

A photograph of a tractor with a blue frame and large black tires, pulling a red and white striped mechanical implement through a field of young green plants. The tractor is moving from left to right, leaving a trail of brown soil behind it. The sky is clear and blue.

Zicht op de mogelijkheden van een
toekomstbestendige onkruidbeheersing

Strategische inzet van mechanische onkruidbeheersing in de akkerbouw

Bachelor scriptie

D. van den Berg
21-1-2022

Titelpagina

Titel:	Strategische inzet van mechanische onkruidbeheersing in de akkerbouw
Ondertitel:	Zicht op de mogelijkheden van een toekomstbestendige onkruidbeheersing
Student:	D. van den Berg
Opleiding:	Agrotechniek & Management
Onderwijsinstelling:	Aeres Hogeschool Dronten
Plaats:	Westmaas
Datum:	21-1-2022
Afstudeerdocent:	Marnix Gijlers

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeeronderzoek, met als onderwerp 'Strategische inzet van mechanische onkruidbestrijding in de akkerbouw'. De aanleiding hiervan is de afstudeerfase van mijn studie Agrotechniek & Management aan de Aeres Hogeschool te Dronten. Mede dankzij de afstudeerstage en mijn achtergrond in de primaire akkerbouw, de sterke interesse in deze sector en haar toekomst is dit onderzoek tot stand gekomen. Met het oog op een steeds beperkender aanbod aan in te zetten gewasbeschermingsmiddelen zal een andere werkwijze noodzakelijk zijn wat met name in de onkruidbeheersing grote uitdagingen zal brengen. Het resultaat van dit onderzoek is bedoeld voor akkerbouwers die de inzet van mechanische onkruidbestrijding overwegen.

De afstudeerstage heeft plaatsgevonden bij Delphy binnen de productgroep akkerbouw en vollegrondsgroente in de regio Zuidwest Nederland. Delphy is een onafhankelijk adviesorgaan met wereldwijde kennis en expertise in alle plantaardige sectoren. De kennisexperts van Delphy dragen bij aan het succes van haar partners en creëren daarmee ook haar eigen succes. Met ruim 240 medewerkers verspreid door Nederland en wereldwijd werkt Delphy in verschillende teams met elk haar eigen specialisme en sector.

Bij deze wil ik mijn afstudeerdocent Marnix Gijlers bedanken, welke mij begeleid heeft gedurende het afstudeertraject. Ook Bert Hengefeld wil ik bedanken voor zijn ondersteuning op taalkundig gebied, daarnaast gaat mijn dank uit naar mijn collega's bij Delphy als goede sparringpartners.

Ik wens u veel leesplezier!

D. van den Berg

Westmaas, januari 2022

Inhoud

Samenvatting.....	9
Summary	10
Verklarende woordenlijst.....	11
1 Inleiding.....	12
1.1 Aanleiding en relevantie.....	12
1.1.1 Mechanische onkruidbestrijding weer terug van weggeweest?	12
1.1.2 Politieke invloed	14
1.1.3 Belang.....	14
1.2 Onkruidbestrijding.....	14
1.2.1 Wat is er bekend?.....	14
1.2.2 Goede strategie onbekend.....	19
1.2.3 Teelten en grondsoort.....	19
1.3 Hoofdvraag en deelvragen	20
1.3.1 Hoofdvraag.....	20
1.3.2 Deelvragen.....	20
1.3.3 Doelstelling.....	20
2 Aanpak.....	21
2.1 Materiaal en methode.....	21
2.2 Uitwerking per deelvraag	21
Hoofdstuk 3: Resultaten.....	24
3.1 Juiste moment en machine per gewasstadium.....	24
3.2 Voor- en nadelen van mechanische onkruidbestrijding tijdens gewasontwikkeling.....	26
3.3 Mechanische onkruidbestrijding ten opzichte van chemische onkruidbestrijding	30
3.4 De financiële zijde van onkruidbestrijding	31
Hoofdstuk 4: Discussie	37
4.1 Doelstelling van het onderzoek.....	37
4.2 Evaluatie resultaten en onderzoeksmethoden	37
4.3 Discussie per deelvraag	37
4.4 Relatie resultaten	39
Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen.....	40
5.1 Conclusie	40
5.2 Aanbevelingen.....	42
Literatuur.....	43
Bijlagen	46
Bijlage 1: Interviewvragen akkerbouwers met mechanische onkruidbestrijding.....	46

Bijlage 2: interviews	47
Bijlage 3: Beslisboom inzet mechanische onkruidbestrijding in aardappelen, bieten en uien.....	52

Samenvatting

In dit afstudeerwerkstuk is onderzoek gedaan naar de strategische inzet van mechanische onkruidbestrijding. Een goede onkruidbestrijding is een van de belangrijkste factoren van een geslaagde teelt. Een juiste strategische aanpak is dan ook van groot belang. Een krimpend aanbod aan gewasbeschermingsmiddelen en aandacht voor milieu en voedselveiligheid zijn aanleiding geweest voor het onderzoek. Een transitie van chemische- naar mechanische onkruidbestrijding zal dan ook in de toekomst steeds meer zijn intrede doen. Dit zal in de volledige open teelt de nodige uitdagingen met zich mee brengen. Het onderzoek is opgesteld om inzichtelijk te krijgen op welke manieren mechanisch onkruidbestrijding strategisch ingezet kan worden in de teelt van aardappelen, bieten en uien op klei- en zavelgronden.

Binnen het onderzoek zijn de theorie en de praktijk met elkaar verbonden doormiddel van interviews met akkerbouwers welke al actief mechanische onkruidbestrijding uitvoeren binnen hun bedrijfsvoering. Door de verschillende ervaringen en de koppeling met de theorie is de inzichtelijkheid vergroot van de mogelijkheden, de voor- en nadelen en de verhouding tussen de chemische- en mechanische onkruidbestrijding. Ook is gekeken wat de verandering in werkwijze doet met de kosten en baten, deze zijn uitgerekend op basis van praktijkervaringen in combinatie met aanvullende gegevens.

De beantwoording van het vraagstuk over hoe mechanische onkruidbestrijding strategisch ingezet kan worden, heeft gedurende het onderzoek steeds meer vorm gekregen. Een goede strategie bestaat uit een bouwplan brede aanpak, waarin op tijd beginnen met focus op kleine onkruiden en het uiteindelijk reduceren van de onkruidzadenpopulatie de belangrijkste uitgangspunten zijn. Bedenk vooraf of mechanische onkruidbestrijding past binnen de bedrijfsvoering waarbij gekeken moet worden naar de arbeidsfilm, mechanisatie, areaal en bouwplan. Het bedrijfstype zal wat saldo betreft verschil maken of een aanpak rendabel is binnen de bedrijfsvoering. Verkeerde keuzes kunnen; door de hoge kosten die handwieduren met zich mee brengen, de uiteindelijke kostprijs sterk beïnvloeden en het verschil maken of een teelt wel of niet rendabel is op het bedrijf. Het geringere aantal in te zetten gewasbeschermingsmiddelen zal er in de toekomst steeds meer toe leiden om gedeeltelijk of volledig mechanisch de onkruidbestrijding uit te voeren.

Vervolg onderzoek naar technieken die het aantal handwieduren verder kan reduceren is iets waar grote belangstelling voor is. Om te blijven leren van elkaar kan het oprichten van een studiegroep bijdragen om actief kennis en ervaringen te delen.

Summary

In this thesis, research has been done about the strategic use of mechanical weed control. Good weed control is one of the key elements of successful cultivation. Therefore, a good strategic approach is of great importance. A shrinking supply of crop protection products and attention to the environment and food safety prompted the study. A transition from chemical- to mechanical weed control will become more and more common in the future what will pose a number of challenges for open cultivation. The research was drawn up to gain insight into ways in which mechanical weed control can be used strategically in the cultivation of potatoes, beets and onions on clay and loamy soils.

Within the research, theory and practice are linked through interviews with arable farmers who are already actively performing mechanical weed control on their farms. Due to the different experiences, knowledge has been gained about the theory versus practice, the possibilities, the advantages and disadvantages, the relation between mechanical- and chemical weed control. Furthermore, the effect of the change in working methods on the costs and benefits were examined. And the effect of the change in working methods on the costs and benefits was examined. These were calculated on the basis of practical experience in combination with additional data.

During the research the answer to the main question 'How mechanical weed control can be used strategically' became more clear. A good strategy for mechanical weed control consists of several important principles like having a cultivation plan broad approach, starting on time, focussing on small weeds and ultimately reducing the weed seed population. Consider in advance whether mechanical weed control fits within the business operations, looking at things like labour, mechanization, acreage and cultivation plan. Whether the farm is conventional or organic will make a difference in terms of whether the approach is profitable. Bad choices can, due to the high costs involved in manual labour, strongly influence the final cost price and make the difference whether a crop is profitable or not. The smaller number of crop protection products that will be used in the future will lead to consideration of partially or fully mechanical weed control.

Continuing research into techniques that can further reduce the number of manual labour for hand weeding is something of great interest. Setting up a study group for mechanical weed control to share knowledge and experiences in order to learn continuously from each other is highly recommended.

