aan strenge kwaliteitseisen. Beide gewassen dragen bij aan stikstofbinding en kunnen daarmee de inputkosten binnen het bouwplan reduceren. De economische haalbaarheid hangt sterk samen met prijsontwikkeling, rassenkeuze en verdere ketenontwikkeling, waarbij erwten op korte termijn het meest marktrijs zijn en veldbonen vooral toekomstig potentieel bieden.

De integrale analyse laat zien dat geen van de onderzochte gewassen op alle criteria dominant scoort. Erwten bieden relatief veel economische zekerheid dankzij bestaande afzetstructuren, terwijl zonnekroon vooral uitblinkt in ecologische meerwaarde en systeeminnovatie.

Koolzaad heeft het meeste potentie mits het product beter gevaloriseerd wordt. Veldboon wordt gekenmerkt door een hoge nutritionele waarde, maar vanwege de bitterheid en kleur gaat de voorkeur nog steeds uit naar sojaboon als eiwitrijke vleesvervanger. Er zijn zeker kansen voor de kansrijke in Noordoost-Fryslân maar dat hangt primair af van versterkte ketenontwikkeling en marktzekerheid, zodat boeren ecologische prestaties kunnen verbinden aan een robuust verdienmodel.

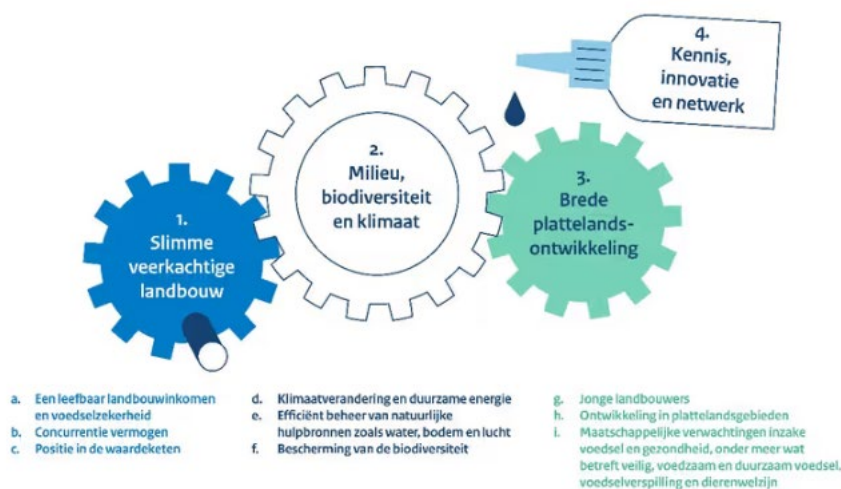
Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
2	Methodiek en uitvoering	3
2.1	Onderzoeksopzet	3
2.2	Achtergrond en teeltkenmerken (op basis van literatuur)	3
2.3	Bodemmonitoring.....	4
2.4	Gewasmonitoring	4
2.5	Monitoring van bovengrondse biodiversiteit	5
2.6	Gewasopbrengst- en kwaliteitsanalyses.....	5
2.7	Economische analyse en waardeketenverkenning	5
2.8	Statistische analyse.....	6
3	Resultaten	8
3.1	Weersgegevens.....	8
3.2	Zonnekroon.....	8
3.3	Koolzaad	12
3.4	Veldbonen en erwten	15
3.5	Biodiversiteit	24
4	Discussie, conclusies en aanbevelingen	26
4.1	Zonnekroon.....	26
4.2	Koolzaad	27
4.3	Veldbonen en erwten	28
4.4	Algemene discussie	29
5	Bibliografie	31
	Bijlage I - Satellietfoto's en proefopzet percelen.....	33
	Zonnekroon	33
	Koolzaad	33
	Veldbonen/erwten	34
	Bijlage II - Protocollen	36
	Biodiversiteit	36
	Bijlage III - Resultaten.....	37
	Zonnekroon	37
	Veldbonen/erwten	38
	Biodiversiteit	43
	Overige metingen (pF – curves)	44
	Bijlage IV - Literatuurstudie	45

1 Inleiding

Dankzij samenwerking tussen onderzoek, onderwijs en de praktijk worden innovatieve technieken (in de landbouw) continu ontwikkeld en toegepast (Viviano, 2017). Toch maakt de markt en beleid (vermindering emissies naar het water, verbeteren van biodiversiteit en het aanpassen aan klimaatverandering) de sector in economische en ecologisch opzicht kwetsbaar (PBL, 2025). Toenemende geopolitieke onzekerheden, verstoringen in mondiale handelsketens en de noodzaak om klimaat- en milieudoelstellingen te behalen, maken het steeds urgenter om minder afhankelijk te worden van geïmporteerde grondstoffen. Met name de afhankelijkheid van buitenlandse eiwitbronnen, plantaardige oliën en kunstmest vormt een strategisch en maatschappelijk vraagstuk (WUR, 2019). Daarnaast leidt de jarenlange focus op kostenverlaging, hoge(re) grondprijzen en productieverhoging in de landbouw tot druk op de leefomgeving. Deze druk zorgt onder andere voor de achteruitgang van de biodiversiteit, kwaliteit van drinkwater en diversiteit van het landschap en draagt bij aan extra emissies (nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, broeikasgassen). Om deze uitdagingen te kunnen tackelen, moeten we naar een duurzame land- en tuinbouwsector.

Eén van de middelen om boeren perspectief en bestaanszekerheid te bieden is het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB). Agrariërs worden binnen het GLB via de Eco-regeling aanvullend beloond wanneer zij maatregelen toepassen die bijdragen aan doelen rondom biodiversiteit, bodemkwaliteit, waterbeheer en klimaatmitigatie (Nieuwe Oogst, 2025; RVO, 2025). Het GLB beoogt hiermee niet alleen ecologische winst te realiseren, maar ook het verdienvermogen van agrariërs op lange termijn te versterken. Voorbeelden van dergelijke activiteiten zijn het telen van meerjarige gewassen, vezelgewassen, (stikstofbindende) eiwitgewassen en rustgewassen. Om een veerkrachtig en toekomstbestendig landbouw- en voedselsysteem te creëren, moeten we prioriteit geven aan milieu, biodiversiteit en klimaatbestendigheid, gecombineerd met brede plattelandsontwikkeling (leefbaarheid, jonge boeren en regionale vitaliteit). Kennis, innovatie en sterke netwerken vormen de motor die de veerkrachtige landbouwsysteem aandrijft (figuur 1).



Figuur 1: De drie hoofddoelen en negen specifieke doelen voor het GLB 2023-2027 die vanuit de Europese Unie zijn vastgelegd. Kennis, innovatie en netwerkvorming is het horizontale doel (NSP, 2024).

De Nederlandse landbouw wordt nog steeds gedomineerd door een beperkt aantal gewassen en rassen (PBL, 2025). Dit komt onder andere doordat agrariërs in hun bouwplan vaak kiezen voor een of enkele gewassen, omdat specialisatie efficiënter is in termen van machines, kennis, arbeid en kosten en daarmee de opbrengst en het economisch rendement per hectare kan verhogen. Agrariërs hebben daarom meer nodig dan de financiële stimulansen via het GLB om andere, minder gangbare gewassen te gaan verbouwen. Want het verduurzamen van de landbouwproductie gaat gepaard met (forse) investeringen op bedrijfs- of nationaal niveau (Berkhout en Galema, 2022).

Belangrijk is dat er volhoudbare verdienmodellen worden ontwikkeld.. Zonder een goed georganiseerde afzetmarkt blijven financiële risico's voor agrariërs groot, waardoor opschaling lastig blijft. Daarnaast moet onderzocht worden welke aanvullende gewassen en rassen daadwerkelijk geschikt zijn voor de Nederlandse bodem, het klimaat en andere lokale omstandigheden.

Ook voor Noordoost-Fryslân is het nog onduidelijk wat agronomische, ecologische en economische potentie van andere, minder gangbare gewassen is. De regio kent een sterke agrarische sector, met zowel akkerbouw- en melkveebedrijven op klei-, zand- en veengronden, en staat tegelijkertijd voor uitdagingen op het gebied van bodemkwaliteit, klimaatadaptatie en economische weerbaarheid. Vanuit de Versnellingsagenda regio Noordoost-Fryslân staat het benutten van duurzame economische en ecologische kansen centraal, waarbij regionale samenwerking en innovatie een sleutelrol spelen.

Het project Kansrijke Gewassen heeft als doel inzicht te verkrijgen in de agronomische, ecologische en economische kansen van veldbonen, erwten, zonnekroon en koolzaad in Noordoost-Fryslân (zie Bijlage IV voor de volledige literatuurstudie). Deze gewassen zijn geselecteerd naar aanleiding van een bijeenkomst met agrariërs binnen Fjildlab, waaruit bleek dat er concrete interesse was in de teelt van veldbonen, erwten, zonnekroon en koolzaad. Tegelijkertijd gaven ondernemers aan onvoldoende inzicht te hebben in de teelttechnische haalbaarheid en/of in de mogelijkheden om deze gewassen te koppelen aan een passend en rendabel verdienmodel.

Centraal staan daarbij twee vragen: in hoeverre zijn deze gewassen geschikt voor de regionale - bodem- en klimaatomstandigheden, en in hoeverre bieden zij economisch perspectief voor agrarische ondernemers? Om deze vragen te beantwoorden is gekozen voor een integrale onderzoeksanpak waarin veldmonitoring, ecologische metingen, economische analyses en praktijkgerichte kennisdeling met agrariërs en ketenpartijen zijn gecombineerd. Door deze benadering worden zowel de teelttechnische prestaties als de ecologische effecten en de markt- en ketenmogelijkheden in samenhang beoordeeld.

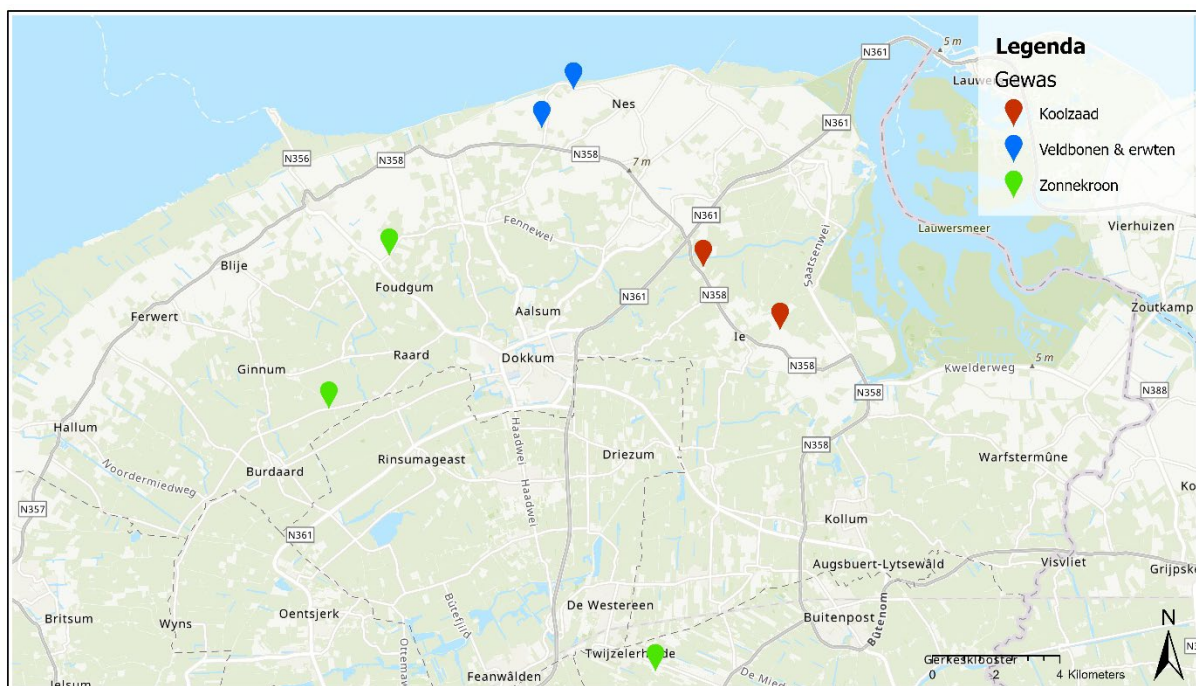
Dit rapport presenteert de resultaten van dit onderzoek die uitgevoerd is van 2023 - 2025. Na deze inleiding wordt de onderzoeksopzet en methodiek beschreven, gevolgd door de resultaten per gewas. Het rapport sluit af met een conclusie/discussie met eventuele vervolgstappen.

2 Methodiek en uitvoering

2.1 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is uitgevoerd in Noordoost-Fryslân binnen het werkgebied van agrarisch collectief Waadrâne. Het veldonderzoek vond plaats in de jaren 2024 en 2025 op vijf aantal praktijkpercelen van vier verschillende agrariërs. Koolzaad werd gezaaid op 31 mei 2024 en 5 mei 2025. Zonnekroon in Brantgum werd ingezaaid op 31 mei 2023. Veldbonen en erwten werden ingezaaid op 16 mei 2023, 2 mei 2024 en 24 maart 2025.

In 2023 vond er voor de zonnekroon, veldbonen en erwten een vooronderzoek plaats. De koolzaadperceel was ongeveer 1,7 hectare; zonnekroon 0,2 ha en veldbonen- en erwtenperceel was ongeveer 2,5 ha (figuur 2). In Bijlage I staan satellietfoto's ende proefopstellingen (rassen en bemesting) van de onderzoek percelen. Aangezien de proefvelden van zonnekroon in Twijzelerheide en Jannum niet geslaagd waren (i.v.m. weersomstandigheden, heterogene opkomsten en te hoge onkruiddruk) worden deze metingen niet in dit onderzoeksverslag meegenomen.



Figuur 2: Overzichtskartaat onderzoeksgebied. De percelen waar veldwerk is verricht in 2024 & 2025 zijn op de kaart aangeduid met punten, inclusief de niet meegenomen proefvelden van zonnekroon in Twijzelerheide en Jannum.

2.2 Achtergrond en teeltkenmerken (op basis van literatuur)

Ter onderbouwing van de gewaskeuze en de interpretatie van de onderzoeksresultaten is een literatuuronderzoek uitgevoerd (Bijlage IV). Deze literatuurstudie bouwt voort op een eerder uitgevoerd verkennend onderzoek binnen Van Hall Larenstein (afstudeeropdracht), waarin reeds literatuur is verzameld over de botanische kenmerken, groeicyclus, ziekten en plagen, bodem- en biodiversiteitseffecten, teeltomstandigheden en voedingswaarden van zonnekroon, koolzaad, veldboon en erwt. In de voorliggende studie is deze literatuuranalyse verdiept en uitgebreid, met bijzondere aandacht voor de agronomische, ecologische en economische potentie van deze gewassen in de context van Noordoost-Fryslân.

De literatuurstudie is uitgevoerd als een systematische analyse van (peer-reviewed) wetenschappelijke publicaties en praktijkrapporten. Er is gebruikgemaakt van Google Scholar, Google en GreenEye.

Per gewas zijn gerichte zoekopdrachten uitgevoerd met Engelstalige en Nederlandstalige zoektermen, waaronder combinaties van de botanische naam en termen als “botanical characteristics”, “cultivation”, “ecological advantages”, “soil impact”, “biodiversity”, “market potential”, “Friesland” en “regional cultivation”. Wetenschappelijke literatuur als praktijkgerichte publicaties zijn meegenomen om een brug te slaan tussen theoretische inzichten en praktische toepasbaarheid. De volledige literatuurstudie is te vinden in Bijlage IV.

2.3 Bodemmonitoring

De ecologische effecten van de teelten zijn onderzocht aan de hand van fysische,- chemische en biologische bodemmonsters. De bodemmonsters werden genomen met 40 steken (0 – 25 cm) per perceel (> 2 ha), in een Z-patroon, een mengmonster werd gemaakt en vervolgens opgestuurd naar Eurofins voor bodemanalyse (N, P, K, pH, OS (%) etc.). Per perceel zijn bodemconditiescores vastgesteld via visuele bodembeoordeling (mijnbodemconditie.nl), waarbij onder andere beworteling, structuur, verdichting en aanwezigheid van regenwormen zijn beoordeeld.

Het watervasthoudend vermogen van de bodem is bepaald door middel van het plaatsten van Kopecky-ringen (100 cm³) op 5 – 10 cm diepte in de bodem. Vervolgens zijn de Kopecky-ringen opgestuurd naar HVHL-locatie Velp en is via de zandbakmethode de pF curve bepaald. Daarnaast is de indringingsweerstand gemeten met behulp van de penetrologger. Op elk perceel zijn 20 steken genomen, in een Z-patroon.

2.4 Gewasmonitoring

De groei en ontwikkeling van veldbonen, erwten, zonnekroon en koolzaad zijn gedurende de groeiseizoenen 2024 en 2025 gemonitord (6x veldbonen/erwten; 5x koolzaad en 12x zonnekroon – voor veldbonen/erwten en zonnekroon zijn in 2023 ook al basisanalyse uitgevoerd). Per perceel zijn morfologische en fysiologische kenmerken vastgelegd: gewashoogte (meetlint maaiveld tot laatst ontwikkelde blad), plantdichtheid, bloeistadium (visueel gefotografeerd), en bladgroenheid (SPAD-meter). Voor elk meetmoment werden er 6 – 10 herhalingen genomen. Aanvullend is op perceelsniveau gewasstand geanalyseerd met NDVI-waarden uit satellietbeelden via ArcGIS Pro voor meerdere momenten in het jaar.

2.4.1 Kieming zonnekroon

Om de optimale kiemingsomstandigheden voor zonnekroon te onderzoeken, is een laboratoriumproef opgezet. In deze proef zijn de effecten van temperatuur en vochtgehalte op de kieming systematisch getest. Op basis van de literatuur zijn drie temperatuurregimes geselecteerd: 15 °C (klimaatkast VTL 650 KBL), 25 °C (klimaatkast VTL 650 KLIM) en een variabele kasttemperatuur (gemiddeld 15–25 °C, met een licht-donkercyclus van 12,5 uur licht en 11,5 uur donker). Voor het vochtgehalte zijn drie niveaus vastgesteld, “droog” (1,0 ml/petrischaal), “normaal” (3,0 ml/petrischaal) en “nat” (5,0 ml/petrischaal).

In de eerste proefopzet zijn petrischalen (Ø 9 cm) voorzien van filterpapier en elk gevuld met vijf zaden. Per combinatie van temperatuur en vochtgehalte zijn drie herhalingen uitgevoerd, met een totaal van 27 petrischalen. De schalen zijn afgesloten met parafilm en willekeurig verdeeld over de verschillende opstellingen. Het aantal gekiemde zaden is beoordeeld na 9 en 14 dagen, waarbij een zaad als gekiemd werd beschouwd zodra het wortelpuntje zichtbaar was.

Op basis van de eerste resultaten is een tweede proefopzet uitgevoerd met aangepaste condities. Hierbij zijn temperaturen van 7 °C (koelcel, continu donker), 15 °C en een 25 °C toegepast. Daarnaast is een extra vochtbehandeling (2,0 ml/petrischaal) toegevoegd.

2.4.2 Veldbonen/erwten

Per jaar werden er verschillende rassen veldbonen en erwten gebruikt (tabel 1). Daarnaast werd er geen, lage (27 kg N/ha) of hoge (54 kg N/ha) bemesting toegediend na het zaaien (NTS 27 + 3 – 12,8% Ureum, 6,4% nitraat, 7,8% ammonium en 7,5% zwavel (50% elementair, 50% sulfaat)). In 2023 en 2024 is er een fungicide toegepast tegen de chocoladevlekziekte. In 2025 is er geen fungicide toegepast.

Tabel 1: rassen van erwten en veldbonen die in 2023, 2024 en 2025 zijn gebruikt.

	2023	2024	2025
Erwt	Tiberius & Orchestra	Tiberius & Dik Trom	Dik Trom & Carrington
Veldboon	Victus, Tiffany, Banquise & Trumpet	Victus, Tiffany, Banquise & Trumpet	Victus, Tiffany, Tundra & Cartouche

2.4.2.1 Wortelknolletjes

Voor elk veldboonras per bemestingsregime werd in 2025 het percentage actieve wortelknolletjes bepaald (n = 3). Per herhaling werd een plant uit de grond getrokken en werden tien willekeurig geselecteerde knolletjes doorgesneden. Op basis van de inwendige kleur werd de activiteit van de knolletjes beoordeeld (roze/rood = actief; wit/groen = inactief).

2.5 Monitoring van bovengrondse biodiversiteit

Voor het meten van het totaal aantal vliegende insecten per gewas zijn gele plakvallen uitgezet. Vliegende insecten zijn bemonsterd met gele plakvallen (10 × 25 cm, op 20–30 cm hoogte, zuidgericht, 2 dagen geplaatst). In totaal zijn er 157 vallen uitgezet tussen week 20 en 36 in 2024 en 2025: zonnekroon (n = 20), koolzaad (n = 8), erwt (n = 73), veldboon (n = 48), plus een referentie op lineaire elementen (sloten/bermen n = 35). Het plaatsen van een referentie maakt vergelijking mogelijk tussen gewassen onderling en met omliggende landschapselementen (Bijlage II - Biodiversiteit).

2.6 Gewasopbrengst- en kwaliteitsanalyses

Bij de zonnekroonpercelen zijn gedurende het groeiseizoen op diverse momenten (2024: 5x en 2025: 7x) een sub-oogst (30 × 30 cm), in duplo, genomen om de voederwaarde te bepalen. Deze monsters zijn geanalyseerd op diverse voederstoffen door Eurofins (o.a. VEM, VOS, DS (%) etc.). De veldbonen en erwten zijn geoogste met een combine, daarna verzameld in een kist en de kist is gewogen. Een sub-monster is na de oogst genomen voor analyse van de voedingswaarde, uitgevoerd door NutriControl (o.a. ruw eiwit (%), vezel, vitamine B11 etc.). De oogst van koolzaad is gewogen op de weegbrug.

2.7 Economische analyse en waardeketenverkenning

De economische potentie van de kansrijke gewassen werd onderzocht door een combinatie van kosten-batenanalyses, marktverkenningen en stakeholdergesprekken. Hierbij werden telerservaringen, praktijkgegevens en inzichten uit de keten systematisch in kaart gebracht.

Voor veldbonen en erwten zijn de teeltkosten (zaaizaad, bemesting, gewasbescherming, mechanisatie en arbeid) gedetailleerd geïnventariseerd en afgezet tegen de gerealiseerde opbrengsten per hectare. Deze berekeningen zijn gebaseerd op praktijkervaringen van de deelnemende agrariër binnen het project (Van Kuiken), aangevuld met actuele kostprijzen en opbrengstcijfers uit de proefvelden.

De marktverkenning vond plaats via deskresearch en interviews met relevante ketenpartijen. Er werd in eerste instantie vooral gekeken naar de toepassingsmogelijkheden voor humane consumptie maar er werd ook gekeken naar veevoer mogelijkheden.

Voor zonnekroon is een bredere marktbenadering gekozen, gezien de multifunctionele toepassingen van dit meerjarige gewas. Gesprekken zijn gevoerd met veehouders (voor ruwvoer en biogas), bedrijven die biobased vezels zoeken (voor bouwmaterialen, isolatie of andere toepassingen) en vergisters. Dit leverde inzicht op in de diverse afzetkanalen, de specifieke kwaliteitseisen per toepassing en de potentie voor langjarige teelt met minimale bodembewerking.

Bij koolzaad is specifiek ingezoomd op de koolzaadketen, mede vanwege de interesse vanuit de opleiding Agrarische Bedrijfskunde. Hierbij is gericht verkend welke afzetmogelijkheden er zijn (met name voor olie en bijproducten), welke belemmeringen spelen bij opschaling (zoals prijsvolatiliteit, teeltuitdagingen en logistiek) en welke kansen zich voordoen voor regionale telers, bijvoorbeeld als rustgewas in de rotatie of als bijdrage aan de eiwit- en olievraag.

2.8 Statistische analyse

Alle statistische analyses zijn uitgevoerd in R. Voorafgaand aan de analyses zijn de data gecontroleerd op normaliteit met de Shapiro–Wilk-test. Bij voldoening aan de assumptie zijn parametrische toetsen toegepast; anders niet-parametrische alternatieven. Het significantieniveau is vastgesteld op $\alpha = 0,05$.

2.8.1 Zonnekroon

Voor zonnekroon zijn de analyses grotendeels descriptief geanalyseerd en de nadruk lag op seizoens- en jaargangen-trends (2023–2025). Kiemingspercentage, opkomst en groeisnelheid in zaaitrays en veld, veldmetingen (hoogte en SPAD over tijd), voederwaarde-parameters (DS, pH, ruw eiwit, ruwe celstof, VEM, VOS etc. over 10 meetmomenten), NDVI-seizoenspatronen en bodemparameters (N, P, K, pH, CEC, OS (%), kleipercantage, bulkdichtheid, microbiële biomassa) zijn allemaal beschreven met middelen, ranges en trends, zonder statistische toetsing. Waar duplo-metingen beschikbaar waren (bijv. bij sommige voederwaarde-monsters), zijn deze gemiddeld. Groeisnelheden in de lineaire fase zijn berekend als regressie-slope

2.8.2 Koolzaad

Voor koolzaad zijn de vergelijkingen descriptief en gericht op verschillen tussen de twee jaren (2024 vs. 2025). Bodemparameters (N, P, K, pH, CEC, OS (%), kleipercantage, bulkdichtheid, microbiële biomassa), plantgroei (hoogte over tijd, groeisnelheid in de lineaire fase, maximale hoogte), opbrengst (ton/ha, gemeten met oogstmachine) en NDVI-seizoenspatronen zijn beschreven over het jaar.

2.8.3 Veldbonen en erwten

Voor veldbonen en erwten zijn de analyses van de bodemparameters (N, P, K, pH, CEC, OS (%), kleipercantage, bulkdichtheid, microbiële biomassa) zijn de vergelijkingen hoofdzakelijk descriptief uitgevoerd, gericht op verschillen tussen de jaren (2023–2025), waarbij elk jaar gebruik werd gemaakt van een ander perceel.

Voor plantlengte en SPAD zijn in beide jaren two-way ANOVA-modellen toegepast met vaste factoren ras en bemesting, gevolgd door Tukey's HSD post-hoc vergelijkingen met een betrouwbaarheidsniveau van 0,95 waar significant. De actieve wortelknolletjes bij veldbonen zijn geanalyseerd met de Aligned Rank Transform methode (via het ARTTool-pakket), gevolgd door een ART-ANOVA om de hoofdeffecten van ras en bemesting en hun interactie te toetsen. Er werden geen significante effecten gevonden ($p > 0.05$ voor alle termen).

Opbrengst (kg/ha, gemeten met oogstmachine, $n=1$ per ras-jaar-combinatie) en NDVI-seizoenspatronen zijn descriptief vergeleken per ras en jaar, met toetsing van verschillen via een lineair model met factoren ras en jaar. Bij significante effecten is de post-hoc Tukey's HSD-test toegepast met een betrouwbaarheidsniveau van 0,95. Nutricontrol-data (ruw eiwit, vezel, mineralen,

vitaminen etc. in 2025) zijn geanalyseerd met Principal Component Analysis (PCA), waarbij de scheiding tussen veldbonen en erwten langs de eerste hoofdas (Dim1, 72,5% variantie) en secundaire verschillen binnen groepen langs Dim2 (15,7% variantie) zijn beschreven

3 Resultaten

3.1 Weersgegevens

Het jaar 2024 (1 januari t/m 31 december) werd gekenmerkt door een nat groeiseizoen met een gemiddelde temperatuur van circa 11,3 °C, 1.751 zonuren en 1.068 mm neerslag. In 2025 was het groeiseizoen relatief droog, met een gemiddelde temperatuur van 10,7 °C, circa 2.080 zonuren en 691 mm neerslag (www.weerstatistieken.nl).

3.2 Zonnekroon

3.2.1 Achtergrond en teeltkenmerken (op basis van literatuur)

Zonnekroon (*Silphium perfoliatum*) is een meerjarige plant uit de composietenfamilie (Asteraceae), behorend tot het geslacht silphium, en komt van oorsprong voor in Noord-Amerika (Markus Gansberger, 2015) (figuur 3). De plant kan 250 tot 300 cm hoog worden en heeft stevige, rechtopstaande stengels en een diep wortelstelsel dat tot meer dan 2 meter in de bodem reikt, waardoor de plant goed is opgewassen tegen droogte (Loo, 2022). De bladeren staan tegenover elkaar en zijn aan de basis met elkaar vergroeid, waardoor ze een soort kommetje vormen waarin regenwater vastgehouden kan worden. Zonnekroon kan het best geteeld worden in gematigde klimaten en heeft een voorkeur voor een zonnig of licht beschaduwde perceel. Na ontkieming groeit de plant in het eerste jaar langzaam en vormt een bladrozet en een sterke wortelstok. Vanaf het tweede jaar neemt de groei sterk toe en ontwikkelt de plant meerdere stengels, zo'n 10-25 stengels per plant (neemt toe met de leeftijd). Vanaf het derde jaar ontstaan extra zijstengels aan de voet. De bloei vindt plaats van eind juni tot eind september (afhankelijk van de groeiomstandigheden) en verloopt gespreid doordat continue nieuwe bloemhoofdjes worden gevormd (Markus Gansberger, 2015). Zonnekroon is een gewas dat laaggevoelig is voor ziekten en plagen. Omdat het een relatief nieuwe teelt is in Europa en Nederland, zijn er nog weinig gespecialiseerde plaagorganismen die zich op dit gewas hebben aangepast (Krueger, 2017). Toch zijn enkele ziekten en plagen waargenomen, met name in regio's waar zonnekroon al langer wordt geteeld, zoals Duitsland en Tsjechië. De meest gemelde schimmelaantasting is witrot (*Sclerotinia sclerotiorum*), die vooral onder vochtige omstandigheden schade kan veroorzaken aan stengels en wortels (Guares, 2021).



Figuur 3: zonnekroon (foto: Binne-Louw Katsma)

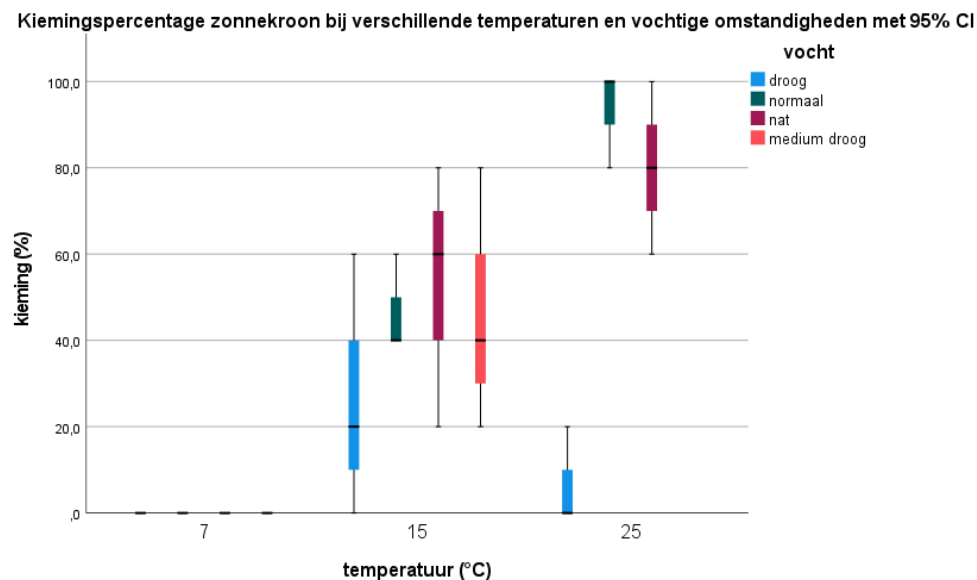
3.2.2 Bodem

Op basis van een beschrijvende vergelijking van de bodemgegevens over de periode 2023-2025 zijn er geen grote veranderingen in de bodemgesteldheid waargenomen (Zie ook Bijlage III voor volledige bodemdata 2023 - 2025). Het organische stofgehalte was in 2023 2,8% en voor de jaren 2024 en 2025 2,7%. De C/N-ratio blijft in 2023 en 2024 op de 11 zitten, maar in 2025 wordt er minder stikstof gevonden (105 kg N/ha t.o.v. 110 kg N/ha). De bacteriebiomassa was in 2025 het hoogst maar het laagst in 2024 (183 mg C/kg en 129 mg C/kg, respectievelijk). De schimmelbiomassa daarentegen stijgt van 107 mg C/kg in 2023 naar 177 mg C/kg in 2025. De microbiële activiteit neemt naarmate de jaren af (53 mg N/kg naar 35 mg N/kg). De pF-curve en indringingsweerstand laten kleine verschillen zien tussen de jaren 2024 en 2025 (Bijlage III – zonnekroon). Wel lijkt de bulkdichtheid lichtelijk toe te nemen van 1,28 naar 1,49 g/cm³. Ook de NIR-bulkdichtheidsbepaling lijkt een lichte toename weer te geven van 1,42 g/cm³ naar 1,44 g/cm³.

3.2.3 Gewasmonitoring

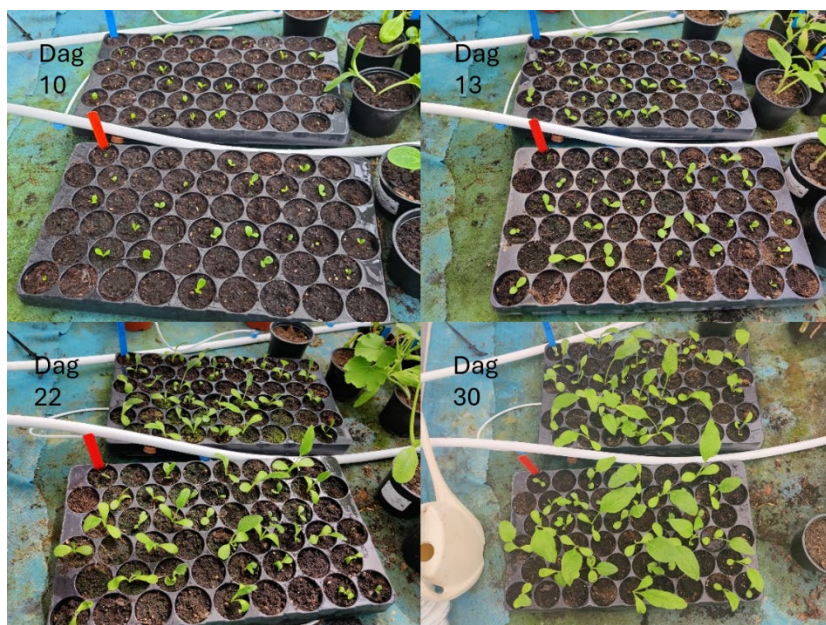
3.2.3.1 Kieming

Bij 7 °C, is er bij geen van de vochtgehaltes kieming waargenomen (figuur 4). Bij 15 °C waren 26,7%, 46,7%, 66,7% en 46,7% van de zaden gekiemd voor 1, 2, 3 en 5 ml vocht respectievelijk. Bij 25 °C was 6,7%, 93,3% en 80,0% van de zaden gekiemd voor 1, 3 en 5 ml vocht respectievelijk.



Figuur 4: kiemingspercentage zonnekroonzaad in petrischalen voor verschillende temperaturen en vochtgehaltes (lichtblauw = droog (1 ml vocht), oranje = medium droog (2 ml vocht), groen = normaal (3 ml vocht), rood = nat (5 ml vocht) (figuur gemaakt door Sarah Haverman, Laura Veldman en Tjibbe de Vries).