Verklarende woordenlijst

Begrip	Verklaring
Akkerbouw	Zonder verdere aanduiding, wordt onder 'akkerbouw' de teelt van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen verstaan.
Biologisch	Onder biologisch wordt verstaan alle producten die op een landbouwbedrijf zijn geproduceerd met biologisch keurmerk. De term biologisch is een beschermde term en mag alleen worden gebruikt voor gecontroleerde biologische voedingsmiddelen, diervoeding, planten en sierteelt (Skal Biocontrole, sd).
Gangbaar	Onder gangbaar wordt verstaan alle producten die op een landbouwbedrijf zijn geproduceerd zonder biologisch keurmerk.
Gewasbeschermingsmiddelen	Gewasbeschermingsmiddelen beschermen planten of plantaardige producten tegen insecten, schimmels en andere schadelijke organismen (CTGB, 2009).
Gewasstadia	Gewasstadia zijn de ontwikkelingsfasen van het gewas.
GPS	GPS – Global Positioning System bepaald de exacte locatie van de trekker op basis van 4 satellieten. Met de inzet van RTK (Real Time Kinematic)-GPS wordt doormiddel van een basisstation een nauwkeurigheid van 0-20mm verkregen, het gebruik van deze techniek verhoogd de efficiëntie tijdens landwerkzaamheden aanzienlijk.
Graaddagen	Een graaddag is een rekeneenheid, dit is een optelsom van de gemiddelde temperatuur ((minimale temperatuur+ maximale temperatuur)/2)-3. Wanneer alle graaddagen bij elkaar opgeteld worden vanaf bijvoorbeeld het moment van zaaien kan hiermee worden gerelativeerd.
Ha	Dit is een afkorting voor hectare dat wil zeggen 10.000m ² .
Herbicide	Een gewasbeschermingsmiddel welke ingezet kan worden tegen ongewenste onkruiden.
Kopakker	Dit is het voorste gedeelte van het perceel waarop het gewas meestal haaks op de rest van het gewas gezaaid/geplant is.
Mechanische onkruidbestrijding	Onkruiden verwijderen met inzet van een daarvoor bestemde machine.
Ministerie van LNV	Dit houdt in het ministerie van Landbouw Natuur en Visserij
Perceel	Zonder verdere aanduiding wordt met 'perceel' een stuk grond bedoeld wat is klaargestoomd ten behoeve van landbouw.
Verslemping	Verslemping is een vorm van structuurbederf waarbij de bodemdeeltjes ontmengen en de toplaag dichtgesmeerd wordt met klei of silt.
Waardplant	Dit is een plant waarop een organisme of virus kan groeien of vermeerderen.
Zaadbank	Een voorraad kiemkrachtige (levende) zaden in de bodem welke wachten op gunstige omstandigheden om te kiemen.

1 Inleiding

Dit onderzoek omschrijft de mogelijkheden van een toekomstbestendige onkruidbeheersing in de akkerbouw. Voorafgaand aan dit onderzoek wordt gekeken naar de ontstaanswijze van het probleem, de ontwikkelingen rondom onkruidbeheersing en de belangen die de sector hier bij heeft. Daarna volgt er een beschrijving van wat er bekend en onbekend is, gevolgd door de hoofdvraag van het onderzoek.

1.1 Aanleiding en relevantie

1.1.1 Mechanische onkruidbestrijding weer terug van weggeweest?

Voor de komst van hedendaagse gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw ten behoeve van de oogstzekerheid, waren er weinig andere middelen beschikbaar dan het nemen van cultuurmaatregelen. Hierdoor ontstond in de loop der eeuwen dan ook een vruchtwisseling die zeer uiteenlopend en gecompliceerd kon zijn. De voorgaande generaties hadden dan ook geleerd dat alleen op die manier de risico's konden worden beperkt. Naast bodemvruchtbaarheid werden gewassen door onkruiden beconcurrerd om licht, water en voedsel. Om deze onkruiden te bestrijden waren hand wieden en regelmatig 'braken' van bouwland, als onderdeel van de vruchtwisseling, een van de meest gebruikte oplossingen. Bij het 'braken' van bouwland werd het perceel vele malen op verschillende diepten geëgd en geploegd, afhankelijk van de onkruiddruk (Bieleman, 2000).

In de loop van de 18^e eeuw ontstond de eerste rijenteelt, dit stelde boeren in staat onkruid te bestrijden door te schoffelen. Toen in de tweede helft van de 19^e eeuw de zaaimachines en schoffelploegen opkwamen nam het areaal rijenteelten sterk toe. Door de rijenteelt kon het 'braken' worden gereduceerd wat leidde tot intensiever grondgebruik. Wanneer aan het eind van de 20^e eeuw per toeval een middel wordt uitgevonden genaamd 'Bordeaux pap', wat bescherming biedt tegen valse meeldauw en *Phytophthora infestans*, word de basis gelegd voor chemische gewasbescherming. Met de komst van paardensproeiers vlak voor de Eerste Wereldoorlog nam het gemak van chemische gewasbescherming alleen maar toe (Bieleman, 2000).

Met de komst van synthetische-organische verbindingen kwam de chemische gewasbescherming in een stroomversnelling te staan. Chemiefabrieken welke tijdens de Tweede Wereldoorlog dienst hadden gedaan in de oorlogsindustrie gingen hun chemische kennis inzetten voor het ontwikkelen en produceren van gewasbeschermingsmiddelen. Mede hierdoor was het mogelijk om de voedselproductie tussen 1950 en 1980 te verdubbelen en hiermee de gegroeide wereldbevolking te voeden. Sindsdien is er in de Westerse wereld nooit meer écht honger geweest zoals daarvoor wel eens het geval was. Deze honger leed eerder nog wel eens tot grote conflicten. Denk hierbij aan de Franse revolutie in de 19^e eeuw waar een graantekort ontstond, veroorzaakt door een schimmel en de hongersnood van 1845 waar *Phytophthora infestans* grote aardappeltekorten veroorzaakte in Ierland (Hooimeijer & Znidarsic, 2018).

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen werd in de jaren 50 van de 20^e eeuw gangbaar en men was optimistisch over het gebruik en de onbegrensde mogelijkheden die deze middelen boden. Men dacht dat de landbouw een tijdperk inging dat vrij was van ziekten en plagen. Op advies van landbouwvoorlichters en leveranciers werden, door de gemakken en veiligheid die de middelen boden, veel gebruikers over de streek getrokken om veel en geregeld te spuiten. Desondanks werden er ook lichte twijfels uitgesproken over de onverantwoordelijkheid van de hoeveelheid van het gebruik (Bieleman, 2000). Door het gebrek aan toezicht nam de Tweede Kamer in 1962 de Bestrijdingsmiddelenwet aan. Deze werd vormgegeven door een adviescommissie van wetenschappers welke de regering adviseerden, met Bureau Bestrijdingsmiddelen als uitvoeringsorgaan (CTGB, sd). Half jaren 80 werd het gebruik van middelen die niet expliciet toegestaan waren verboden. De toelating van de middelen werd vanaf die tijd dan ook geregeld door het College voor de Toelating van Gewasbeschermingsmiddelen en Biociden (Bieleman, 2000).

De toenemende zorgen over de inzet van gewasbeschermingsmiddelen eind jaren 80 leidde er toe dat in 1991 een 'Meerjarenplan Gewasbescherming' inging. Dit plan had als doel het verminderen van het structurele gebruik van chemische middelen. De nieuwe middelen die in dit tijdperk op de markt kwamen waren goed inzetbaar in een Laag Dosering Systeem (verder te noemen LDS) (Bieleman, 2000). In een hoop teelten kon onkruid bestreden worden met herbiciden in het LDS systeem. In het LDS systeem wordt voornamelijk gespoten op pas gekiemde jonge onkruiden aangezien deze gevoeliger zijn dan in een meer volwassen stadium. Met de afname van akkerbouwbedrijven en een groter areaal per bedrijf kon met een veldspuit een hoge capaciteit behaald worden. Door de goede werking van het LDS systeem kwam de inzet van mechanische onkruidbestrijding steeds minder in de belangstelling (BO akkerbouw, 2004).

Met steeds meer aandacht voor het milieu en de voedselveiligheid wordt door de overheid de inzet van middelen steeds verder ingeperkt. Daarnaast speelt vandaag de dag de vraag vanuit de maatschappij omtrent duurzaamheid een rol. Als akkerbouwer moet men tegenwoordig rondom voedselveiligheid over GlobalG.A.P.- certificering beschikken, die grip probeert te houden op de voedselveiligheid, milieu impact en de gezondheid, de veiligheid en het welzijn van het personeel (GlobalG.A.P., sd). Om als akkerbouwer aan supermarktketens te leveren eisen enkelen een On the way to PlanetProof certificering, dit om hen de zekerheid te geven dat de ondernemer met duurzaamheid bezig is. Bij deze certificering wordt aan de hand van een puntensysteem gekeken of de bijdrage positief of negatief is voor de onderdelen natuur, klimaat en dier. Des te meer bespuitingen er uitgevoerd worden; des te meer andere maatregelen hier tegenover moeten staan om het geheel weer in balans te brengen. De eisen die On the way to PlanetProof stelt, zijn mede vormgegeven door de Sustainable Development Goals van de Verenigde Naties en de Green Deal van de Europese Commissie (On the way to PlanetProof, sd). Met de inzet van de Milieu-Indicator Gewasbeschermingsmiddelen kan een teler zien welke milieu impact de inzet van een gewasbeschermingsmiddel met zich mee brengt om daarop te sturen in zijn keuze (MPS, sd).

Akkerbouwers worden zowel door de overheid als door de handel gedwongen minder chemie in te zetten. "Mechanisch als het kan, chemisch als het moet" is dan ook de insteek (Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, 2017). Door te werken met geïntegreerde onkruidbestrijding of volledig mechanische onkruidbestrijding, kan de inzet van gewasbeschermingsmiddelen hiervoor gedeeltelijk of zelfs helemaal achterwege worden gelaten. Hoewel onkruidbestrijding zonder herbiciden mogelijk is, zijn er wel voldoende uitdagingen om de bodem minimaal te belasten en het gewas toch vrij te houden van onkruid (Cooper, et al., 2016).

1.1.2 Politieke invloed

De aanleiding voor dit onderzoek is het steeds krappere aanbod aan inzetbare gewasbeschermingsmiddelen. Daarnaast werd in september 2020 de “Toekomstvisie gewasbescherming 2030” gepubliceerd. Hierin staat: “In 2030 bestaat de land- en tuinbouw in Nederland uit een duurzame productie met weerbare planten en teeltsystemen, waardoor ziekten en plagen veel minder kansen krijgen en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen zo veel mogelijk kan worden voorkomen. Daar waar gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt, is dit conform de principes van geïntegreerde gewasbescherming, nagenoeg zonder emissies naar het milieu en nagenoeg zonder residuen. Hiermee wordt tegelijkertijd een blijvend economisch perspectief voor de land- en tuinbouw gerealiseerd.” (Ministerie van LNV, 2020). Om te zorgen dat deze doelstellingen ook realiseerbaar zijn, is het van belang hierin de mogelijkheden te onderzoeken. Dit onderzoek zal zich afbakenen tot de preventie en het verwijderen van onkruiden in akkerbouwmatige teelten zonder of met zo min mogelijk gewasbeschermingsmiddelen.

1.1.3 Belang

Door te onderzoeken welke middelen er inzetbaar zijn om onkruiden te verwijderen zonder inzet van herbiciden, kan voor menig akkerbouwer toekomstperspectief geboden worden. Het doel van het afstudeerwerkstuk is dan ook het bieden van voldoende alternatieve mogelijkheden wanneer de visie van het LNV daadwerkelijk doorgezet wordt in wetgeving. Met 18.669 akkerbouwbedrijven in Nederland (CBS, 2020) die allemaal met dezelfde regelgeving te maken hebben, is een gedegen onderzoek van belang om voldoende handvatten te bieden bij de inzet van mechanische onkruidbestrijding. Naast het feit dat de uitkomst van het onderzoek voor de akkerbouwsector relevant is, zal de uitkomst ook voor marktpartijen van belang zijn; denk hierbij aan mechanisatiebedrijven en/of machinefabrikanten die de sector voorzien van specifieke machines zoals schoffelmachines en wiedeggen.

1.2 Onkruidbestrijding

1.2.1 Wat is er bekend?

Het effect van onkruid in het huidige systeem zal waarschijnlijk eerder verslechteren dan verbeteren. Als gevolg van toegenomen handel over lange afstanden, de klimaatverandering, bodemverstoring, herbicideresistentie en andere factoren, wordt de urgentie van een goede onkruidbeheersing steeds belangrijker. Met een verwachte toename van de wereldbevolking tot 9 miljard mensen in 2050, samenhangend met een geschatte toename van 50% van de voedselconsumptie (Neve, et al., 2018); wordt het waarborgen van de voedselproductie alleen nog maar belangrijker.

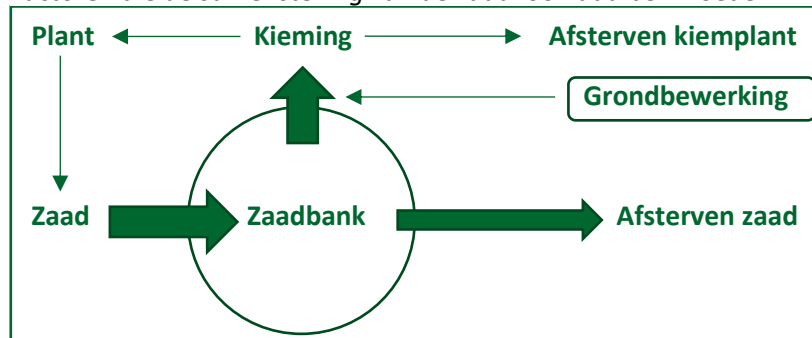
Onkruiden kunnen in het gewas grote opbrengstverliezen geven door concurrentie op het gebied van nutriënten, water, licht en ruimte (Epperleina, b, Albrecht, & Kollmann, 2014). Daarnaast kunnen onkruiden als waardplant dienen voor ziekten en plagen, deze kunnen het opruimen van aaltjes en bodempathogenen tijdens braak of bij de inzet van resistente rassen teniet doen (Zoon, Heij, & Kok, 2004). Bij onvoldoende bestrijding veroorzaken onkruiden grotere problemen in de vervolgteelt. Het onkruid verspreid zich eenvoudig via werktuigen van perceel naar perceel en kunnen het bedrijfsimago verslechteren door een slordige en amateuristische uitstraling (Booij & van der Wijde, 2005). Om de onkruiddruk beheersbaar te houden is het zaak de zaadpopulatie in de bouwvoor zo laag mogelijk te houden. De zaadvoorraad in de grond kan sterk variëren van honderden tot honderdduizenden zaden per m² bouwvoor (Post, Zaadvoorraad onderzoek, 1984).

Zaadpopulatie

De zaadvoorraad bevat voor het overgrote deel zaden die op het perceel zijn geproduceerd. Zaden die per ongeluk van buitenaf zijn aangevoerd kunnen tot een serieus probleem leiden. Dit probleem kan zich echter sterk uitbreiden door een toenemende productie van nieuwe zaden op het perceel. De aanwezige onkruidzaden in de bouwvoor zijn voornamelijk afkomstig van onkruiden die de op het perceel genomen maatregelen hebben kunnen overleven (Hoogerkamp & Stryckers, 1990). In Figuur 1.1 zijn de factoren die de samenstelling van de zaadvoorraad in de bouwvoor beïnvloeden te zien.

Figuur 1.1

Factoren die de samenstelling van de zaadvoorraad beïnvloeden



(Hoogerkamp & Stryckers, 1990)

De levensduur van de zaden is heel wisselend. Sommige soorten vormen een tijdelijke- (< 1 jaar) andere een permanente zaadbank. De meeste onkruidsoorten vormen echter een permanente zaadbank (> 1 jaar). Bij een permanente zaadbank kunnen de taaiste volhouders tussen de 50 en 100 jaar in leven blijven. Zo kunnen soorten waarvan gedacht wordt dat ze uitgestorven waren simpelweg weer opduiken. Op een perceel maakt het niet zozeer uit wanneer het laatste onkruidzaad verdwenen is maar wanneer de zaadbank zodanig is gereduceerd in omvang, dat opkomende onkruiden ten opzichte van het gewas geen schadefactor meer vormen. Zo luid een oude boerenwijsheid 'wie een jaar zijn onkruid laat staan, kan zeven jaar uit wieden gaan'. De voorraad zaden neemt af wanneer deze niet of nauwelijks wordt aangevuld. Bij reguliere grondbewerking is de 'halfwaardetijd' van kracht (Hoogerkamp & Stryckers, 1990) Met halfwaardetijd wordt bedoeld de tijd die de zaadpopulatie nodig heeft om weer op het oorspronkelijke niveau te komen (Encyclo, sd). Bij de halfwaardetijd halveert ieder jaar de aanwezige populatie (100% in jaar 1, 50% in jaar 2, 25% in jaar 3, enz.). Het duurt dan ook 7 jaar voor de onkruidzaden gereduceerd zijn tot het oorspronkelijke volume. Zonder grondbewerking is deze reductie veel trager; het duurt dan tot 18 jaar voor de 'oude' situatie is bereikt (Hoogerkamp & Stryckers, 1990).

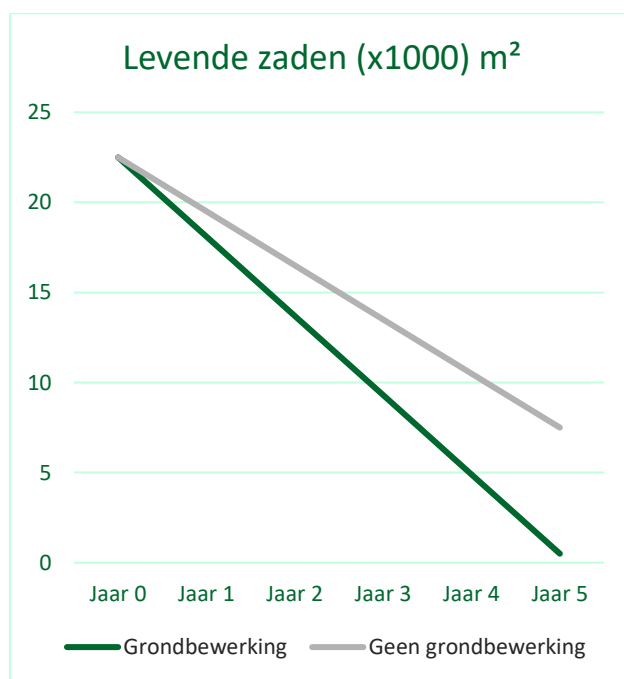
Het voorkomen van onkruidverspreiding en daarbij de introductie van nieuwe onkruidsoorten is zeer belangrijk. Om dit te bereiken is het van belang de volgende basisprincipes in acht te nemen:

- Gebruik zaaizaad met een hoge zuiverheidsgraad.
- Maak tractoren en machines schoon na een bewerking op een veld wat is geteisterd door lastige meerjarige onkruiden.
- Filter water bij beregening en gebruik geen stilstaand water.
- Voorkom een lage gewasgroeisnelheid; besteed hier aandacht aan bij rassenkeuze.
- Elimineer onkruiden voor ze in het zaad schieten.

In sterk met onkruid vervuilde percelen wordt aanbevolen om de teelt van gewassen met een slechte concurrentiepositie, waaronder wortelen, uien, prei, knoflook en meerjarige teelten zoals asperges en rabarber, te vermijden (Pannacci, Lattanzi, & Tei, 2017). Om een uitbreiding van de zaadpopulatie te voorkomen is het aanleggen van een vals zaaibed een van de belangrijkste strategieën. Hierbij wordt één of meerdere keren een zaaibed aangelegd zonder er in te zaaien. Dit activeert de kieming van onkruiden die daarna kunnen worden geëlimineerd met een volgende bewerking (Benvenuti, 2021). Het gevolg hiervan is een snelle afname van de zaadvoorraad zoals te zien in Figuur 1.2.

Figuur 1.2

Vermindering van de zaadvoorraad in de bouwvoor als gevolg van grondbewerking bij afwezigheid van nieuwe zaadintroductie.