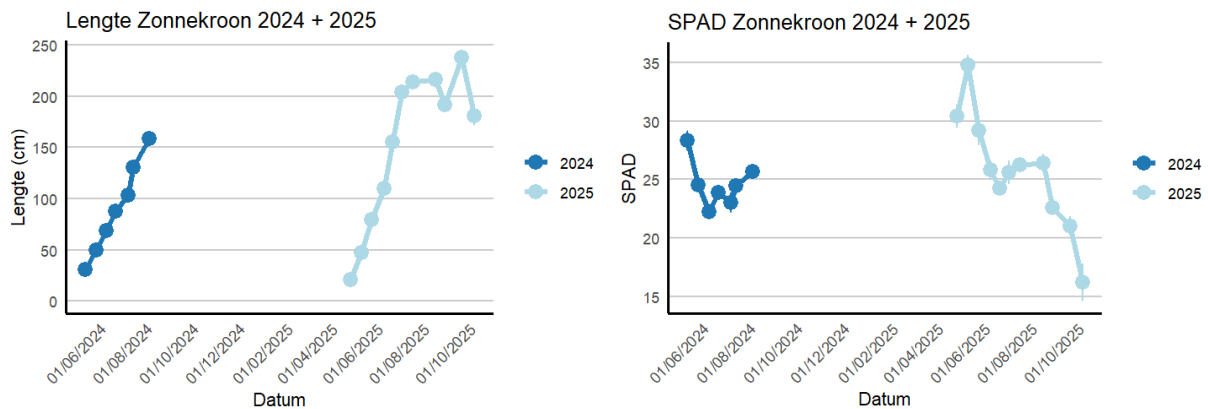
Zonnekroon heeft een wisselvallige opkomst (figuur 5). Tien dagen na zaaien waren 43 planten van de 102 opgekomen, na 13 dagen waren dit 57 planten (55,9 %). Na 30 dagen werd er geobserveerd dat sommige planten nog hun kiemblad hadden terwijl andere al één of twee bladeren hadden.



Figuur 5: kieming in zaaitrays. Eerste opkomst tien dagen na zaaien.

3.2.3.2 Veldmetingen

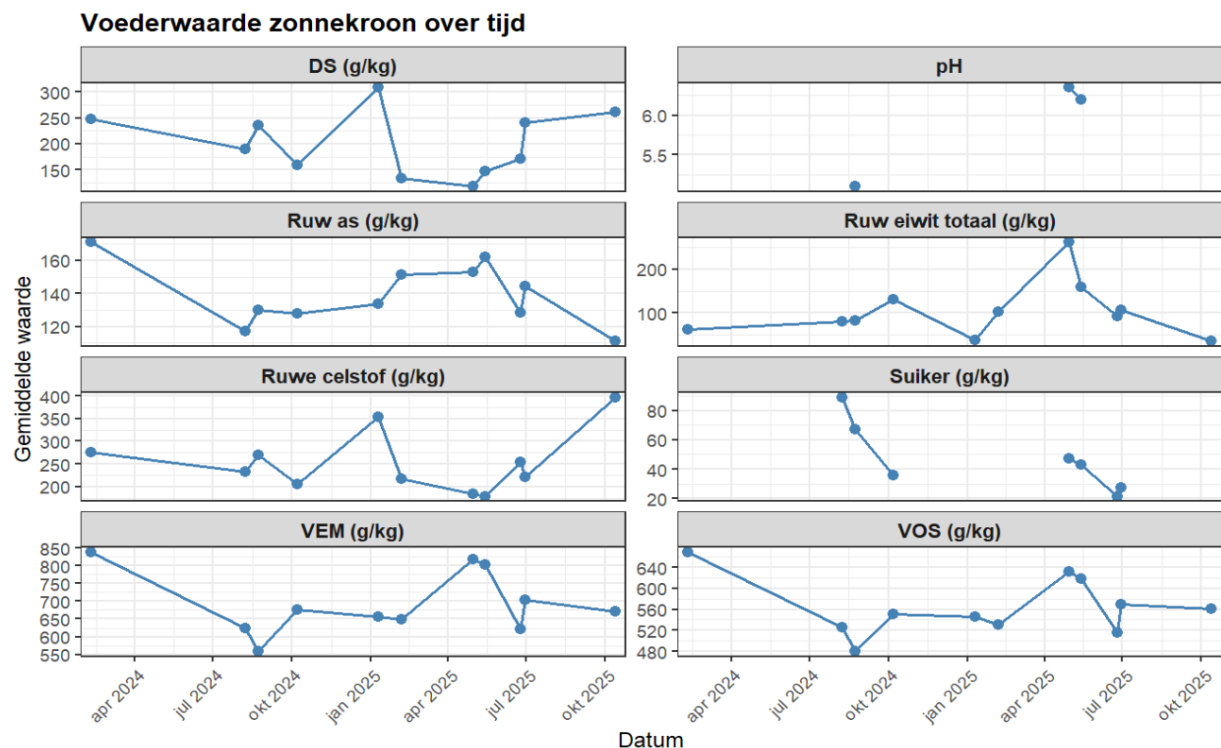
In jaar 2 na zaaien (2024) was zonnekroon gemiddeld 160 cm hoog. In jaar 3 (2025) had zonnekroon een lengte van gemiddeld 230 cm bereikt (figuur 6a). In de lineaire groeifase (15-05-2024 -> 07-08-2024; 30-04-2025 -> 21-07-2025) was de groeisnelheid hoger in 2025 (2,53 cm/dag) dan in 2024 (1,54 cm/dag). In zowel 2024 als 2025 begon de SPAD-waarde relatief hoog begin van het seizoen, maar naarmate het gewas groeide, daalde de SPAD-waarde (figuur 6b).



Figuur 6a en 6b: gewaslengte (links) en SPAD (rechts) van zonnekroon voor 2024 (donkerblauw) en 2025 (lichtblauw).

3.2.3.3 Voederwaarde

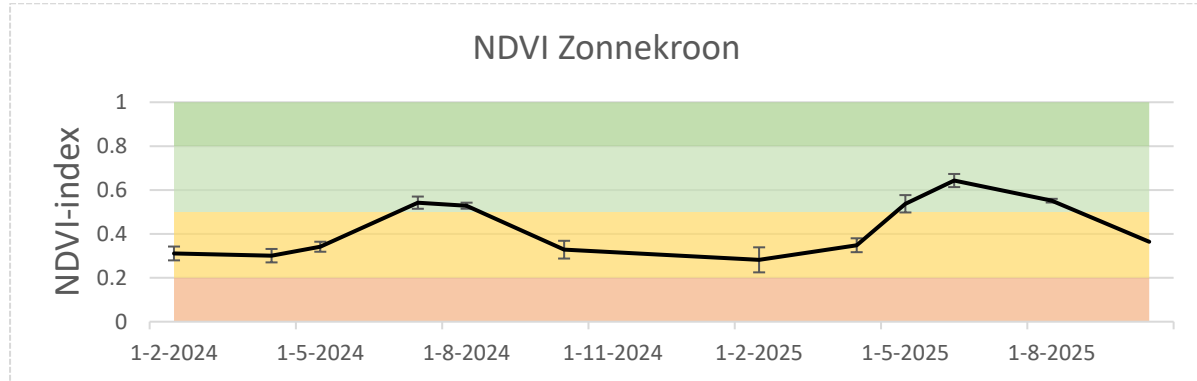
De voederwaarde per parameter schommelt door de jaren heen (figuur 7). De droge stof (DS) schommelt van 118 tot 312 g/kg; pH van 5,1 in augustus 2024 naar 6,3 op 30 april 2025; de ruw as van 107 en 171 g/kg DS; ruw eiwit totaal 29 tot 277 g/kg DS; ruwe celstof 177 tot 398 g/kg DS; suikers van 16 tot 89 g/kg DS; voedingseenheid melk (VEM) van 559 tot 840 g/kg DS en de verteerbare organische stof (VOS) van 480 tot 669 g/kg DS. Het lijkt erop dat de VEM en VOS het hoogste zijn in het voorjaar (mei 2024 + 2025). Ook het ruw eiwit totaal was het hoogste in mei 2025.



Figuur 7: voederwaarde zonnekroon gemeten op 11 momenten gedurende twee groeiseizoenen (2024 + 2025).

3.2.3.4 NDVI-index

Zonnekroon laat seizoen variatie zien, het komt in het voorjaar op en bereikt rond juli zijn hoogtepunt qua “groenheid” en grondbedekking. Zonnekroon komt daarna in de bloeifase en sterft dan langzaam af (figuur 8). Voor beide jaren is in juli de hoogste NDVI gemeten. De NDVI waardes lijken hoger te zijn in 2025 dan in 2024. Zie Bijlage III – Zonnekroon voor twee NDVI kaarten in de groeiseizoen van 2025.



Figuur 8: NDVI-waarden van het zonnekroonperceel nabij Brantgum.

3.2.4 Marktkansen

In Duitsland wordt zonnekroon al op relatief grote schaal geteeld, met een areaal van ongeveer 10.000 hectare. Dit gebeurt vooral voor biogasproductie in monovergisters, dit zijn installaties die uitsluitend één gewas vergisten. Na de vergisting kunnen de vezels uit de digestaat worden gehaald en verder verwerkt. In Duitsland worden deze vezels bijvoorbeeld gebruikt voor kartonachtige verpakkingsmaterialen, zoals eierdozen of trays voor bio-kresse bij Lidl en Kaufland.

In Nederland blijft de teelt nog beperkt tot maximaal een paar honderd hectare. Uit interviews met landbouwcoöperaties (Agrifirm en LTO-Noord) en bedrijven die zich bezighouden met biovergisters (Platform Groen Ga en Bio Energie Coevorden) komt naar voren dat zonnekroon potentie heeft. Het gewas is interessant preekt aan door zijn hoge biomassa-opbrengst (~18.000 kg droge stof per hectare), circa 600 liter biogas per kg droge stof (ongeveer 10–12 miljoen liter biogas per hectare met ~53% methaan), meerjarige karakter (10–15 jaar of langer), lage inputbehoefte ((nog) geen gewasbescherming, minimale arbeid), diepe wortels voor bodemverbetering, CO₂-opslag en ondersteuning van biodiversiteit (familierijkdom en geobserveerde aantallen).

In de biobased sector is zonnekroon minder bekend, maar de vezelstructuur en de verwerking na vergisting maken het een veelbelovende grondstof voor In de bouwsector stijgt de vraag naar duurzame alternatieven voor energie-intensieve materialen zoals glas- en steenwol, door strengere milieueisen en de wens om de ecologische voetafdruk te verkleinen (RVO, 2025). Bedrijven als Isolatiehandel Van den Berg en ISO22 zijn actief met biobased isolatiematerialen (hennep, vlas) en onderzoeken continu innovaties, zoals prefab elementen of gerecyclede opties. Zonnekroonvezels nog niet, maar zien wel kansen, mits het materiaal technisch haalbaar is (isolatiewaarde, brandvertraging), gebruiksvriendelijk in de bouw en economisch concurrerend. Toegankelijkheid van technische kennis speelt hierbij een grote rol.

Ook in substraat en potgrond liggen kansen voor zonnekroonvezels, mede door de versnelde afbouw van veen als grondstof. Hiervoor zijn duurzame alternatieven nodig. Vezels van zonnekroon na vergisting blijken stabiel, langzaam afbreekbaar en beschikken over goede vocht- en luchtvasthoudende eigenschappen, wat ze geschikt maakt als component in potgrondmengsels.

Uit interviews met potgrondproducenten blijkt dat er interesse is in deze toepassing. Zo werkt Kekkila al samen met vergister AEN om vezels na vergisting te benutten, wat het bedrijf een sterke concurrentiepositie geeft. Daarnaast ontvangen zij Europese subsidie voor verdere productontwikkeling. Ook Culvita onderzoekt bio-vezels zoals kokosvezel, miscanthus en groentecompost als veenvervangers en toont interesse in zonnekroon als mogelijke toevoeging, al is er nog geen praktijkervaring met dit gewas. De kwaliteit en uniformiteit van de vezels blijven daarbij belangrijke aandachtspunten.

3.3 Koolzaad

3.3.1 Achtergrond en teeltkenmerken (op basis van literatuur)

Koolzaad (*Brassica napus*), afkomstig uit Azië en Europa, is een eenjarige (of tweejarige) plantensoort uit de familie van de kruisbloemigen (Brassicaceae) en het geslacht Brassica (figuur 9). De plant kan een hoogte bereiken tot circa 150 centimeter en kenmerkt zich door rechtopstaande, holle stengels die zich naar boven vertakken.



Figuur 9: koolzaad (foto: Binne-Louw Katsma)

De bloei vindt plaats tussen april en augustus. De gele bloemen staan met 20 tot 40 bijeen in een tros (raceme). Deze bloeiwijzen vormen zich op zowel de hoofd- als de zijtakken. De bloei begint onderaan de tros, waarna zich hogerop steeds nieuwe knoppen ontwikkelen boven de reeds geopende bloemen (Raboanatahiry, 2021).

Koolzaad beschikt over een relatief diep wortelstelsel dat tot ongeveer 1,5–2 meter in de bodem kan doordringen. Hierdoor is het gewas goed bestand tegen droogteperiodes, doordat het vocht en nutriënten uit diepere bodemlagen kan benutten (Wang, 2017). Koolzaad groeit van nature op goed doorlatende, vruchtbare bodems en kan korte periodes van wateroverlast verdragen, hoewel langdurige overstroming schadelijk is voor de plant (Combs-Giroir, 2024).

De optimale groeitemperatuur ligt rond de 18–20 °C, waarbij voldoende zonlicht essentieel is voor optimale groei, bloei en biomassaopbrengst (Wang, 2017). Afhankelijk van het ras en de bodemgesteldheid kan koolzaad temperaturen tot circa -15 °C verdragen. Hoewel het gewas over het algemeen als relatief robuust wordt beschouwd, is het – net als andere koolsoorten – gevoelig voor specifieke ziekten en plagen. De belangrijkste ziekten zijn schimmelinfecties zoals zwartsikkelrot (*Sclerotinia sclerotiorum*) en Alternaria-bladvlekken (*Alternaria* spp.), die met name optreden onder vochtige omstandigheden (Raboanatahiry, 2021).

3.3.2 Bodem

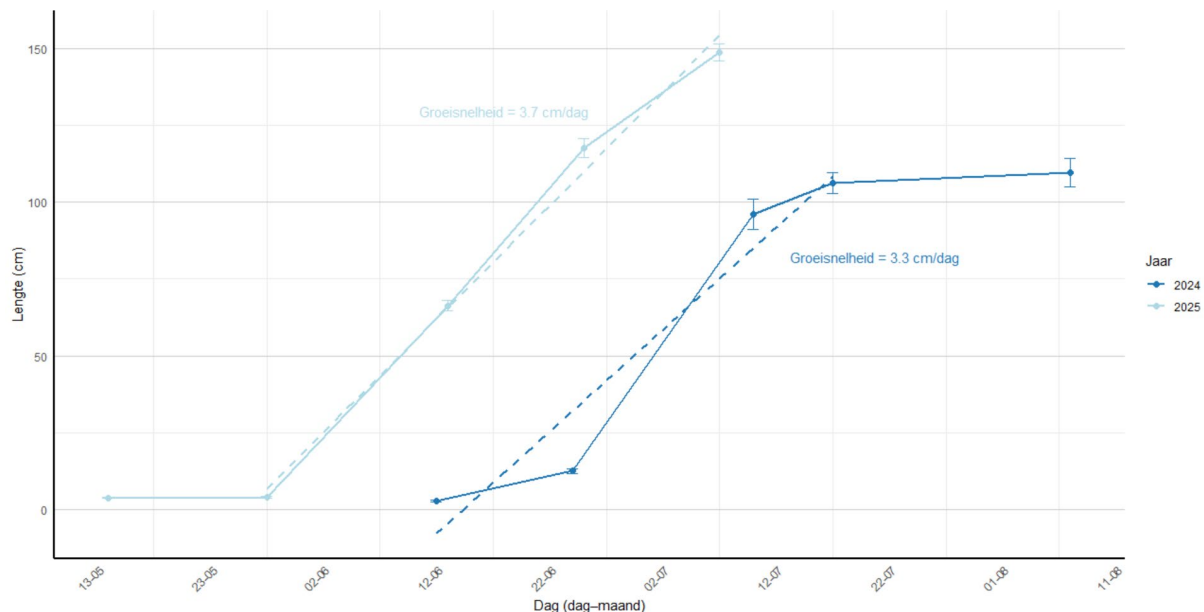
De gesteldheid van de bodem van de koolzaadpercelen lijkt over het algemeen hoger in 2025 dan in 2024 (tabel 2). De N, P, K, CEC, OS% en microbiële biomassa waren allemaal hoger op het perceel van 2025. De pH was hetzelfde. In 2025 werd koolzaad op een zware kleigrond (32%) geteeld terwijl in 2024 dit een zavel grond was (16% klei). Ook had het perceel in 2025 een lagere bulkdichtheid (g/kg) dan in 2024, 1259 en 1454 g/kg respectievelijk.

Tabel 2: bodemparameters koolzaad percelen 2024 en 2025.

	Chemisch						Fysisch				Biologisch
Jaar	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	pH	CEC (mmol+ / kg)	OS (%)	Klei (%)	Silt (%)	Zand (%)	Bulk- dichtheid (kg/m³)	Microbiële biomassa (mg C/kg)
2024	5420	810	695	7.1	153	2.7	16	39	41	1454	289
2025	9250	1225	1610	7.1	309	6.4	32	48	11	1259	709

3.3.3 Plant

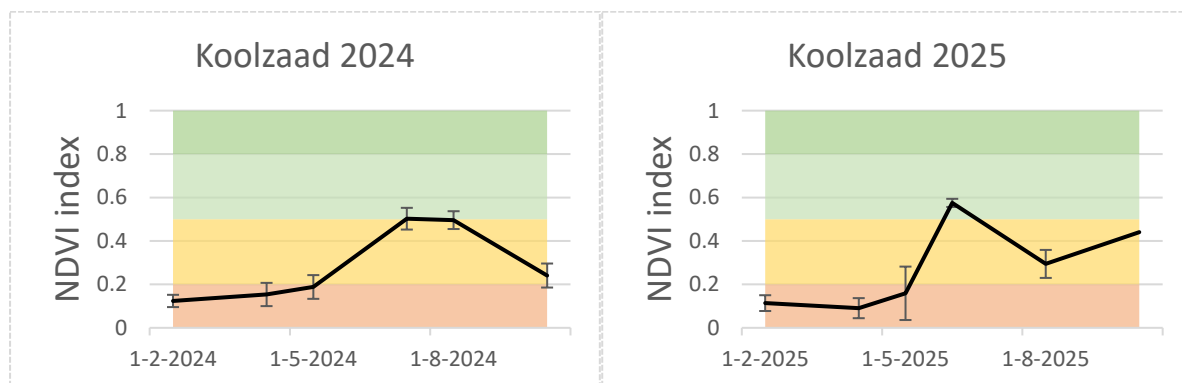
De gemiddelde groeisnelheid, in de lineaire groeifase, was hoger in 2025 (3,7 cm/dag) dan in 2024 (3,3 cm/dag) (figuur 10). Op de hoogste punt waren de gewassen hoger in 2025 (148,7 cm) dan in 2024 (109,7 cm). De opbrengst was ook hoger in 2025 (3,7 ton/ha) dan in 2024 (2,5 ton/ha).



Figuur 10: lichtblauw is het jaar 2025 en donkerblauw 2024. stippellijn is lineaire groei met berekende groeisnelheid.

3.3.4 NDVI

Koolzaad kwam in 2024 langzamer op dan in 2025. Op 20 juli 2024 had de koolzaad de hoogste gewasbedekking terwijl in 2025 die 30 juni was.



Figuur 11: NDVI-waarden van de twee percelen waar in 2024 en 2025 koolzaad.

3.3.5 Marktkansen

De huidige markt voor koolzaad in Nederland richt zich voornamelijk op de productie van olie voor humane consumptie. Vroeger werd koolzaad in Nederland op veel grotere schaal geteeld, met name voor biodieselpductie (eerste generatie biobrandstof), maar door veranderende EU-beleid, lagere biodieselplichtingen en concurrentie van importen is het areaal sterk afgenomen. Tegenwoordig zijn coöperaties zoals Colzaco (Coöperatieve Koolzaadvereniging Oost-Nederland) actief in het stimuleren van de teelt en verwerking van koolzaad. Winterkoolzaad, gezaaid in augustus-september, heeft een opbrengstpotentieel van circa 5 ton per hectare. Zomerkoolzaad, gezaaid in maart-april, levert doorgaans ongeveer 3 ton/ha op (Colzaco, 2024; Nieuwe Oogst, 2025).

De agrariër krijgt ongeveer tussen €0,45 per kg, wat bij gemiddelde opbrengsten leidt van €1.350 (zomerkoolzaad) tot €2.250 (winterkoolzaad) per hectare, inclusief mogelijke subsidies van de GLB.

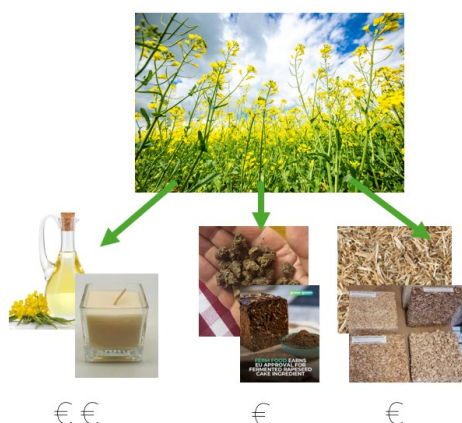
Van de geperste koolzaadolie kan naast voedselgebruik ook kaarsen worden gemaakt. Hiervoor is een hydrogenatiestap nodig om de vloeibare olie om te zetten in vaste was. Dit biedt een interessant extra verdienmodel, vooral op lokale schaal. In Leeuwarden bestaat al een kaarswinkel die met succes kaarsen produceert van koolzaadwas. De was die zij gebruiken komt voornamelijk uit Frankrijk, waar koolzaad op grote schaal wordt geteeld.

Naast de olie blijft perskoek (ook wel koolzaadkoek genoemd) over als eiwitrijk restproduct na het persen. Traditioneel wordt dit afgevoerd of verkocht als veevoer. Dankzij recente ontwikkelingen en EU-goedkeuring (april 2025) kan gefermenteerde koolzaadkoek nu als novel food-ingrediënt worden gebruikt voor humane consumptie. De Deense producent FERM FOOD heeft deze goedkeuring verkregen, waardoor gefermenteerde koolzaadkoek bitterstoffen zoals glucosinolaten worden geneutraliseerd en het product geschikt wordt voor voedingsmiddelen. Het bedrijf past de koek al toe in producten zoals brood (bijv. roggebrood met 7% gefermenteerde koek voor extra eiwit en langere vershoudbaarheid zonder conserveermiddelen), maar ook in o.a. cakes en vegaworsten.

Verder is er interesse voor het gebruik van koolzaadstrovezels als isolatiemateriaal in de bouwsector. In de praktijk wordt koolzaadstro vaak afgevoerd of verkocht aan veehouders (bijv. als strooisel voor schapen). Koolzaadstro wordt ook soms achtergelaten op het veld omdat het niet waard is om het te verkopen, een voordeel hiervan is het voeden van de bodem. Door het stro te valoriseren tot isolatie (bijv. in platen of losvezel), kan de koolzaadplant volledig worden benut: olie voor voedsel/kaarsen, perskoek voor humane voeding en stro voor bouwmaterialen.

Ook uit interviews bleek dat er een positieve samenwerking bleek te zijn tussen de teler en lokale imker. De imker had voor een week zijn bijenkasten aangrenzend aan de koolzaadperceel gezet. Dit levert ook een klein beetje extra op voor de teler, en de imker krijgt dan koolzaadhoning. Wat die dan weer kan verkopen.

Deze vernieuwde inzichten van het verwerken van koolzaad biedt kansen in de regio om lokaal verdienmodellen te creëren waardoor de koolzaadplant volledig benut wordt (figuur 12). Door het valoriseren van het gewas ontstaat er economische en ecologische meerwaarde.



Figuur 12: nieuw verdienmodel voor koolzaad.

3.4 Veldbonen en erwten

3.4.1 Achtergrond en teeltkenmerken (op basis van literatuur)

3.4.1.1 Veldbonen

De veldboon (*Vicia faba*) is een eenjarige plantensoort uit de vlinderbloemenfamilie (Fabaceae) (figuur 13). De soort komt van oorsprong uit het Middellands Zeegebied en wordt in Europa voornamelijk geteeld voor de veevoer industrie en behoort tot de belangrijkste eiwitgewassen binnen gematigde klimaatzones (Crepon 2010; Wageningen 2023). Daarnaast vormt de plant wortelknolletjes in symbiose met stikstofbindende bacteriën (*Rhizobium leguminosarum*), waardoor het gewas stikstof kan fixeren uit de lucht. Dit vermindert de behoefte aan kunstmest en draagt bij aan een betere stikstofbalans in de bodem (Bram van Laarhoven, 2023). De plant kan een hoogte bereiken van 75 tot 200 centimeter en heeft een rechtopstaande, stevige stengel met vier tot zes ribben. De bladeren zijn oneven geveerd en bestaan uit ovale blaadjes met een blauwgroene kleur (FAO, 2016). De bloemen zijn wit/paars met een kenmerkende donkere vlek op de vleugel, en verschijnen in trossen in de bladoksels. De peulen rijpen in de zomer en bevatten gemiddeld drie tot vijf zaden per peul. Veldboon maakt een penwortel die tot ongeveer een meter diep in de bodem kan doordringen (Jensen, 2010). De plant heeft een voorkeur voor een open, zonnig perceel en een goed doorlatende, vruchtbare bodem met een hoog organisch stofgehalte. Het is een gewas dat enigszins bestand is tegen lage temperaturen en heeft een optimale groeitemperatuur tussen 18 °C en 22 °C (Hide Omae, 2005). Hogere temperaturen boven 28 °C en de daarmee gepaarde droogte tijdens de bloei kunnen leiden tot verminderde vruchtzetting en lagere opbrengsten. De veldboon is gevoelig voor verschillende schimmelziekten en insectenplagen, vooral onder vochtige en warme omstandigheden. De meest voorkomende schimmelziekten in Noordwest-Europa zijn chocoladevlekkenziekte (*Botrytis fabae*), roest (*Uromyces viciae-fabae*) en meeldauw (*Erysiphe pisi*) (Jensen, 2010).



Figuur 13: veldbonen (foto: Binne-Louw Katsma)

3.4.1.2 Erwten

De erwt (*Pisum sativum*) is een eenjarige plantensoort uit de vlinderbloemenfamilie (Fabaceae) en behoort tot het geslacht pisum (figuur 14). De soort komt van oorsprong uit het Middellands Zeegebied/West-Azië, maar wordt tegenwoordig in heel Europa geteeld (FAO, 2016). Erwt wordt voornamelijk verbouwd voor de zaden, die rijk zijn aan eiwitten en koolhydraten en een belangrijke rol spelen binnen zowel de humane als de dierlijke voedingsketen (Crépon, 2010). De plant heeft een rechtopstaande stengels en bereikt, afhankelijk van het ras, een hoogte van 50 tot 100 centimeter (klimmende rassen kunnen hoger worden). De stengel is hol en voorzien van meerdere knopen waaraan samengestelde bladeren zijn geplaatst (FAO, 2016). De bloemen van de erwt zijn meestal wit, paars of roze en zijn zelf bestuivend. De vruchten zijn peulen, elke peul bevat meerdere zaden. De plant heeft een voorkeur voor een open, zonnig perceel met een goed doorlatende bodem. Erwten zijn erg gevoelig voor wortelrot, wat voor kan komen bij te vochtige bodems (NRCS, 2012). De ideale groeitemperatuur van de erwt ligt tussen de 13 °C en 18 °C. Wanneer temperaturen oplopen tot 25 °C en hoger dan kan dat leiden tot een verminderde vruchtzetting en lagere opbrengsten.



Figuur 14: erwten (foto: Binne-Louw Katsma)

Omtrent kou kunnen erwten koude weersomstandigheden verdragen (tot korte vorst tot -5°C) (Afek, 2003). De zaaiperiode ligt doorgaans tussen eind februari en begin april, afhankelijk van de teeltomstandigheden. Bij gunstige omstandigheden kiemt erwt binnen 8 tot 12 dagen. In de beginfase ontwikkelt de plant wortelknolletjes in symbiose met stikstofbindende bacteriën (*Rhizobium leguminosarum*), waardoor het gewas stikstof kan fixeren uit de lucht. Dit vermindert de behoefte aan kunstmest en draagt bij aan een betere stikstofbalans in de bodem (Bram van Laarhoven, 2023). De bloei begint 5 tot 7 weken na opkomst en duurt zo'n 3 weken (FAO, 2016). Per bloemtros worden twee tot vijf bloemen gevormd, waarvan 20–30% zich ontwikkelt tot peulen en bevatten gemiddeld vier tot negen zaden per peul, afhankelijk van ras, bodemvocht en stikstofbeschikbaarheid (Crépon, 2010).

3.4.2 Bodem

De gesteldheid van de bodem van de veldbonen en erwten percelen lijkt over het algemeen hoger in 2023 en 2025 dan in 2024 (tabel 3). Vooral als er gekeken wordt naar hoeveelheid klei en de organische stof gehalte. De N, P, K en microbiële biomassa was ook hoger in 2023 en 2025 dan in 2024. De bulkdichtheid was lager voor de percelen uit 2023 en 2025. De pF curve (Bijlage III – Veldbonen & Erwten) lijkt te laten zien dat de vocht beter vast kan worden gehouden op het perceel van 2025 dan van 2024.

In 2024 werd ook naar het effect van bemesting gekeken. Zo is er in het voorjaar en najaar bemonsterd. Er zijn wel wat verschillen tussen de geen, lage en hoge bemesting behandelingen maar lastig om iets concreets te zeggen. De stikstof is voor alle behandelingen gedaald, de fosfaat, kalium en CEC gehalte in de bodem zijn gestegen, zelfs met geen bemesting.

Tabel 3: chemische, fysische en biologische eigenschappen (geanalyseerd door Eurofins) van de drie veldbonen en erwten percelen (2023, 2024 en 2025). In 2024 zijn er extra bodemmonsters genomen om te kijken naar effect van bemesting op bodemgesteldheid.

Jaar	Bemesting	Chemisch					Fysisch					Biologisch
		N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	pH	CEC (mmol+/kg)	OS (%)	Klei (%)	Silt (%)	Zand (%)	Bulkdichtheid (kg/m³)	Microbiële biomassa (mg C/kg)
2023		4900	895	660	7.4	161	2.2	18	41	37	1463	238
2024	Voor	3600	735	300	7.3	84	1.6	8	27	62	1533	169
	Geen	3420	880	340	7.2	98	1.9	8	25	62	1519	200
	Laag	2920	840	405	7.2	89	1.5	9	25	63	1536	164
	Hoog	3370	785	465	7.1	95	1.5	10	29	59	1534	148
2025		4330	690	615	6.5	133	2.1	17	37	44	1467	313

3.4.3 Veldbonen

3.4.3.1 2024

De plantlengte van veldbonen werd significant beïnvloed door zowel ras ($F_{3,268} = 6,29$; $p < 0,001$) als bemesting ($F_{2,268} = 10,72$; $p < 0,001$). De interactie tussen ras en bemesting was niet significant ($F_{6,268} = 0,21$; $p = 0,97$), wat aangeeft dat de rassen vergelijkbaar reageerden op de verschillende bemestingsniveaus.

Gemiddeld over de bemestingsbehandelingen vertoonde Tiffany ($125,69 \pm 3,65$ cm) een hogere plantenlengte dan Banquise ($103,53 \pm 4,50$ cm) en Victus ($113,22 \pm 3,90$ cm) ($p < 0,05$ en $p = 0,02$, respectievelijk) (tabel 4a). Trumpet ($117,00 \pm 3,81$ cm) verschilde niet significant van Tiffany ($p = 0,11$).

Bemesting had eveneens een significant effect op de plantlengte. Planten onder lage ($115,64 \pm 3,70$ cm) en hoge bemesting ($118,93 \pm 3,43$ cm) waren gemiddeld langer dan planten zonder bemesting ($114,87 \pm 3,34$ cm) (beide $p < 0,05$). Tussen lage en hoge bemesting werd geen significant verschil waargenomen (tabel 4b) ($p = 0,41$).

De SPAD van veldbonen werd significant beïnvloed door zowel ras ($F_{3,268} = 17,20$; $p < 0,001$) als bemesting ($F_{2,268} = 4,70$; $p < 0,05$). De interactie tussen ras en bemesting was niet significant ($F_{6,268} = 0,31$; $p = 0,93$), wat aangeeft dat de rassen vergelijkbaar reageerden op de verschillende bemestingsniveaus.

Gemiddeld over de bemestingniveaus had Trumpet de hoogste SPAD-waarde ($40,52 \pm 0,61$) ook al verschilde de SPAD waarde niet met die van Banquise ($39,66 \pm 0,99$) ($p = 1,00$), terwijl Victus de laagste SPAD-waarde had ($34,77 \pm 0,58$) ($p < 0,05$). Banquise ($39,66 \pm 0,99$) en Tiffany ($37,53 \pm 0,55$) verschilde niet significant van elkaar ($p = 0,17$).

Wat betreft bemesting resulteerde lage bemesting in een hogere SPAD-waarden ($39,35 \pm 0,59$) dan de hoge bemesting ($36,72 \pm 0,57$) ($p < 0,05$). De veldboonrassen hadden bij geen bemesting een gemiddelde SPAD-waarde van $37,47 \pm 0,49$.

Tabel 4a en tabel 4b: de lengte en SPAD waarde van verschillende veldboonrassen met diverse bemestingsbehandelingen (letters impliceren significantie $p < 0,05$).

Ras	Lengte (cm)	SPAD	Bemesting	Lengte (cm)	SPAD
Banquise	$103,53 \pm 4,50$ a	$39,66 \pm 0,99$ bc	Geen	$114,87 \pm 3,34$ a	$37,47 \pm 0,49$ ab
Tiffany	$125,69 \pm 3,65$ b	$37,53 \pm 0,55$ b	Laag	$115,64 \pm 3,70$ b	$39,35 \pm 0,59$ b
Trumpet	$117,00 \pm 3,81$ ab	$40,52 \pm 0,61$ c	Hoog	$118,93 \pm 3,43$ b	$36,72 \pm 0,57$ a
Victus	$113,22 \pm 3,90$ a	$34,77 \pm 0,58$ a			

3.4.3.2 2025

De plantlengte van veldbonen werd significant beïnvloed door bemesting ($F_{2,282} = 3,14$; $p = 0,04$). Rassen ($F_{3,282} = 1,82$; $p = 0,14$) en de interactie tussen ras en bemesting was niet significant ($F_{6,282} = 0,12$; $p = 0,99$). De gemiddelde lengte varieerde van $113,70 \pm 3,25$ cm bij Tiffany tot $122,67 \pm 3,16$ cm bij Cartouche (tabel 5a).

Veldbonen zonder bemesting waren gemiddeld kleiner ($113,62 \pm 2,51$ cm) dan veldbonen onder hoge bemesting ($121,86 \pm 2,66$ cm) ($p < 0,05$). Planten met een lage bemesting ($118,86 \pm 2,56$ cm) waren niet significant verschillend tussen veldbonen die niet of hoog bemest waren ($p = 0,49$ en $p = 0,45$; respectievelijk) (tabel 5b).

Tabel 5a en tabel 5b: linker tabel geeft de lengte van verschillende veldboon rassen weer ongeacht de bemesting. Rechter tabel geeft het effect van bemesting, ongeacht het ras, op veldbonen lengte. Letters impliceren significante verschillen.