(Hoogerkamp & Stryckers, 1990)

Chemische onkruidbestrijding

Momenteel wordt er in de gangbare akkerbouw in hoofdzaak onkruid bestreden op chemische wijze. Dit omdat de capaciteit hiervan vele malen hoger ligt en daarmee de kosten per ha lager. Bij chemische gewasbescherming wordt, waar mogelijk, aan het begin van het seizoen een basis van bodemherbiciden gegeven. Na opkomst kan dit gedaan worden met een aanpak welke is gebaseerd op een Laag Dosering Systeem (LDS) afhankelijk van het gewas en grondsoort. Door de lage dosering bij een LDS bespuiting heeft dat alleen effect op kleine, pas gekiemde onkruiden (Tomassen & Rovers, 2007). Ook de tijd tussen de opeenvolgende behandelingen mag niet te groot zijn om voldoende bestrijdingseffect te verkrijgen. Hardnekkige onkruiden, opslag van aardappel- of bietenplanten kunnen ook plaats specifiek worden bestreden met een strijkrol of doormiddel van aanstippen. Deze werkwijze komt echter door de toekomstvisie van LNV in de knel en zal er gekeken moeten worden naar alternatieven om akkerbouwmatige teelten ook in de toekomst door te kunnen zetten.

Het gebruik van bioherbiciden die actieve schimmels of natuurlijke schimmelmoleculen bevatten zou een van de mogelijke oplossingen zijn om het gebruik van chemische producten te verminderen (Triolet, Guillemin, Andre, & Steinberg, 2020). Bioherbiciden zijn producten die van nature afkomstig zijn van levende organismen of hun natuurlijke metabolieten, welke kunnen worden gebruikt om onkruidpopulaties onder controle te houden zonder aantasting van het milieu (Radhakrishnana, A. Alqarawib, & Abd Allah, 2018). Ondanks de positiviteit is er een wezenlijke kloof tussen het aantal experimentele onderzoeken en het kleine aantal producten op de markt. Zo zijn er een tiental bioherbiciden op de markt in de Verenigde Staten, Canada en Zuid-Afrika en is er in Europa geen één bioherbicide op de markt. Redenen voor deze kloof zijn met name productie barrières, formuleringsprocessen, ecologische geschiktheid, duur van de effecten en tijdrovende registratieprocedures. Het is echter duidelijk dat onderzoek naar de wisselwerking tussen schimmels en planten een veelbelovende ontwikkeling is naar milieuvriendelijke en duurzame onkruidbestrijding (Triolet, Guillemin, Andre, & Steinberg, 2020). Momenteel wordt hier door diverse firma's onderzoek naar uitgevoerd, waaronder de Nederlandse firma Koppert Biological Systems (Koppert, 2020). Wellicht dat dit fenomeen in de toekomst in de Europese akkerbouw praktijkrijp wordt.

Mechanische onkruidbestrijding

Mechanische onkruidbestrijding is een cruciale en veel gebruikte methode van biologische akkerbouwers voor onkruidbeheersing. In de gangbare teelt krijgt deze vorm van onkruidbestrijding steeds meer belangstelling, onder meer door een gekrompen beschikbaarheid van herbiciden (Rombout, van Rozen, & Riemens, 2019). Om mechanisch onkruid te bestrijden is er keus uit een groot aantal effectieve werktuigen. Mechanische onkruidbestrijding is echter meer dan op tijd aanaarden, schoffelen of wieden. Er moet bouwplan breed en jaarrond aan gewerkt worden om het te laten slagen. Het begint bij goed en vlak ploegwerk, hierdoor is de opkomst van het gewas egalier wat de onkruidbestrijding ten goede komt, daarnaast lopen de schoffels stabiel en nauwkeuriger dan bij onregelmatig ploegwerk. Een ander bijkomend voordeel is dat bij vlak ploegwerk minder diep geschoffeld hoeft te worden wat het onnodig kiemen van zaden voorkomt. Spitten is daarentegen minder handig gezien hierdoor meer onkruiden aan de oppervlakte aanwezig blijven dan bij een kerende grondbewerking (den Herder, 2015).

Wanneer het mogelijk is, kan het aanleggen van een vals zaaibed in het voorjaar de kieming van onkruiden stimuleren. Wanneer er een week later aan de daadwerkelijke zaaibedbereiding wordt begonnen, worden alle onkruiden afsneden. Bij de zaaibedbereiding ligt de voorkeur bij ganzenvoetschoffels in plaats van veertanden omdat deze de onkruiden beter afsnijden waardoor er schoner aan de teelt begonnen kan worden. Zorg bij een goede zaaibedbereiding dat de ganzenvoeten voldoende overlap hebben en daarnaast goed scherp zijn, hiermee wordt er voorkomen dat wortelonkruiden tussen de schoffels doorglippen (den Herder, 2015).

Voor een optimale onkruidbestrijding is het handig om bij het zaaien gebruik te maken van RTK-GPS. Door op dezelfde lijnen te schoffelen als waarop gezaaid is, kan er nauwkeuriger gewerkt worden op een kortere afstand van de gewasrij. Bij het schoffelen kan aanvullend ook schijf- of camerabesturing ingezet worden waardoor de chauffeur beter de werking van de schoffel in de gaten kan houden (Bleeker, Mechanische onkruidbestrijding perspectiefvol, 2010). In afbeelding 1 is een schoffelf bewerking te zien zonder de inzet van RTK-GPS. Door op deze wijze te werken dient er als veiligheidsmarge veel meer ruimte te zitten tussen de schoffelmessen en de plant, waardoor een hoop onkruiden niet geraakt worden. Indirect hebben ook de rassenkeuze en zaaitechniek invloed op het succes van mechanische onkruidbestrijding.

Afbeelding 1

Schoffelen in suikerbieten zonder gps-besturing



(Nood, 2017)

Hoe egalier en sneller de opkomst van het gewas, hoe eerder het dicht staat. Bij een vroege bladontwikkeling is de grond eerder donker waardoor onkruiden minder snel kiemen. Daarnaast vraagt een bewerking in een gewas waarvan delen achterblijven om een mildere afstelling van een wiedege of vingervieders om ook de zwakke planten te sparen. Wanneer de gewassen opkomen begint het wiedege, schoffelen en aanaarden. Om dit goed te laten slagen telt iedere centimeter; wat niet meer met werktuigen kan worden aangepakt, resulteert in handwerk of alsnog een bespuiting. Door de inzet van RTK-GPS, camerabesturing of allebei kan dichter op het gewas geschoffeld worden. Daarnaast kan er ook eerder begonnen worden omdat het niet noodzakelijk is om de jonge gewasrij te zien (den Herder, 2015). Tijdigheid is bij beheersen van onkruiden van zeer groot belang. Weersinvloeden tijdens de gewascyclus kunnen de tijdigheid, haalbaarheid en effectiviteit van de onkruidbestrijding sterk beïnvloeden. Bij gewassen met een lage concurrentiepositie kunnen ongecontroleerde onkruiden tot grote opbrengstverliezen leiden (Pannacci, Farnaselli, Guiducci, & Tei, 2020).

Studies hebben uitgewezen dat een met camerabesturing uitgeruste rijenschoffel in vergelijking met handmatig gestuurde schoffels een aanzienlijk nauwkeuriger resultaat geeft. Wanneer een camera gestuurde rijenschoffel is uitgerust met vingervieders of aanaardschijven is de onkruidonderdrukking nagenoeg gelijk aan die van een standaard herbicidebespuiting. Hoewel mechanische onkruidbestrijding niet de doeltreffendheid van een herbicidebespuiting bereikt, hebben zelfsturende technieken mechanische onkruidbestrijding tot een veelbelovend sterk alternatief gemaakt (Kunz, Weber, Peteinatos, Sökefeld, & Gerhards, 2017). Naast camerabesturing als intelligente techniek, kan onkruid ook plaats specifiek worden verwijderd bij benadering op fenotype; dit is iets wat zich nog in de kinderschoenen bevindt. Om de onkruidbestrijding te vergemakkelijken zou de benadering van onkruiden op basis van fenotype gebruikt kunnen worden om de interactie tussen onkruid en

omgeving op te helderen. Hieruit kan een besluitvorming gemaakt worden voor de timing en de keuze van strategie (Lati, et al., 2021). Wanneer een dergelijk systeem verder ontwikkeld wordt, zou dit in de toekomst, in combinatie met een autonome robot, handmatig wieden overbodig kunnen maken.

Andere vormen van onkruidbestrijding

Naast chemische en mechanische onkruidbestrijding kan onkruid ook thermisch; doormiddel van branden, en elektronisch; doormiddel van elektrocutie, om zeep geholpen worden. Bij thermische onkruidbestrijding met inzet van een onkruidbrander krijgen de onkruiden een warmteschok waardoor de plantcellen barsten. Het beste werkt dit wanneer onkruiden tussen het kiemblad- en 4 bladstadium zitten. Onkruiden met een opstaande groei zijn het meest gevoelig voor branden. Kruipende- en wortelonkruiden of onkruiden met een beschermd groeipunt zijn minder gevoelig voor branden. Branden kan volvelds, voor zaai, voor opkomst en na opkomst in gewassen met een beschermd groeipunt. Na opkomst kan bij voldoende rijafstand ook tussen de rijden gebrand worden. Het gemiddelde gasverbruik bij branden ligt tussen de 50 en 80 liter gas per ha (Vetabio, 2011) met een gasprijs van €0,61 (WUR, 2018) komt dat neer op gaskosten tussen de €30,50 en €48,80 per ha. Onkruidbestrijding doormiddel van elektrocutie kan momenteel alleen nog maar volvelds en is in te zetten voor opkomst van het gewas, als loofdoding of om vanggewassen te doden. Het grote verschil hierin met mechanische onkruidbestrijding is dat het ook de reproductieve wortels van de onkruiden doodt (Zasso, 2021).