<i>Ras</i>	<i>Lengte (cm)</i>	<i>Bemesting</i>	<i>Lengte (cm)</i>
<i>Cartouche</i>	122,67 ± 3,16	<i>Geen</i>	113,62 ± 2,51 a
<i>Tiffany</i>	113,70 ± 3,25	<i>Laag</i>	118,86 ± 2,56 ab
<i>Tundra</i>	114,27 ± 2,67	<i>Hoog</i>	121,86 ± 2,66 b
<i>Victus</i>	120,82 ± 2,76		

Voor de SPAD-waarden werden geen significante effecten gevonden van ras ($F_{3,282} = 2,51$; $p = 0,06$), bemesting ($F_{2,282} = 1,73$; $p = 0,18$) of hun interactie ($F_{6,282} = 0,52$; $p = 0,81$).

Hoewel Cartouche gemiddeld de hoogste SPAD-waarde vertoonde ($44,83 \pm 1,03$) en Tundra de laagste ($40,03 \pm 1,15$), waren deze verschillen niet statistisch significant (Tabel 6a). Ook tussen de bemestingsniveaus werden geen significante verschillen waargenomen, met vergelijkbare SPAD-waarden voor geen bemesting ($42,26 \pm 0,89$), lage bemesting ($40,86 \pm 0,92$) en hoge bemesting ($42,87 \pm 0,91$) (Tabel 6b).

Tabel 6a en Tabel 6b: linker tabel geeft de SPAD-waarde van verschillende veldboon rassen weer ongeacht de bemesting. Rechter tabel geeft de effect van bemesting, ongeacht de ras, op veldbonen lengte.

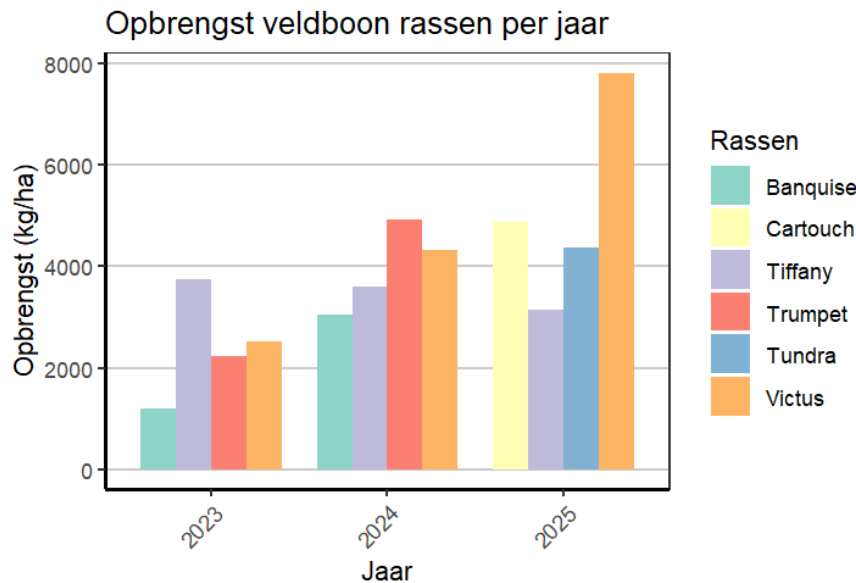
<i>Ras</i>	<i>SPAD</i>	<i>Bemesting</i>	<i>SPAD</i>
<i>Cartouche</i>	44,83 ± 1,03	<i>Geen</i>	42,26 ± 0,89
<i>Tiffany</i>	41,51 ± 0,94	<i>Laag</i>	40,86 ± 0,92
<i>Tundra</i>	40,03 ± 1,15	<i>Hoog</i>	42,87 ± 0,91
<i>Victus</i>	41,44 ± 0,92		

3.4.3.3 Actieve knolletjes

De hoeveelheid actieve wortelknolletjes werd niet significant beïnvloed door ras ($F(3,24) = 0,20$; $p = 0,897$), en bemesting ($F(2,24) = 1,17$; $p = 0,326$). Ook de interactie tussen ras en bemesting was niet significant ($F(6,24) = 0,53$; $p = 0,782$). De gemiddelde hoeveelheid actieve wortelknolletjes bedroeg $68,90 \pm 3,13$ % (Bijlage III – Veldbonen en Erwtten).

3.4.3.4 Opbrengst (2023 – 2025)

Het lijkt erop dat Banquise in 2023 en 2024 het laagste gewicht heeft (figuur 15). Tiffany had in 2023 het hoogste opbrengst maar in 2025 het laagste. Toch fluctueert de opbrengst van Tiffany niet veel (laagste opbrengst van 3155 kg/ha in 2025 en hoogste opbrengst in 2023 met 3753 kg/ha). De opbrengst van Victus is omhoog gegaan. In 2023 was de opbrengst van Victus 2533 kg/ha en in 2025 was dit 7815 kg/ha.



Figuur 15: veldboonrassen opbrengst (gemiddeld voor de verschillende bemestingen) voor de verschillende jaren in kg/ha. Oogst was op één moment en door de oogstmachine gewogen (n =1).

3.4.4 Erwten

3.4.4.1 2024

Beide erwten rassen groeide met de tijd (Bijlage III – Veldbonen en erwten). Op drie momenten na bemesting werd de lengte en SPAD gemeten. Dik Trom werd hoger dan Tiberius, ongeacht de bemesting (tabel x). De plantlengte werd significant beïnvloed door het ras ($F_{1,56} = 95,16$; $p < 0,001$), terwijl bemesting ($F_{1,56} = 0,04$; $p = 0,85$) en de interactie tussen ras en bemesting ($F_{1,56} = 0,01$; $p = 0,93$) geen significant effect hadden. Dik Trom was gemiddeld significant langer dan Tiberius, met respectievelijk $78,57 \pm 2,32$ cm en $47,23 \pm 2,14$ cm ($p < 0,001$) (Tabel 7a). Bemesting had geen invloed op de plantlengte; planten zonder bemesting ($63,20 \pm 3,55$ cm) en met lage bemesting ($62,60 \pm 3,78$ cm) verschilden niet significant van elkaar (Tabel 8b).

Voor de SPAD-waarden werd ook alleen een significant verschil van ras vastgesteld ($F_{1,56} = 58,30$; $p < 0,001$), terwijl bemesting ($F_{1,56} = 0,002$; $p = 0,97$) en de interactie tussen ras en bemesting ($F_{1,56} = 0,46$; $p = 0,50$) geen significante invloed hadden. Tiberius liet een significant hogere SPAD-waarde dan Dik Trom, met respectievelijk $49,28 \pm 1,22$ en $39,34 \pm 0,88$ ($p < 0,001$) (Tabel 7a). Tussen de bemestingsniveaus werden geen significante verschillen waargenomen; de gemiddelde SPAD-waarden bedroegen $44,09 \pm 1,41$ bij geen bemesting en $44,53 \pm 1,40$ bij lage bemesting (Tabel 8b).

Tabel 7a en Tabel 7b: linker tabel geeft de lengte van verschillende erwten rassen weer ongeacht de bemesting. Rechter tabel geeft de effect van bemesting, ongeacht de ras, op erwten lengte. Letters impliceren significante verschillen.

Ras	Lengte (cm)	SPAD	Bemesting	Lengte (cm)	SPAD
Dik Trom	$78,57 \pm 2,32$ b	$39,34 \pm 0,88$ a	Geen	$63,20 \pm 3,55$	$44,09 \pm 1,41$
Tiberius	$47,23 \pm 2,14$ a	$49,28 \pm 1,22$ b	Laag	$62,60 \pm 3,78$	$44,53 \pm 1,40$

3.4.4.2 2025

De plantlengte werd sterk beïnvloed door het ras ($F_{1,106} = 177,32$; $p < 0,001$), terwijl het effect van bemesting ($F_{2,106} = 2,53$; $p = 0,08$) en de interactie tussen ras en bemesting ($F_{2,106} = 0,09$; $p = 0,92$) niet significant waren. Carrington had gemiddeld een significant grotere plantlengte dan Dik Trom, met respectievelijk $100,58 \pm 4,41$ cm en $47,45 \pm 2,25$ cm (Tabel 9a). Hoewel er geen significant hoofdeffect

van bemesting werd vastgesteld ($p > 0,05$), was er een afnemende trend zichtbaar waarbij planten zonder bemesting gemiddeld langer waren ($76,71 \pm 5,52$ cm) dan planten onder lage ($71,49 \pm 5,85$ cm) en hoge bemesting ($69,95 \pm 5,35$ cm) (Tabel 8a)

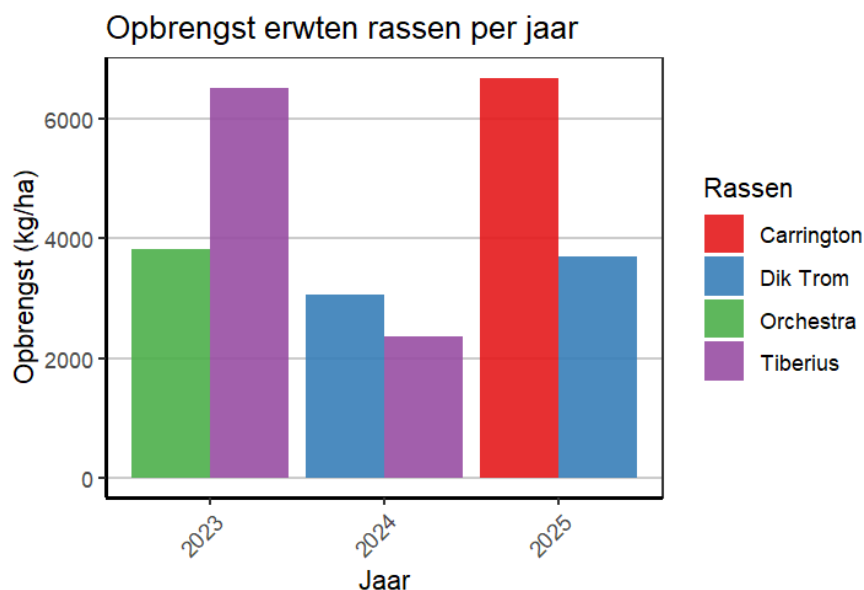
Voor de SPAD-waarden werden geen significante effecten gevonden van ras ($F_{1,106} = 0,001$; $p = 0,97$), bemesting ($F_{2,106} = 1,79$; $p = 0,17$) of hun interactie ($F_{2,106} = 0,05$; $p = 0,95$). De gemiddelde SPAD-waarden waren vergelijkbaar tussen de rassen, met $43,25 \pm 0,71$ voor Carrington en $43,21 \pm 1,08$ voor Dik Trom (Tabel 9a). Ook tussen de bemestingsniveaus werden geen significante verschillen waargenomen; de SPAD-waarden bedroegen $45,07 \pm 1,06$ bij geen bemesting, $42,19 \pm 1,25$ bij lage bemesting en $42,60 \pm 1,06$ bij hoge bemesting (Tabel 8b).

Tabel 8a en 8b: linker tabel geeft de lengte en SPAD-waarde weer van verschillende erwten rassen ongeacht de bemesting. Rechter tabel geeft de effect van bemesting, ongeacht de ras, op veldbonen lengte en SPAD-waarde.

Ras	Lengte (cm)	SPAD	Bemesting	Lengte (cm)	SPAD
Carrington	$100,58 \pm 4,41$ b	$43,25 \pm 0,71$	Geen	$76,71 \pm 5,52$	$45,07 \pm 1,06$
Dik Trom	$47,45 \pm 2,25$ a	$43,21 \pm 1,08$	Laag	$71,49 \pm 5,85$	$42,19 \pm 1,25$
			Hoog	$69,95 \pm 5,35$	$42,60 \pm 1,06$

3.4.5 Opbrengst (2023 – 2025)

De oogst werd gemeten door de oogstmachine, er is dus maar van één moment data en is ook niet in herhalingen gedaan (figuur 16). Het lijkt erop dat in 2023 Orchestra (3825 kg/ha) een lagere opbrengst had dan Tiberius (6506 kg/ha). In 2024 had Tiberius (2353 kg/ha) een lagere opbrengst dan Dik trom (3057 kg/ha). In 2025 had Dik Trom (3698 kg/ha) een lagere opbrengst dan Carrington (6684 kg/ha).

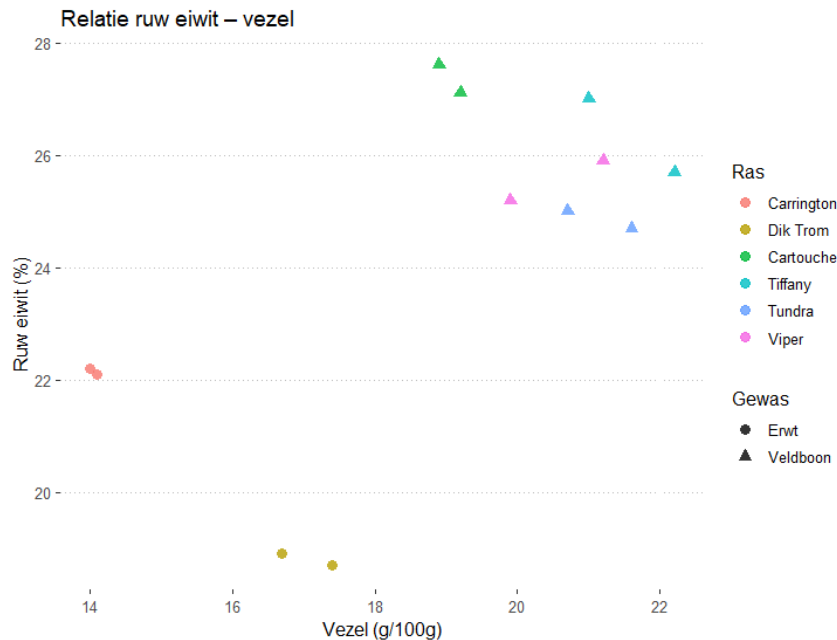


Figuur 16: erwten rassen opbrengst (gemiddeld voor de verschillende bemestingen) voor de verschillende jaren in kg/ha. Oogst was op één moment en door de oogstmachine gewogen ($n = 1$)

3.4.6 Nutricontrol

De ruw eiwit gehalte was hoger voor de veldbonen dan de erwten (figuur 17). Hoogste eiwitgehalte werd behaald door Cartouche (27,1 % en 27,6 %), gevolgd door Tiffany (25,7 % en 27,0 %), Viper (25,2 % en 25,9%) en daarna Tundra (25,0 % en 24,7 %), geen en hoog bemesting respectievelijk. Voor de vezelgehalte had Tiffany het hoogste (22,2 en 21,0 g/100g), Tundra (20,7 en 21,6 g/100g), Viper (19,9 en 21,2 g/100g) en daarna Cartouche (19,2 en 18,9 g/100g), geen en hoog bemesting respectievelijk.

Voor de erwten was het ruwe eiwitgehalte hoger bij het ras Carrington dan bij Dik Trom (figuur 17). Het hoogste eiwitgehalte werd behaald door Carrington (22,2 en 22,1 %), gevolgd door Dik Trom (18,9 % en 18,7 %), voor respectievelijk geen en hoge bemesting. Voor het vezelgehalte scoorde Dik Trom het hoogst (16,7 en 17,4 g/100 g), gevolgd door Carrington (14,0 en 14,1 g/100 g), bij geen en hoge bemesting respectievelijk.



Figuur 17: ruw eiwit (%) vs vezel (g/100g) van diverse veldbonen en erwten rassen geteeld in 2025

De principal component analyse (PCA) van het nutriëntenprofiel toont een scheiding tussen veldbonen en erwten langs de eerste hoofdass (Dim1, 72,5 % verklaarde variantie) (Bijlage III – Veldbonen en Erwten). Veldbonenrassen (Cartouche, Tiffany, Tundra en Viper) scoren consistent positief op Dim1 en worden gekenmerkt door hogere gehalten aan ruw eiwit, voedingsvezel, fosfor, magnesium, kalium, mangaan, zink en foliumzuur (vitamine B11). Erwtenrassen (Carrington en Dik Trom) liggen daarentegen negatief op Dim1 en worden gedomineerd door hogere energiewaarden (kcal en kJ), koolhydraten (totaal en suikers, waaronder saccharose), ruw vet en vochtgehalte.

Binnen de groepen spelen secundaire verschillen een rol langs Dim2 (15,7 % variantie). Bij de veldbonen springt Tiffany eruit met de hoogste scores op voedingsvezel, magnesium, fosfor en calcium, terwijl Cartouche relatief hoog scoort op eiwit maar lager op vezel. Tundra en Viper liggen iets lager op Dim2, wat wijst op een iets hoger vochtgehalte en minder extreme mineralenconcentraties. Bij de erwten neigt Dik Trom sterker naar vocht en ijzer, terwijl Carrington een iets gebalanceerder profiel toont met meer vezels en suikers. Vitamine B1 en ijzer dragen vooral bij aan de negatieve scores op Dim2 en zijn typerisch voor erwten, terwijl foliumzuur juist sterker geassocieerd is met veldbonen.

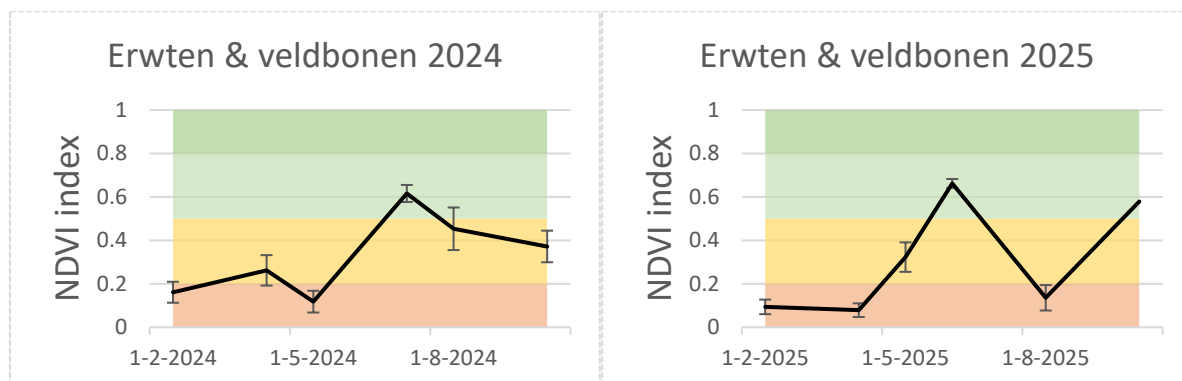
3.4.7 NDVI

Op de kaart van het perceel in 20 juli 2024 is te zien dat de erwten in het noordoostelijke deel van het perceel al eerder beginnen af te rijpen aangezien er een lagere NDVI waarde waar te nemen was (figuur 18). De gemiddelde NDVI van de veldbonen en erwtenperceel lijkt hoger te zijn in 2025 dan in 2024 (figuur 19). Ook is de piek van groenheid een paar weken eerder in 2025 (30-06) dan in 2024 (20-07).

NDVI Kaart Veldbonen & erwten perceel - 20/07/2024



Figuur 18: NDVI-kaart van de twee percelen waar in 2024 de veldbonen en erwten op zijn geteeld nabij Wierum.



Figuur 19: NDVI-waarden van de twee percelen waar in 2024 en 2025 de veldbonen en erwten op zijn geteeld nabij Wierum.

3.4.8 Markt

De afzetmogelijkheden voor veldbonen en erwten werd in eerste instantie geteeld voor humane consumptie maar als dit niet mogelijk was werd het verkocht als veevoer. Voor humane consumptie richten ketenpartijen zich op verwerking tot vleesalternatieven, ingrediënten voor voedingsproducten of eiwitpoeders.

Identificeerde verwerkers omvatten VION-MEAT, dat interesse toont in de productie van rassen met lager bittergehalte en ook een neutralere kleur maar niet meer wil afname vanwege contracten met bestaande leverancier; Eiwitboeren Nederland zijn een collectief die bepaalde eiwitgewassen en rassen afneemt van agrariërs. Ojah en Meatless zijn gespecialiseerd in plantaardige texturaten maar gebonden aan al bestaande contracten met bestaande leveranciers. Greydanus heeft interesse in Dik Trom-erwten voor humane toepassingen.

Hoogland en Agrifirm richten zich meer op veevoer, waar veldbonen en erwten kunnen worden afgezet tegen prijzen rond €0,30/kg. Hoogland benadrukte echter dat ze bereid zijn mee te denken over toekomstige ontwikkelingen in de markt en dat ze mogelijkheden zien als de vraag naar lokaal geteelde eiwitgewassen voor humane consumptie in Nederland groeit.

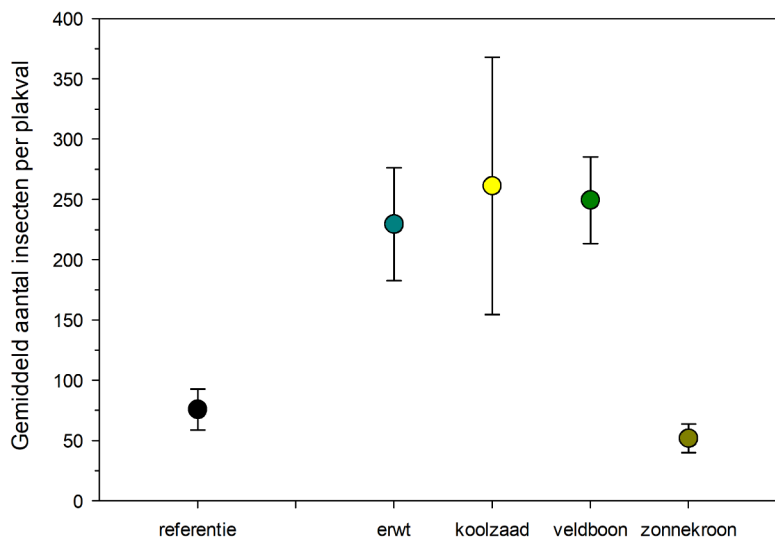
Uit interviews met deze partijen blijkt dat humane afzet uitdagend is door kwaliteitsvereisten (bijv. smaakneutraliteit en eiwitgehalte) en logistieke complexiteit. Voor erwten zijn de mogelijkheden gunstiger: Greydanus en Eiwitboeren bieden directe kanalen, met verkoopprijzen van € 0,80-€1,00/kg. De afzet van veldbonen naar humane consumptie is lastiger, vaak beland veldbonen halen vaak alleen veevoerprijzen € 0,30/kg.

Kosten voor het aanleggen van een perceel veldbonen of erwten liggen rond €1.159-1.331 per ha, met baten hoger voor erwten (€2.299-5.186 per ha) dan veldbonen (€1.194-1.872 per ha).

3.5 Biodiversiteit

In twee jaar tijd (2024 + 2025) zijn in totaal 21.620 arthropoden van drie klassen gevangen: 21.554 insecten (Insecta), 50 spinachtigen (Arachnida) en 16 springstaarten (Collembola). De vangmethode focust op het vangen van vliegende insecten en dit is duidelijk zichtbaar in de resultaten.

Gemiddeld werden er 184,2 insecten per val gevangen. In erwten ($229,5 \pm 46,8$), koolzaad ($261,3 \pm 106,7$) en veldboon ($249,5 \pm 36,0$) werden meer insecten gevangen dan in zonnekroon ($51,9 \pm 11,9$) en in de akkerranden ($75,8 \pm 17,0$) (figuur 20 en Bijlage III - Biodiversiteit).



Figuur 20: Gemiddeld aantal insecten per plakval per gewastype met standaardfout van het gemiddelde (SEM).

De verdeling over insectenordes laat zien dat Tweevleugeligen (Diptera) de meest gevangen orde zijn met gemiddeld 91,5 individuen per val, gevolgd door Vliesvleugeligen (Hymenoptera) met 26,5 individuen per val, Halfvleugeligen (Hemiptera) met 23,5 individuen per val en Tripsen (Thysanoptera) met 16,38 individuen per val.

Op familieniveau domineren bromvliegen (Calliphoridae; 7,4 individuen per val), zweefvliegen (Syrphidae; 4,5 per val) en dwergcicaden (Cicadellidae; 1,9 per val) (Bijlage III – Biodiversiteit). Met name zweefvliegen zijn functioneel belangrijk: volwassen dieren dragen bij aan bestuiving, terwijl de larven van verschillende soorten, net als die van lieveheersbeestjes en gaasvliegen, efficiënt bladluizen en bonenluizen consumeren en daarmee bijdragen aan natuurlijke plaagonderdrukking.

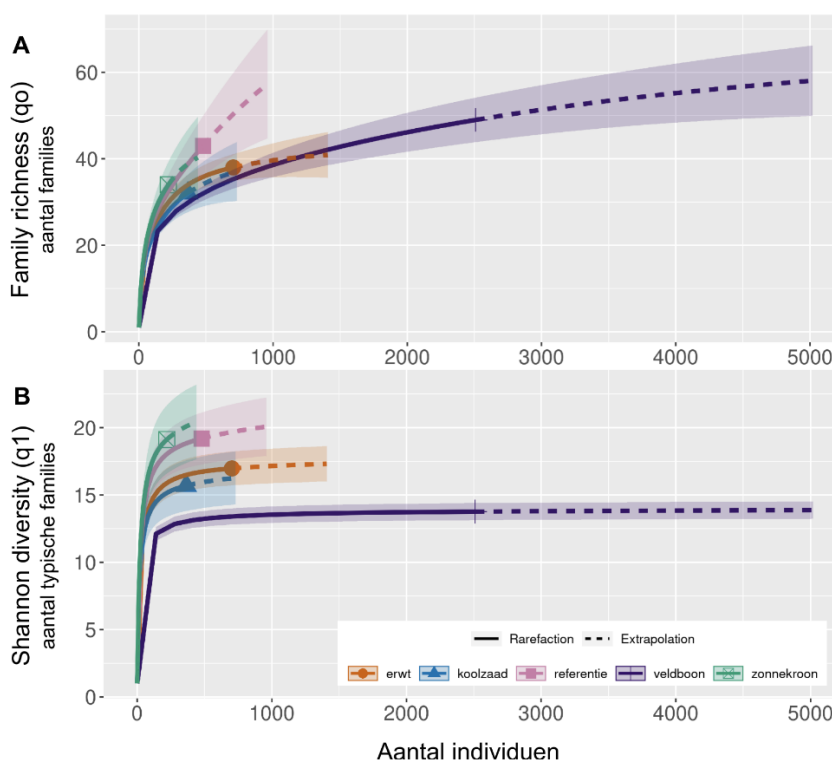
De analyse van de insectengemeenschappen op familieniveau toont verschillen tussen de kansrijke gewassen en de referentie (figuur 21). In totaal zijn 72 verschillende insectenfamilies waargenomen in de gewassen en akkerranden (Bijlage III: Biodiversiteit)

Het waargenomen aantal families (q_0) varieerde van 32 families in koolzaad tot 49 families in veldboon. Zonnekroon telde circa 41 families, gevolgd door de akkerranden met 43 families en erwten met 38 families (figuur 14). De hoogste familierijkdom werd daarmee aangetroffen in veldboon, gevolgd door akkerranden en zonnekroon. Deze patronen laten zien dat zowel peulvruchten als zonnekroon een breed spectrum aan insectenfamilies kunnen ondersteunen. De relatief hoge rijkdom in akkerranden kan deels samenhangen met het feit dat deze bestaan uit meerdere locaties en jaren, wat de kans op het aantreffen van meer families vergroot.

De Shannon-diversiteitsindex (q_1) geeft een ecologisch relevanter beeld omdat deze zowel rekening houdt met het aantal families als met de evenredigheid van hun abundantie. Deze maat weerspiegelt

de gemeenschapsstructuur beter en is minder gevoelig voor bemonsteringsinspanning en zeer zeldzame families. De Shannon-diversiteit was het hoogst in zonnekroon (ca. 20,0) en de akkerranden (19,0), gevolgd door erwt (16,9) en koolzaad (15,6). Veldboon vertoonde de laagste Shannon-diversiteit (13,8). De 95%-betrouwbaarheidsintervallen van veldboon overlappen nauwelijks met die van zonnekroon, erwt en de akkerranden, wat indicatief is voor duidelijke verschillen in gemeenschapsstructuur.

Dit patroon wijkt deels af van de familierijkdom: hoewel in veldboon relatief veel families worden aangetroffen, is de verdeling van individuen over deze families minder evenwichtig. Dit wijst erop dat enkele dominante families een groot deel van de gemeenschap bepalen, terwijl andere families slechts sporadisch voorkomen. In zonnekroon, erwt en de akkerranden is de gemeenschap duidelijk meer gebalanceerd, met een gelijkmatigere verdeling van individuen over de aanwezige families. Dergelijke gemeenschappen worden doorgaans als ecologisch stabiel en veerkrachtiger beschouwd.



Figuur 21: Individu-gebaseerde rarefactiecurven (doorgetrokken lijnen) en extrapolatiecurven (gestreepte lijnen) voor (A) familierijkdom ($q = 0$) en (B) Shannon-diversiteit ($q = 1$) van aantalfamilies in vijf gewastypen (erwt, koolzaad, referentie, veldboon en zonnekroon). De gekleurde vlakken geven de 95%-betrouwbaarheidsintervallen weer. De punten markeren de geobserveerde steekproefgrootte per gewastype. Diversiteit is uitgezet tegen het aantal bemonsterde individuen.

4 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Het project Kansrijke Gewassen onderzocht de teelt, groei, ontwikkeling, bodemimpact, voederwaarde, NDVI en biodiversiteit van vier gewassen (zonnekroon, koolzaad, veldbonen en erwten) over de jaren 2023–2025 in Noordoost-Fryslân. De twee contrasterende groeiseizoenen (2024: nat en later zaaien; 2025: droog en vroeg zaaien) boden een unieke kans om de invloed van weersomstandigheden, bodemgesteldheid en teeltjaar op de prestaties te beoordelen. Daarnaast werd gekeken naar marktpotentieel en praktische toepassingen. De resultaten tonen aan dat elk gewas eigen sterke en zwakke punten heeft, met name rond opbrengststabiliteit, biodiversiteitsbijdrage en afzetbaarheid.

4.1 Zonnekroon

Zonnekroon presteerde beter in het derde groeiseizoen (2025), met een grotere gewashoogte (230 cm ten opzichte van 160 cm in eerdere jaren) en een hogere NDVI-piek. De kieming bleek sterk temperatuur- en vochtafhankelijk, met een optimum rond 15–25 °C in combinatie met voldoende vocht. In de praktijk werd echter een trage en wisselvallige veldopkomst geconstateerd. Daarnaast bleek (biologische) onkruidbestrijding lastig uitvoerbaar, met name in de vestigingsfase (eerste jaar).

De voederwaarde vertoonde sterke seizoenschommelingen, met de hoogste waarden in het voorjaar (mei): ruw eiwit tot 277 g/kg DS, VEM tot circa 840 en VOS tot circa 669 g/kg DS. Deze waarden blijven echter aan de lage kant in vergelijking met gangbare ruwvoerders zoals maïs en gras, waarvoor voor melkvee doorgaans rond de 1.000 VEM wordt gewenst (Eurofins, 2026). Door de meerjarigheid, hoge vezelgehalte en biomassa maakt dat het gewas in Duitsland in de biogas en vezel industrie veel toe wordt gepast.

De afzet vormt het grootste knelpunt. Het kleine areaal in de regio maakt transport naar monovergisters economisch onaantrekkelijk. Een monovergister is nodig om garantie te bieden dat de vezels die uit de vergister komen van de zonnekroon zijn. Een mengsel van diverse plantenvezels beïnvloedt de kwaliteit. De geoogste vezels voldeden (nog) niet aan de kwaliteitseisen van Dijkstra Draisma voor toepassing in isolatiemateriaal. Ook voor gebruik in potgrond bleken de vezels ongeschikt vanwege een te hoog zoutgehalte; de potgrondmarkt toonde alleen interesse indien de vezels eerst door een vergister zouden gaan om de zouten te reduceren. Binnen het project heeft één veehouder zonnekroon aan een koe gevoerd; de koe vond het “wel lekker”. Hoewel meerdere melkveehouders interesse toonden, is uiteindelijk geen structurele afname gerealiseerd vanwege onbekendheid met het gewas en de relatief lage voederwaarden buiten het vroege voorjaar.

Tegenover deze knelpunten staan duidelijke positieve aspecten. Het gemiddeld aantal gevangen insecten per plakval was met $51,9 \pm 11,9$ lager dan bij koolzaad ($261,3 \pm 106,7$), veldboon ($249,5 \pm 36,0$) en erwt ($229,5 \pm 46,8$), en zelfs lager dan in de akkerranden ($75,8 \pm 17,0$). Daartegenover stond echter een relatief hoge familierijkdom (41 families; q_0), hoger dan bij koolzaad (32) en erwt (38), maar lager dan bij veldboon (49) en akkerranden (43). Opvallend was dat de Shannon-diversiteitsindex ($q_1 \approx 20,0$) het hoogst was van alle onderzochte gewassen. Dit wijst op een meer evenwichtige verdeling van insectengroepen, zonder sterke dominantie van enkele families.

In het veld werd bovendien visueel een hoge activiteit van vliegende insecten waargenomen rond de bloemen op circa twee meter hoogte. Aangezien de plakvallen op 30 cm waren geplaatst, is het aannemelijk dat een deel van de insectenactiviteit in de bloeizone niet volledig is geregistreerd. De combinatie van meerjarigheid, langdurige bloei en hoge diversiteitsindex onderstreept de potentie van zonnekroon als biodiversiteitsbevorderend gewas.

Wat betreft bodemimpact zijn binnen de projectperiode geen duidelijke langetermijneffecten meetbaar vastgesteld. De meerjarige groeiwijze en het diepe wortelstelsel suggereren echter potentie voor verbetering van bodemstructuur en organische stofopbouw op langere termijn, zoals ook in

literatuur wordt beschreven (Gazoulis et al., 2025). De duur van het onderzoek was te beperkt om deze effecten kwantitatief te bevestigen.

Opschaling is echter noodzakelijk om economische rendabiliteit te bereiken; zonder regionale afzetketen voor biogas of vezels, of optimalisatie van de voederwaarde, blijft het gewas momenteel niet rendabel. De deelnemende agrariërs hebben veel geleerd over zowel teelt als afzet. De teelt blijkt technisch mogelijk en kent potentie, maar de regionale afzet ontbrak en het areaal was te klein. Wel is interesse getoond in de toepassing van zonnekroon als permanente bloemrand of als gewas op de overgang tussen natuur- en landbouwgebied.

4.2 Koolzaad

Koolzaad reageerde positief op de gunstiger groeiomstandigheden in 2025. Door vroeg zaaien, een droger groeiseizoen en teelt op een zwaardere kleigrond met hogere nutriëntenbeschikbaarheid en microbiële biomassa ontwikkelde het gewas zich sneller en krachtiger dan in 2024. De groeisnelheid lag hoger (3,7 vs 3,3 cm per dag), de eindlengte nam toe (149 vs 110 cm), de NDVI-piek trad eerder op en de uiteindelijke opbrengst steeg van 2,5 naar 3,7 ton per hectare. De vruchtbaardere bodem in 2025 verklaart een belangrijk deel van deze verschillen. De combinatie van voldoende nutriënten, goede bodemstructuur en een relatief droog seizoen lijkt bepalend voor stabiele en hoge opbrengsten binnen de regio.

Ecologisch gezien liet koolzaad een hoge insectenactiviteit zien. Gemiddeld werden $261,3 \pm 106,7$ insecten per plakval gevangen, wat hoger is dan in erwt ($229,5 \pm 46,8$), veldboon ($249,5 \pm 36,0$), zonnekroon ($51,9 \pm 11,9$) en de akkerranden ($75,8 \pm 17,0$). In totaal werden 72 insectenfamilies waargenomen over alle gewassen en akkerranden. Koolzaad telde 32 families (q0), wat lager is dan veldboon (49), zonnekroon (41), akkerranden (43) en erwt (38). De Shannon-diversiteitsindex (q1) bedroeg 15,6 voor koolzaad, lager dan zonnekroon (ca 20,0) en akkerranden (19,0), maar hoger dan veldboon (13,8). Koolzaad trekt dus relatief veel individuen aan, maar de gemeenschap was minder evenwichtig verdeeld.