1.2.2 Goede strategie onbekend

Uit de vorige paragraaf blijkt dat over de inzet van mechanische onkruidbestrijding, voornamelijk vanuit de biologische akkerbouw, al veel bekend is. Echter is een goede strategie hiervoor bij de meeste ondernemers nog onbekend. Zo moet vooral inzichtelijk worden op welk moment, in welk gewas, in welk stadium, welke machine inzetbaar is en welke voor- en/of nadelen het inzetten van deze machines met zich meebrengen. Ook het verschil in kostprijs tussen chemische- en mechanische onkruidbestrijding is nog vrij onduidelijk. Met de huidige marges op de gewassen moet een dergelijke onkruidbestrijding vooral ook rendabel zijn om hier voor te kiezen (naast dat het LNV dit uiteindelijk afdwingt). Om deze zaken helder te krijgen is het handig te weten welke investeringen hier voor nodig zijn.

1.2.3 Teelten en grondsoort

Om het onderzoek overzichtelijk en bovenal realiseerbaar te maken zal het onderzoek specifiek ingaan op de mechanische onkruidbestrijding in uien, bieten en aardappelen op klei- en zavelgronden. De keuze voor deze afbakening komt door het feit dat er van de 529.000 ha akkerbouw in 2021; 161.220 ha aardappelen (72.000 ha consumptie-, 45.000 ha zetmeel- & 44.000 pootaardappelen), 120.000 ha tarwe, 81.140 ha suikerbieten, 30.400 ha zaaiuien, 9.547 ha wortelen (6.500 ha winterpeen & 3.047 ha was- en bospeen) & 3.136 ha witlofpennen de meest voorkomende akkerbouwgewassen zijn (CBS, 2021). Op de graanteelt na zijn dit dan ook allemaal 'hoog' salderende gewassen waarin een mechanische onkruidbestrijding sneller rendabel te krijgen is, de graanteelt zal in dit onderzoek dan ook niet meegenomen worden. Het areaal wortelen en witlofpennen is dusdanig laag dat hier niet specifiek op ingegaan wordt. Door het verschil in werkbaarheid en toepassing van specifieke machines per grondsoort, zal dit onderzoek zich afbakenen tot de toepassing op klei- en zavelgronden.

1.3 Hoofdvraag en deelvragen

Naar aanleiding van de inleiding is de volgende hoofdvraag tot stand gekomen, gevolgd door de deelvragen.

1.3.1 Hoofdvraag

Hoofdvraag: Hoe ziet de strategie eruit voor het gebruik van mechanische onkruidbestrijding in de gewassen aardappelen, bieten en uien op klei- en zavelgronden?

1.3.2 Deelvragen

Deelvraag 1: Wanneer is het juiste moment om een mechanische onkruidbestrijding uit te voeren en welke machine is hier per gewasstadium op inzetbaar?

Deelvraag 2: Welke voor- en nadelen brengt een mechanische onkruidbestrijding met zich mee op gebied van gewasontwikkeling per gewasstadium?

Deelvraag 3: Hoe verhoudt de inzet van mechanische onkruidbestrijding zich tot het gebruik van chemische onkruidbestrijding?

Deelvraag 4: Hoe ziet de kosten- batenanalyse eruit bij gebruik van mechanische- en chemische onkruidbestrijding en hoe verhoudt dit zich tot elkaar?

1.3.3 Doelstelling

Het eindproduct van dit onderzoek is samengevat in een beslisboom. Met deze beslisboom krijgt de akkerbouwer meer inzicht in de mogelijkheden voor het uitvoeren van mechanische onkruidbestrijding in de teelten aardappelen, bieten en uien. Hierin zijn de benodigde mechanisatie, het moment van uitvoeren en de voor- en nadelen van mechanisch onkruidbestrijding opgenomen. Deze opties kunnen dan op basis van gewasstadium tegen elkaar af worden gewogen wat de keuze vergemakkelijkt.

2 Aanpak

In dit onderdeel is omschreven hoe het onderzoek naar de mogelijkheden van een toekomstbestendige onkruidbeheersing in de akkerbouw uitgevoerd is. Daarnaast is aangegeven welke bronnen er gebruikt zijn om tot beantwoording van de betreffende deelvragen te komen.

2.1 Materiaal en methode

In het onderzoek heeft de dataverzameling plaatsgevonden door het verrichten van zowel kwalitatief- als kwantitatief onderzoek.

- Kwalitatief onderzoek, fieldresearch doormiddel van semigestructureerde interviews. Om vervolgens deze interviews en de toepassingen met elkaar te vergelijken.
- Kwantitatief onderzoek, deskresearch doormiddel van de meest recente kostprijs cijfers te combineren met de toepassingen die uit de interviews zijn gekomen.

2.2 Uitwerking per deelvraag

Wanneer is het juiste moment om een mechanische onkruidbestrijding uit te voeren en welke machine is hier per gewasstadium op inzetbaar?

Om tot een antwoord op deze vraag te komen zijn er een aantal akkerbouwers welke al actief mechanische onkruidbestrijding uitvoeren geïnterviewd. Het doel van het interview was om er achter te komen hoe de akkerbouwer zijn machines inzet om zijn percelen met aardappelen, bieten en uien onkruidvrij te houden. Belangrijk om te weten was:

- Het gewas: aardappelen, bieten, uien
- Het gewasstadium: dit zegt veel over wat er wel en niet mogelijk is.
- Het merk en type machine waarmee de onkruidbestrijding wordt uitgevoerd: het belang zit hierin wat het zegt over het uiteindelijke resultaat.
- Extra aanbouwdelen aan de machine: deze kunnen het verschil in werkbaarheid sterk beïnvloeden.
- De werkbreedte van de machine: dit zegt veel over de uiteindelijke capaciteit en de complexiteit met betrekking tot het afstellen van de machine.
- De capaciteit ha/u van de machine: de capaciteit zegt veel over de hoeveelheid werk die in een bepaald tijdsbestek gedaan kan worden. Dit is van groot belang wanneer er bijvoorbeeld regen op komt is.
- De vereisten waaronder de onkruidbestrijding uitgevoerd dient te worden: dit zegt meer over de omstandigheden waaronder de bewerking uitgevoerd dient te worden.
- Het resultaat van de onkruidbestrijding: hier is toegelicht welk aandeel van de onkruiden geëlimineerd is met de bewerking.
- Eventuele opmerkingen: hier worden de kanttekeningen besproken.

De uitwerking van de vragenlijst tijdens het interview heeft plaatsgevonden in Microsoft Excel dit maakte het na afloop makkelijker om de uitwerkingen per interview te combineren en te sorteren op gewas en stadium. Met het hanteren van een vragenlijst kon ieder onderdeel goed uitgelicht worden. De vragenlijst en de bijbehorende Excel sheet zijn te vinden in bijlage 1.

Voorafgaand was het belangrijk de gewasstadia goed uit te werken van de aardappelen, bieten en uien zoals te zien in tabellen 2.2.1, 2.2.2 & 2.2.3.

Tabel 2.2.1

Gewasstadia aardappelen

	Stadia	Kenmerken	Mogelijkheden
na planten	Voor opkomst		Te onderzoeken
+15-mei	Opkomst	Snelle loof- en wortelgroei	Te onderzoeken
1-jun	Loof ontwikkeling	Begin knolaanleg	Te onderzoeken
15-jun	1e etage		Eggen
1-jul	2e etage	Begin bloei	Schoffelen
15-jul	3e etage		Schoffelen
15-aug	4e etage	Knolvulling	Schoffelen

Tabel 2.2.2

Gewasstadia bieten

Periode	Stadia	Kenmerken	Mogelijkheden
na zaai	Voor opkomst	Ca. 90 graaddagen tussen zaai en opkomst	Te onderzoeken
T1	1e blad	Bladontwikkeling	Te onderzoeken
T2	2-bladstadium	Bladontwikkeling, ca. 175 graaddagen	1e x eggen mogelijk (risico)
T2/T3	4-bladstadium	Bladontwikkeling,	Eggen of schoffelen +
T3/T4	6-bladstadium	Bladontwikkeling, 30% grondbedekking ca. 225 graaddagen	Schoffelen + vingerwieders
T4	8-bladstadium	Groei bladmassa en penwortel	Schoffelen + vingerwieders

Tabel 2.2.3

Gewasstadia uien

Periode	Stadium	Kenmerken	Mogelijkheden
Na zaai	Voor opkomst		Te onderzoeken
	Kramstadium	Sterk	Te onderzoeken
	Vlagbladstadium	Voorzichtig zijn	Te onderzoeken
	Eerst echte pijpje tot 3cm		Te onderzoeken
	Eerst echte pijpje vanaf		Te onderzoeken
21-mei	I-dag (inductie fase)	Streven 4 bladeren, ca. 60 dagen na zaai	Te onderzoeken
10-jul	D-dag (development fase)	8-10 bladeren, nog 5 weken	Te onderzoeken

Welke voor- en nadelen brengt een mechanische onkruidbestrijding met zich mee op gebied van gewasontwikkeling per gewasstadium?

Om tot een antwoord op deze vraag te komen zijn er een aantal akkerbouwers welke al actief mechanische onkruidbestrijding uitvoerden geïnterviewd over de voor- en nadelen van mechanische onkruidbestrijding. Ter aanvulling op de onderdelen van de vorige deelvraag is er in de interviews ook gevraagd naar:

- De voordelen: hier worden alle positieve aspecten van de bewerking toegelicht.
- De nadelen: hier worden alle negatieve aspecten van de bewerking toegelicht.

Door deze resultaten met elkaar te vergelijken kon er gekeken worden welke verhoudingen hierin zaten.

Hoe verhoudt de inzet van mechanische onkruidbestrijding zich tot het gebruik van chemische onkruidbestrijding?

Om antwoord te krijgen op deze vraag is er bij gangbare telers gevraagd wat volgens hen de voor- en nadelen zijn van chemische onkruidbestrijding en wat zij vinden van het resultaat van mechanische ten opzichte van chemische onkruidbestrijding.

Hoe ziet de kosten- batenanalyse eruit bij gebruik van mechanische- en chemische onkruidbestrijding en hoe verhoudt dit zich tot elkaar?