Wat betreft afzet is de huidige markt in Nederland primair gericht op de productie van olie voor humane consumptie. In het verleden werd koolzaad op grotere schaal geteeld voor biodieselproductie, maar door gewijzigd EU-beleid en concurrentie met fossiele brandstoffen is het areaal afgenomen. Tegenwoordig zijn coöperaties zoals Colzaco actief in het stimuleren van teelt en verwerking. Winterkoolzaad heeft een opbrengstpotentieel van circa 5 ton per hectare, zomerkoolzaad circa 3 ton per hectare. In dit onderzoek werd zomerkoolzaad geteeld. In 2024 lag de productie onder de gemiddelde opbrengst maar in 2025 lag de opbrengst hoger dan de gemiddelde. Bij een prijs van ongeveer €0,45 per kg resulteert dit in bruto-opbrengsten van circa €1.350 (zomerkoolzaad) tot €2.250 (winterkoolzaad) per hectare.

Binnen dit project werd de olie geperst voor consumptiedoeleinden. Daarnaast is er een positieve samenwerking ontstaan tussen teler en lokale imker. Gedurende ongeveer een week plaatste de imker bijenkasten aangrenzend aan het koolzaadperceel, wat leidde tot productie van koolzaadhoning. Dit leverde zowel bestuivingsvoordelen als een kleinschalige economische meerwaarde op.

Naast olie blijft koolzaadkoek over als eiwitrijk restproduct. Traditioneel wordt deze afgezet als veevoer. Dankzij recente EU-goedkeuring (april 2025) mag gefermenteerde koolzaadkoek echter als novel food-ingrediënt worden toegepast in humane voeding. De Deense producent FERM FOOD heeft aangetoond dat fermentatie bitterstoffen zoals glucosinolaten neutraliseert en kan de gefermenteerde koolzaadkoek als novel food worden beschouwd. De koek wordt inmiddels toegepast in onder meer brood (bijvoorbeeld roggebrood met 7% gefermenteerde koek), cakes en vegetarische producten.

Het stro van koolzaad wordt in de praktijk vaak verkocht aan veehouders, bijvoorbeeld als strooisel voor schapen, of achtergelaten op het land om de bodem te voeden. Er is interesse om koolzaadstrovezels te mengen met andere isolatiematerialen voor toepassing in de bouw. Hiervoor moet het materiaal echter voldoen aan specifieke technische eisen. Indien deze kwaliteitseisen gehaald worden, kan de volledige plant worden benut: olie voor voedsel of kaarsen (via hydrogenatie tot was), perskoek voor humane voeding en stro voor bouwmaterialen.

Deze vernieuwde inzichten in verwerking en valorisatie tonen aan dat koolzaad potentie heeft als integraal ketengewas. Door meerdere reststromen hoogwaardig te benutten kan zowel economische als ecologische meerwaarde worden gecreëerd.

4.3 Veldbonen en erwten

Veldbonen en erwten reageerden verschillend op de jaarschommelingen in bodemgesteldheid en groeicondities. In 2025 presteerden beide gewassen sterker dan in 2024, met hogere NDVI-pieken (vroeger in 2025) en over het algemeen betere ontwikkeling. Waarschijnlijk vanwege de betere bodemgesteldheid en drogere weersomstandigheden.

Bij veldbonen leidde dit tot langere planten onder bemesting en sterke opbrengststijgingen bij bepaalde rassen (Victus van 2500 naar >7800 kg/ha). Erwten toonden vooral rasverschillen in lengte (Carrington veel langer dan Dik Trom in 2025), met minimale of geen bemestingsrespons en zelfs een lichte trend naar langere planten zonder bemesting. De slechtere bodem in 2024 (na graslandvoortvrucht) verklaart grotendeels de mindere prestaties dat jaar, terwijl 2023 en 2025 gunstiger waren. NDVI bevestigde dat erwten eerder afrijpen dan veldbonen, wat oogstlogistiek beïnvloedt.

Bij veldbonen was er een duidelijk ras-effect op lengte (Tiffany en Trumpet vaak langer) en soms SPAD (Trumpet en Banquise hoger). Lage bodem-N-beschikbaarheid stimuleert bij peulvruchten doorgaans de vorming van meer en/of groter actieve knolletjes ten behoeve van stikstoffixatie, terwijl hoge N-niveaus dit proces remmen (Streeter, 1985; Peoples et al., 1995). Opbrengsten varieerden sterk tussen jaren en rassen: Tiffany relatief stabiel (3155–3753 kg/ha), Victus explosief stijgend. Dit onderstreept genotypische verschillen in stabiliteit en respons op bodem en bemesting. De nutriëntenanalyses toonden hogere ruweiwitgehaltes (tot ~27–28% bij Cartouche en Tiffany) en vezel, plus meer mineralen (P, Mg, K, Mn, Zn) en foliumzuur dan bij erwten.

Bij erwten domineerde het ras-effect volledig: lengte en SPAD verschilden significant tussen rassen (Dik Trom langer maar lagere SPAD in 2024; Carrington veel langer in 2025), terwijl bemesting geen significant effect had. Opbrengsten varieerden (Tiberius hoog in 2023, Carrington hoog in 2025), maar zonder duidelijke bemestingslink. Nutriëntenprofiel toonde lagere eiwit (tot ~22% bij Carrington) en vezel, maar hogere energie, koolhydraten, suikers en vet. De PCA scheidde veldbonen (hoger eiwit/mineralen/vezels) van erwten (hoger energie/koolhydraten), met klassieke trade-offs via dilution effect (negatieve correlaties mineralen/eiwit vs. koolhydraten/energie) (Bijlage III – Veldbonen en Erwten).

Ecologisch gezien dragen beide peulvruchten significant bij aan insectenbiodiversiteit. In twee jaar (2024–2025) werden gemiddeld 184,2 insecten per plakval gevangen, met hogere aantallen in erwt (229,5 ± 46,8), veldboon (249,5 ± 36,0) en koolzaad (261,3 ± 106,7) dan in zonnekroon (51,9 ± 11,9) en akkerranden (75,8 ± 17,0). Dominante groepen waren Diptera (91,5 per val), Hymenoptera (26,5) en Hemiptera (23,5), met functioneel belangrijke families zoals Syrphidae (zweefvliegen; 4,5 per val) die bestuiven en bladluizen predatoren. Op familieniveau telde veldboon de hoogste rijkdom (49 families; q0), gevolgd door akkerranden (43), zonnekroon (~41) en erwt (38), terwijl koolzaad lager scoorde (32). De Shannon-diversiteit (q1) was echter het hoogst in zonnekroon (~20,0) en akkerranden (19,0), gevolgd door erwt (16,9), koolzaad (15,6) en veldboon (13,8). Veldboon ondersteunt dus veel families, maar met een onevenwichtige verdeling (enkele dominante families), wat wijst op minder

evenwichtige gemeenschappen vergeleken met erwten. Dit patroon onderstreept dat beide peulvruchten aantrekkelijk zijn voor vliegende insecten, inclusief bestuivers en natuurlijke vijanden (zoals zweefvliegenlarven voor plaagonderdrukking), en bijdragen aan biodiversiteit.

De markt voor humane consumptie blijft uitdagend, vooral voor veldbonen: vaak beperkt tot veevoerprijzen rond €0,30/kg door bittere smaak, tannines en kleurissues, ondanks potentieel in vleesalternatieven, eiwitpoeders of texturaten. Erwten scoren gunstiger voor humane afzet (€0,80–1,00/kg mogelijk bij rassen als Dik Trom via Greydanus of Eiwitboeren), met interesse in verwerking tot ingrediënten. Kosten per ha liggen rond €1159–1331, met hogere baten bij erwten (€2299–5186) dan veldbonen (€1194–1872).

Economisch gezien blijft de afzet voor humane consumptie complex, met name voor veldbonen. Ondanks hun hoge eiwitgehalte worden zij vaak tegen veevoerprijzen afgezet, mede door smaak- en kwaliteitsaspecten. Erwten hebben momenteel gunstigere marktcondities voor humane toepassingen. De resultaten benadrukken dat raskeuze cruciaal is: stabiliteit (zoals bij Tiffany), sterke respons op gunstige omstandigheden (zoals Victus) of specifieke kwaliteitskenmerken (zoals bij bepaalde erwten-rassen) bepalen in hoge mate de praktische en economische inzetbaarheid.

4.4 Algemene discussie

Dit onderzoek had als doel te beoordelen in hoeverre zonnekroon, koolzaad, veldboon en erwten geschikt waren voor de bodem- en klimaatomstandigheden van Noordoost-Fryslân en economisch perspectief boden voor agrariërs. De kracht van dit project lag in de combinatie van veldmetingen (2023–2025), biodiversiteitsanalyses, opbrengst- en kwaliteitsmetingen, NDVI-monitoring en marktverkenning. De spinnenplot vormde de samenvattende weergave waarin deze afzonderlijke datasets samenkwamen (figuur 22).

De veldresultaten lieten zien dat de prestaties sterk gewasspecifiek waren. Zonnekroon had in de derdejaar een hogere NDVI-waarde dan het tweede jaar, maar de voederwaarde bleef relatief laag voor hoogwaardige veevoerketens. Ecologisch scoorde zonnekroon het hoogst: de Shannon-diversiteit (q1) lag rond 20,0 en was daarmee hoger dan bij veldboon (13,8), koolzaad (15,6) en erwten (16,9). De gemeenschapsstructuur was bovendien evenwichtiger verdeeld over insectenfamilies. Deze ecologische prestaties verklaarden de hoge score op “ecologische winst” in de spinnenplot. Tegelijkertijd bleek uit de ketenanalyse dat het ontbreken van een regionale verwerkingsstructuur de grootste beperkende factor vormde voor economische opschaling.

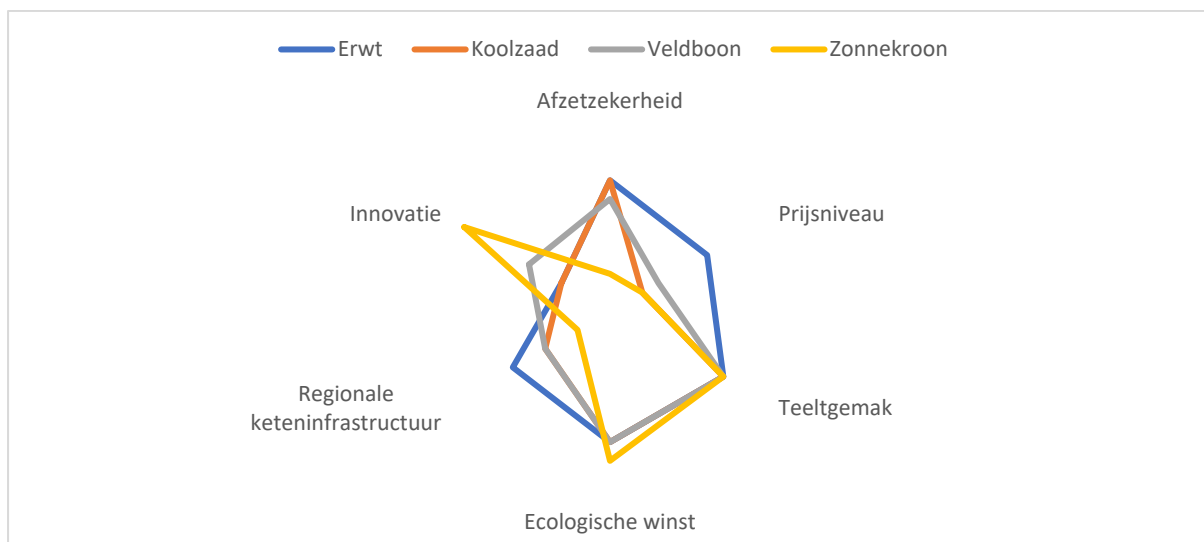
Koolzaad liet een ander profiel zien. Het gewas beschikte over een bestaande afzetstructuur, namelijk koolzaad persen en olie verkopen op markten en online webwinkels. Er is gekeken naar meerdere valorisatiemogelijkheden (olie, perskoek, strovezels), waardoor de economische zekerheid relatief hoog was. De biodiversiteitsscores lagen lager dan bij zonnekroon en erwten, maar waren niet uitzonderlijk laag. Daarmee positioneerde koolzaad zich in de spinnenplot als economisch robuust met een gematigde ecologische bijdrage.

Veldbonen en erwten opbrengstverschillen werden sterker bepaald door ras en jaar (nat 2024 versus droog 2025) dan door bemestingsniveau. De PCA-analyse toonde een duidelijke scheiding tussen veldbonen en erwten (Dim1: 72,5% verklaarde variantie). Ecologisch scoorde erwten hoger dan veldboon in Shannon-diversiteit, terwijl veldboon relatief veel insectenfamilies aantrok maar met een minder evenwichtige verdeling. Economisch beschikten beide gewassen over groeiende, maar nog deels ontwikkelende eiwitketens. Vooral groene erwten leverde veel op per kilogram product, afhankelijk van de ras.

De spinnenplot liet daarmee geen duidelijke winnaar zien, maar verschillende prestatieprofielen. Zonnekroon scoorde hoog in insectenfamiliërijkdom, innovatie en teeltgemak (na vestiging), maar scoorde laag op marktkansen. Koolzaad combineerde stabiele afzet en innovatieve nevenstromen met een middelmatige ecologische score (hoge aantallen maar lage rijkdom). Veldbonen scoorde laag op

prijsniveau (op basis van veevoer) maar wel hoog op afzet zekerheid vanwege de vraag van melkveehouders. Voor regionale kringlopen zou dat mooi zijn dat veehouders minder afhankelijk zijn voor hun krachtvoer vanuit het buitenland, maar voor de teler van veldbonen moet het dan wel rendabel zijn. Vanwege het onderzoek is de keten van erwten beter onderzocht en blijkt dat er veel vraag is vanuit diverse partijen die een hoge prijs vragen, afhankelijk van de ras.

De kernbevinding van dit project was daarom niet dat één gewas “de oplossing” vormde, maar dat geschiktheid afhankelijk was van de gehanteerde beoordelingscriteria. De spinnenplot bracht deze feitelijke uitkomsten samen en maakte zichtbaar dat kansrijkheid in Noordoost-Fryslân.



Figuur 22: samenvattende spinnenplot voor elk gewas voor innovatie, afzetzekerheid, prijsniveau, teeltgemak, ecologische winst en regionale keteninfrastructuur. Blauw = erwt, oranje = koolzaad, grijs = veldboon en geel = zonnekroon.

5 Bibliografie

- Afek, U. (2003). *Postharvest physiology and storage of widely used root and tuber crops*.
- Berkhout, P., & Galema, S. M. A. (2022). *Duurzaam verdienen: Analyse verdienvermogen verduurzamingsmodellen landbouw* (WOt-rapport 147). Wageningen Economic Research. <https://doi.org/10.18174/583082>
- Bram van Laarhoven, B. v. (2023). *De potentie van de veldboon met betrekking tot bodem, teelt en afzet*.
- Colzaco. (2024). *Koolzaad teelt- en marktgegevens 2024*. Coöperatieve Koolzaadvereniging Oost-Nederland.
- Combs-Giroir, R. (2024). Physical and molecular responses to flooding in Brassicaceae.
- Crépon, K. (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food.
- Eurofins. (2026). *Voederwaardetabellen en referentiewaarden voor ruwvoer 2026*. Eurofins Agro.
- FAO. (2016). *Submission and evaluation of pesticide residues data for the estimation of maximum residue levels in food and feed*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2025). *Special issue on Land Consolidation* (No. 1–2025, Revised edition). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd7047en>
- Gazoulis, I., et al. (2025). [Titel over meerjarige gewassen en bodemverbetering, bijv. *Silphium perfoliatum* as a perennial crop]. (Exacte titel niet gevonden – pas aan indien je het volledige artikel hebt).
- Guares, S. A. (2021). Techno-economic model to appraise the use of cattle manure in biodigesters in the generation of electrical energy and biofertilizer.
- Hide Omae, A. K. (2005). Midday drop of leaf water content related to drought tolerance in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.).
- Jensen, E. S. (2010). Faba bean in cropping systems. Alnarp, Sweden.
- Krueger, K. L. (2017). An expert panel process to evaluate habitat restoration actions in the Columbia River estuary.
- Loo, T. v. (2022). A prospection of the properties of Cup-plant (*Silphium perfoliatum*) as a fodder crop. West-Vlaanderen.
- Markus Gansberger, L. F. (2015). Botanical characteristics, crop management and potential of *Silphium perfoliatum* L. as a renewable resource for biogas production: A review. Vienna, Austria.
- Ministerie van LNV. (z.d.). Toekomstbestendig boeren. <https://www.toekomstglb.nl/toekomstbestendig-boeren>
- Nieuwe Oogst. (2025, 21 februari). ‘Zonder perspectief voor boeren halen we milieu- en klimaatdoelen niet’. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2025/02/21/zonder-perspectief-voor-boeren-halen-we-milieu-en-klimaatdoelen-niet>

- NRCS. (2012). *NRCS Plant Materials Center, Pullman, Washington*. Washington, DC: Natural Resources Conservation Service.
- NSP. (2024). *Nationaal Strategisch Plan GLB 2023-2027*. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Peoples, M. B., et al. (1995). Biological nitrogen fixation: An efficient source of nitrogen for sustainable agricultural production? *Plant and Soil*, 174(1-2), 3–28.
- PBL. (2025). *Landbouw- en Natuurverkenning: Op zoek naar een nieuwe balans tussen landbouw en natuur in 2050* (PBL-publicatienummer 5076). Planbureau voor de Leefomgeving.
<https://www.pbl.nl/publicaties/landbouw-en-natuurverkenning-op-zoek-naar-een-nieuwe-balans-tussen-landbouw-en-natuur-in-2050>
- Raboanatahiry, N. (2021). Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, utilization, and genetic improvement.
- RVO. (2025). *Milieuprestatie Gebouwen (MPG)*. Rijksdienst voor het Ondernemend Nederland.
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/milieuprestatie-gebouwen-mpg>
- Streeter, J. (1985). Nitrate inhibition of legume nodule growth and activity. *Plant Physiology*, 77(2), 321–327.
- Viviano, F. (2017, September). How the Netherlands feeds the world. *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/holland-agriculture-sustainable-farming>
- Wageningen University & Research. (2023). *Veldbonen: het eiwitgewas van de toekomst*. Wageningen.
- Wang, P. (2017). Transcriptomic basis for drought-resistance in *Brassica napus* L.
- WUR. (2019). *Rapport over eiwittransitie en afhankelijkheid van geïmporteerde grondstoffen* (exacte titel niet gevonden – vaak geciteerd in context van eiwitstrategie). Wageningen University & Research.

Bijlage I - Satellietfoto's en proefopzet percelen

Zonnekroon



Perceelskaart zonnekroon in Brantgum (0,2 ha)

Koolzaad

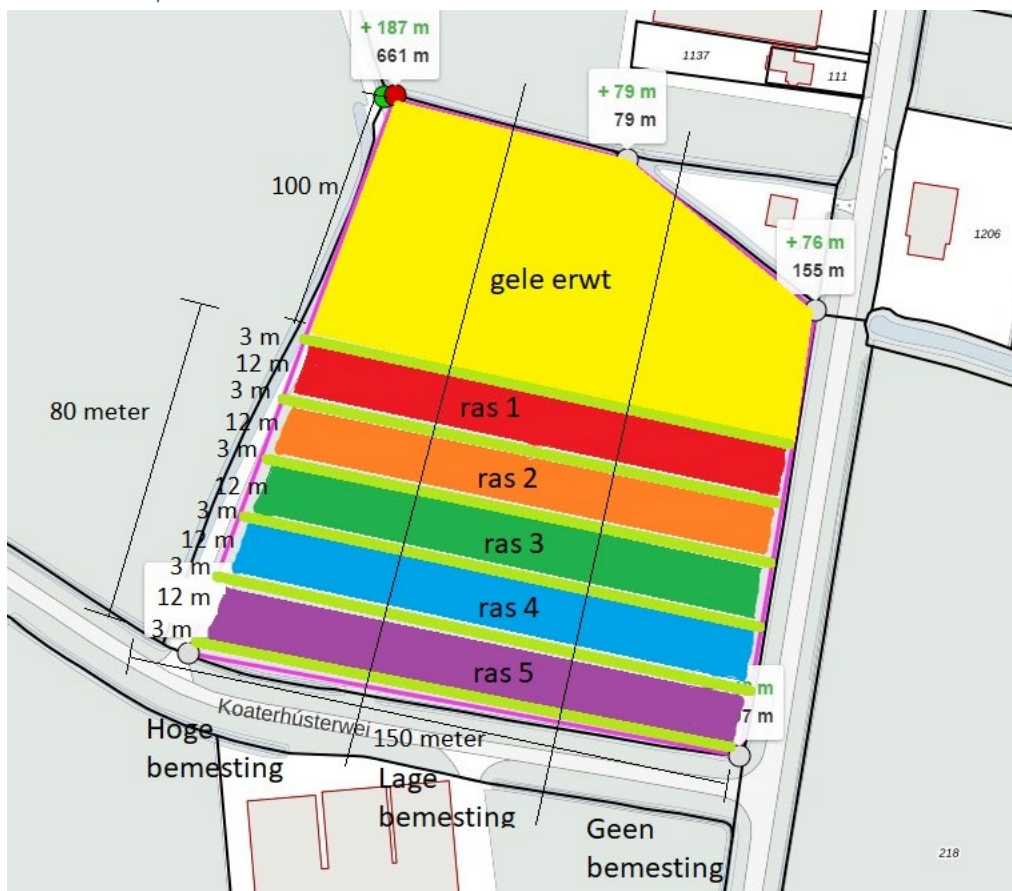


Perceelskaart koolzaad 2024 (1,7 ha)



Perceelskaart koolzaad 2025

Veldbonen/erwten



Proefopzet veldbonen en erwten (2023).



Perceelskaart veldbonen en erwten 2024 nabij Wierum



Proefopzet veldbonen en erwten 2025 nabij Wierum (Blauw = Dik Trom (erwt), groen = Carrington (erwt), bruin = Victus, paars = Tiffany, roze = Tundra en oranje = Cartouch)

Bijlage II - Protocollen

Biodiversiteit

Insecten zijn gevangen met gele plakvallen (10x25 cm) bevestigd op stokken 20-30cm boven de grond, op het zuiden gericht om lichtblootstelling te maximaliseren. plakvallen zijn altijd 2 dagen geplaatst om variatie als gevolg van tijd van de dag en grote weereffecten te minimaliseren. Er zijn in totaal 157 plakvallen geplaatst in de periode tussen week 20 en week 36 in verschillende kansrijke gewassen. in 2024 (Brantgum; zonnekroon n=20) en 97 in 2025 (Brantgum; zonnekroon n=12, Ee; Koolzaad n=8, Jannum; zonnekroon n=4 & Wierum; erwt n=73 & veldboon n=48). Het perceel in Jannum is niet meegenomen in de analyse i.v.m. met laat inzaaien van het gewas waarmee het totaal aantal vallen op 153 komt. Bij elk perceel zijn altijd plakvallen op de randen van akkers aan de kant van sloten, of in de berm geplaatst (n=35), als typisch landschapselement in het akkerbouwlandschap van het Friese kleigebied. Dit maakt het mogelijk om situaties en gewassen enigszins onderling en met de omgeving te kunnen vergelijken.

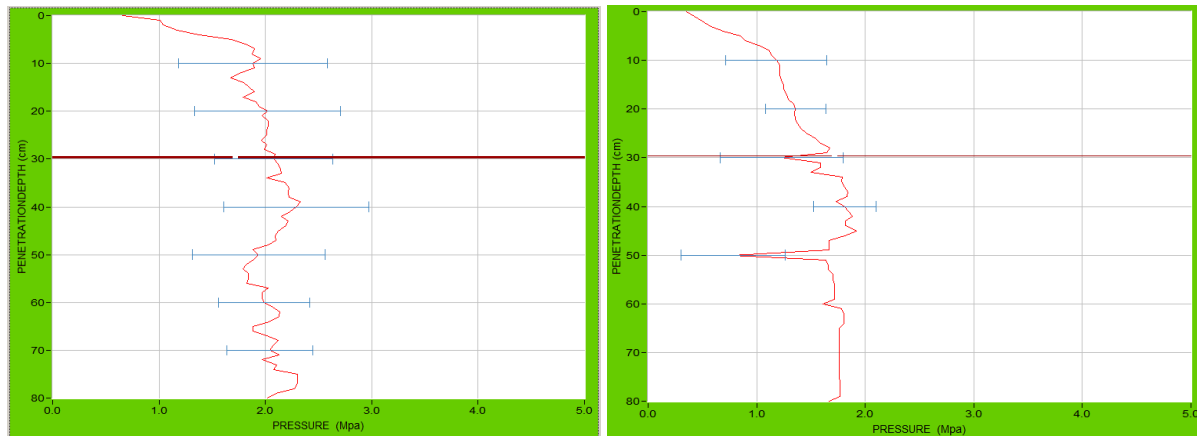
De plakvalanalyse is uitgevoerd op gedigitaliseerde plakvallen (1200dpi) met behulp van visuele analyses ondersteund door machine learning algoritmen ontwikkeld bij het lectoraat biodiversiteit van het landelijk gebied van de hogeschool van Hall larenstein. Deze algoritmen zijn geschikt voor detectie (yolov7) en segmentatie (UNet) en classificatie (EfficientNet) van insecten op plakvallen. Automatische analyse is gevolgd door handmatige taxonomische beoordelingen tot de dichtstbijzijnde gemakkelijk haalbare taxonomische eenheid door een expert (zie Strijkstra et al. 2023) voor een meer gedetailleerde beschrijving). Diversiteitsanalyses zijn uitgevoerd voor insecten op familieniveau.

Aangezien insectengemeenschappen sterk kunnen verschillen in verschillende aspecten, werden verschillende variabelen van de insectengemeenschappen gekwantificeerd. Hoge aantallen insecten kunnen worden gezien als indicatie voor kansen dat insecten in hoge aantallen voorkomen, wat mogelijk soortenrijkdom en diversiteit dient, en trofische waarde voor het bemonsterde ecosysteem. Hoge soortenrijkdom (bijv. Chao-1) duidt op hoge kansen voor een grote set van soorten met verschillende levensgeschiedenissen om de omgeving te gebruiken. Hoge soortendiversiteit (bijv. Shannon entropie) duidt op een meer gebalanceerde abundantieverdeling van de soorten, wat wijst op een meer gebalanceerde gemeenschap, in tegenstelling tot bijvoorbeeld een gemeenschap gedomineerd door een paar soorten gecombineerd met andere soorten die slechts af en toe in lage aantallen voorkomen (zie ook Boerema et al. 2023) voor een vergelijking van effecten van gewassen en landschapselementen op insecten in het Friese kleilandschap).

Bijlage III - Resultaten

Zonnekroon

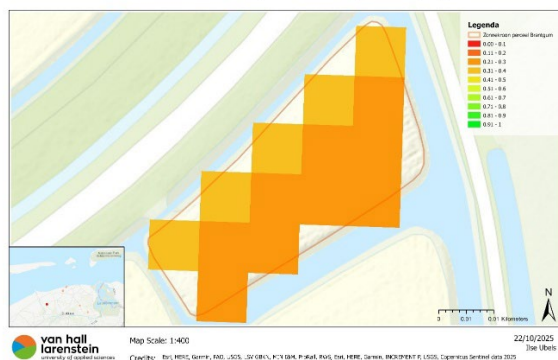
Indringingsweerstand



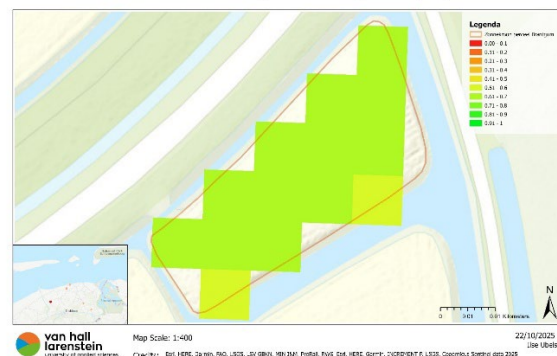
Indringingsweerstand gemeten met de pentetrologger (Programma Eijkelkamp Penetroviewer v6.08).
Links mei 2025; rechts september 2025

NDVI

NDVI Kaart Zonnekroon perceel Brantgum - 05/02/2025



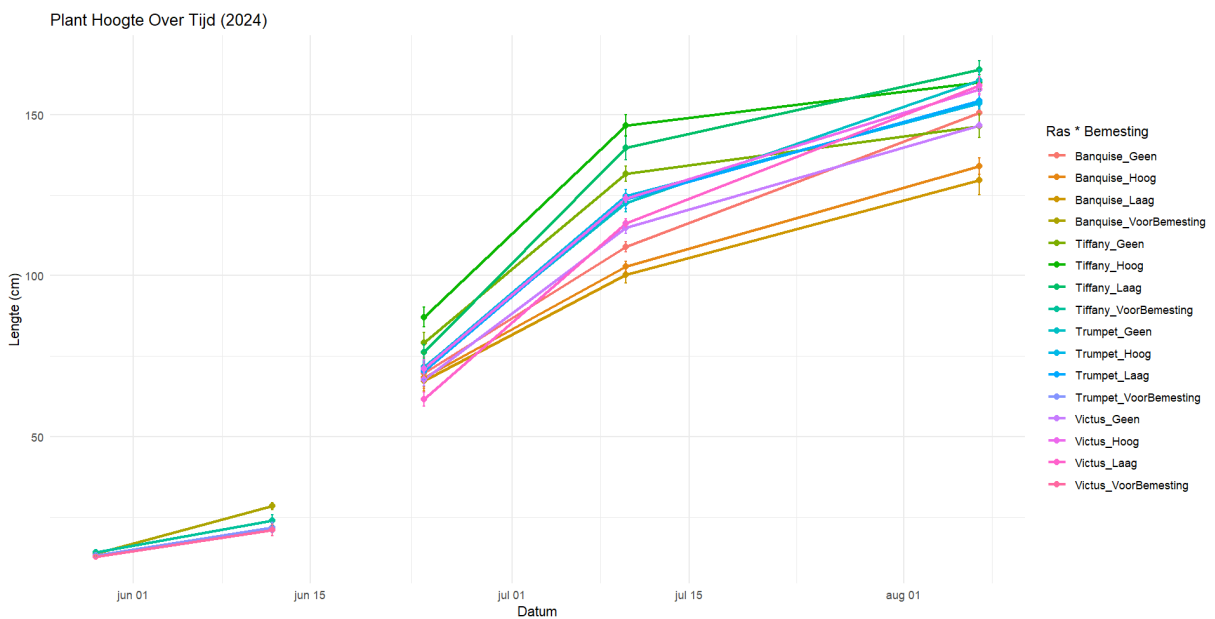
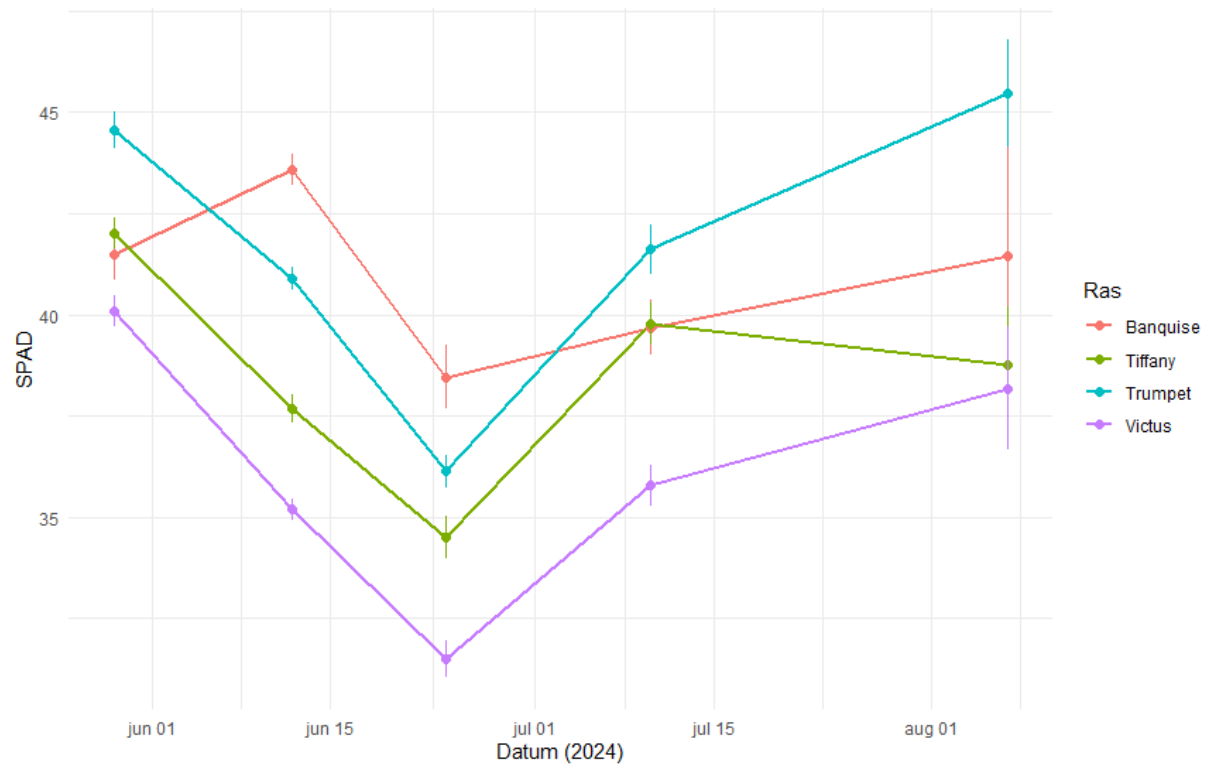
NDVI Kaart Zonnekroon perceel Brantgum - 30/06/2025



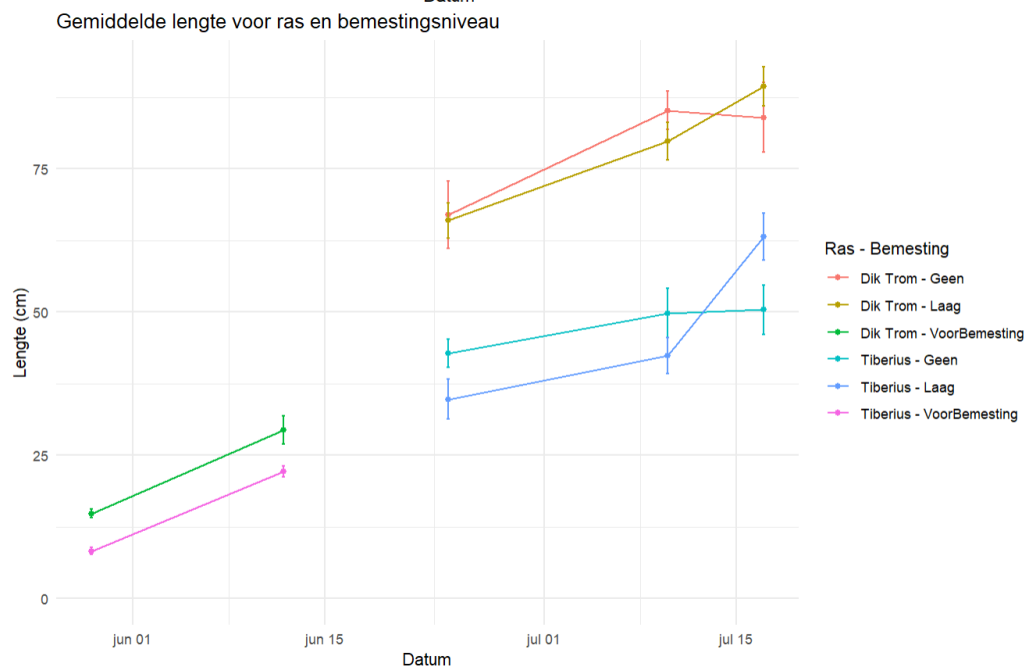
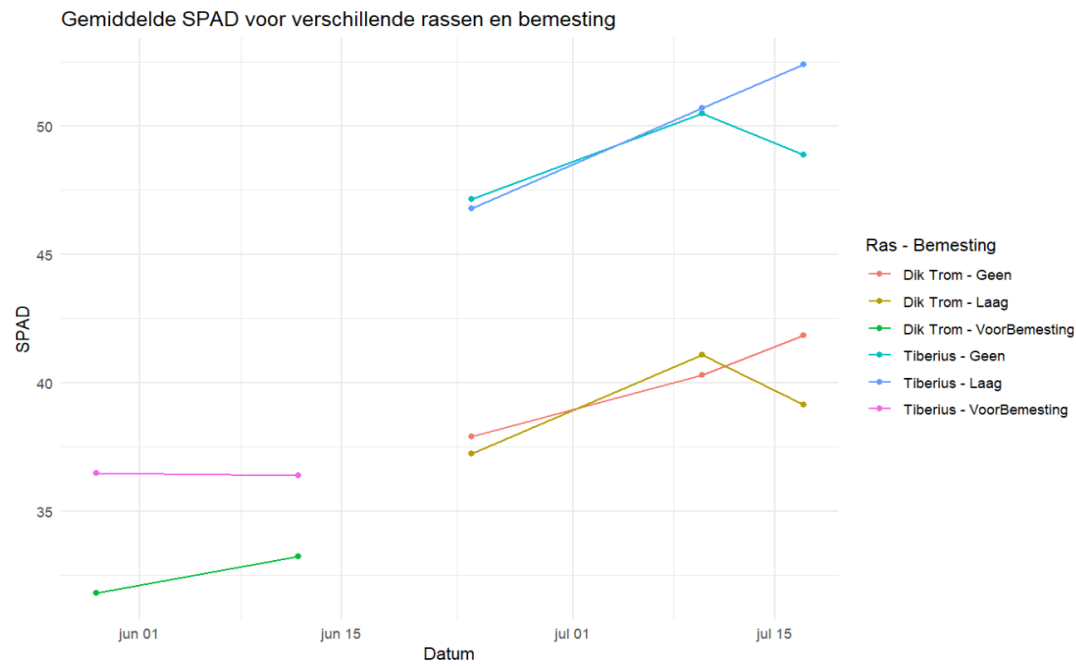
NDVI kaarten ontwikkeling zonnekroon perceel in 2025. NDVI index gaat omhoog van februari – juni.
Dit betekent dat het gewas ontwikkelt (meer bodembedekking) en groener wordt.

Veldbonen/erwten

2024

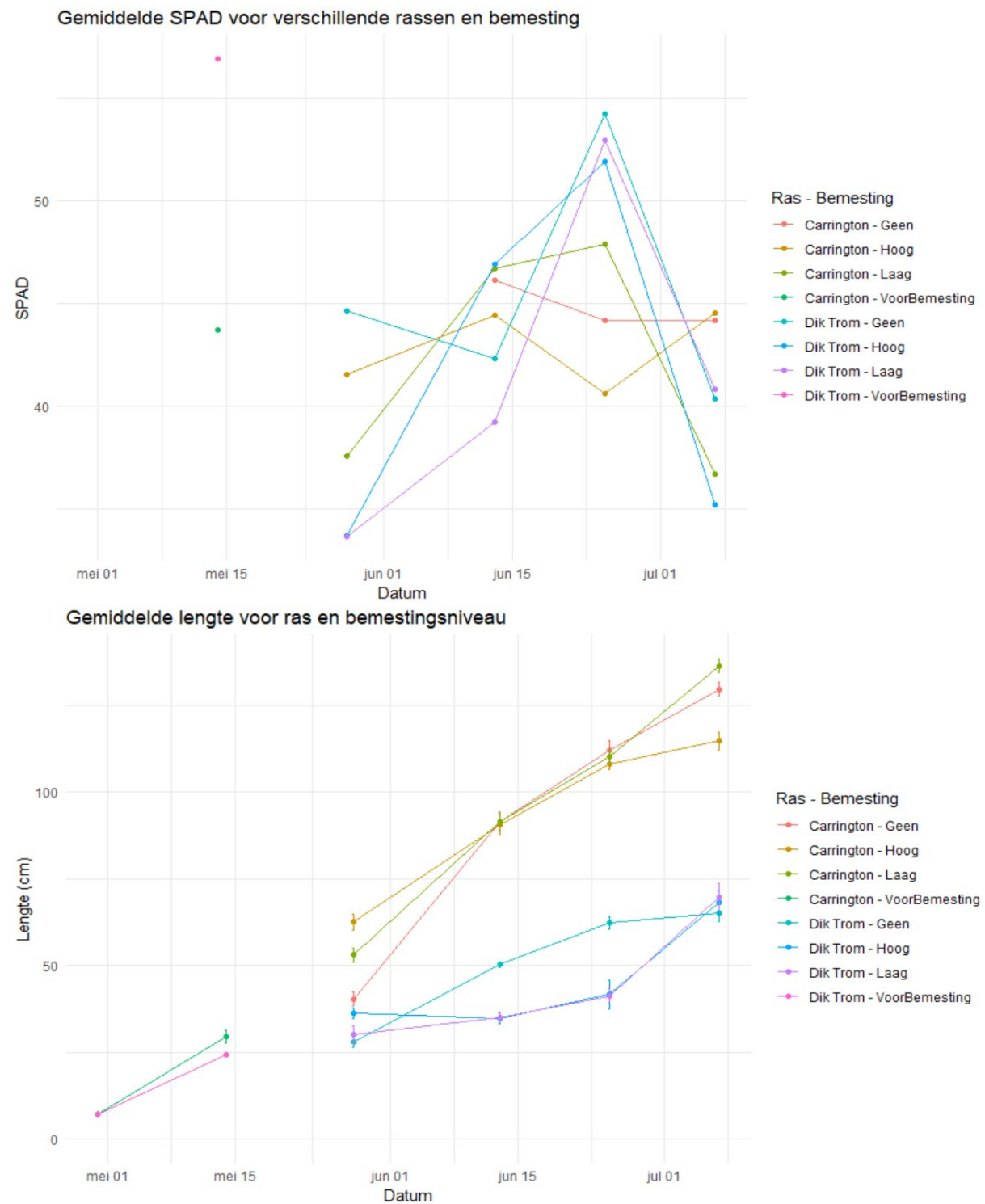


SPAD en lengte voor de verschillende veldboon rassen (Banquise, Tiffany, Trumpet en Victus) en bemestingen (geen, laag, hoog) in 2024

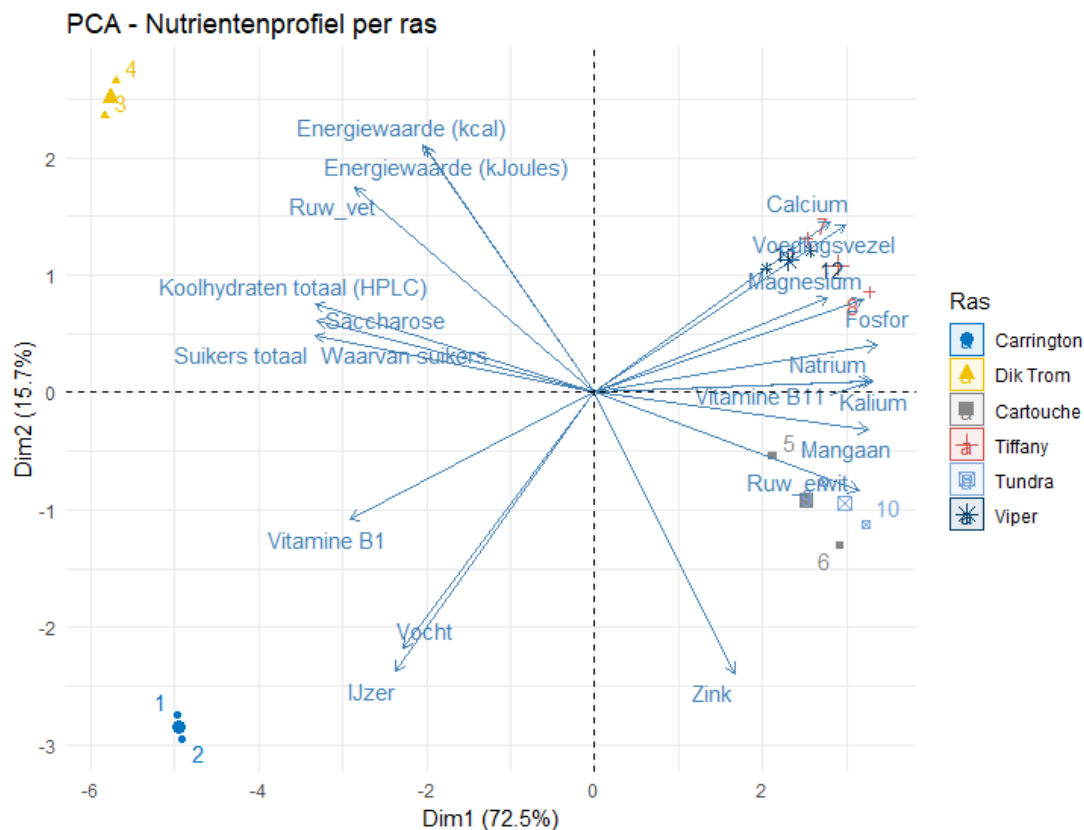


SPAD en lengte voor de verschillende erwten rassen (Dik Trom en Tiberius) voor de verschillende bemesting (Geen en Laag)

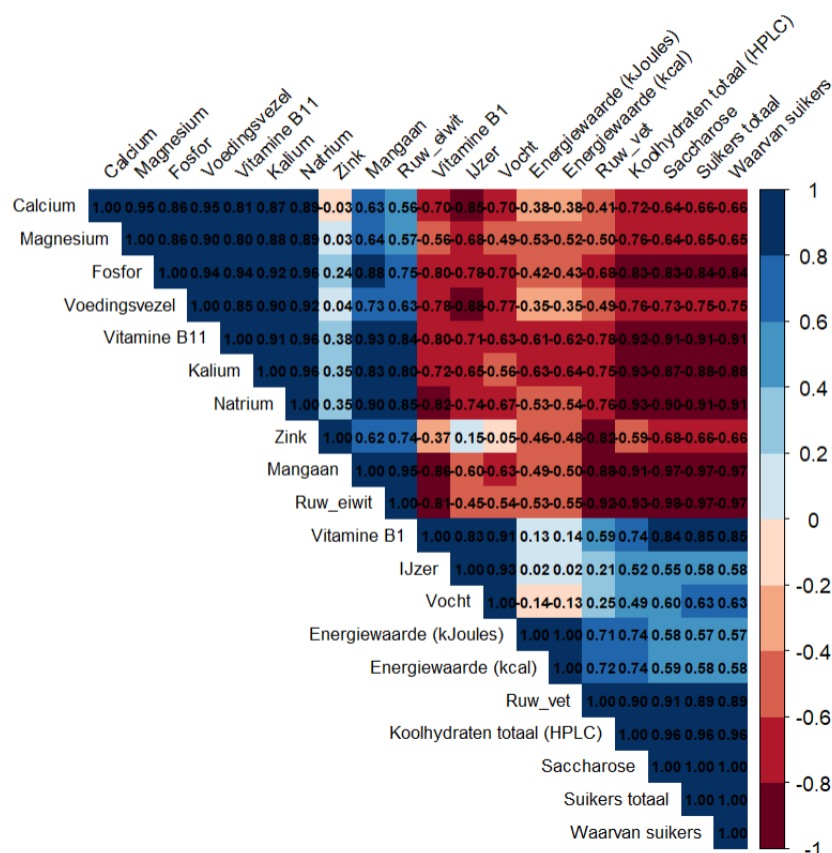
2025



SPAD en lengte in 2025 voor de verschillende erwten rassen (Carrington en Dik trom) met verschillende bemesting (geen, laag en hoog)



PCA plot voedingsanalyse van de vier veldboonrassen en twee erwtenrassen. Carrington en Dik trom zijn erwtenrassen. Cartouche, Tiffany, Tundra en Viper zijn veldboon rassen.



Correlatiegrafiek van verschillende voedingsparameters voor veldbonen en erwten. Blauw = positieve correlatie; rood = negatieve correlatie.

Hoeveelheid actieve wortel knolletjes (%) voor verschillende veldboon rassen en bemesting in 2025

Ras	Bemesting	Actieve knolletjes (%)	S.E.
Cartouche	Geen	76,7	6,7
	Laag	63,3	8,8
	Hoog	73,3	8,8
Tiffany	Geen	76,7	8,8
	Laag	73,3	12,0
	Hoog	60,0	23,1
Tundra	Geen	60,0	20,8
	Laag	76,7	3,3
	Hoog	53,3	12,0
Victus	Geen	70,0	5,8
	Laag	80,0	5,8
	Hoog	63,3	6,7



Foto van een veldboon wortel in juli 2025 om actieve wortel knolletjes te beoordelen

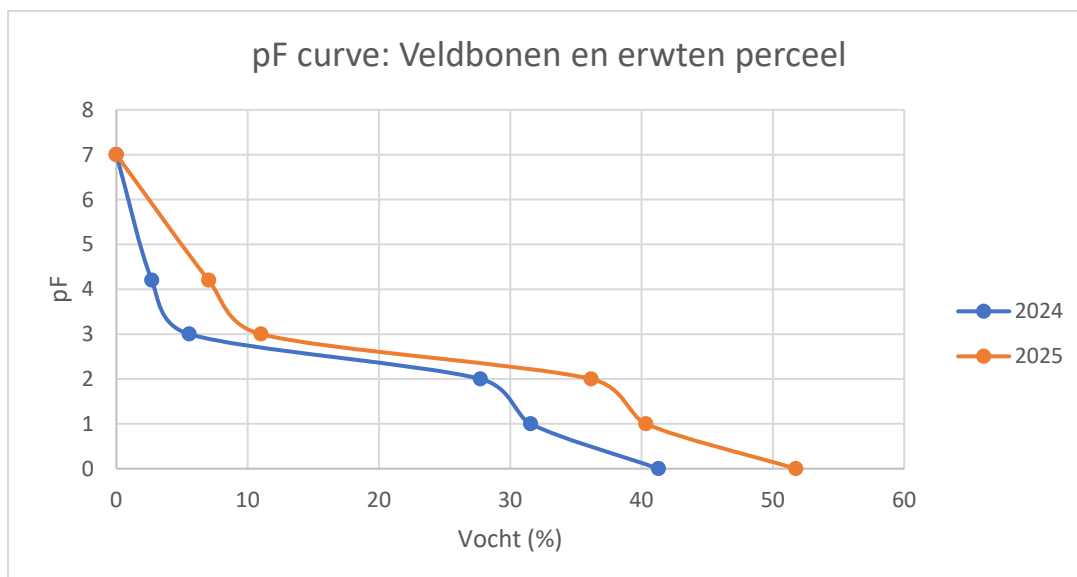
Biodiversiteit

niveau	klasse	orde	familie	erwt		koolzaad		veldboon		zonnekroon		referentie		totaal
				(n=24)	sem	(n=6)	sem	(n=48)	sem	(n=19)	sem	(n=20)	sem	
klasse	Insecten (Insecta)			229.46	46.84	261.33	106.69	249.52	36.02	51.89	11.91	75.80	16.95	184.22
klasse	Spinachtigen (Arachnida)			0.50	0.10	0.83	0.34	0.25	0.04	0.74	0.17	0.35	0.08	0.43
klasse	Springstaarten (Collembola)			0.13	0.03	0.00	0.00	0.17	0.02	0.26	0.06	0.00	0.00	0.14
orde	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)		135.08	27.57	111.33	45.45	143.71	20.74	38.76	8.89	49.66	11.10	91.45
orde	Insecten (Insecta)	Vliesvleugeligen (Hymenoptera)		40.54	8.28	69.17	28.24	32.81	4.74	15.98	3.67	13.54	3.03	26.50
orde	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)		32.46	6.63	37.83	15.45	36.63	5.29	10.55	2.42	12.43	2.78	23.50
orde	Insecten (Insecta)	Tripsen (Thysanoptera)		10.58	2.16	31.17	12.72	26.06	3.76	6.74	1.55	4.80	1.07	16.38
orde	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)		1.54	0.31	2.67	1.09	1.48	0.21	0.50	0.11	1.03	0.23	1.17
orde	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)		0.54	0.11	1.83	0.75	0.48	0.07	0.19	0.04	0.40	0.09	0.45
orde	Insecten (Insecta)	Netvleugeligen (Neuroptera)		0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.79	0.18	0.86	0.19	0.41
orde	Insecten (Insecta)	Libellen (Odonata)		0.42	0.09	0.00	0.00	0.10	0.02	0.00	0.00	0.17	0.04	0.14
orde	Insecten (Insecta)	Stofluizen-en-echte-luizen (Psocodea)		0.04	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01	0.12	0.03	0.31	0.07	0.12
orde	Insecten (Insecta)	Schietmotten (Trichoptera)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.02	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Bromvliegen (Calliphoridae)	4.50	0.92	0.50	0.20	15.02	2.17	0.68	0.16	0.95	0.21	7.38
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Zweefvliegen (Syrphidae)	2.21	0.45	4.50	1.84	6.92	1.00	1.47	0.34	4.30	0.96	4.50
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Rouwmuggen (Sciaridae)	3.67	0.75	6.17	2.52	3.88	0.56	0.89	0.21	1.00	0.22	2.97
familie	Insecten (Insecta)	Vliesvleugeligen (Hymenoptera)	Priemwesp (Proctotrupidae)	0.46	0.09	2.67	1.09	5.35	0.77	0.42	0.10	0.35	0.08	2.56
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Bocheldansvliegen (Hybotidae)	4.42	0.90	12.83	5.24	1.42	0.20	0.42	0.10	1.80	0.40	2.52
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Bochelvliegen (Phoridae)	2.42	0.49	3.33	1.36	3.25	0.47	0.74	0.17	0.95	0.21	2.28
familie	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)	Dwergcicaden (Cicadellidae)	1.25	0.26	8.17	3.33	1.00	0.14	2.05	0.47	2.60	0.58	1.86
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Slankpootvliegen (Dolichopodidae)	0.50	0.10	2.83	1.16	2.10	0.30	0.53	0.12	0.80	0.18	1.33
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Dansmuggen (Chironomidae)	2.00	0.41	2.83	1.16	1.19	0.17	0.42	0.10	0.70	0.16	1.23
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Dansvliegen (Empididae)	0.58	0.12	2.17	0.88	0.63	0.09	0.21	0.05	2.45	0.55	0.94
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Dambordvliegen (Sarcophagidae)	0.83	0.17	0.33	0.14	0.88	0.13	0.26	0.06	1.65	0.37	0.87
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Wappervliegen (Sepsidae)	0.33	0.07	1.67	0.68	1.38	0.20	0.16	0.04	0.30	0.07	0.79
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Motmuggen (Psychodidae)	0.08	0.02	2.33	0.95	1.00	0.14	0.32	0.07	1.05	0.23	0.78
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Echte-vliegen (Muscidae)	0.46	0.09	0.17	0.07	1.31	0.19	0.05	0.01	0.55	0.12	0.74
familie	Insecten (Insecta)	Vliesvleugeligen (Hymenoptera)	Echte-bladwespen (Tenthredinidae)	0.13	0.03	0.50	0.20	1.29	0.19	0.84	0.19	0.10	0.02	0.74
familie	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)	Bloemwantsen (Anthoridae)	0.21	0.04	1.33	0.54	1.38	0.20	0.11	0.02	0.05	0.01	0.70
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Kortschildkevers (Staphylinidae)	1.04	0.21	1.50	0.61	0.58	0.08	0.16	0.04	0.20	0.04	0.59
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Speervleugelvliegen (Lonchotriptidae)	1.08	0.22	0.67	0.27	0.71	0.10	0.00	0.00	0.05	0.01	0.56
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Halmvliegen (Chloropidae)	0.46	0.09	2.50	1.02	0.25	0.04	0.05	0.01	0.90	0.20	0.49
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Soldaatjes (Cantharidae)	0.17	0.03	0.50	0.20	0.65	0.09	0.00	0.00	0.35	0.08	0.38
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Drekvliegen (Scathophagidae)	0.25	0.05	0.00	0.00	0.25	0.04	0.21	0.05	0.50	0.11	0.27
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Vosjes (Nymphalidae)	0.25	0.05	0.38	0.14	0.31	0.05	0.05	0.01	0.00	0.00	0.21
familie	Insecten (Insecta)	Netvleugeligen (Neuroptera)	Gasvliegen (Chrysopidae)	0.42	0.09	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.00	0.36	0.07	0.17
familie	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)	Witte-vliegen (Aleyrodidae)	0.29	0.06	0.17	0.07	0.19	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Wapenvliegen (Stratiomyidae)	0.08	0.02	0.17	0.07	0.19	0.03	0.16	0.04	0.10	0.02	0.15
familie	Insecten (Insecta)	Libellen (Odonata)	Waterjuffers (Coenagrionidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.26	0.06	0.50	0.11	0.14
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Slakkendoders (Sciomyzidae)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.15	0.02	0.32	0.07	0.00	0.00	0.12
familie	Insecten (Insecta)	Vliesvleugeligen (Hymenoptera)	Gewone-sluipwespen (Ichneumonidae)	0.21	0.04	0.17	0.07	0.08	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.10
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Mestvliegen (Sphaeroceridae)	0.04	0.01	0.67	0.27	0.02	0.00	0.00	0.00	0.30	0.07	0.10
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Langpootmuggen (Tipulidae)	0.13	0.03	0.33	0.14	0.02	0.00	0.11	0.02	0.15	0.03	0.09
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Bloemvliegen (Anthomyiidae)	0.08	0.02	0.00	0.00	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Witjes (Pieridae)	0.13	0.03	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.01	0.15	0.03	0.07
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Boorvliegen (Tephritidae)	0.13	0.03	0.00	0.00	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Bladkevers (Chrysomelidae)	0.13	0.03	0.33	0.14	0.00	0.00	0.11	0.02	0.00	0.00	0.06
familie	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)	Blindwantsen (Miridae)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.04
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Uitboormotten (Plutellidae)	0.13	0.03	0.17	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Grasmotten (Crambidae)	0.00	0.00	0.50	0.20	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Spiesvliegen (Lonchotriptidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.02	0.10	0.02	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Grasvliegen (Opomyzidae)	0.13	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Prachtvliegen (Ulidiidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Lieveheersbeestjes (Coccinellidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.05	0.01	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Dansvliegen & Bocheldansvliegen indet. (Empididae & Hybotidae indet.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.02	0.05	0.01	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Schimmelkevers (Latridiidae)	0.00	0.00	0.17	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Libellen (Odonata)	Korenibouten (Libellulidae)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Dazen (Tabanidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.03
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Blaaskopvliegen (Conopidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Snuitkevers (Curculionidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.05	0.01	0.05	0.01	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Steltmuggen (Limoniidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05	0.01	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Spillebeenvliegen (Micropezidae)	0.00	0.00	0.17	0.07	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Paddenstoelmuggen (Mycetophilidae)		0.00	0.00	0.17	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Uilen (Noctuidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Haarvleugelkevers (Ptilidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
familie	Insecten (Insecta)	Netvleugeligen (Neuroptera)	Bruine-gasvliegen (Hemerobiidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Wortelboorders (Hepialidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Spinnende-waterkevers (Hydrophilidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Schietmotten (Trichoptera)	Kokerjuffers (Limnephilidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Schietmotten (Trichoptera)	Rietkokerjuffers (Phryganeidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Halfvleugeligen (Hemiptera)	Bladvlooien (Psyllidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Snavelvliegen (Rhagionidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Kevers (Coleoptera)	Bladsprietkevers (Scarabaeidae)	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Tweevleugeligen (Diptera)	Sluipvliegen (Tachinidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Vlinders (Lepidoptera)	Bladrollers (Tortricidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
familie	Insecten (Insecta)	Vliesvleugeligen (Hymenoptera)	Zaadwespen (Torymidae)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00	0.01

Overige metingen (pF – curves)

pF curve voor de verschillende gewassen voor 2024 en 2025

	Gewassen	pF				
		0	1	2	3	4.2
2024	Erwt	0.41	0.29	0.27	0.05	0.02
	Veldboon	0.41	0.34	0.28	0.06	0.03
	Zonnekroon Brantgum	0.53	0.38	0.35	0.12	0.09
	Zonnekroon Twijzelerheide	0.60	0.41	0.34	0.15	0.10
	koolzaad	0.49	0.36	0.33	0.12	0.06
2025	Zonnekroon Brantgum (1)	0.59	0.50	0.43	0.12	0.08
	Zonnekroon Brantgum (2)	0.56	0.43	0.36	0.12	0.08
	Zonnekroon Jannum	0.58	0.52	0.49	0.24	0.16
	Erwt	0.52	0.36	0.31	0.11	0.06
	Veldbonen	0.52	0.45	0.41	0.11	0.08
	Koolzaad (1)	0.46	0.40	0.38	0.09	0.06
	Koolzaad (2)	0.48	0.39	0.35	0.10	0.07



Verskil in pF curves voor de veldbonen/erwten percelen in 2024 en 2025. Het perceel in 2025 kan meer vocht vasthouden. In 2024 was de gemiddelde lutum gehalte 9% terwijl in 2025 de lutum gehalte rond de 17% lag. Dit kan een reden hiervoor zijn (hogere lutum gehalte betekend over het algemeen een hogere vochtvasthoudend vermogen).



Zonnekroon Brantgum Eurofins bodemparameters (2023 – 2025)

Bijlage IV - Literatuurstudie

Literatuurstudie

Ecologie en teelt van zonnekroon, koolzaad, veldboon en erwt



Colofon



Auteur

Marije Westra

Dit rapport is opgesteld binnen het kader van het project Kansrijke Gewassen uitgevoerd door Van Hall Larenstein onder het lectoraat Duurzaam bodembeheer. Het project is medegefinancierd door de Versnellingsagenda Noordoost-Fryslân en de Provincie Fryslân.

© Hogeschool VHL

Postbus 1528

8934 CJ Leeuwarden

Telefoon: 058 284 6100 (receptie)

Voorwoord



De landbouw in Noordoost-Fryslân van een grote transitie. Waar jarenlang de nadruk lag op hoge productie en efficiëntie, groeit nu het besef dat toekomstbestendige landbouw niet alleen draait om opbrengst, maar ook om biodiversiteit, bodemgezondheid en nieuwe verdienmodellen. In dat licht is het project Kansrijke Gewassen ontstaan – een initiatief waarin agrariërs, kennisinstellingen, bedrijven en overheden samenwerken om te onderzoeken welke gewassen in de regio kunnen bijdragen aan een duurzame én economisch rendabele landbouw.

Deze literatuurstudie vormt een inhoudelijke basis voor dat traject. Het doel van dit document is om bestaande kennis over vezel-, olie- en eiwithoudende gewassen te bundelen en inzicht te geven in hun teeltmogelijkheden, ecologische effecten en marktperspectieven. Daarbij wordt gekeken naar zowel wetenschappelijke literatuur als praktijkervaringen uit binnen- en buitenland. De studie dient als fundament voor de veldproeven, economische analyses en businesscases die in het project zullen worden uitgevoerd.

Het tot stand komen van deze studie was mogelijk dankzij de betrokkenheid van tal van partijen. Dank gaat daarom uit naar het Agrarisch Collectief Waadrâne, de deelnemende agrariërs en partners als LTO Noord, Agrifirm en VION Meat voor hun bijdrage aan het opbouwen van kennis en het verkennen van kansen. Dank gaat ook uit naar de Provincie Fryslân, die de uitvoering van het project mogelijk hebben gemaakt dankzij hun financiering

Met deze literatuurstudie hopen wij een waardevolle bijdrage te leveren aan de verdere ontwikkeling van kansrijke gewassen in Noordoost-Fryslân en aan de versterking van een toekomstbestendige landbouw in Nederland.

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	50
2 Methodiek.....	51
3 Zonnekroon.....	52
3.1 Botanische achtergrond.....	52
3.2 Groei en ontwikkeling.....	52
3.2.1 Ziektes en plagen.....	53
3.3 Ecologische en milieutechnische aspecten.....	53
3.4 Zonnekroon als (kansrijk) gewas.....	54
3.4.1 Beheer.....	55
3.4.2 Oogstmethoden en frequentie.....	56
3.4.3 Drogestof opbrengst en voedingswaarden.....	56
3.5 Teelt in Noordoost-Fryslân.....	56
3.5.1 Innovatieve toepassingen.....	57
3.5.2 Kosten en baten.....	58
3.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren.....	58
3.5.4 Beleids- en maatschappelijke context.....	58
4 Koolzaad.....	59
4.1 Botanische achtergrond.....	59
4.2 Groei en ontwikkeling.....	59
4.2.1 Ziektes en plagen.....	60
4.3 Ecologische en milieutechnische aspecten.....	60
4.4 Koolzaad als (kansrijk) gewas.....	61
4.4.1 Beheer.....	62
4.4.2 Oogstmethoden en frequentie.....	63
4.4.3 Drogestof opbrengst en voedingswaarden.....	63
4.5 Teelt in Noordoost-Fryslân.....	64
4.5.1 Innovatieve toepassingen.....	64
4.5.2 Kosten en baten.....	65
4.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren.....	66
4.5.4 Beleids- en maatschappelijke context.....	66
5 Veldboon.....	67

5.1 Botanische achtergrond.....	67
5. 2 Groei en ontwikkeling	67
5.2.1 Ziekten en plagen.....	68
5.3 Ecologische en milieutechnische aspecten	68
5.4 Veldboon als (kansrijk) gewas	69
5.4.1 Beheer.....	69
5.4.2 Oogstmethoden en frequentie	70
5.4.3 Droge-stofopbrengst en voedingswaarde	70
5.5 Teelt in Noordoost-Fryslân	71
5.5.1 Innovatieve toepassingen	71
5.5.2 Kosten en baten	71
5.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren.....	72
5.5.4 Beleids- en maatschappelijke context	72
6 Erwt	73
6.1 Botanische achtergrond.....	73
6.2 Groei en ontwikkeling.....	73
6.2.1 Ziektes en plagen	74
6.3 Ecologische en milieutechnische aspecten	74
6.4 Erwt als (kansrijk) gewas	75
6.4.1 Beheer.....	76
6.4.2 Oogstmethoden en frequentie	76
6.4.3 Droge-stofopbrengst en voedingswaarde	76
6.5 Teelt in Noordoost-Fryslân	77
6.5.1 Innovatieve toepassingen	77
6.5.2 Kosten en baten	78
6.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren.....	78
5.5.4 Beleids- en maatschappelijke context	78
7 Verwijzingen.....	79
8 Bijlages	1
8.1 Zoektermen literatuurstudie.....	1

- 1 Inleiding



De Nederlandse landbouw bevindt zich in een periode van ingrijpende veranderingen. De sector wordt geconfronteerd met uitdagingen op het gebied van klimaatverandering, biodiversiteitsverlies, stikstofuitstoot en bodemdegradatie (Lesschen et al., 2020; Van der Meulen et al., 2020). De maatschappelijke druk toe om duurzamer te produceren en tegelijkertijd het verdienvermogen van agrariërs te behouden. Binnen dit kader groeit de behoefte aan landbouwsystemen die niet alleen productief, maar ook ecologisch en economisch veerkrachtig zijn.

Een van de strategieën om deze transitie te ondersteunen is duurzame gewasdiversificatie — het verbreden van het bouwplan met alternatieve teelten die bijdragen aan bodemgezondheid, biodiversiteit en nieuwe afzetmarkten (Vroege et al., 2020). Meer diversiteit in gewassen vergroot de weerbaarheid van landbouwsystemen tegen ziekten, plagen en klimaatstress, en kan leiden tot verbeterde bodemstructuur en het stimuleren van ecosysteemdiensten (Advances in Agronomy, 2022).

In Noordoost-Fryslân wordt binnen het project Kansrijke Gewassen verkend welke teelten het meest geschikt zijn voor duurzame gewasdiversificatie. Het project richt zich op drie categorieën: vezelgewassen (zoals zonnekroon), oliehoudende gewassen (zoals koolzaad) en eiwithoudende gewassen (zoals veldbonen en voedererwten). Deze gewassen worden gezien als kansrijk vanwege hun bijdrage aan ecologische functies én hun potentieel voor nieuwe regionale verdienmodellen (Fascinating, 2022).

Naast de ecologische voordelen kan de introductie van deze gewassen ook bijdragen aan de versterking van regionale economieën. Door de productie, verwerking en afzet zoveel mogelijk binnen de regio te organiseren, ontstaan kortere ketens die de afhankelijkheid van mondiale markten verminderen en de toegevoegde waarde lokaal houden (Gemeente Noardeast-Fryslân, 2023).

Deze literatuurstudie brengt bestaande kennis over kansrijke gewassen samen en biedt een overzicht van hun agronomische eigenschappen en ecologische effecten. Door wetenschappelijke inzichten en praktijkervaringen te integreren, vormt deze studie een fundament voor verdere experimenten, kennisdeling en ketenontwikkeling binnen het project. Het uiteindelijke doel is om inzicht te verschaffen in hoe gewasdiversificatie kan bijdragen aan een landbouw die zowel economisch rendabel als ecologisch duurzaam is.

- 2 Methodiek



Voorafgaand aan deze literatuurstudie heeft een onderzoek naar kansrijke gewassen plaatsgevonden, uitgevoerd door een student van Van Hall Larenstein. In dit onderzoeksverslag is al een begin gemaakt aan een literatuurstudie, waarbij literatuur is bestudeerd over botanische informatie, groeicyclus, ziekten en plagen, invloed op bodem en biodiversiteit, teeltomstandigheden en voedingswaarden van de gewassen zonnekroon, koolzaad en eiwitrijke gewassen (veldboon + erwt). Het literatuurgedeelte van dit onderzoek is gebruikt als vertrekpunt voor deze literatuurstudie, waarbij er bij dit onderzoek min of meer dezelfde onderwerpen werden bestudeerd, maar op een dieper en uitgebreider niveau. Ook werd er uitvoeriger gekeken naar de (markt)potentie van zonnekroon, koolzaad, veldboon en groene erwt specifiek in Noordoost-Fryslân.

De literatuurstudie baseert zich op een systematische analyse van peer-reviewed wetenschappelijke publicaties, praktijkrapporten en kennisdocumenten. Met zoektermen zoals “*Silphium perfoliatum* botanical characteristics”, “*silphium perfoliatum* ecological advantages”, “*silphium perfoliatum* cultivation” werd per bestudeerd gewas (zonnekroon, koolzaad, veldboon en groene erwt) naar een breed scala van kennisbronnen gezocht, die zich richten op zowel wetenschappelijke kennis als op praktijkrapporten, waarmee een breed overzicht van relevante informatie kon worden verkregen. Er zijn hierbij twee zoekmachines gebruikt: Google Scholar (voornamelijk ingezet voor het zoeken naar internationale publicaties) en Google (voornamelijk ingezet voor het zoeken naar Nederlandse publicaties). Voor elk gewas werden dezelfde zoektermen gebruikt en beschreven onder de thema’s botanische achtergrond, groei en ontwikkeling, ecologische en milieutechnische aspecten, zonnekroon als (kansrijk) gewas en teelt in Noordoost-Fryslân. In Bijlage 1: Zoektermen literatuurstudie zijn alle gebruikte zoektermen weergegeven en uitgesplitst per onderwerp en zoekmachine.