Om tot een antwoord op deze vraag te komen zijn cijfers uit de KWIN (Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2018) van machines en de kosten per draaiuur achterhaald. Aan de hand van deze cijfers is er gekeken wat de kosten zijn per hectare van mechanische onkruidbestrijding, gecombineerd met de capaciteit in ha/uur van de machines welke uit interviews van akkerbouwers zijn gekomen. Met de KWIN kon bepaald worden wat de kosten per ha van de spuit zijn excl. chemische middelen. Om een actueel kostenoverzicht hiervan te maken moet gekeken worden welke chemische middelen er in het komende jaar nog beschikbaar zijn en wat de actuele prijzen hiervan zijn. Onder invloed van de Covid-19 pandemie is de aanvoer van grondstoffen zwaar getroffen, dit heeft grote gevolgen voor de olieprijs en productiekosten van landbouwmachines. Grote oorzaken van deze prijsstijgingen zijn: mijnen die moesten sluiten en de winning in schalie-olievelden (olie uit brongesteenten) welke werden onderbroken door een gebrek aan beschikbare arbeiders. De prognose die Allianz Research stelt is dat onder andere de prijzen van machines en de bijbehorende uitrusting omhoog gaan (Kuhanathan, 2021). Van belang was om te kijken of de prijzen van de KWIN nog actueel waren, gezien hiervan de recentste versie dateert uit 2018. Informatie hierover inwinnen bij leveranciers kon hierbij een uitkomst bieden.

Om tot correcte exploitatiekosten te komen zijn de: aanschafprijs, rente, afschrijving, onderhoud en bergingsruimte meegenomen van zowel de trekker als de werktuigen. Door de exploitatiekosten te combineren met een gemiddelde capaciteit in ha/u, brandstofprijs, gemiddelde brandstofgebruik per uur, de arbeidskosten per uur en de input van gewasbeschermingsmiddelen is er vergeleken wat de kosten en baten van onkruidbestrijding zijn bij chemische- en mechanische onkruidbestrijding met en zonder camerabesturing. Het onderscheid hiertussen zit voornamelijk in de capaciteit en nauwkeurigheid van de bewerkingen. De kosten-batenanalyse is uitgevoerd in Microsoft Excel.

Hoofdstuk 3: Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten per deelvraag beschreven om de beantwoording van de hoofdvraag inzichtelijk te maken.

3.1 Juiste moment en machine per gewasstadium

Uit interviews met zowel gangbare- als biologische akkerbouwers in Zuidwest Nederland is een helder overzicht ontstaan onder welke omstandigheden een mechanische onkruidbestrijding uitgevoerd kan worden in de gewassen aardappelen, bieten en uien. Praktisch alle telers gaven aan dat slagvaardigheid vereist is om in te kunnen spelen op gunstige bodem- en weersomstandigheden. Ook vanuit de praktijk werd nog eens aangegeven dat het aanleggen van een vals zaaibed in combinatie met nauwkeurig zaaiwerk in alle fronten in het voordeel werken.

Aardappelteelt

Uit de interviews bleek dat de status van de etageontwikkeling minder van belang is om te bepalen welke bewerking er uitgevoerd kan worden. Grote verschillen in loofontwikkeling tussen de aardappelrassen zijn bepalend voor het dichtgroeien van het gewas en het aantal bewerkingen. Zo zal een ras met een tragere loofontwikkeling één bewerking meer nodig hebben dan een ras met snellere loofontwikkeling.

Tabel 3.1.1

Mogelijkheden per gewasstadium aardappelen

Periode	Stadium	Kenmerken	Mogelijkheden
Na planten	Voor opkomst	Poters zitten voldoende diep en midden in de rug.	Eggen, branden
Begin mei	Net voor opkomst	Plant wil bijna boven de rug uit groeien	Frezen
Half mei	Opkomst	Eerst blad ontvouwd zich.	Schoffelen, aanaarden
Eind mei	Loof ontwikkeling 5cm	Kiemen staan stevig en worden niet afgebroken.	Schoffelen, aanaarden, eggen
Half juni	Loofontwikkeling 20-30cm	Wortels gevoelig voor beschadiging bij schoffelen.	Schoffelen, aanaarden, eggen
Begin juli	Voor sluiting gewas	Beworteling tegen de rand van de rug aanwezig.	Aanaarden

Ondanks de vele mogelijkheden kan de teelt van aardappelen met 2 á 3 bewerkingen rond gezet worden zonder de inzet van bodemherbiciden. Dit geheel is naast de loofontwikkeling ook afhankelijk van de onkruiddruk op het perceel. Wanneer wordt geplant en gefreesd in een 2 fase systeem kan er na het planten gewacht worden met de definitieve rugopbouw om tussentijds nog een extra onkruidbestrijding uit te voeren. Hiertussen kunnen de onkruiden in het witte draden stadium bestreden worden met een wiedeeg. Gedurende het groeiseizoen is het mogelijk om nog een keer met de aanaarder door het gewas heen te rijden om jonge onkruiden onder te stoppen.

Bietenteelt

Door de interviews is er meer duidelijk geworden over de mogelijkheden met betrekking tot het stadium waarin de bietenplanten zich bevinden. Met de interviews kwam ook het belang van een gelijkmatige opkomst naar voren wat in het vooronderzoek al aan bod is gekomen. Een gelijkmatige opkomst vergroot de mogelijkheden van het uitvoeren van mechanische onkruidbestrijding. In tabel 3.2 is te zien welke mogelijkheden er per gewasstadia zijn. Wanneer gekozen wordt voor de inzet van een wiedege dient deze bewerking niet dieper dan de eerste bewerking en om de 3-4 dagen herhaald te worden voor het optimale effect. Bedenk dat alles wat met een wiedege (bijv. 9-12m werkbreedte) gedaan kan worden een veel hogere capaciteit heeft dan wanneer een schoffelmachine (3-6 meter werkbreedte) wordt ingezet.

Tabel 3.1.2

Mogelijkheden per gewasstadium bieten

Periode	Stadium	Kenmerken	Mogelijkheden
Na zaai	Voor opkomst	Ca. 90 graaddagen tussen zaai en opkomst	Eggen, branden
T1	1 ^e blad	Bladontwikkeling	Schoffelen + gewasbeschermers
T2	2-bladstadium	Bladontwikkeling, ca. 175 graaddagen	Schoffelen + gewasbeschermers Eggen mogelijk (risico)
T2/T3	4-bladstadium	Bladontwikkeling,	Eggen of schoffelen + torsiwieders
T3/T4	6-bladstadium	Bladontwikkeling, 30% grondbedekking ca. 225 graaddagen	Schoffelen + vingerwieders
T4	8-bladstadium	Groei bladmassa en penwortel	Schoffelen + vingerwieders
	10-bladstadium	Groei bladmassa en penwortel	Schoffelen + vingerwieders

Uienteelt

De interviews hebben een hoop vernieuwende aspecten aan het licht gebracht. Zo zijn sommige telers wat terughoudender met het inzetten van de wiedege in deze teelt ten opzichte van andere. Voor opkomst van de zaaiuien is het mogelijk om te eggen, een vereiste hiervan is dat het zaad voldoende diep (3cm) ligt. Wanneer wordt gekozen voor branden worden kiemende onkruiden gedood en geen nieuwe zaden gewekt in tegenstelling tot wiedege. Afbranden geeft dan ook meer voordeel, gezien tot de rijen goed zichtbaar zijn, niks in het gewas gedaan kan worden. Wanneer de ui zijn eerste echte pijpje vormt en deze boven de 3cm komt heeft deze 3 wortels en kan de ui meer hebben, hierdoor wordt eggen mogelijk. Na de I-dag (vorming van blad en rokken) kunnen de vingerwieders met de schoffelbalk ingezet worden. Hoe verder het gewas zich ontwikkelt, hoe nauwer deze vingerwieders op de plant afgesteld worden. Op deze manier wordt er ook in de gewasrij onkruid bestreden. In tabel 3.1.3 is te zien welke mogelijkheden er per gewasstadia zijn.

Tabel 3.1.3*Mogelijkheden gewasstadium uien*

Stadia	Kenmerken	Mogelijkheden
Voor opkomst	Zaad voldoende diep	Eggen, branden
Kramstadium	Sterk, wortel zwak	Branden bij 30% opkomst
Vlagbladstadium	Rij zichtbaar, voorzichtig zijn.	Schoffelen + beschermerschijven
Eerst echte pijpje tot 3cm		Schoffelen + beschermerschijven
Eerst echte pijpje vanaf 3cm	Grond fijn en niet te grof voor wiedegeen	Wiedegeen & schoffelen
I-dag (inductie)	Streven 4 bladeren, ca. 60 dagen na zaai	Schoffelen + vingerwieders
D-dag (development)	8-10 bladeren, nog 5 weken groei	Schoffelen + vingerwieders
Vlak voor het strijken	Laatste mogelijkheid om nog iets te doen	Schoffelen + loofbeschermers

3.2 Voor- en nadelen van mechanische onkruidbestrijding tijdens gewasontwikkeling

Uit interviews met zowel gangbare- als biologische akkerbouwers zijn de voor- en nadelen grotendeels naar voren gekomen. De uitkomst hiervan is echter niet specifiek per stadium uit te drukken. In de interviews kwam naar voren dat slechte weersomstandigheden, bij de inzet van mechanische onkruidbestrijding, een groter nadeel kan zijn dan wanneer het onkruid op chemisch wijze bestreden wordt. De slechte weersomstandigheden bij mechanische onkruidbestrijding brengen ten nadele dat de grond niet wil werken en de omstandigheden niet drogend zijn, wat kans op hergroei bevordert. Daarnaast kunnen bij werken onder natte omstandigheden de rijsporen, welke tussen de cultuurgewassen liggen, te diep worden. Hierdoor kunnen de planten naast het spoor omvallen bij een schoffelbewerking. Het is dan ook lastig om in een nat jaar goede momenten te vinden om tijdig mechanische onkruidbestrijding uit te voeren.