- 3 Zonnekroon



Binnen het project Kansrijke Gewassen wordt de zonnekroon (*Silphium perfoliatum*) beschouwd als een veelbelovend meerjarig gewas dat zowel ecologische als economische voordelen kan opleveren. Dit hoofdstuk bespreekt de belangrijkste teeltkenmerken, ecologische waarde en toepassingsmogelijkheden van zonnekroon, met bijzondere aandacht voor de potentiële bijdrage aan duurzame landbouw in Noordoost-Fryslân.

- 3.1 Botanische achtergrond

Zonnekroon is een meerjarige plantensoort uit de composietenfamilie (Asteraceae) en het geslacht *Silphium* en komt wijdverspreid voor in Noord-Amerika en Mexico (Gansberger et al., 2015.). De plant kan een hoogte van 250 tot 300 centimeter bereiken en heeft stevige, rechtopstaande, vierkante stengels met lange internodiën (Van Loo, 2022). De bladeren staan tegenover elkaar en zijn aan de basis met elkaar vergroeid, waardoor ze een soort kommetje vormen waarin regenwater vastgehouden kan worden. De zonnekroon wordt dan ook wel ‘cup plant’ genoemd (Díaz-García et al., 2020). De felgele bloemen lijken op kleine zonnebloemen met afmetingen vergelijkbaar met margrietten (Vleeschouwers, 2017).

Er kunnen meerdere stengels uit dezelfde wortelstok ontspringen, waardoor de plant een grote hoeveelheid biomassa kan produceren. De plant heeft ook een uitgebreid en diep wortelstelsel, waarbij de wortels meer dan 2 meter diep in de bodem reiken. Hierdoor is het gewas beter bestand tegen periodes van droogte dan gewassen met ondiepe wortels (Van Loo, 2022). In de winter sterven de stengels af, en in die periode blijkt de plant bestand te zijn tegen overstromingen die meerdere dagen aanhouden. In zijn natuurlijke verspreidingsgebied in het noorden van Noord-Amerika groeit de plant namelijk op overstromingsvlaktes (Gansberger et al., 2015).

- 3.2 Groei en ontwikkeling

Zonnekroon kan het best geteeld worden in gematigde klimaten en heeft een voorkeur voor een zonnig of licht beschaduwde perceel. De beste groeiplaats voor de zonnekroon is op een vruchtbare, humusrijke bodem met voldoende vochtvoorziening. Hydromorfe bodems (permanent natte gronden) zijn ongeschikt voor de teelt van de zonnekroon (Gansberger et al., 2015). De zonnekroon is in Nederland volledig winterhard en kan temperaturen tot -30 °C verdragen (Vleeschouwers, 2017). De optimale groeitemperatuur is ongeveer 20 °C, en volle zon bevordert een optimale groei (Gansberger et al., 2015).

Voor een goede kieming heeft *S. perfoliatum* L. langdurige periodes met wisselende temperaturen nodig. Na het ontkiemen in het voorjaar groeit zonnekroon langzaam en vormt in het eerste jaar een laag rozet van ongeveer 12–14 bladeren en een sterke horizontale wortelstok met veel zijwortels. Het aantal stengels per plant (10–25) neemt toe met de leeftijd. De stengels vormen 8–12 internodiën van 20–30 cm lang. In de late zomer worden de vegetatieve knoppen

gevormd voor het volgende groeiseizoen, waaruit in het tweede jaar de stengels ontstaan. In het voorjaar begint de groei opnieuw, en in het tweede groeiseizoen groeit de plant sterk in de hoogte (Gansberger et al., 2015). Vanaf het derde jaar ontspringen er aan de voet van de stam verschillende zijstengels. Deze concurreren met elkaar voor voldoende licht. Bij gebrek aan licht zullen de zwakste knoppen afsterven (Vleeschouwers, 2017). De zonnekroon begint in mei met de knopvorming voor de bloemen, en is dan 116-131 centimeter hoog met volledige bedekking van de bodem. Afhankelijk van de groeiomstandigheden bloeit de zonnekroon van eind juni tot eind september. De bloeitijd is lang, omdat er voortdurend nieuwe bloemhoofdjes worden gevormd, waarbij elk bloemhoofdje ongeveer 10–12 dagen bloeit. Na de bloei ontwikkelt zonnekroon ongeveer 18–20 of 20–30 vruchten per bloemhoofdje (Gansberger et al., 2015).

- 3.2.1 Ziektes en plagen

Zonnekroon is een gewas dat relatief laaggevoelig is voor ziekten en plagen. Omdat het een relatief nieuwe teelt is in Europa en Nederland, zijn er nog weinig gespecialiseerde plaagorganismen die zich op dit gewas hebben aangepast (Jablonowski et al., 2017). Toch zijn enkele ziekten en plagen waargenomen, met name in regio's waar zonnekroon al langer wordt geteeld, zoals Duitsland en Tsjechië. De meest gemelde schimmelaantasting is witrot (*Sclerotinia sclerotiorum*), die vooral onder vochtige omstandigheden schade kan veroorzaken aan stengels en wortels (Dürr et al., 2021). Andere schimmels die verliezen in biomassa en zaadproductie kunnen veroorzaken zijn *Botrytis*-soorten. Tijdens koele en vochtige najaren kunnen bloemknoppen aangetast worden door *Botrytis*-soorten, waardoor ze verwelken en zwart worden voordat ze opengaan (Gansberger et al., 2015). Ook kan zonnekroon schade oplopen door de aanwezigheid van plaagdieren. Zo kunnen rupsen van de gamma-uil (*Autographa gamma*), de boksbaardvlinder (*Amphipyra tragopogonis*) en de tweekleurige uil (*Hecatera bicolorata*) waargenomen worden op de bladeren van de zonnekroon. Het is niet bekend of deze soorten ook ernstige schade veroorzaken (Gansberger et al., 2015).

- 3.3 Ecologische en milieutechnische aspecten

Zonnekroon is een duurzaam meerjarig gewas dat veel voordelen kan bieden voor milieu en landbouw, zoals het vastleggen van koolstof, verbetering van de bodem en biodiversiteit. Zo zorgt het uitgebreide wortelstelsel voor een betere bodemstructuur en bodemvruchtbaarheid doordat de diepe wortels koolstof opslaan en voedingsstoffen uit diepe bodemlagen worden opgenomen. Omdat het gewas gedurende een lange periode geteeld kan worden (tot wel 20 jaar) en hierbij ook de bodem wordt het risico op bodemerosie, uitspoeling van nutriënten en afspoeling verminderd (Van Loo, 2022; Gansberger et al., 2015). Ook is het gewas bestand tegen zoal droge als tegen natte periodes, waardoor zonnekroon ook een klimaat adaptief gewas is (Van Loo, 2022). De minimale waterbehoefte ligt rond 400 tot 500 millimeter per jaar en 200 tot 250 millimeter gedurende de groeiperiode (Gansberger et al., 2015). Daarnaast heeft zonnekroon een positieve invloed op de aanwezigheid van zowel de bovengrondse als de

ondergrondse biodiversiteit. Door de verbeterde bodemkwaliteit komen er bijvoorbeeld meer wormen in de bodem voor (Van Loo, 2022). De nectar en het stuifmeel van de bloemen zorgen voor een voedselbron voor bijen en andere bestuivende insecten. Wanneer er water staat in de kommetjes van de bladeren, kunnen kleine vogels en insecten ook van het water drinken (Gansberger et al., 2015).

- 3.4 Zonnekroon als (kansrijk) gewas

Zonnekroon is een meerjarig gewas dat 15 tot 20 jaar kan produceren zonder herplanting. Volgens Rijksdienst voor Ondernemend Nederland is zonnekroon een rustgewas, dit houdt in dat het gewas kan bijdragen aan bodemverbetering en biodiversiteit, hierdoor is het gewas geschikt voor incurante percelen (RVO, 2023). Het areaal van zonnekroon in Nederland wordt geschat op 50 tot 100 hectare, voornamelijk verspreid over Noord- en Oost-Nederland (Mons, 2024). In Duitsland bedraagt het areaal naar schatting ongeveer 12.000 hectare, wat het tot het belangrijkste teeltland in Europa maakt (Rolink, 2024). Wereldwijd wordt het gewas geschat op 20.000 tot 25.000 hectare, met name in Centraal- en Oost-Europa (Landbouwleven., 2022).

Aangezien zonnekroon in het eerste groeiseizoen slecht opgewassen is tegen concurrentie met onkruid, is het aan te bevelen om vooraf gewassen te telen die onkruidgroei onderdrukken. Voorbeelden van dergelijke voorteelten zijn wortels, maïs of granen. Na het eerste groeijaar is zonnekroon beter bestand tegen onkruid. Granen zijn geschikt als nateelt om de groei van zonnekroon na gebruik te onderdrukken (Gansberger et al., 2015).

Na het oogsten van de voorteelt is een intensieve grondbewerking nodig om de onkruiddruk zoveel mogelijk te verminderen. Er zijn twee methoden om de zonnekroon te teelten: er kunnen zaden worden ingezaaid of er kunnen kiemplantjes worden geplant (Gansberger et al., 2015; Peni et al., 2020). Het planten van kiemplantjes is de gangbare methode voor het teelten van zonnekroon, aangezien het moeilijk is om zonnekroon te kweken vanuit zaad vanwege een instabiele kiemkracht (Vleeschouwers, 2017). De kiemplantjes kunnen in eind mei of begin juni worden geplant. Er bestaan verschillende meningen over de optimale plantdichtheid. Volgens onderzoek van Shalyuta en Kostitskaya (2018) is de optimale plantdichtheid in een patroon van 70 × 30 centimeter, terwijl de optimale plantdichtheid volgens Gansberger et. al. (2015) hoger is, namelijk in een patroon van 50x50 centimeter. Zij stellen dat de opbrengst bij deze plantdichtheid hoger is dan bij een plantdichtheid van 70 x 30 centimeter (Shalyuta & Kostitskaya, 2018; Gansberger et al., 2015). Daarentegen toonden de experimenten van Vetter et al. (2010) aan dat hun laagste plantdichtheid van 75 × 75 centimeter in het eerste oogstbare jaar een hogere opbrengst opleverde dan de hogere dichtheden van 50 × 50 centimeter. In het tweede oogstbare jaar waren de opbrengsten vergelijkbaar, ongeacht de plantdichtheid (Vetter et al., 2010).

- 3.4.1 Beheer

De hoeveelheid benodigde bemesting is afhankelijk van de voedingsstoffentoestand van de bodem en de verwachte opname van voedingsstoffen door het gewas. Zo heeft zonnekroon een grote capaciteit voor opname en vasthouden van voedingsstoffen. Bemesting wordt doorgaans in het voorjaar toegepast, voorafgaand aan of bij de aanplant van zonnekroon, zodat de jonge planten tijdens hun snelle groeifase direct toegang hebben tot voldoende nutriënten. Het monitoren van bodemgesteldheid en nutriëntenbeschikbaarheid kan de efficiëntie van de bemesting verder optimaliseren.

Er zijn verschillende methodes die toegepast kunnen worden bij het bemesten van zonnekroon (Peni, 2022). Allereerst kan er worden gekozen voor stikstofrijke bemesting. Bij zonnekroon leidt stikstofrijke bemesting tot een hogere biomassaopbrengst in het groeiseizoen, vooral tijdens de vroege groeifase. Tot 160 kilogram per hectare neemt de biomassaopbrengst toe met een toeneembare beschikbaarheid van stikstof. Hierna neemt het opbrengstverhogende effect af, en kan de opbrengst zelfs afnemen. Een tweede methode is het gebruik van organische bemesting. Denk hierbij aan bijvoorbeeld compost of een minerale meststoffen. Het voordeel is dat organische meststoffen de bodemstructuur verbeteren, het waterhoudend vermogen verhogen en langzaam nutriënten afgeven. Dit zorgt voor een gelijkmatigere en langdurige groei van zonnekroon. Hoewel de directe stimulering van de groei minder uitgesproken is dan bij stikstofrijke kunstmest, draagt organische bemesting bij aan een gezonde bodem en duurzame productie. Toepassing gebeurt meestal in het voorjaar of enkele weken voor aanplant, afhankelijk van de bodemkwaliteit. Een derde methodiek is het combineren van stikstofrijke en organische bemesting. Uit verschillende onderzoeken blijkt dat een gecombineerde bemesting het meest effectief is, doordat deze de voordelen van beide methodes combineert, resulterend in een evenwichtige plantengroei en verbeterde methaanproductie bij vergisting (Gansberger et al., 2015; Peni, 2022). Volgens Conrad et al. (2009) heeft het gewas 10 kilogram stikstof nodig om 1 ton droge stof te produceren. Er wordt een bemesting van 50 kilogram per hectare (uitgedrukt in stikstof) aanbevolen in het eerste groeijaar en in de daaropvolgende jaren een eenmalige bemesting per jaar aan het begin van de groeiperiode van ongeveer 130–160 kilogram per hectare, verminderd met de actuele waarde van het minerale stikstofgehalte in de bodem (Conrad et al., 2009).

In het eerste groeijaar ontwikkelt zonnekroon zich langzaam, en de bodemdekking wordt pas in de zomer bereikt. Daarom is onkruidbeheersing in het jaar van essentieel belang, en kost daarom ook enige tijdsinspanning. Het is belangrijk om het onkruid meerdere keren in het jaar mechanisch of handmatig te wieden. Vanaf het tweede jaar bereikt het gewas snel volledige bodemdekking, waardoor verdere onkruidbestrijding meestal niet meer nodig is (Van Loo, 2022; Vleeschouwers, 2017).

- 3.4.2 Oogstmethoden en frequentie

Zonnekroon kan vanaf het tweede groeijaar worden geoogst. Momenteel wordt zonnekroon geoogst met dezelfde technologie als voor maïs. Het gewas wordt gehakseld met een hakselaar voorzien van een maaibord, daarna met een aanhangwagen vervoerd en uiteindelijk ingekuild. Een alternatief is om het gehakseld materiaal eerst te laten verwelken voordat het in de kuil gaat. Het gewas kan één of twee keer per jaar worden geoogst. Meestal vindt er in september een enkele oogst plaats aan het einde van de bloei of bij het begin van de zaadrijpingsfase. Bij een dubbele oogst wordt de eerste oogst halverwege juni uitgevoerd, tijdens het begin van de knopvorming. Het voordeel van deze vroege oogst is het lagere vezelgehalte, wat zou kunnen leiden tot een hogere methaanopbrengst per ton droge stof. Het nadeel is het lagere droge-stofgehalte en een lagere droge-stofopbrengst per hectare. Daarom wordt er later in het jaar dan nog een tweede keer geoogst. Uit onderzoek blijkt echter dat de opbrengst van een enkele oogst in september hoger is dan de gecombineerde opbrengst van een dubbele oogst. Ook is het op ecologisch gebied beter om één keer per jaar te oogsten, omdat bloemen en de bladeren daardoor langer voedsel (nectar) en schuilplaatsen leveren voor dieren zoals insecten (Gansberger et al., 2015).

- 3.4.3 Drogestof opbrengst en voedingswaarden

Zonnekroon bevat bioactieve stoffen zoals insuline, terpenen, carotenoïden en flavonoïden. De voedingswaarden van zonnekroon staan ongeveer gelijk aan die van maïs en gras, het eiwit zit geconcentreerd in de bladeren (Vleeschouwers, 2017). Volgens Duits onderzoek bevat zonnekroon 88 gram ruw eiwit en 287 gram ruwe celstof per kilo droge stof. De opbrengst hangt af van de bodemkwaliteit, beschikbaarheid van water en de hoeveelheid bemesting. Met een bemesting van 130 tot 150 kilogram stikstof per hectare wordt 12 tot 20 ton droge stof per hectare verkregen (Wageningen University & Research, 2019). Tijdens een proef van Govaerts et al. (2024) is een opbrengst van 20,9 ton droge stof per hectare gehaald, deze bevatte ongeveer 1300 kilogram per hectare eiwit. De maximale concentratie aan ruw eiwit kan, volgens dit onderzoek, dus maximaal 6,13% bevatten (Govaerts et al., 2024).

- 3.5 Teelt in Noordoost-Fryslân

De teelt van zonnekroon sluit aan bij verschillende fysieke en agronomische kenmerken van Noordoost-Fryslân. De regio bestaat uit lichte zeeklei- en zavelgronden, afgewisseld met zandige overgangen, die geschikt zijn voor akkerbouw en ruwvoerteelt. Deze gronden worden in toenemende mate beïnvloed door droogte en verminderde bodemstructuur. Zonnekroon heeft een diep wortelstelsel dat vocht uit diepere bodemlagen kan benutten, waardoor het gewas een stabielere opbrengst kan realiseren onder droge omstandigheden vergeleken met eenjarige gewassen zoals snijmaïs (Silphie.nl, z.j).

De teelt vereist relatief lage input van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen. Op de vruchtbare gronden van de Waddenregio kan vaak volstaan worden met één gift op basis van dierlijke mest, wat de stikstofinput met ongeveer 30–40 kg N/ha verlaagt ten opzichte van snijmaïs (Platform Groen Gas, 2023). De meerjarige teeltvorm zorgt bovendien voor permanente bodembedekking, wat bijdraagt aan het verminderen van erosie en de opbouw van organische stof. Deze kenmerken sluiten aan bij provinciale beleidsdoelen voor bodemkwaliteit, waterbeheer en emissiereductie.

De regio beschikt over een infrastructuur die geschikt is voor verwerking. Binnen dertig kilometer van de meeste landbouwbedrijven bevinden zich installaties voor mestvergisting en biogasproductie, met nabijheid van initiatieven gericht op biobased materialen. Deze korte afstand tot verwerkingsmogelijkheden ondersteunt de integratie van zonnekroonteelt binnen bestaande ketens (Platform Groen Gas, 2023).

Zonnekroon kan worden ingezet voor energietoepassingen, zoals biogasproductie. Onder Nederlands klimaat bedraagt het droge-massa-opbrengstpotentieel van volwassen planten 12–15 ton/ha/jaar, wat kan leiden tot een biogasopbrengst van 850–1.100 m³ CH₄/ha. De oliehoudende zaden kunnen ook dienen voor biodieselpductie of directe verbranding in kleinschalige biomassa-installaties (Silphie.nl, z.j.).

- 3.5.1 Innovatieve toepassingen

Zonnekroon kan worden verwerkt tot ruwe celstof voor veevoer. Het gehalte aan ruw eiwit ligt gemiddeld rond 12–14 % van de droge stof, vergelijkbaar met luzerne, hoewel verteerbaarheid lager is (Van Loo, 2022). Daarnaast kan het residu na olie-extractie worden gebruikt als bodemverbeteraar; de organische fractie draagt bij aan de verbetering van bodemstructuur en waterretentie.

Zonnekroon kan ook worden ingezet als grondstof voor biogasproductie, zowel in bestaande mestvergisters als in speciaal ingerichte biomassaverwerkingsinstallaties. Het gewas heeft een hoog aandeel cellulose en lignine in de stengel en bladeren, en oliehoudende zaden, wat de potentiële methaanopbrengst beïnvloedt. Onder Nederlands klimaatomstandigheden wordt een droge-massa-opbrengst van 12–15 ton per hectare per jaar gemeten bij volwassen gewassen. Dit vertaalt zich naar een theoretische biogasopbrengst van ongeveer 850–1.100 m³ CH₄/ha per jaar (Silphie.nl, z.j.).

Andere innovatieve toepassingen zijn bijvoorbeeld de productie van bioplastics, vezels en isolatiemateriaal. De vezels zijn vergelijkbaar met hennepvezel en kunnen worden ingezet voor textiel en bouwmaterialen. Onderzoek naar polymeren uit zonnekroonzaadolie wordt momenteel uitgevoerd in Europese projecten voor biobased plastics (Berg et al., 2021).

-

- 3.5.2 Kosten en baten

Op basis van praktijkonderzoeken liggen de teelt- en oogstkosten van zonnekroon aanzienlijk hoger in de eerste jaren door de investering in plantmateriaal en aanpassing van machines. Na stabiliseren de jaarlijkse kosten, die in de meeste studies worden geschat op ongeveer €900 tot €1.400 per hectare, afhankelijk van arbeid, bemesting en mechanisatie (Dürr et al., 2021; Peni et al., 2020). Daarnaast levert de teelt indirecte baten door verminderd gebruik van kunstmest en herbiciden, en verbetering van de bodemkwaliteit en koolstofopslag, wat op bedrijfsniveau kostenbesparingen kan opleveren (Van Loo, 2022).

- 3.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren

De markt voor biobased materialen en biogas groeit, met toenemende vraag vanuit zowel industriële toepassingen als regionale energiecoöperaties. Volgens het CBS (2024) groeide de Nederlandse biobased sector tussen 2018 en 2023 met gemiddeld 6 % per jaar. Het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023) stimuleert expliciet de inzet van meerjarige gewassen voor bio grondstoffen. In Noordoost-Fryslân ontstaan korte ketens door samenwerking tussen agrarische coöperaties, mestvergieters (Ferwert, Dokkum) en biobased startups. Ook Friese bouw- en energieclusters, zoals Bouwgroep Dijkstra Draisma en het Biobased Cluster Noord-Nederland, ontwikkelen toepassingen voor regionale biomassa (Biobased NL, 2024). Samenwerking met agrarische collectieven, zoals Noardlike Fryske Wâlden, kan bijdragen aan agrarisch natuurbeheer en regionale afzet. Door koppeling van loonwerkbedrijven, biogasinstallaties en lokale producenten van biobased materialen kan zonnekroon worden geïntegreerd in bestaande landbouw- en energieketens. Dit vermindert transportkosten en versterkt regionale kringlopen (Provincie Fryslân, 2023).

- 3.5.4 Beleids- en maatschappelijke context

Op provinciaal niveau sluit zonnekroonteelt aan bij beleidsdoelen op het gebied van duurzame energie, bodemkwaliteit en biodiversiteit. De provincie Fryslân stimuleert meerjarige energiegewassen en circulaire toepassingen om de regionale energietransitie te ondersteunen en om organische stof in landbouwgrond te behouden (Provincie Fryslân, 2023). Door het gewas te integreren in bedrijfsvoering kan een bijdrage worden geleverd aan het realiseren van deze doelen, zonder dat dit ten koste gaat van de reguliere voedsel- of ruwvoerproductie. Ook kan de teelt van zonnekroon worden ingepast binnen het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) en bijbehorende vergroeningseisen. Door het meerjarige karakter van zonnekroon kan het bijdragen aan bodembedekking, gewasdiversificatie en behoud van organische stof, aspecten die in ecoregelingen worden gewaardeerd. Hiermee kan een deel van het areaal van een bedrijf meetellen voor het behalen van vergroeningseisen of voor deelname aan milieu- en klimaatmaatregelen die gekoppeld zijn aan GLB-subsidies (Rijksoverheid, 2023).

- 4 Koolzaad



Binnen het project Kansrijke Gewassen wordt ook koolzaad (*Brassica napus*) beschouwd als een kansrijk gewas met zowel potentiële ecologische als economische voordelen. Dit hoofdstuk bespreekt de belangrijkste teeltkenmerken, ecologische waarde en toepassingsmogelijkheden van koolzaad, met bijzondere aandacht voor de potentiële bijdrage aan duurzame landbouw in Noordoost-Fryslân.

- 4.1 Botanische achtergrond

Koolzaad is een eenjarige plantensoort uit de familie van de kruisbloemigen (*Brassicaceae*) en het geslacht *Brassica*. Koolzaad komt oorspronkelijk uit zowel Azië als in Europa. In Azië, met name in Noord-India en China, worden verwante soorten zoals raapzaad (*Brassica rapa*) al duizenden jaren gecultiveerd. In Europa is koolzaad ontstaan uit een kruising van raapzaad en kool (*Brassica oleracea*) (Liu et al., 2006). De plant kan een hoogte van 30 tot 150 centimeter bereiken en heeft rechtopstaande, holle stengels met vertakkingen naar boven. De bladeren zijn lancetvormig en hebben een tot 15 cm lange bladsteel met een 5-25 cm lange en 2-7 cm brede bladschijf. De bloemen zijn geel en staan met 20 tot 40 bloemen in een tros. De bloemen staan in bloei van april tot augustus (Raboanatahiry et al., 2021).

De plant ontwikkelt normaliter één hoofdsteel per plant, met secundaire zijtakken die bijdragen aan de totale biomassaopbrengst. Het gewas beschikt over een relatief diep wortelstelsel, dat tot ongeveer 1,5–2 meter in de bodem kan reiken. Hierdoor is koolzaad beter bestand tegen droogteperiodes dan gewassen met ondiepe wortels, omdat het vocht en voedingsstoffen uit diepere bodemlagen kan benutten (Wang et al., 2017). Tijdens de winter sterven de bovengrondse delen van de plant af, terwijl het wortelstelsel in de bodem overleeft. Koolzaad groeit van nature op goed doorlatende, vruchtbare bodems en kan korte periodes van wateroverlast verdragen, hoewel langdurige overstromingen schadelijk zijn voor de plant (Combs-Giroir et al., 2024).

- 4.2 Groei en ontwikkeling

Koolzaad groeit het beste in gematigde klimaten met voldoende zonlicht en een goed doorlatende bodem met een neutrale pH-waarde (Raboanatahiry et al., 2021). Het gewas geeft de voorkeur aan vruchtbare, humusrijke grond met een goede waterhuishouding. Permanent natte bodems zijn minder geschikt (Wang et al., 2017). Koolzaad is winterhard en kan temperaturen tot ongeveer -15 °C verdragen, afhankelijk van het ras en de bodemgesteldheid (Malik et al., 2020). De optimale groeitemperatuur ligt rond de 18–20 °C, waarbij voldoende zonlicht belangrijk is voor optimale groei, bloei en biomassaopbrengst (Wang et al., 2017; Raboanatahiry et al., 2021).

Succesvolle kieming van koolzaad is afhankelijk van bodemtemperatuur, vocht, zuurstofvoorziening en bodemcontact. Zaadjes beginnen te ontkiemen bij minimaal 2–3 °C, maar de kiemsnelheid is optimaal bij 8–12 °C. Te koude of te warme bodems beïnvloeden de kiemkracht negatief (Louvieaux et al., 2020). Voldoende vocht is essentieel om enzymatische processen in het zaad te activeren, terwijl te veel water zuurstofgebrek kan veroorzaken en de kieming remt (Koenig, 2014). Het is hierbij belangrijk om koolzaad te telen op een bodem die weinig onkruidzaden en wortelonkruiden bevat (Raboanatahiry et al., 2021).

Koolzaad is een eenjarig gewas. In voorjaar vormt de plant een wortelrozet met een stevige penwortel en meerdere zijwortels. In het voorjaar groeit de plant in hoogte, ontwikkelt internodiën en vormt bloemen. De bloei begint doorgaans in mei en duurt tot juli, afhankelijk van de locatie en het weer. Elk bloemhoofdje bloeit gemiddeld 7–10 dagen en produceert 15–25 zaden, afhankelijk van het ras en de groeicondities (Louvieaux et al., 2020). Het wortelstelsel van koolzaad speelt een cruciale rol in de opname van water en voedingsstoffen. Een diep en goed vertakt wortelstelsel is positief gecorreleerd met een hogere zaadopbrengst (Louvieaux et al., 2020; Koenig, 2014). Koolzaad geeft daarnaast een hoge opbrengst op rijke gronden met een goede structuur. Een goed voorbeeld hiervan zijn jonge zeekleigronden, gescheurd grasland en op zavelgronden van IJsselmeerpolder. Naast klei- en zavelgronden kan koolzaad ook goed groeien op lössgrond en goed vochthoudende zandgronden (Bernelot Moens & Wolfert, 2003).

- 4.2.1 Ziektes en plagen

Koolzaad is over het algemeen relatief robuust, maar is net als andere koolsoorten wel gevoelig voor een aantal specifieke ziekten en plagen. De belangrijkste ziektes zijn schimmelinfecties zoals zwartsikkelrot (*Sclerotinia sclerotiorum*) en *Alternaria* bladvlekken (*Alternaria spp.*), die vooral voorkomen bij vochtige omstandigheden (Balesdent et al., 2001; Van de Wouw et al., 2014; Raboanatahiry et al., 2021). Ook kunnen insectenplagen schade veroorzaken. De belangrijkste soorten in Europa zijn onder meer de koolmoot (*Plutella xylostella*), koolwitjes (*Pieris brassicae*, *Pieris rapae*) en diverse bladluizen (*Brevicoryne brassicae*, *Myzus persicae*) (Van Emden et al., 2015).

- 4.3 Ecologische en milieutechnische aspecten

Koolzaad is een gewas met meerdere duurzaamheidsvoordelen voor zowel ecologie als milieu. Het gewas draagt bij aan koolstofvastlegging, verbetering van de bodemstructuur en bevordering van biodiversiteit. Het wortelstelsel van koolzaad bestaat uit een diepe penwortel en talrijke zijwortels, die bijdragen aan de stabiliteit van de bodem en het verminderen van erosie. Door de dieptewerking van het wortelstelsel worden voedingsstoffen uit lagere bodemlagen benut en organische koolstof opgeslagen, wat de bodemvruchtbaarheid op lange termijn ondersteunt (Rathke et al., 2005; Glendining et al., 2009; Raboanatahiry et al., 2021).

Koolzaad wordt doorgaans als rotatiegewas ingezet in vruchtwisselingsschema's met granen, aardappelen en suikerbieten. Deze rotatie helpt om ziekten en plagen te doorbreken en bevordert de structuurverbetering van de bodem. Bovendien vermindert het gewas het risico op nutriëntenuitspoeling doordat het ook in het najaar nog stikstof opneemt, wat het milieu ten goede komt (Rathke et al., 2005).

Daarnaast speelt koolzaad een positieve rol in de biodiversiteit. Tijdens de bloei, die zich meestal van mei tot juli uitstrekt, bieden de gele bloemen een rijke voedselbron aan bijen, hommels en andere bestuivende insecten. Onderzoek toont aan dat koolzaadvelden bijdragen aan hogere dichtheden van bestuivers en insectendiversiteit in landbouwgebieden waar weinig alternatieve nectarbronnen aanwezig zijn (Westphal et al., 2003; Scheper et al., 2014). De teelt kan daardoor ook een belangrijke ecologische functie vervullen binnen agrarische landschappen met een lage bloemdichtheid.

- 4.4 Koolzaad als (kansrijk) gewas

Koolzaad is een eenjarig oliehoudend gewas dat wereldwijd van groot belang is voor de productie van plantaardige olie, veevoer en biobrandstoffen. De kwaliteit van koolzaadolie is verrassend goed, het wordt zelfs vaak vergeleken met olijfolie. In Nederland wordt koolzaad vooral geteeld als wintergewas binnen vruchtwisselingssystemen met granen en aardappelen. Het gewas wordt beschouwd als een rustgewas, omdat het de bodemstructuur verbetert, bijdraagt aan stikstofbenutting in het bouwplan en gunstig is voor biodiversiteit (RVO, 2023). Hierdoor wordt koolzaad regelmatig toegepast op percelen die minder geschikt zijn voor intensieve akkerbouwgewassen.

Het areaal koolzaad in Nederland bedraagt naar schatting 2.000 tot 3.000 hectare, voornamelijk geconcentreerd in Groningen, Friesland, Flevoland en Zeeland (CBS, 2024; RVO, 2023). Het areaal is in de afgelopen tien jaar licht gedaald door de lage marktprijzen en concurrentie met andere gewassen, maar er is hernieuwde belangstelling door de toenemende vraag naar biobased grondstoffen en duurzame energie. Wereldwijd wordt koolzaad op ongeveer 36 miljoen hectare geteeld, met China, Canada, India en de Europese Unie als belangrijkste productieregio's (FAO, 2024).

Koolzaad wordt doorgaans gezaaid in augustus of september (winterkoolzaad) of in het vroege voorjaar (zomerkoolzaad), afhankelijk van de klimaatzone en bodemgesteldheid. In Nederland wordt vooral winterkoolzaad geteeld, vanwege de hogere opbrengst en betere benutting van wintervocht (Koenig, 2014). Voorafgaande teelten zoals granen, veldbonen of erwten zijn geschikt omdat ze weinig onkruidresidu achterlaten en bijdragen aan een goede bodemstructuur. Koolzaad wordt afgeraden na andere koolgewassen vanwege het risico op het verspreiden van ziektes (Rathke et al., 2005).

Een zorgvuldige grondbewerking is essentieel voor een goede zaaibedvoorbereiding, vooral op klei- en zavelgronden. Het zaad wordt doorgaans op een diepte van 1,5–2,5 cm gezaaid. De optimale plantdichtheid van winterkoolzaad ligt tussen 60 en 80 planten per vierkante meter, en de optimale plantdichtheid van zomerkoolzaad is rond de 100 zaden per vierkante meter (Koenig, 2014; DEFRA, 2021; Colzaco, 2024). Te hoge dichtheden kunnen leiden tot concurrentie om licht en voedingsstoffen, terwijl te lage dichtheden resulteren in lagere opbrengsten door onvoldoende plantdekking. De teeltduur van koolzaad bedraagt gemiddeld 10 tot 11 maanden bij winterkoolzaad, waarna het gewas in juli of augustus wordt geoogst. De opbrengst varieert in Nederland doorgaans tussen 3 en 5 ton zaden per hectare, afhankelijk van ras, bodemvruchtbaarheid en teeltomstandigheden (CBS, 2024; Rathke et al., 2005). Het opbrengstpotentieel van zomerkoolzaad ligt lager dan de opbrengst van winterkoolzaad (Colzaco, 2024)

- 4.4.1 Beheer

De hoeveelheid benodigde bemesting voor koolzaad is afhankelijk van de voedingsstoffentoestand van de bodem en de verwachte opname door het gewas. Koolzaad heeft een hoge vraag naar stikstof, zwavel, fosfor en kalium, omdat het in korte tijd veel biomassa en zaden produceert (Rathke et al., 2006; RVO, 2023). Bemesting wordt doorgaans toegediend voor of tijdens het zaaien, zodat jonge planten direct over voldoende nutriënten beschikken voor wortelontwikkeling en bladgroei.

Er zijn verschillende methoden voor bemesting van koolzaad. Allereerst kan worden gekozen voor stikstofrijke bemesting. Stikstofrijke bemesting stimuleert vooral de vroege groei van het gewas en verhoogt de uiteindelijke zaadopbrengst. De optimale stikstofgift ligt meestal tussen 150 en 220 kilogram per hectare, afhankelijk van de bodemvruchtbaarheid en het voorgaande gewas. Te veel stikstof kan echter leiden tot legering en verhoogde ziektegevoeligheid (Berry & Spink, 2006). Vaak wordt daarom een gesplitste bemesting toegepast, waarbij een deel van de stikstof vroeg in het groeiseizoen wordt gegeven en het resterende deel rond de bloei (Järvan et al., 2017).

Een tweede methode is het gebruik van organische bemesting, zoals compost, drijfmest of digestaat. Dit type bemesting verbetert de bodemstructuur, verhoogt het organisch stofgehalte en zorgt voor een geleidelijke afgifte van nutriënten, wat bijdraagt aan een gelijkmatige groei van het gewas. Toepassing gebeurt meestal voor het zaaien of in de vroege groeifase, afhankelijk van de bodemkwaliteit.

Daarnaast is het belangrijk om aandacht te besteden aan zwavel, fosfor en kalium. Zwavel is nodig voor de vorming van aminozuren en olie, fosfor voor wortelontwikkeling en energiehuishouding, en kalium voor stressbestendigheid en transport van voedingsstoffen. Tekorten aan deze elementen kunnen leiden tot lagere zaadopbrengsten en een verminderde oliekwiteit (Järvan et al., 2017; Rathke et al., 2006).

Koolzaad is een eenjarig gewas en bereikt relatief snel een volledige bodemdekking. Daarom is onkruidbestrijding vooral belangrijk in de eerste weken na opkomst. Dit kan mechanisch of chemisch worden uitgevoerd. Na het vormen van een gesloten bladerdek is verdere onkruidbestrijding meestal niet meer nodig.

- 4.4.2 Oogstmethoden en frequentie

Koolzaad wordt één keer per jaar geoogst. De oogst vindt doorgaans plaats in augustus of begin september, afhankelijk van het ras en de weersomstandigheden. Het gewas wordt geoogst met een combine uitgerust met een maaibord of speciaal koolzaadmaaibord, waarna de zaden van het stengel- en bladmateriaal worden gescheiden en gedroogd tot het gewenste drogestofgehalte voor opslag of verwerking (Rathke et al., 2006; Berry & Spink, 2006). Een te vroege oogst kan leiden tot een lager olie- en zaadgehalte, terwijl een te late oogst kan zorgen voor zaadverlies door afvallen of schimmelvorming. Over het algemeen wordt geoogst wanneer 60–70% van de zaden geel is en de stengels beginnen te verkleuren, wat een optimale balans biedt tussen opbrengst en kwaliteit (Rathke et al., 2006).

- 4.4.3 Drogestof opbrengst en voedingswaarden

Koolzaad bevat verschillende stoffen zoals glucosinolaten, fenolische verbindingen, carotenoïden en flavonoïden die bijdragen aan de antioxidatieve en antimicrobiële eigenschappen van de plant (Kaur et al., 2011). Ook bevatten de zaden veel eiwitten en vitaminen, wat het geschikt maakt voor veevoeding en als alternatief voor soja (Raboanatahiry et al., 2021). De voedingswaarden van koolzaad liggen over het algemeen hoger dan die van gras, met een relatief hoog eiwitgehalte dat voornamelijk geconcentreerd is in de bladeren (Kaur et al., 2011). Volgens onderzoek van Sincik et al. (2007) bevat koolzaad gemiddeld 151 gram ruw eiwit en 258 gram ruwe celstof per kilogram droge stof. De opbrengst hangt af van de bodemkwaliteit, de beschikbaarheid van water en de hoeveelheid bemesting. Onder optimale omstandigheden varieert de droge stofopbrengst tussen 6,5 en 9,1 ton per hectare (Sincik et al., 2007). Onderzoek van Islam et al. (2020) toont aan dat een oogst bij een planthoogte van 90 centimeter resulteert in een opbrengst van 4,2 tot 5,0 ton droge stof per hectare, terwijl eerder oogsten leidt tot een hogere voedingswaarde maar lagere opbrengst. Bij een hogere stikstofbemesting neemt zowel de opbrengst als het eiwitgehalte toe. De maximale concentratie aan ruw eiwit kan, volgens deze onderzoeken, oplopen tot ongeveer 15% van de droge stof (Sincik et al., 2007; Islam et al., 2020).

- 4.5 Teelt in Noordoost-Fryslân

De teelt van koolzaad sluit goed aan bij de fysieke en agronomische omstandigheden van Noordoost-Fryslân. De regio bestaat voornamelijk uit lichte zeeklei- en zavelgronden met overgangen naar zand, die geschikt zijn voor akkerbouw en oliehoudende teelten. Deze bodems beschikken over een goede vruchtbaarheid, maar worden de laatste jaren vaker beïnvloed door droogte en een verminderde bodemstructuur. Koolzaad beschikt over een diep en vertakt wortelstelsel dat water en nutriënten uit diepere bodemlagen kan opnemen, waardoor het gewas beter bestand is tegen droogte dan ondiep wortelende gewassen zoals granen of gras (Zheng et al., 2022).

De teelt vraagt een gerichte inzet van nutriënten en gewasbescherming. Onder Noord-Europese omstandigheden wordt een stikstofgift van 150 tot 200 kilogram N per hectare aanbevolen om een optimale opbrengst en zaadkwaliteit te bereiken (Rajković et al., 2021). Op de vruchtbare klei- en zavelgronden van de Waddenregio kan de bemesting worden afgestemd op de natuurlijke stikstoflevering van de bodem, waarbij het risico op uitspoeling beperkt blijft door de relatief lange groeiduur van het gewas. Koolzaad heeft bovendien een gesloten gewasstructuur die onkruidgroei beperkt en bijdraagt aan een betere bodem-bedekking gedurende de winterperiode. Dit ondersteunt regionale doelen voor bodemkwaliteit, waterbeheer en emissiereductie.

In de directe omgeving van Noordoost-Fryslân bevindt zich een geschikte verwerkingsinfrastructuur voor olie- en zaadgewassen. Binnen een straal van dertig kilometer liggen verschillende installaties voor persing van koolzaadolie en verwerking van restproducten tot diervoeder, evenals initiatieven gericht op biobased materialen en biobrandstoffen. Deze nabijheid van verwerkingsfaciliteiten maakt het economisch haalbaar om koolzaad in te passen binnen bestaande landbouw- en energie-ketens (Tofanica, 2019).

- 4.5.1 Innovatieve toepassingen

Koolzaad kan worden verwerkt tot verschillende hoogwaardige producten, waaronder olie, eiwitrijke perskoeken en vezelrijke reststromen. Het gehalte aan ruw eiwit van de zaadkoek ligt gemiddeld tussen 32 en 38 % van de droge stof, wat vergelijkbaar is met soja-schroot, terwijl de verteerbaarheid eveneens hoog is (Abdelrahman et al., 2022). De perskoek en het meel na olie-extractie worden veel toegepast als veevoer vanwege het gunstige aminozuurprofiel en het hoge gehalte aan zwavelhoudende verbindingen. Daarnaast kan het restproduct uit de verwerking worden ingezet als organische bodemverbeteraar; de overgebleven organische fractie bevat lignine, cellulose en mineralen die bijdragen aan verbetering van de bodemstructuur en waterretentie (Tofanica, 2019).

Koolzaad kan ook worden benut als grondstof voor de productie van biobrandstoffen. De zaden bevatten gemiddeld 40 tot 45 % olie, waarvan ongeveer 94 % kan worden omgezet in biodiesel via transesterificatie (Fridrihsone et al., 2020). Naast biodiesel wordt in toenemende mate geëxperimenteerd met de vergisting van reststromen, zoals stengels, bladeren en perskoek, in co-vergisting met mest. Onder Noord-Europese klimaatomstandigheden bedraagt de totale droge-stofopbrengst van het gewas 5 à 10 ton per hectare, waarmee theoretisch 750 tot 950 m³ CH₄ per hectare per jaar kan worden geproduceerd (Rajković et al., 2021; Abdelrahman et al., 2022).

Daarnaast kent koolzaad een groeiend aantal innovatieve toepassingen binnen de biobased economie. De vezels uit de stengel worden onderzocht voor gebruik in bio composieten en lichtgewicht bouwmaterialen, terwijl de oliefractie geschikt is voor de productie van bioplastics, smeermiddelen en oppervlakte-actieve stoffen. De chemische samenstelling van koolzaadolie maakt het bijzonder geschikt voor de productie van polymeren met een hoog hernieuwbaar koolstofaandeel (Tofanica, 2019). In verschillende Europese onderzoeksprojecten wordt gewerkt aan de ontwikkeling van biobased kunststoffen en biopolymeren op basis van koolzaadolie.

- 4.5.2 Kosten en baten

Op basis van praktijkonderzoek en Europese teeltdata (Fridrihsone et al., 2020; Rajković et al., 2021) bedragen de jaarlijkse kosten voor teelt, oogst en verwerking van koolzaad ongeveer €1.000–€1.400 per hectare, exclusief vaste investeringen in zaaimachines en opslagfaciliteiten. De totale kosten zijn vergelijkbaar met andere oliehoudende gewassen en hangen sterk af van de stikstofbemesting en de benodigde gewasbescherming. De opbrengsten van koolzaad variëren afhankelijk per toepassing. Bij een gemiddelde zaadopbrengst van 3,5 ton per hectare en een oliegehalte van 42–45% ligt het bruto-inkomen bij verkoop voor olieproductie tussen €1.600 en €1.900 per hectare, afhankelijk van de marktprijs voor koolzaadolie (Fridrihsone et al., 2020). Wanneer het gewas wordt benut voor biobrandstofproductie, bijvoorbeeld biodiesel, liggen de opbrengsten doorgaans iets lager, rond €1.200–€1.500 per hectare, afhankelijk van de contractprijs en de afzetketen. Bij verwerking tot veevoer levert de perskoek na olie-extractie een waardevol eiwitrijk bijproduct op. De economische waarde hiervan bedraagt ongeveer €300–€400 per ton perskoek, wat bijdraagt aan het financiële rendement van de teelt (Abdelrahman et al., 2022). Daarnaast kan het restproduct worden toegepast als organische bodemverbeteraar, waarbij het directe financiële rendement lager is, maar de besparing op kunstmestgebruik en de bijdrage aan bodemkwaliteit op langere termijn financieel gunstig uitvallen (Tofanica, 2019).

- *4.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren*

De markt voor plantaardige oliën en biobased grondstoffen uit koolzaad groeit, mede door de toenemende vraag vanuit zowel de voedingsmiddelenindustrie als de energie- en biobased sector. Volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, 2024) nam de productie van plantaardige oliegewassen in Nederland tussen 2018 en 2023 jaarlijks met gemiddeld 5–6 % toe. Het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030 (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023) stimuleert de teelt van oliehoudende gewassen, waaronder koolzaad, voor de productie van biobrandstoffen, bioplastics en duurzame chemicaliën.

In Noordoost-Fryslân sluit de koolzaadteelt goed aan bij bestaande agrarische en industriële ketens. De regio beschikt over een infrastructuur voor oliepersing en verwerking van zaden, onder meer via coöperaties en loonwerkbedrijven die leveren aan biobrandstofproducenten in Noord-Nederland. Daarnaast wordt koolzaadolie toegepast in biobased bouwmaterialen en vinden de bijproducten zoals raapschroot en perskoek afzet in de veevoerindustrie (Tofanica, 2019; Fridrihsone et al., 2020). Er ontstaan steeds meer regionale samenwerkingen tussen agrarische coöperaties, biobrandstofproducenten en biobased startups. Bedrijven en initiatieven binnen het Biobased Cluster Noord-Nederland ontwikkelen toepassingen voor plantaardige oliën en reststromen, onder andere voor de productie van bioplastics en harsen. Ook Friese bouw- en energieclusters, zoals Bouwgroep Dijkstra Draisma en Ekwadraat, onderzoeken mogelijkheden voor toepassing van koolzaadolie in circulaire bouwmaterialen en energieconcepten (Biobased NL, 2024).

- *4.5.4 Beleids- en maatschappelijke context*

De teelt van koolzaad past binnen verschillende beleidsdoelen gericht op verduurzaming van de landbouw en versterking van de biobased economie. In het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030 is de ambitie opgenomen om de productie van bio grondstoffen uit landbouwgewassen te vergroten, onder meer voor de chemische en bouwsector (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023). Koolzaad kan hierin een strategische rol spelen door als lokaal geteeld gewas grondstof te leveren voor de productie van duurzame energie en materialen.

Binnen het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) 2023–2027 kan koolzaad bovendien worden ingezet in ecoregelingen en vergroeningseisen. De teelt draagt bij aan gewasdiversificatie, winterbedekking en vermindering van nutriëntenverliezen. Hierdoor komt het gewas in aanmerking voor extra vergoeding binnen het nieuwe eco-activiteitenstelsel (Rijksoverheid, 2023).

- 5 Veldboon



Binnen het project Kansrijke Gewassen wordt ook veldboon (*Vicia faba*) beschouwd als een kansrijk gewas met potentiële ecologische en economische voordelen. Dit hoofdstuk bespreekt de belangrijkste teeltkenmerken, ecologische waarde en toepassingsmogelijkheden van veldboon, met bijzondere aandacht voor de potentiële bijdrage aan duurzame landbouw in Noordoost-Fryslân.

- 5.1 Botanische achtergrond

De veldboon, ook wel bekend als de tuinboon, is een eenjarige plantensoort uit de vlinderbloemenfamilie (*Fabaceae*). De soort heeft een oorsprong in het Middellandse Zeegebied en West-Azië, maar wordt tegenwoordig wereldwijd verspreid geteeld in Europa, Azië en Noord-Amerika (Crépon et al., 2010). De veldboon behoort tot een van de oudste gecultiveerde peulvruchten en is een belangrijk eiwitgewas binnen gematigde klimaatzones (Wageningen University & Research, 2023).

De plant kan een hoogte bereiken van 75 tot 200 centimeter en heeft een rechtopstaande, stevige stengel met vier tot zes ribben. De bladeren zijn oneven geveerd en bestaan uit ovale blaadjes met een wasachtige blauwgroene kleur (FAO, 2022). De bloemen zijn wit tot paars met een kenmerkende donkere vlek op de vleugel, en verschijnen in trossen in de bladoksels. De peulen zijn langwerpig en bevatten gemiddeld drie tot acht zaden die sterk variëren in grootte en kleur, afhankelijk van het ras (Crépon et al., 2010). De veldboon vormt een krachtig wortelstelsel met een penwortel die tot ongeveer een meter diep in de bodem kan doordringen (Jensen et al., 2012). Toch kan een periode van aanhoudende droogte, vooral na de bloei, de opbrengst verminderen (Timmer et al., 2025; Yano et al., 2005). Daarnaast vormt de veldboon wortelknolletjes in symbiose met stikstofbindende bacteriën (*Rhizobium leguminosarum*), waardoor het gewas zelf stikstof kan fixeren uit de lucht. Dit vermindert de behoefte aan kunstmest en draagt bij aan een betere stikstofbalans in de bodem (Voisin et al., 2013; Alletto et al., 2009).

- 5.2 Groei en ontwikkeling

De veldboon groeit het best in gematigde klimaten en is goed aangepast aan de omstandigheden van Noordwest-Europa. De plant heeft een voorkeur voor een open, zonnig perceel en een goed doorlatende, vruchtbare bodem met een hoog organisch stofgehalte. De ideale groeiomstandigheden worden gevonden op klei- en zavelgronden met een pH tussen 6 en 7 (Crépon et al., 2010; Timmer et al., 2025). De veldboon is een gewas dat enigszins bestand is tegen lage temperaturen. Het gewas kan geteeld worden tussen de 4°C en 24 °C en heeft een optimale groeitemperatuur tussen 18 °C en 22 °C (Yano et al., 2005). Hogere temperaturen boven 28 °C en de daarmee gepaarde droogte tijdens de bloei kunnen leiden tot verminderde vruchtzetting en lagere opbrengsten (FAO, 2022).

Na het zaaien in het voorjaar vanaf maart kiemt de veldboon binnen 10 tot 14 dagen bij gunstige bodemtemperaturen. De jonge plant ontwikkelt in de eerste weken een sterke penwortel met zijwortels waarop zich *Rhizobium*-knolletjes vormen. In de daaropvolgende groeifase vormt de veldboon meerdere stengels met afwisselend geplaatste bladeren en bloemtrossen. De bloei begint meestal 4 tot 6 weken na opkomst. Er ontstaan meestal 2-6 bloemen per tros. De bloei duurt drie tot vier weken, afhankelijk van de temperatuur en daglengte (Crépon et al., 2010). Bij een lagere temperatuur duurt de bloei iets langer (Timmer et al., 2025). Ongeveer 20% van de bloemen rijpen tot volwassen peulen. De peulen rijpen in de zomer en bevatten gemiddeld drie tot vijf zaden per peul (Timmer et al., 2025).

- 5.2.1 Ziekten en plagen

De veldboon is gevoelig voor verschillende schimmelziekten en insectenplagen, vooral onder vochtige en warme omstandigheden. De meest voorkomende schimmelziekten in Noordwest-Europa zijn chocoladevlekkenziekte (*Botrytis fabae*), roest (*Uromyces viciae-fabae*) en meeldauw (*Erysiphe pisi*) (Jensen et al., 2012). Chocoladevlekkenziekte veroorzaakt donkere necrotische vlekken op bladeren en peulen en kan leiden tot aanzienlijke opbrengstverliezen, vooral bij hoge luchtvochtigheid. Roest en meeldauw komen vaker voor in warme, droge perioden en kunnen de fotosynthese en zaadopbrengst beperken (Stoddard et al., 2010; Alletto et al., 2009).

Wat betreft plaaginsecten is de veldboon vooral gevoelig voor de bonenluizen (*Aphis fabae*), die zich voeden met plantensappen en virussen kunnen overbrengen. Ook de bonenkever (*Bruchus rufimanus*) vormt een risico: de larven ontwikkelen zich in de zaden, wat de kwaliteit vermindert. Monitoring en vroegtijdige oogst kunnen schade beperken (Voisin et al., 2013).

- 5.3 Ecologische en milieutechnische aspecten

Veldboon is een eiwitrijk gewas dat een belangrijke bijdrage kan leveren aan bodemkwaliteit, biodiversiteit en klimaatadaptatie. Zo vormt veldboon wortelknolletjes in symbiose met *Rhizobium leguminosarum*, waarmee stikstof uit de lucht wordt vastgelegd. Een deel van deze stikstof blijft achter in de bodem en komt beschikbaar voor het volggewas, waardoor er minder kunstmest gebruikt hoeft te worden (Timmer et al., 2025). Daarnaast zorgt het diepe wortelstelsel van de veldboon voor een betere bodemstructuur en een toename van organische-stofgehalten (Jensen et al., 2012; Timmer et al., 2025).

Veldbonen worden in Nederland doorgaans ingezet als onderdeel van vruchtwisselingsschema's met granen, aardappelen of suikerbieten. Deze rotatie helpt bodemgebonden ziekten te doorbreken en bevordert de bodemkwaliteit op de lange termijn. Bovendien kan de teelt bijdragen aan het verminderen van nitraatuitspoeling doordat het gewas in het voorjaar een snelle bodembedekking vormt en stikstof efficiënt benut. Onder Nederlandse omstandigheden kan de veldboon jaarlijks 150 tot 200 kilogram stikstof per

hectare binden, afhankelijk van bodemtype en teeltomstandigheden (Timmer et al., 2025; Van Laarhoven et al., 2023). Daarmee levert het gewas een directe bijdrage aan de verduurzaming van teeltsystemen.

Naast voordelen voor de bodem heeft de veldboon ook een belangrijke ecologische waarde. Tijdens de bloei produceren de bloemen grote hoeveelheden nectar en stuifmeel. Dit maakt de plant aantrekkelijk voor bijen, hommels, zweefvliegen en andere bestuivende insecten. Veldbonen behoren tot de akkerbouwgewassen met de hoogste nectarproductie per hectare in het Nederlandse teeltareaal (Timmer et al., 2025). Ook ondergronds heeft de veldboon een positief effect op biodiversiteit. De combinatie van wortelafscheidingen, stikstofbinding en organische stofaanvoer stimuleert het bodemleven, waaronder schimmels, bacteriën en regenwormen (Van Laarhoven et al., 2023).

- 5.4 Veldboon als (kansrijk) gewas

De veldboon is een eenjarig vlinderbloemig gewas dat in toenemende mate aandacht krijgt als duurzaam alternatief voor geïmporteerde eiwitgewassen. (Timmer et al., 2025). Het areaal veldbonen in Nederland groeit de laatste jaren snel. In 2018 werd nog minder dan 500 hectare geteeld; in 2024 bedraagt dit naar schatting ongeveer 2.000 hectare, met concentraties in Groningen, Friesland, Flevoland en Oost-Nederland (WUR, 2023; Van Laarhoven et al., 2023). De toename hangt samen met de nationale eiwitstrategie, waarin de teelt van vlinderbloemige gewassen wordt gestimuleerd als onderdeel van de eiwittransitie en bodemversterkende bouwplannen (RVO, 2023).

De teelt begint doorgaans in het voorjaar in maart of april, zodra de bodemtemperatuur boven de 5 °C ligt en de structuur het toelaat. Door de vorsttolerantie van de veldboon (tot -5 °C) kan het gewas vroeg gezaaid worden, waardoor het optimaal gebruikmaakt van wintervocht en minder gevoelig is voor droogte in de zomer (Timmer et al., 2025). De zaaidiepte ligt tussen 6 en 8 cm, met een zaaidichtheid van 180 tot 250 kilogram zaad per hectare, afhankelijk van het duizendkorrelgewicht. De optimale standdichtheid ligt tussen de 35–45 planten per m² bij veldbonen voor veevoer en 45–55 planten per m² bij menselijke consumptie (Timmer et al., 2025; Jensen et al., 2012).

- 5.4.1 Beheer

De veldboon vraagt weinig stikstofbemesting door de natuurlijke stikstoffixatie. Een startgift van 20–30 kilogram N per hectare kan worden toegepast om de beginontwikkeling te stimuleren. Fosfaat (40–60 kg P₂O₅/ha) en kali (80–120 kg K₂O/ha) zijn essentieel voor wortelvorming, bloei en peulontwikkeling. In organische systemen wordt vaak gebruikgemaakt van compost of dierlijke mest om de bodemstructuur en het waterbergend vermogen te verbeteren (FAO, 2022; Van Laarhoven et al., 2023). Overmatige stikstofgift vermindert de activiteit van de Rhizobium-symbiose en kan leiden tot een te sterke vegetatieve groei.

Veldbonen worden meestal opgenomen in vruchtwisselingen met graangewassen, aardappelen of suikerbieten. Een ruime rotatie van minstens vier jaar wordt aanbevolen om bodemgebonden ziekten zoals *Sclerotinia sclerotiorum* en *Fusarium* te voorkomen (Timmer et al., 2025). In de beginfase van de teelt is mechanische onkruidbestrijding nodig omdat het gewas langzaam sluit. Wiedeggen of schoffelen tussen de rijen is effectief tot het gewas ongeveer 20 cm hoog is. Daarna zorgt de snelle bladontwikkeling voor natuurlijke onkruidonderdrukking.

Een goede bodemstructuur en pH zijn essentieel voor een succesvolle teelt. Op verdichte of slecht gedraineerde gronden treedt gemakkelijk wortelrot op en vermindert de stikstoffixatie. De veldboon is matig tolerant voor droogte, maar gevoelig voor waterverzadiging (Jensen et al., 2012; Timmer et al., 2025).

- *5.4.2 Oogstmethoden en frequentie*

De veldboon wordt doorgaans eenmaal per jaar geoogst, wanneer de peulen bruin verkleuren en de zaden een vochtgehalte van 15–18 % hebben bereikt. De oogst vindt meestal plaats tussen eind juli en begin september (Timmer et al., 2025). Een te vroege oogst leidt tot lagere zaadopbrengsten, terwijl een te late oogst verliezen kan veroorzaken door zaaduitval en peulbreuk. Het gewas wordt geoogst met een combine, die is uitgerust met een aangepast maaibord en dorstommel. De dorstijd en toerentallen zijn lager ingesteld dan bij granen om zaadbeschadiging te voorkomen. De combine scheidt de peulen en zaden efficiënt, waarna het product doorgaans wordt gedroogd tot 13–14 % vocht voor opslag. Door het gebruik van moderne combines kan de oogst snel en met minimale verliezen plaatsvinden, wat essentieel is voor de kwaliteit van de zaden (Timmer et al., 2025).

- *5.4.3 Droge-stofopbrengst en voedingswaarde*

De opbrengst van veldbonen varieert sterk per jaar en regio. Onder Nederlandse omstandigheden worden doorgaans 5,0 tot 7,5 ton droge stof per hectare gehaald, met uitschieters tot 8 ton onder optimale omstandigheden (Timmer et al., 2025). De gemiddelde opbrengst van veldbonen ligt iets hoger dan erwten waarbij de opbrengst op vijf ton per hectare ligt en veel meer dan sojaboon, 3 ton per hectare en lupine, 2,9 ton per hectare (Hiddink, 2023).

De zaadopbrengst bestaat voor 25–32 % uit ruw eiwit, 50–55 % zetmeel, 8–10 % ruwe celstof en 1,5–2 % olie (Crépon et al., 2010; FAO, 2022). Het eiwit bevat een gunstig aminozuurprofiel met hoge gehalten aan lysine (6,5–7,0 %) en methionine (1,2–1,4 %), wat het geschikt maakt als aanvulling op graaneiwwitten in veevoer. De kan de teelt kan per hectare tussen de 1.300 en 1.900 kilogram ruw eiwit opleveren, afhankelijk van ras en teeltomstandigheden (Timmer et al., 2025). Naast gebruik als diervoeder wint de teelt van veldbonen voor humane consumptie terrein. De zaden kunnen worden verwerkt tot vleesvervangers, eiwitconcentraten en meelproducten. Door het hoge eiwitgehalte en de lokale teelt draagt veldboon bij aan de nationale eiwittransitie en de vermindering van sojagebruik (Van Laarhoven et al., 2023).

- 5.5 Teelt in Noordoost-Fryslân

De veldboon is goed afgestemd op de agronomische en klimatologische omstandigheden van Noordoost-Fryslân. De regio bestaat uit vruchtbare zeeklei- en zavelgronden die door hun hoge vocht- en nutriëntenbuffering uitstekend geschikt zijn voor de teelt veldboon. Door het koele, gematigde kustklimaat en de relatief lange daglengte tijdens het groeiseizoen kan de veldboon hier stabiel produceren met een laag risico op hittestress of droogteschade (Timmer et al., 2025). Bovendien draagt de teelt bij aan herstel van de bodemstructuur en verhoging van het organisch stofgehalte, wat essentieel is op percelen waar intensieve akkerbouw de bodemkwaliteit heeft aangetast. Hierdoor vormt de veldboon een kansrijk gewas binnen de regionale transitie naar een duurzamere, kringloopgerichte landbouw (Provincie Fryslân, 2023; Van Laarhoven et al., 2023). De nabijheid van agrarische verwerkings- en afzetstructuren in Noordoost-Fryslân versterkt de praktische haalbaarheid van de teelt. Binnen de regio zijn diverse mengvoeder- en verwerkingsbedrijven actief, evenals proeflocaties van Wageningen University & Research (Lelystad en Kollumerwaard) die zich richten op eiwitgewassen en lokale ketenvorming. Door korte ketens tussen producenten, loonwerkers en veevoercoöperaties kan de veldboon direct worden benut voor veevoer of verdere verwerking tot plantaardige eiwitproducten (WUR, 2023; RVO, 2023).

- 5.5.1 Innovatieve toepassingen

De veldboon is een veelzijdig gewas met een breed scala aan toepassingen in zowel de landbouw als de voedingsindustrie. In de veevoersector wordt veldboon gebruikt als eiwitvervanger voor geïmporteerd sojaschroot. Het hoge ruw-eiwitgehalte (25–32 %) en de gunstige aminozuursamenstelling, met name het hoge lysine- en methioninegehalte, maken de zaden geschikt voor herkauwers, varkens en pluimvee (Crépon et al., 2010; Timmer et al., 2025). Door de teelt lokaal te integreren in voederketens kunnen transportkosten en CO₂-uitstoot worden verlaagd. Ook voor humane voeding groeit de belangstelling. De veldboon wordt gebruikt als grondstof voor vleesvervangers, plantaardige zuivelalternatieven en bakproducten. In Nederland lopen momenteel veredelingsprogramma's gericht op tannine-arme rassen en verbeterde verteerbaarheid van eiwitten (Van Laarhoven et al., 2023).

- 5.5.2 Kosten en baten

Volgens praktijkonderzoek van Wageningen Plant Research liggen de totale teeltkosten van veldboon, inclusief zaaizaad, bemesting, oogst en transport, tussen de € 800 en € 1.200 per hectare. De opbrengsten zijn afhankelijk van het teeltdoel. Bij een gemiddelde opbrengst van 6,5 ton zaden per hectare kan bij afzet voor veevoer een bruto-opbrengst van € 1.200–€ 1.400 per hectare worden behaald. Bij afzet voor humane consumptie, waar hogere prijzen gelden door kwaliteitseisen en sortering, kan dit oplopen tot ongeveer € 1.800 per hectare (Van Laarhoven et al., 2023; WUR, 2023).

Hoewel de financiële marges beperkt zijn ten opzichte van traditionele akkerbouwgewassen, biedt de teelt indirecte baten door stikstofnalevering, lagere meststofkosten en verbeterde bodemvruchtbaarheid. Timmer et al. (2025) berekenen dat de stikstofnalevering van veldboon gemiddeld 30–40 kg N/ha bedraagt, wat een besparing oplevert van ongeveer € 60–€ 80 per hectare bij het volggewas. Daarnaast draagt de teelt bij aan de emissiereductiedoelen binnen het Nationaal Programma Landbouwbodems en het GLB-eco-stelsel.

- 5.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren

De markt voor veldboon en andere Europese eiwitgewassen groeit sterk. Door de stijgende vraag naar lokaal geproduceerd plantaardig eiwit in diervoeding en vleesvervangers is het afzetpotentieel toegenomen (RVO, 2023). De Europese Commissie stimuleert binnen de Farm to Fork-strategie de teelt van vlinderbloemigen om de import van soja te verminderen en de stikstofbalans te verbeteren.

In Noordoost-Fryslân ontstaan korte ketens tussen agrariërs, verwerkers en onderzoeksinstituten. Coöperaties zoals Agrifirm en lokale loonwerkbedrijven werken samen aan het ontwikkelen van regionale voederstromen op basis van veldbonen. Tegelijkertijd verkennen voedselverwerkers, waaronder initiatieven binnen het Fascinating programma en het Biobased Cluster Noord-Nederland, toepassingen voor humane voeding en biobased materialen (Provincie Fryslân, 2023; WUR, 2023).

De nabijheid van veevoer- en verwerkingsinstallaties in Leeuwarden, Dokkum en Kollumerzwaag vergemakkelijkt logistiek en maakt lokale ketens economisch haalbaar. Door koppeling van veldboonteelt aan bestaande productieketens kunnen transportafstanden en emissies worden beperkt, terwijl waarde wordt toegevoegd in de regio (Biobased NL, 2024).

- 5.5.4 Beleids- en maatschappelijke context

Op provinciaal niveau past de teelt van veldboon binnen het Programma Circulaire Landbouw en Biograndstoffen 2023–2026 van de Provincie Fryslân, waarin wordt gestreefd naar een veerkrachtige landbouw met minder afhankelijkheid van externe input. De veldboon sluit aan bij deze doelstelling doordat het gewas stikstof bindt, de bodemkwaliteit verbetert en lokale eiwitproductie ondersteunt (Provincie Fryslân, 2023). Ook binnen het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) 2023–2027 kan veldboon worden opgenomen in ecoregelingen. Het gewas draagt bij aan gewasdiversificatie, bodembedekking en behoud van organische stof, waardoor het in aanmerking komt voor vergroeningspremies en eco-activiteitenvergoedingen (Rijksoverheid, 2023). Daarnaast levert de teelt een maatschappelijke bijdrage aan de eiwittransitie en de klimaatdoelstellingen van het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030. Door het combineren van ecologische voordelen, lokale verwerking en beleidsmatige stimulansen vormt veldboon een strategisch gewas binnen de verduurzaming van de landbouw (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023).

- 6 Erwt



Binnen het project Kansrijke Gewassen wordt ook erwt (*Pisum sativum*) gezien als een kansrijk gewas met potentiële ecologische en economische voordelen. Dit hoofdstuk bespreekt de belangrijkste teeltkenmerken, ecologische waarde en toepassingsmogelijkheden van veldboon, met bijzondere aandacht voor de potentiële bijdrage aan duurzame landbouw in Noordoost-Fryslân.

- 6.1 Botanische achtergrond

Erwt is een eenjarige plantensoort uit de vlinderbloemenfamilie (*Fabaceae*) en behoort tot het geslacht *Pisum*. Het gewas vindt zijn oorsprong in het oostelijke Middellandse Zeegebied en West-Azië, maar wordt tegenwoordig wereldwijd geteeld (FAO, 2022; Wageningen University & Research, 2023). Erwt wordt voornamelijk verbouwd voor de zaden, die rijk zijn aan eiwitten en koolhydraten en een belangrijke rol spelen binnen zowel de humane als de dierlijke voedselketen (Crépon et al., 2010).

De plant heeft een rechtopstaande stengel en bereikt, afhankelijk van het ras, een hoogte van 50 tot 100 centimeter. Klimmende rassen kunnen onder de juiste omstandigheden hoger worden, echter is het dan wel nodig om ondersteuning aan het gewas te brengen. De stengel is hol en voorzien van meerdere knopen waaraan samengestelde bladeren zijn geplaatst, bestaande uit ovale blaadjes met een blauwgroene kleur. Aan de uiteinden van de bladstelen bevinden zich ranken waarmee de plant zich kan hechten aan aangrenzende vegetatie of teeltsteunen (FAO, 2022; Olle, 2017). De bloemen van de erwt zijn meestal wit, paars of roze en zijn zelf bestuivend. De vruchten zijn peulen, elke peul bevat meerdere zaden (NRCS Plant Materials Center, Pullman, Washington et al., 2012). De kleur van de zaden varieert per ras van lichtgroen tot geel of bruin (McPhee, 2003; Voisin et al., 2013).

- 6.2 Groei en ontwikkeling

Erwt groeit het best in gematigde klimaten en is goed aangepast aan de omstandigheden van Noordwest-Europa. De plant heeft een voorkeur voor een open, zonnig perceel met een goed doorlatende bodem. De meest geschikte gronden voor de teelt zijn lichte klei- en zavelgronden met een pH tussen 6 en 7, waar de bodem voldoende vochthoudend maar niet nat is (FAO, 2022; Wageningen University & Research, 2023). Erwten zijn erg gevoelig voor te vochtige bodems, dit veroorzaakt wortelrot en hier is de erwt erg gevoelig voor (NRCS Plant Materials Center, Pullman, Washington et al., 2012). Het gewas verdraagt koele weersomstandigheden en kan korte periodes van vorst tot ongeveer $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ doorstaan. De optimale groeitemperatuur ligt tussen $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ en $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ (McPhee, 2003). Temperaturen boven 25°C kunnen leiden tot een verminderde vruchtzetting en lagere opbrengsten (Yano et al., 2005; MCPhee, 2003).

De zaaiperiode ligt doorgaans tussen eind februari en begin april, afhankelijk van de teeltomstandigheden. Bij gunstige omstandigheden kiemt erwt binnen 8 tot 12 dagen. In de beginfase ontwikkelt de plant een sterke penwortel met zijwortels waarop *Rhizobium leguminosarum*-knolletjes ontstaan, die stikstof uit de lucht binden en bijdragen aan de stikstofvoorziening van het gewas (Voisin et al., 2013). De daaropvolgende groeifase verloopt relatief snel, met het vormen van meerdere holle stengels en samengesteld geveerde bladeren met ranken die houvast bieden. De bloei begint gewoonlijk 5 tot 7 weken na opkomst en duurt twee tot drie weken, afhankelijk van daglengte en temperatuur (McPhee, 2003; FAO, 2022). Per bloemtros worden twee tot vijf bloemen gevormd, waarvan 20–30% zich ontwikkelt tot peulen. De peulen rijpen in juni tot juli en bevatten gemiddeld vier tot negen zaden per peul, afhankelijk van ras, bodemvocht en stikstofbeschikbaarheid (Crépon et al., 2010; Wageningen University & Research, 2023).