Kopakkers maken het lastig om te draaien zonder gewasschade te veroorzaken. Het zetten van kopakkers in combinatie met het uitvoeren van mechanische onkruidbestrijding brengt nog de nodige uitdagingen met zich mee. Met name in de aardappel- en bietenteelt zal dit de meeste voeten in de aarde hebben, denk hierbij aan de draaicirkel die nodig is om bij de volgende gang in te zetten. Met name voor de rooibaarheid is het wenselijk om kopakkers te zetten. Het draaien op kopakkers die wel geplant of gezaaid zijn kan dan ook in een verder stadium enige gewasschade geven. In de zaaiuien is het daarentegen al meer gebruikelijk om geen kopakkers te zetten, dit gezien het meer voordelen geeft met rooien dan wanneer dit wel gedaan wordt.

Bij de gangbare akkerbouwers kwam als veelgenoemd argument naar voren dat er minder groeiremming optreedt door het achterwege laten van bodemherbiciden. Als gevolg hiervan groeit het cultuurgewas sneller uit wat een hogere concurrentie positie ten opzichte van het onkruid geeft.

Aardappelen

Binnen de teelt van aardappelen zitten de voordelen van mechanische onkruidbestrijding voornamelijk in de interval. Met 2 á 3 bewerkingen is het mogelijk om zonder bodemherbiciden de teelt rond te zetten, zo gaven de telers aan. In tabel 3.2.1 is te zien welke voor- en nadelen er per bewerking zijn.

Tabel 3.2.1

Voor- en nadelen mechanische onkruidbestrijding in aardappels

Bewerking	Voordelen	Nadelen
Eggen voor rugopbouw	Onkruiden naar beneden rijden voor frezen	Extra bewerking
Verlate rugopbouw	Voorsprong op onkruid	> 3 cm blad bij opkomst, groeivertraging. Kans op scheuren in de rug met groene aardappels tot gevolg.
Branden	Geen zaden 'wekken', rug opwarmen	Kostprijs verhogend, weinig meerwaarde.
Aanaarden (ecoridger)	Hoge rijsnelheid, zeer oppervlakkige werking	Werking alleen op heel klein onkruid, bij een ontwikkeld loofpakket. Loofbeschadiging met invalshoek voor infectie door <i>Phytophthora infestans</i> en <i>Alternaria solani</i> .
Eggen	Hoge capaciteit	
Hoekschoffel	Ook wortelonkruiden kunnen aangepakt worden	Kans op wortelbeschadiging, hierdoor groeivertraging en kans op infecties van <i>Phytophthora infestans</i> .

Bieten

Binnen de teelt van bieten kwamen er meerdere voordelen aan het licht. Zo noemde enkele gangbare telers dat zij met mechanische onkruidbestrijding in de bieten begonnen zijn om lastige probleemonkruiden op te ruimen. Wanneer deze onkruiden goed bestreden worden hebben de bieten hier minder concurrentie van. Als voordeel werd lucht in de grond genoemd, dit stimuleert de wortelgroei en daarmee indirect de gewasontwikkeling. Op slempgevoelige gronden uit dit voordeel zich sterker. Voordeel is dat de bietenplant vrij stevig is, hierdoor is het mogelijk om in een verder stadium (6-blad of verder) vingerwieders in te zetten. Het voordeel van vingerwieders is dat er ook tussen de rij onkruid wordt bestreden, en verhogen daarmee de effectiviteit van de bewerking. Een nadeel hiervan is dat de vingerwieders de capaciteit van het schoffelen verlagen, echter weegt dit nadeel niet op tegen de voordelen hiervan. Aanaarden of aanaardend schoffelen van bieten kan op percelen met aanwezigheid van *Rhizoctonia solani* (bodemschimmel) het probleem vergroten (Wilting & Schneider, 2010), echter hadden de geïnterviewde telers hier in het verleden geen last mee gehad. Binnen de bietenteelt is het gebruikelijk om kopakkers te zetten, dit vormt met bewerkingen een verhoogde kans op schade met opbrengstreductie tot gevolg. Een bieten perceel heeft zijn kopakkers echter nodig om met de bietenrooier voldoende ruimte te hebben om te draaien. In tabel 3.2.2 is te zien wat de voor en nadelen per bewerking zijn.

Tabel 3.2.2

Voor- en nadelen mechanische onkruidbestrijding in bieten

Bewerking	Voordelen	Nadelen
Eggen voor opkomst	Onkruiden in zeer vroeg stadium bestrijden.	Kans om het zaad bloot te rijden.
Branden voor opkomst	Minder onkruidzaden “wekken”	Bij nat weer soms te laat, onkruid al te groot. Enkel mogelijk vóór opkomst.
Schoffelen + gewasbeschermers	Lucht in de grond, lastige wortelonkruiden afsnijden	Rijen moeten zichtbaar zijn om te kunnen schoffelen.
Eggen na opkomst	Grote werkbreedte, kleine onkruiden om zeep helpen	Risicovol, in het 2-bladstadium. Grond moet los genoeg liggen
Schoffelen + torsiewieders	Werking in de rij, verlaging handwieduren	Rijsnelheid en daarmee capaciteit gaan omlaag

Uien

Binnen de teelt van uien zijn er veel herbiciden weggefallen, gezien dit een gewas is met vrij lang een lage bodembedekking, kunnen onkruiden deze oogst aardig bemoeilijken. Een groot voordeel van de inzet van mechanische onkruidbestrijding in deze teelt is dat het hierdoor wel mogelijk blijft om uien te telen en (enigszins) schoon te houden. Lucht in de grond werd in de uienteelt als groot pluspunt gegeven, om de uienplantjes op te frissen. De nadelen van mechanische onkruidbestrijding in de uienteelt zaten met name in de uitvoering op het verkeerde moment. Zo kan branden na opkomst als nadeel hebben dat er meer diknekken ontstaan. Ook wiedeggen voor opkomst heeft als nadeel dat er de mogelijkheid bestaat dat het zaad open gereden wordt, raadzaam is dan ook om het zaad wat dieper weg te leggen om eggen mogelijk te maken. Wanneer gezaaid is onder iets te natte omstandigheden waarbij sporen zijn ontstaan, kunnen deze hinder geven met schoffelen. Schoffelen in combinatie met te diepe sporen geeft kans dat de uienplanten die hier langs staan omvallen. Schoffelen kan tot het moment dat de kans groot wordt dat er schade ontstaat aan de pijpen.

Tabel 3.2.3

Voor- en nadelen mechanische onkruidbestrijding in uien

Stadia	Bewerking	Voordelen	Nadelen
Voor opkomst	Eggen	Breekt de korst op	Creëert een nieuw zaaibed voor onkruiden en kans zaad open rijden.
	Branden	Geen extra zaden wekken, grond warmt op	Groot onkruid, of met een verzonken groeipunt branden niet kapot
Tijdens opkomst	Branden	Geen extra zaden wekken, grond warmt op	Meer kans op diknekken en plantuitval, groeiachterstand
Kramstadium	Schoffelen + gewas-beschermer	Een van de weinige mogelijkheden in dat stadium.	Planten hebben maar 1 wortel en kunnen zeer weinig hebben. Kan alleen maar met de inzet van Gps, door slecht zichtbare rij.
Vlagbladstadium, rij zichtbaar	Schoffelen	Een van de weinige mogelijkheden in dat stadium. Lucht in de grond.	Gps en camerabesturing nodig. Ver genoeg bij plantje vandaan blijven.
Eerst echte pijpje tot 3cm	Schoffelen	Een van de weinige mogelijkheden in dat stadium.	Gps en camerabesturing nodig. Ver genoeg bij plantje vandaan blijven.
Eerst echte pijpje vanaf 3cm	Eggen	Plantje heeft nu 3 wortels en kan iets meer hebben. Korst breken.	Grond moet wel werken anders wil het niet.
I-dag (inductie)	Schoffelen + vingerwieders	Werking in de rij, wortels krijgen meer zuurstof.	Inzet vingerwieders kost capaciteit door een verlaagde rij snelheid.
D-dag (development)	Eggen	Hoge capaciteit t.o.v. schoffelen	Kans op beschadiging rokken
Vlak voor het strijken	Schoffelen	Laatste kans om mechanisch nog iets te doen tegen het onkruid.	Kans op beschadigen pijpen

3.3 Mechanische onkruidbestrijding ten opzichte van chemische onkruidbestrijding

Uit interviews onder zowel de gangbare- als biologische akkerbouwers blijkt dat aan zowel chemische- als mechanische onkruidbestrijding voor- en nadelen hangen. Sommige voordelen wegen dan ook niet op tegen de nadelen en andersom. In tabel 3.3.1 zijn de voor- en nadelen geïnventariseerd.

Tabel 3.3.1

Voor- en nadelen aanpak onkruidbestrijding

	Voordelen	Nadelen
Chemische-onkruidbestrijding	Effectiever, in korte tijd veel onkruid opruimen.	Werking niet alleen tegen onkruid maar spuit ook gewas terug. Gewas dat wil groeien wordt altijd geremd door onkruidbestrijding.
	Eenvoudig en goedkoop	Gewas staat er prachtig bij maar beschadigd van binnen.
	Bedrijfszeker	Niet goed voor de bodembiologie.
	Moment van uitvoeren. Rijden met de spuit kan bijna altijd.	Vernauwing middelen pakket zodoende minder keuzes. Bij toepassing middelen met dezelfde werkzame stof verhoogde kans op resistente onkruiden.
		Gevoelige gewassen zoals chicorei gaan pas groeien zodra er niet meer gespoten wordt. Percelen waarin onkruid chemisch bestreden wordt escaleert de onkruiddruk nog steeds.
Mechanische-onkruidbestrijding		Om in de toekomst alle beschikbare gewasbeschermingsmiddelen nog te mogen spuiten zijn kapitaalintensieve investeringen vereist.
		Werkwijze onder druk vanuit de maatschappij.
	Geen remming van het gewas. Meer lucht in de grond (toenemend voordeel op slempgevoelige gronden)	Lastig met weersomstandigheden, grond wil niet altijd werken. Heel erg afhankelijk van de tijdigheid van de grond.
	Probleemonkruiden worden gemakkelijker verwijderd met schoffelen.	Plant wordt mechanisch iets omver getrokken, beschadigingen zijn sneller zichtbaar maar herstellen alsnog.
		Flinke investeringen en hogere kosten per ha (zie deelvraag 3.4)
		Arbeid, mechanische onkruidbestrijding vergt meer tijd. Arbeid is schaars en duur.
		In sommige teelten ander teeltsysteem hanteren om mechanische onkruidbestrijding mogelijk te maken/te houden in verder gevorderd groeistadium.
		Afstelling van machines komt zeer nauw.
		Werking in tere stadions enkel tussen de rijen.