- 6.2.1 Ziektes en plagen

Erwt is gevoelig voor verschillende schimmelziekten die zowel de wortels, stengels als peulen kunnen aantasten. Een van de belangrijkste bodemgebonden ziekten is wortelrot, veroorzaakt door *Aphanomyces euteiches*, die vooral optreedt op slecht gedraineerde bodems met hoge vochtigheid. Deze schimmel tast de wortels aan, waardoor planten verwelken en de opbrengst sterk kan dalen (Willsey et al., 2021). Daarnaast komt *Ascochyta pisi* veel voor, vaak in combinatie met verwante soorten zoals *Mycosphaerella pinodes* en *Phoma medicaginis* var. *pinodella*, die gezamenlijk het *Ascochyta*-complex vormen. Deze pathogenen veroorzaken vlekken op bladeren, stengels en peulen en kunnen bij ernstige infecties leiden tot zaadverkleuring en kwaliteitsverlies (Tivoli & Banniza, 2007). Andere veelvoorkomende schimmelziekten zijn *Botrytis cinerea* en *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*, die stengelrot en verwelkingsziekte veroorzaken (FAO, 2022).

Naast schimmelziekten kunnen ook insectenplagen schade veroorzaken. De erwtegalmug (*Contarinia pisi*) en de erwtenpeulboorder (*Cydia nigricana*) veroorzaken vraatschade aan bloemen en peulen, wat leidt tot lagere zaadzetting. Bladluizen, met name de erwtbladluis (*Acyrtosiphon pisum*), brengen schade doordat zij niet alleen direct plantensap onttrekken, maar ook virussen zoals het erwtenzaadmozaïekvirus (PSbMV) kunnen overbrengen (Stevens et al., 2008).

- 6.3 Ecologische en milieutechnische aspecten

Erwt is een eiwitrijk gewas dat een positief effect heeft op bodemkwaliteit, biodiversiteit en klimaat adaptief vermogen. De erwt vormt wortelknolletjes in symbiose met *Rhizobium leguminosarum*, waarmee stikstof uit de lucht wordt vastgelegd. Een deel van deze stikstof blijft achter in de bodem en komt beschikbaar voor het volggewas, wat de behoefte aan kunstmest vermindert en de stikstofkringloop versterkt (Voisin et al., 2013; Wageningen University &

Research, 2023). Daarnaast draagt het relatief fijne, vertakte wortelstelsel bij aan een verbeterde bodemstructuur en een toename van organische stof. Dit bevordert zowel de waterbergingscapaciteit als de microbiële activiteit, wat de bodemvruchtbaarheid op lange termijn ondersteunt (Jensen et al., 2020; Nemecek et al., 2008).

Erwten worden in Nederland doorgaans opgenomen in vruchtwisselingsschema's met granen, aardappelen of suikerbieten. Deze rotatie doorbreekt de cyclus van bodemgebonden ziekten en stimuleert een duurzamer gebruik van nutriënten. Het gewas zorgt bovendien voor een snelle bodembedekking in het voorjaar, waardoor nitraatuitspoeling wordt beperkt en erosie afneemt (FAO, 2022). Onder Nederlandse omstandigheden kan erwt jaarlijks 60 tot 120 kilogram stikstof per hectare binden, afhankelijk van bodemtype, vochtbeschikbaarheid en ras (Wageningen University & Research, 2023; Voisin et al., 2013). Daarmee levert het gewas een waardevolle bijdrage aan de verduurzaming van teeltsystemen en de eiwittransitie.

Naast bodemkundige voordelen heeft de erwt ook ecologische betekenis. Tijdens de bloei produceren de witte of lichtpaarse bloemen nectar en stuifmeel die dienen als voedselbron voor bestuivers zoals bijen, hommels en zweefvliegen (Westphal et al., 2003; Scheper et al., 2014). Hoewel de nectarproductie per bloem relatief beperkt is, dragen de uitgestrekte erwtenpercelen bij aan de bestuiverspopulatie in het vroege voorjaar. Ondergronds stimuleren de wortelafscheidings en stikstoffixatie het bodemleven, waaronder bacteriën, schimmels en regenwormen (Jensen et al., 2020).

- 6.4 Erwt als (kansrijk) gewas

In Nederland neemt het areaal aan peulvruchten gestaag toe. In 2018 werd minder dan 300 hectare erwten geteeld; in 2024 wordt dit geschat op ruim 1.000 hectare (Wageningen University & Research, 2023). De groei past binnen de Nationale Eiwitstrategie, waarin vlinderbloemige gewassen worden gestimuleerd als onderdeel van de eiwittransitie en het versterken van bodemvruchtbaarheid (RVO, 2023).

De teelt start doorgaans vroeg in het voorjaar, tussen eind februari en begin april, zodra de bodemtemperatuur boven 4 °C ligt en het perceel bewerkbaar is. De erwt is matig vorstbestendig en kan lichte vorst tot ongeveer -5 °C verdragen, wat vroeg zaaien mogelijk maakt (FAO, 2022). Een vroege zaai bevordert de benutting van bodemvocht en zorgt voor een gelijkmatige bloei vóór eventuele zomerdroogte. De zaaidiepte ligt tussen 4 en 6 centimeter, afhankelijk van het bodemtype. De zaaidichtheid varieert van 75 tot 100 zaden per m², overeenkomend met 180 tot 250 kilogram zaad per hectare bij een duizendkorrelgewicht van 200–250 gram (McPhee, 2003; WUR, 2023).

- 6.4.1 Beheer

De erwt vraagt weinig stikstofbemesting vanwege de symbiose met *Rhizobium leguminosarum*, dat stikstof uit de lucht bindt. Een startgift van 20–30 kilogram N per hectare kan de beginontwikkeling ondersteunen, vooral op koudere bodems (Voisin et al., 2013). Fosfaat (40–60 kg P_2O_5 /ha) en kalium (80–120 kg K_2O /ha) zijn belangrijk voor wortelontwikkeling, bloei en peulvorming. Organische meststoffen, zoals compost of vaste mest, verbeteren de bodemstructuur en het waterbergend vermogen, vooral op zandige gronden (FAO, 2022; WUR, 2023). Overmatige stikstoftoediening remt de *Rhizobium*-activiteit en kan leiden tot een te weelderige bladgroei ten koste van peulvorming.

In vruchtwisselingsschema's wordt erwt vaak gecombineerd met graangewassen of aardappelen. Een rotatie van minimaal vier jaar wordt aanbevolen om bodemgebonden ziekten zoals *Aphanomyces euteiches* en *Ascochyta pisi* te beperken (Willsey et al., 2021; Tivoli & Banniza, 2007). In de vroege groeifase sluit het gewas langzaam, waardoor mechanische onkruidbestrijding (wiedeggen of schoffelen) effectief is tot ongeveer 15–20 cm gewashoogte. Daarna zorgt het dichte bladerdek voor natuurlijke onkruidonderdrukking. De erwt is gevoelig voor te vochtige bodems. Goed doorlatende, niet-verdichte gronden zijn essentieel om wortelrot en zuurstoftekort te voorkomen (FAO, 2022; Voisin et al., 2013). De waterbehoefte van erwten ligt tussen de 360 en 500 mm. Om de opbrengst te optimaliseren mag de bodemvochtuitputting niet meer bedragen dan 40 procent van het totale beschikbare bodemwater (FAO, z.d.).

- 6.4.2 Oogstmethoden en frequentie

De erwt wordt een keer per jaar geoogst, wanneer de peulen bruin verkleuren en de zaden een vochtgehalte van 15–20% hebben bereikt. De oogst vindt plaats tussen eind juli en half augustus (McPhee, 2003; WUR, 2023). Te vroege oogst resulteert in een lager zetmeel- en eiwitgehalte, terwijl te late oogst leidt tot zaaduitval. De oogst gebeurt met een combine, uitgerust met een aangepast maaibord om peulbreuk te voorkomen. De dorssnelheid en luchtdoorvoer worden lager ingesteld dan bij granen om zaadbeschadiging te beperken. Het geoogste product wordt gedroogd tot ongeveer 13–14% vocht voor langdurige opslag. Moderne combines en aangepaste afstelling beperken verliezen tot minder dan 3% van de opbrengst (FAO, 2022; MCPhee, 2003).

- 6.4.3 Droge-stofopbrengst en voedingswaarde

De droge-stofopbrengst van erwten varieert tussen 4,0 en 5,5 ton per hectare onder Nederlandse omstandigheden, met uitschieters tot 6 ton bij optimale vochtvoorziening en vroege zaai (WUR, 2023; Hiddink, 2023). Erwten bevatten veel eiwitten, waardoor ze een belangrijke voedingsbron zijn voor zowel menselijke als dierlijke consumptie. (NRCS Plant Materials Center, Pullman, Washington et al., 2012). De zaden bevatten gemiddeld 21–26% ruw

eiwit, 50–55% zetmeel, 5–7% ruwe celstof en 1–2% vet (Crépon et al., 2010; FAO, 2022). De aminozuursamenstelling is gunstig, met hoge gehalten aan lysine (6–7%) en leucine, wat de erwt tot een geschikte aanvulling maakt op graaneiwwitten in diervoeding (Crépon et al., 2010). Afhankelijk van ras en teeltomstandigheden kan de erwt tussen 900 en 1.400 kilogram ruw eiwit per hectare opleveren. Naast gebruik als veevoer wint ook de teelt voor menselijke consumptie terrein; erwten worden verwerkt tot eiwitconcentraten, vleesvervangers en meelproducten. Dankzij de combinatie van lokaal teeltpotentieel en voedingswaarde draagt *Pisum sativum* bij aan de nationale eiwittransitie en vermindering van soja-gebruik (RVO, 2023; WUR, 2023).

- 6.5 Teelt in Noordoost-Fryslân

De erwt is goed afgestemd op de agronomische en klimatologische omstandigheden van Noordoost-Fryslân. De regio wordt gekenmerkt door vruchtbare klei- en zavelgronden met een hoog vochtvasthoudend vermogen, die uitstekend geschikt zijn voor de teelt van erwt. Het gematigde kustklimaat, de regelmatige neerslagverdeling en de lange daglengte in het groeiseizoen zorgen voor een stabiele groei en een laag risico op hittestress of droogte, waardoor het gewas goed kan groeien (Wageningen University & Research, 2023; FAO, 2022). Binnen de regio zijn mengvoederfabrieken, loonwerkbedrijven en verwerkingslocaties actief die zich richten op eiwitrijke gewassen en regionale ketenvorming. Wageningen University & Research en het Fascinating-programma voeren in Kollumerwaard (en Lelystad) proeven uit met erwtenrassen die geschikt zijn voor lokale verwaardiging. Door korte ketens tussen akkerbouwers, loonwerkers en voedingsproducenten kan de erwt direct worden benut voor diervoeding of verdere verwerking tot plantaardige eiwitproducten (WUR, 2023; Biobased NL, 2024).

- 6.5.1 Innovatieve toepassingen

De erwt is een gewas met toepassingen in zowel de veevoer- als de voedingsindustrie. In de diervoedersector wordt de erwt ingezet als alternatief voor geïmporteerd sojaschroot. Het zaad bevat hoge gehalten eiwwitten en een gunstig aminozuurprofiel, met hoge gehalten aan lysine, wat het een waardevolle aanvulling maakt op graanrijke rantsoenen (Crépon et al., 2010; WUR, 2023). Daarnaast groeit de belangstelling voor de erwt als grondstof voor humane voeding. De zaden worden gebruikt voor de productie van eiwitconcentraten, vleesvervangers, zuivelalternatieven en glutenvrije meelproducten. Binnen Nederland en Noordwest-Europa vinden veredelingsprogramma's plaats gericht op verbetering van smaak, verteerbaarheid en eiwitkwaliteit van rassen (WUR, 2023; RVO, 2023). Hiermee sluit de erwt aan bij de Europese eiwittransitie en de ontwikkeling van lokale, plantaardige voedingsketens.

- *6.5.2 Kosten en baten*

Volgens Wageningen University & Research (2023) liggen de totale teeltkosten van droge erwten, inclusief zaaizaad, bemesting, oogst en transport, tussen de €700 en €1.000 per hectare. De opbrengsten zijn afhankelijk van ras, teeltdoel en afzetkanaal. Bij een gemiddelde opbrengst van 5 ton zaden per hectare kan bij afzet voor veevoer een bruto-opbrengst van €1.000–€1.200 per hectare worden gerealiseerd. Bij afzet voor humane consumptie, waar hogere prijzen gelden door kwaliteitseisen en sortering, kan dit oplopen tot ongeveer €1.600 per hectare (FAO, 2022; WUR, 2023). De teelt levert ook indirecte baten op. Door stikstoffixatie kan *Pisum sativum* gemiddeld 60–120 kg N/ha vastleggen, waarvan ongeveer 20–30 kg N/ha beschikbaar blijft voor het volggewas (Voisin et al., 2013). Dit resulteert in een besparing op kunstmestkosten van ongeveer €40–€70 per hectare en draagt bij aan de stikstofdoelstellingen binnen het Nationaal Programma Landbouwbodems. Daarnaast versterkt het gewas de biodiversiteit en bodemweerbaarheid, wat op langere termijn de productiekosten verlaagt en het teeltrisico verkleint (Provincie Fryslân, 2023; RVO, 2023).

- *6.5.3 Marktpotentie en afzetstructuren*

De markt voor erwten en andere Europese eiwitgewassen groeit sterk. De toenemende vraag naar lokaal geproduceerde plantaardige eiwitten in zowel diervoeding als menselijke voeding biedt een gunstig afzetperspectief (RVO, 2023). De Europese Commissie stimuleert binnen de Farm to Fork-strategie de teelt van vlinderbloemigen om de importafhankelijkheid van soja te verminderen en kringlooplandbouw te bevorderen. In Noordoost-Fryslân ontstaan diverse initiatieven die zich richten op lokale verwaarding van erwten. Zo werken Agrifirm, het Biobased Cluster Noord-Nederland en het Fascinating-programma samen aan ketenontwikkeling voor regionale eiwitgewassen. De nabijheid van verwerkingsinstallaties in Leeuwarden, Dokkum en Kollumerzwaag maakt korte ketens economisch haalbaar. Door koppeling van erwtenteelt aan bestaande productieketens kunnen transportafstanden en emissies worden beperkt, terwijl waarde wordt toegevoegd binnen de regio (Biobased NL, 2024; WUR, 2023).

- *5.5.4 Beleids- en maatschappelijke context*

Binnen het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) 2023–2027 kan de teelt worden opgenomen in ecoregelingen. Het gewas draagt bij aan gewasdiversificatie, bodembedekking en organische-stofbehoud, waardoor het in aanmerking komt voor eco-activiteitenvergoedingen (Rijksoverheid, 2023). Daarnaast ondersteunt de teelt de doelstellingen van het Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030, waarin plantaardige eiwitgewassen worden erkend als sleutelcomponent voor de verduurzaming van de voedselketen (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023). Door het combineren van agronomische voordelen, beleidsmatige stimulansen en regionale ketenvorming vormt de erwt een strategisch gewas binnen de verduurzaming van de Friese landbouw.

- 7 Verwijzingen



- Abdelrahman, M., et al. (2022). Evaluating the effect of forage rape (*Brassica napus* L.) in animal feeding systems. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 927499. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.927499>
- Advances in Agronomy. (2022). Diversifying crop rotations enhances agroecosystem services and resilience. *Advances in Agronomy*, 173, 1–45.
- Alletto, L., Coquet, Y., Benoit, P., Heddad, D., & Barriuso, E. (2009). Tillage management effects on pesticide fate in soils. A review. *Agronomy For Sustainable Development*, 30(2), 367–400. <https://doi.org/10.1051/agro/2009018>
- Balesdent, M.-H., Barbetti, M. J., & Kuhn, M.-L. (2001). *Sclerotinia sclerotiorum*: A model pathogen of wide host range. *Phytopathology*, 91(12), 1386–1394. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.12.1386>
- Bernelot Moens, H. L., & Wolfert, J. E. (2003). Teelt van Koolzaad. In Wageningen University & Research. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. <https://edepot.wur.nl/119931>
- Berry, P. M., & Spink, J. H. (2006). A physiological analysis of oilseed rape yields: Past and future. *Journal of Agricultural Science*, 144(5), 381–392. <https://doi.org/10.1017/S0021859606006391>
- Biobased NL. (2024). Biobased Cluster Noord-Nederland: Regiovisie 2024–2030. https://www.groningen-seaports.com/wp-content/uploads/CES-3.0-Noord-Nederland_2024.pdf
- Biobased NL. (2024). Regionale ketens voor plantaardige eiwitten: Noordelijke initiatieven voor de eiwittransitie. Leeuwarden: Biobased NL. https://www.dutchbiorefinerycluster.nl/download/197/static/files/downloads/Boek_Biobased_Economy_-_december_2011.pdf
- CBS. (2024). Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio (StatLine 80780NED). <https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/80780NED>
- CBS. (2024). Akkerbouwgewassen; productie naar regio 1994–2023 (StatLine). <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85636NED/table?ts=1762170125422>
- CBS. (2024). Groei biobased sector 2018–2023 (overzicht in: Groeiend naar een groene economie?). <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/rapportages/2024/groeiend-naar-een-groene-economie-?onpage=true>
- Colzaco. (2024). Colzaco.
- Combs-Giroir, R., et al. (2024). Physical and molecular responses to flooding in Brassicaceae species. *Environmental and Experimental Botany*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847224000224>
- Conrad, M., Biertümpfel, A., & Vetter, A. (2009). MIT PFLANZENZÜCHTUNG ZUM ERFOLG. In F.N.R. Gülzower Fachgespräche (Bd. 48, pp. 281–289). https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2021/Mediathek/gfg_band_48_kongress_pflanzenzuechtung.pdf
- Crépon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrouée, B., Arese, P., & Duc, G. (2010). Nutritional value of faba bean (*Vicia faba* L.) seeds for feed and food. *Field Crops Research*, 115(3), 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.016>
- Crépon, K., Marget, P., Peyronnet, C., Carrouée, B., Arese, P., & Duc, G. (2010). Nutritional value of grain legumes for feed and food. *Field Crops Research*, 115(3), 329–339. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.09.016>

- DEFRA. (2021). Oilseed Rape: Growing, management and harvest. (Beste directe vervanger/actuele gids:) AHDB. Oilseed rape growth guide (2025). [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/AHDB%20Cereals%20%26%20Oilseeds/General/Oilseed%20rape%20growth%20guide%20\(2025\).pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Imported%20Publication%20Docs/AHDB%20Cereals%20%26%20Oilseeds/General/Oilseed%20rape%20growth%20guide%20(2025).pdf)
- Díaz-García, R., Kiesel, A., & Lewandowski, I. (2020). Assessing the environmental sustainability of cup plant. *GCB Bioenergy*, 12(11), 944–957. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12733>
- Dürr, T., Emmerling, C., & Jablonowski, N. D. (2021). Long-term performance... *Biomass and Bioenergy*, 150, 106107. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106107>
- FAO. (2022). Ecological and agronomic requirements of pea (*Pisum sativum* L.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. PDF direct via: https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Manual/FAO_manual_3rd_edition_Final.pdf
- FAO. (2024). FAOSTAT Crops Data: Rapeseed area harvested 2023. Direct statistieksite: <https://www.fao.org/statistics/en>
- FAO. (z.d.). Tobacco | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations | Land & Water | Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/pea/en/>
- Fascinating (consortium). (2023). Eindrapport Kansrijke Eiwitgewassen 2022–2023. https://fascinating.nl/media/Eindrapportage_Eiwitteelt2023_public-1.pdf
- Fridrihsone, A., et al. (2020). Environmental LCA of rapeseed in Northern Europe. *Sustainability*, 12(14), 5699. <https://doi.org/10.3390/su12145699>
- Gansberger, M., Montgomery, L. F. R., & Liebhard, P. (2015). Silphium perfoliatum for biogas: A review. *Industrial Crops and Products*, 63, 362–372. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.047>
- Gemeente Noardeast-Fryslân. (2023). Subsidieregeling Versnellingsagenda regio Noordoost-Fryslân 2023. https://www.noardeast-fryslan.nl/sites/default/files/2023-12/Subsidieregeling%20Versnellingsagenda%202024.%20getekend_0.pdf
- Glendining, M. J., et al. (2009). Increasing sustainability by reducing inputs? *Agricultural Systems*, 99(2–3), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2008.11.001>
- Govaerts, W., et al. (2024). Zonnekroon als klimaatrobuuste ruwvoederteelt (technisch verslag). https://www.ccbt.be/sites/default/files/2024-02/Technisch_verslag_Zonnekroonproef.pdf
- Hiddink, J. (2023, 21 november). Opbrengst veldbonen moet hoger om teelt boost te geven. *Nieuwe Oogst*. <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2023/11/21/opbrengst-veldbonen-moet-hoger-om-teelt-boost-te-geven#:~:text=De%20gemiddelde%20opbrengst%20van%20veldbonen%20komt%20uit%20op%206%20ton, van%205%20ton%20per%20hectare.>
- Jablonowski, N. D., Kollmann, T., & Nabel, M. (2017). Ecological benefits and constraints of Cup Plant. *Journal of Environmental Management*, 187, 338–347. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.028>
- Järvan, M., et al. (2017). Sulphur fertilization influences oilseed rape. *Agricultural and Food Science*, 26(1), 40–48. <https://doi.org/10.23986/afsci.59055>

Jensen, E. S., Peoples, M. B., & Hauggaard-Nielsen, H. (2012). Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research*, 115(3), 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.008>

Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping legumes & cereals... *Agronomy for Sustainable Development*, 40(5), 26–38. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00623-8>

Koenig, R. T. (2014). Canola Growth, Development, and Fertility. Pacific Northwest Canola Extension. <https://pnwcanola.org/wp-content/uploads/2019/08/Canola-Growth-Development-Fertility.pdf>

Kuai, J., et al. (2015). Yield of mechanically harvested rapeseed. *Scientific Reports*, 5, 18835. <https://doi.org/10.1038/srep18835>

Landbouwleven. (2022, 1 augustus). Zonnekroon: een teelt met veel uitwegen. Meldt >15.000 ha in Duitsland en >3.000 ha in Frankrijk. <https://www.landbouwleven.be/14390/article/2022-08-01/zonnekroon-een-teelt-met-veel-uitwegen>

Lesschen, J. P., et al. (2020). Scenariostudie perspectief... Nederlandse landbouw in 2050. <https://doi.org/10.18174/512111>

Liu, X., et al. (2006). Genetic diversity and origin of *Brassica napus*. *Plant Science*, 170(3), 536–545. (Open access) <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12348731/>

Louvieux, J., et al. (2020). Root traits predict field performance in oilseed rape. *Frontiers in Plant Science*, 11, 568009. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.568009>

Malik, A. H., Hussain, A., & Iqbal, M. (2020). IPM in oilseed rape. *Journal of Plant Protection Research*, 60(3), 201–212. <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133826>

McPhee, K. E. (2003). Dry pea production and breeding—A review. *Horticultural Reviews*, 28, 281–321. <https://doi.org/10.1002/9780470650837.ch7>

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). (2023). Nationaal Programma Circulaire Economie 2023–2030. (Officiële publicatie, pdf via Rijksoverheid) <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/begrotingen/2023/09/19/xiv-landbouw-natuur-en-voedselzekerheid-rijksbegroting-2024/xiv-landbouw-natuur-en-voedselkwaliteit-2024.pdf>

Mohamed, I. A. A., et al. (2025). Multipurpose uses of rapeseed(*Brassica napus* L.) crop (food, feed, industrial, medicinal, and environmental conservation uses) and improvement strategies in China. *Journal of Agriculture and Food Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101794>

Mons, G. (2024). Zonnekroon (silphie) zeer veelzijdig maar onbekend gewas. Melkvee.nl. <https://www.melkvee.nl/artikel/1105610-zonnekroon-silphie-zeer-veelzijdig-maar-onbekend-gewas/>

Nemecek, T., et al. (2008). Environmental impacts of introducing grain legumes. *European Journal of Agronomy*, 28(3), 380–393. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.11.004>

NRCS Plant Materials Center, Pullman, Washington, McGee, R., Elzebroek and Wind, McGee, R., Clark, Veseth, Lupwayi, Biederbeck, Chen, Ingels, Sarrantonio, Vavilov, Gill, Vear, Hancock, Simmonds, Bourion, & Hartmann. (2012). Plant Guide. Geraadpleegd op 5 december 2024, van https://plants.usda.gov/DocumentLibrary/plantguide/pdf/pg_pisa6.pdf

Olle, M. (2017). The yield, height and content of protein of field peas (*Pisum sativum* L.) in Estonian agro-climatic conditions. In *Agronomy Research*. <https://doi.org/10.15159/ar.17.026>

- Peni, D. (2022). Fertilization method in *Silphium perfoliatum*. *Energies*, 15(3), 927. <https://doi.org/10.3390/en15030927>
- Peni, D., et al. (2020). *Silphium perfoliatum*—multi-purpose use. *Agriculture*, 10(12), 640. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120640>
- Platform Groen Gas. (2023). Biomassa en energieteelten in Noord-Nederland: economische en logistieke analyse. (Jaarrapportage/achtergrond) <https://www.platformgroengas.nl/wp-content/uploads/2024/03/Jaarrapport-2023.pdf>
- Provincie Fryslân. (2023). Programma Duurzame Landbouw en Energie Fryslân 2023–2027. (Gerelateerd beleidskader: Energieprogramma) https://www.fryslan.nl/_flysystem/media/energieprogramma.pdf
- Raboanatahiry, N., Li, H., Yu, L., & Li, M. (2021). Rapeseed (*Brassica napus*): Processing, Utilization, and Genetic Improvement. *Agronomy*, 11(9), 1776. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091776>
- Rajković, D., et al. (2021). Yield & quality prediction of winter rapeseed. *Agronomy*, 11(4), 58. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040058>
- Rathke, G.-W., Behrens, T., & Diepenbrock, W. (2005). Nitrogen management in winter oilseed rape. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(2–3), 80–108. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.04.006>
- Rijksoverheid. (2023). GLB: Vergroening en ecoregelingen. (Nieuws/GLB-kader) <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2024/02/16/vergoeding-ecoregeling-voor-boeren-veiliggesteld>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2023). Nationale Eiwitstrategie: Van beleid naar praktijk. (Green Deal eiwitrijke gewassen) <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-12/GD237-3Green%20Deal%20Eiwitrijke%20Gewassen%20%28C-237%29.pdf>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2023). Teelt van rustgewassen binnen GLB-ecoregelingen. (Gewascodes/eco-activiteiten) https://www.rvo.nl/sites/default/files/2024-02/Gewascodes%20en%20gewassen%20eco-activiteiten%202024_0.pdf
- RVO. (2023). Koolzaad – teeltinformatie en beheersmaatregelen. (gewascodes) Winter: <https://www.rvo.nl/gewascodes/1922> Zomer: <https://www.rvo.nl/gewascodes/1923>
- RVO. (2023, 31 oktober). 656 – Zonnekroon. <https://www.rvo.nl/gewascodes/656>
- Scheper, J. A., van Kats, R. J. M., Reemer, M., & Kleijn, D. (2014). Het belang van wilde bestuivers voor de landbouw en oorzaken voor hun achteruitgang. Alterra-rapport 2592. <https://edepot.wur.nl/328035>
- Shalyuta, B. V., & Kostitskaya, E. V. (2018). Yield of *Silphium perfoliatum* vs conditions. *Agricultural Engineering*, 22(2), 91–97. <https://doi.org/10.1515/agriceng-2018-0019>
- Silphie.nl. (z.j.). Teeltinformatie en biogasopbrengst van *Silphium perfoliatum*. <https://www.silphie.nl>
- Stevens, M., McGrann, G., & Clark, B. (2008). Pea virus diseases. *Plant Pathology*, 57(4), 664–678. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01853.x>
- Sylvester-Bradley, R., & Kindred, D. R. (2009). Nitrogen use efficiency in cereals. *Journal of Experimental Botany*, 60(7), 1939–1951. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp116>
- Tivoli, B., & Banniza, S. (2007). Epidemiology of ascochyta blights on grain legumes. *European Journal of Plant Pathology*, 119(1), 59–76. <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9117-9>

- Timmer, R. D., Ralston, D., Meesters, K. C. E. P., & Simonse, D. (2025). Teelt van veldbonen (68 p.). Wageningen Plant Research. <https://doi.org/10.18174/692778>
- Tofanica, B. M. (2019). Rapeseed – a valuable renewable bioresource. *Cellulose Chemistry and Technology*, 53(9-10), 837–849. <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2019.53.81>
- Van de Wouw, A. P., Butcher, P. A., & Nelson, M. N. (2014). Resistance to fungal pathogens in canola. *Crop and Pasture Science*, 65(6), 556–567. <https://doi.org/10.1071/CP13325>
- Van der Meulen, H., van der Meer, R., & van Asseldonk, M. (2020). Financiering transitie naar duurzame landbouw. Wageningen Economic Research. <https://edepot.wur.nl/532092>
- Van Emden, H. F., Eastop, V. F., Hughes, R. D., & Way, M. J. (2015). *Aphids as crop pests* (2e ed.). CABI. <https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780642523>
- Van Laarhoven, B., Van Lier, B., Cremers, J., & Van de Weijer, L. (2023). De potentie van de veldboon met betrekking tot bodem. Wageningen UR. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiMwr6k-tWQAxVR5AIHHRyxIHcQFnoECBgQAQ&url=https%3A%2F%2Fedepot.wur.nl%2F661156&usg=AOvVaw1HKNdIshZTSLTMhbgMNFjB&opi=89978449>
- Van Loo, T. (2022). A prospection of the properties of Cup-plant... INAGRO. https://inagro.be/sites/default/files/media/files/2023-05/Report_A%20prospection%20of%20the%20properties%20of%20Cup-plant%20%28Silphium%20perfoliatum%29%20as%20a%20fodder%20crop%202022.pdf
- Vetter, A., Conrad, M., & Biertümpfel, A. (2011). Optimierung des Anbauverfahrens für Durchwachsene Silphie... TLLLR. <https://www.tllr.de/www/daten/pflanzenproduktion/nawaro/biogas/silp0111.pdf>
- Vleeschouwers, B. (2017). Nieuwe teelten, nieuwe kansen voor de akkerbouw. Boerenbond, 43. <https://edepot.wur.nl/429377>
- Voisin, A. S., Salon, C., Munier-Jolain, N. G., & Ney, B. (2013). Quantifying SNF in faba bean. *Plant and Soil*, 371, 397–409. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1698-6>
- Voisin, A. S., Salon, C., Munier-Jolain, N. G., & Ney, B. (2013). Effect of mineral N on pea crops. *Plant and Soil*, 371(1–2), 439–454. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1700-8>
- Wageningen University & Research. (2019). Breekt zonnekroon door als biologisch ruwvoedergewas? <https://edepot.wur.nl/573225>
- Wageningen University & Research. (2023). Erwtten als eiwitgewas in Nederland: Teelt, opbrengst en toepassing. <https://edepot.wur.nl/254841>
- Wageningen University & Research. (2023). Veldbonen als eiwitgewas in Nederland. (Factsheet Eiwittransitie). https://meelunie.com/wp-content/uploads/2024/03/Eiwitmagazine_Partnerartikel_Meelunie.pdf
- Wang, P., et al. (2017). Transcriptomic basis for drought-resistance in *Brassica napus*. *Scientific Reports*, 7, 40532. <https://www.nature.com/articles/srep40532>
- Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Mass flowering crops enhance pollinator densities. *Ecology Letters*, 6(11), 961–965. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00523.x>

Willsey, T. L., Chatterton, S., & Erickson, A. (2021). Aphanomyces root rot in pea & lentil. *Plant Disease*, 105(6), 1502–1514. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1268-FE>

Yano, K., Sekiya, N., Samson, B. K., Mazid, M., Yamauchi, A., Kono, Y., & Wade, L. J. (2005). Hydrogen isotope composition of soil water above and below the hardpan in a rainfed lowland rice field. *Field Crops Research*, 96(2–3), 477–480. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2005.09.011>

Yano, T., Aydin, M., & Haraguchi, T. (2005). Pea response to water stress. *Plant Production Science*, 8(4), 465–472. <https://doi.org/10.1626/pps.8.465>

Zheng, Q., Fan, X., & Ma, Y. (2022). Worldwide rapeseed research. *Journal of Oilseed Crops*, 39(2), 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2022.11.004>

- 8 Bijlages



- 8.1 Zoektermen literatuurstudie

Zonnekroon		
Zoekterm	Onderwerp	Zoekmachine
Silphium perfoliatum botanical characteristics	Botanische achtergrond	Google scholar
Zonnekroon botanische kenmerken	Botanische achtergrond	Google scholar
Silphium perfoliatum growth cycle	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Sylphium perfoliatum disease	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Zonnekroon ziektes en plagen	Groei en ontwikkeling	Google
Silphium perfoliatum carbon sequencing	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Zonnekroon koolstofvastlegging	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Silphium perfoliatum biodiversity	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Zonnekroon biodiversiteit	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Silphium perfoliatum soil health	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Silphium perfoliatum ecological advantages	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Silphium perfoliatum cultivation	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Sillphium perfoliatum crop management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Sillphium perfoliatum weed management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Sillphium perfoliatum fertilization	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Sillphium perfoliatum harvest	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Silphium perfoliatum yield	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Zonnekroon teelt in Nederland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Zonnekroon biogroundstof	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Zonnekroon veevoer	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Zonnekroon innovatieve toepassingen	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Zonnekroon marktpotentie	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Zonnekroon in Friesland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad		
Brassica napus botanical characteristics	Botanische achtergrond	Google scholar
Koolzaad botanische kenmerken	Botanische achtergrond	Google scholar
Brassica napus growth cycle	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Brassica napus disease	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Koolzaad ziektes en plagen	Groei en ontwikkeling	Google
Brassica napus carbon sequencing	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Koolzaad koolstofvastlegging	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google

Brassica napus biodiversity	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Koolzaad biodiversiteit	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Brassica napus soil health	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Brassica napus ecological advantages	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Brassica napus cultivation	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Brassica napus crop management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Brassica napus weed management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Brassica napus fertilization	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Brassica napus harvest	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Brassica napus yield	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Koolzaad teelt in Nederland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad biogrondstof	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad veevoer	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad innovatieve toepassingen	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad marktpotentie	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Koolzaad in Friesland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon		
Vicia faba botanical characteristics	Botanische achtergrond	Google scholar
Veldboon botanische kenmerken	Botanische achtergrond	Google scholar
Vicia faba growth cycle	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Vicia faba disease	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Veldboon ziektes en plagen	Groei en ontwikkeling	Google
Vicia faba carbon sequencing	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Veldboon koolstofvastlegging	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Vicia faba biodiversity	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Veldboon biodiversiteit	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Vicia faba soil health	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Vicia faba ecological advantages	Ecologische en militeutechnische aspecten	Google scholar
Vicia faba cultivation	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Vicia faba crop management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Vicia faba weed management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Vicia faba fertilization	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Vicia faba harvest	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar

Vicia faba yield	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Veldboon teelt in Nederland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon biograndstof	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon veevoer	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon innovatieve toepassingen	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon marktpotentie	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Veldboon in Friesland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt		
Pisum sativum botanical characteristics	Botanische achtergrond	Google scholar
Groene erwt botanische kenmerken	Botanische achtergrond	Google scholar
Pisum sativum growth cycle	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Pisum sativum disease	Groei en ontwikkeling	Google scholar
Groene erwt ziektes en plagen	Groei en ontwikkeling	Google
Pisum sativum carbon sequencing	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google scholar
Groene erwt koolstofvastlegging	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Pisum sativum biodiversity	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google scholar
Groene erwt biodiversiteit	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google
Pisum sativum soil health	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google scholar
Pisum sativum ecological advantages	Ecologische en milieutechnische aspecten	Google scholar
Pisum sativum cultivation	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Pisum sativum crop management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Pisum sativum weed management	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Pisum sativum fertilization	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Pisum sativum harvest	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Pisum sativum yield	Koolzaad als kansrijk gewas	Google scholar
Groene erwt teelt in Nederland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt biograndstof	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt veevoer	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt innovatieve toepassingen	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt marktpotentie	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google
Groene erwt in Friesland	Teelt in Noordoost-Fryslân	Google