3.4 De financiële zijde van onkruidbestrijding

3.4.1 De eenheden van de kosten

Om mechanische onkruidbestrijding goed te kunnen vergelijken met chemische onkruidbestrijding zijn het aantal middelen, bespuitingen en bewerkingen geïnventariseerd, deze zijn weergegeven in tabel 3.4.1

Tabel 3.4.1

Chemische- en mechanische onkruidbestrijding per gewas

Gewas	Middel	Benodigd	Bewerkingen	Aantal
Cons. aardappelen	Metribuzin (600)	0,5 kg/l	Wiedeggen	1
	Prosulfocarb (800)	5 kg/l	Aanaarden	1
Suikerbieten	Glyfosaat (480)	2 kg/l	Branden v.o. of wiedeggen	1
	Metamitron (700)	2 kg/l	Wiedeggen	2
	Fenmedifam (160)	2 kg/l	Schoffelen + gewasbeschermer	1
	Ethofumesaat (75), fenmedifam (60), desmedifam (47), lenacil (27)	3 kg/l	Schoffelen + vingerwieder	2
	Metamitron (700)	2 kg/l		
	Minerale olie (800)	2 kg/l		
Zaaiuien	Clopyralid	1 Kg/l		
	Pendimethalin (400)	1,25 kg/l	Branden v.o. of wiedeggen	1
	Glyfosaat (360)	2 kg/l	Wiedeggen	4
	S-metolachloor (960)	3 kg/l	Schoffelen + gewasbeschermer	1
	Dimethenamide-P, pendimethalin	1 Kg/l	Schoffelen + vingerwieder	2
	Isoxaben (500)	0,5 kg/l		
	Pyridaat (45%)	1,0 kg/l		
	Prosulfocarb (800)	3,5 kg/l		

Voor het in kaart brengen van de exploitatiekosten zijn de eenheden van belang. We rekenen het geheel door aan de hand van een gangbaar 1 op 4 bouwplan van 100 hectare met een rotatie van 1 op 8 uien. Gezien dit onderzoek zich afbakt op de gewassen aardappelen, bieten en uien bedragen deze gewassen 5/8 van het bouwplan. De machinekosten zijn dan ook in delen opgesplitst naar het aandeel waarin ze gebruikt worden in de gewassen.

3.4.2 Materiële kosten

Bij de materiële kosten kunnen we daar in geval van chemische onkruidbestrijding de veldspuit (45m) en de trekker toe rekenen. Bij de mechanische onkruidbestrijding is er naast een trekker ook een wiedeg (12m), een bietenschoffel (6m), een uienschoffel (4,5m) en aanaarder (3m) nodig. We rekenen dat de trekker ca. de helft van de tijd ingezet zal worden voor de spuit of voor mechanische onkruidbestrijding. De materiële kosten bestaan uit een aanschafprijs, rente, afschrijving, onderhoud, verzekering en bergingsruimte. In tabellen 3.4.2 staan de materiële kosten van chemische onkruidbestrijding op een rij.

Tabel 3.4.2

Overzicht materiële kosten chemische onkruidbestrijding

Materiële kosten	Trekker	Veldspuit 45m
Aanschafprijs	€ 95.000,00	€ 115.000,00
Rente	2,2%	2,2%
Afschrijving	7,5%	7,5%
Onderhoud	4%	2%
Verzekeringen	1%	1%
Gebruik trekker spuitwerkzaamheden	1/2	
Jaarlijkse exploitatiekosten	€ 6.982,50	€ 14.605,00

De jaarlijkse exploitatiekosten van de veldspuit zijn echter voor de gehele gewasbescherming, naast onkruidbestrijding wordt deze machine ook ingezet om ziekte en plagen te bestrijden. In aardappelen bedraagt het aandeel onkruidbestrijding aandeel 1/3, in bieten is dit 3/4 en in uien is dit 2/3 van de totale bespuitingen. Deze kosten kunnen dan ook niet volledig toegerekend worden aan de onkruidbestrijding. In tabel 3.4.3 is te zien welke kosten werkelijk toerekenbaar zijn voor de chemische onkruidbestrijding.

Tabel 3.4.3

Overzicht toerekenbare materiële kosten chemische onkruidbestrijding per gewas

Werkelijk toe te rekenen spuit	Aardappelen	Bieten	Uien
Onderdeel totale bouwplan	1/4	1/4	1/8
Toerekenbare kosten per teelt	€ 5.396,88	€ 5.396,88	€ 2.698,44
Onkruidbestrijding	1/3	3/4	2/3
Toerekenbaar onkruidbestrijding	€ 1.798,96	€ 4.047,66	€ 1.798,96

In tabel 3.4.5 zijn de toe te rekenen materiële kosten te zien van mechanische onkruidbestrijding.

Tabel 3.4.5

Overzicht materiële kosten mechanische onkruidbestrijding

Materiële kosten	Trekker	Wiedeg 12m	Bietenschoffel 12 rijen + vingerwieders	Uienschoffel uien 4,5m	Aanaarder
Aanschafprijs	€ 95.000,-	€ 25.000,-	€ 32.000,-	€ 21.000,-	€ 9.500,-
Rente	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%	2,2%
Afschrijving	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%	7,5%
Onderhoud	4%	4%	2%	2%	4%
Verzekeringen	1%	1%	1%	1%	1%
Gebruik trekker onkruidbestrijding	1/2				
Jaarlijkse exploitatiekosten	€ 6.982,50	€ 2.550,-	€ 4000,-	€ 2.625,-	€ 2.130,-

3.4.3 Immateriële kosten

De immateriële kosten bestaan uit arbeid, brandstof, spuitmiddelen en eventueel gas bij de inzet van thermische onkruidbestrijding (branden). Bij de berekeningen van dieselkosten is gebaseerd op de huidige LTO ledenprijs, deze prijs fluctueert sterk en kan afhankelijk van hoeveel bulk ingekocht wordt hoger of lager uitvallen, ook verandert deze prijs mee met de huidige olie koers (LTO Ledenvoordeel, 2021). De arbeidskosten zijn gebaseerd op kosten die een geïnterviewde teler per uur maakte, deze kosten liggen hoger dan het minimumloon in de Cao Open Teelten, echter met de huidige arbeidsschaarste is dit bedrag reëel. Bij de tabel 3.4.6 zijn de kosten van de spuitmiddelen gebaseerd op de inzet van de middelen zoals benoemd in tabel 3.4.1, de kosten hiervan vinden hun oorsprong in het boek “Handleiding Gewasbescherming Akkerbouw & Veehouderij 2021” (Delphy, 2021). In Tabel 3.4.6 zijn de toerekenbare immateriële kosten van de chemische onkruidbestrijding per gewas uitgelicht en in tabel 3.4.7 de methodes en benodigde tijd van het overzicht in tabel 3.4.8 uitgelicht.

Tabel 3.4.6

Overzicht toerekenbare immateriële kosten chemische onkruidbestrijding per gewas

Immateriële kosten	Aardappelen	Bieten	Uien
Areaal in ha	25	25	12,5
Aantal bespuitingen	3	5	7
Capaciteit bespuitingen in ha/u	15	15	15
Brandstofverbruik in l per uur	14	14	14
Benodigde tijd bespuitingen	5	8,3	5,8
Arbeidskosten á €20,48 per uur	€ 102,40	€ 170,67	€ 119,47
Dieselkosten á €1,20 per liter	€ 84,00	€ 180,00	€ 126,00
Spuitmiddelen	€ 2.953,75	€ 8.087,50	€ 2.334,38
Totale immateriële kosten	€ 3.140,15	€ 8.398,17	€ 2.551,84

Tabel 3.4.7*Overzicht methodes en tijd mechanische onkruidbestrijding*

Teelt	Machine	Gebruik	Capaciteit	Tijd
Aardappelen	Wiedeggen	1	3,6 ha/u	6,94 uur
	Aanaarden	1	6 ha/u	4,17 uur
	Handwieden		0 u/ha	0 uur
Bieten	Wiedeggen	2	4,2 ha/u	11,90 uur
	Bietenschoffel	1	3 ha/u	8,33 uur
	+vingerwieders	2	1,8 ha/u	27,78 uur
	Handwieden		30 u/ha	750 uur
Uien	Wiedeggen	2	1,2 ha/u	20,83 uur
	Wiedeggen	2	1,8 ha/u	13,89 uur
	Uienschoffel	1	2,3 ha/u	5,43 uur
	Uienschoffel	1	2,8 ha/u	4,46 uur
	Uienschoffel	1	3,4 ha/u	3,68 uur
	Handwieden		90 u/ha	1125 uur

Tabel 3.4.8*Uitwerking overzicht immateriële kosten mechanische onkruidbestrijding per gewas*

Immateriële kosten	Aardappelen	Bieten	Uien
Benodigde tijd bewerkingen	11,11	48,02	48,30
Benodigde tijd incl. hand wieden	73,61	798,02	1173,30
Brandstofverbruik bewerkingen á 10l/u	111,11	480,16	482,98
Brandstofkosten á €1,20 per liter	€ 133,33	€ 576,19	€ 579,57
Arbeidskosten á €20,48 per uur	€ 455,11	€ 17.326,73	€ 25.018,28
Totale immateriële kosten per teelt	€ 588,44	€ 17.902,92	€ 25.597,85

3.4.4 Totale kosten

De totale kosten bestaan uit zowel de materiële- en de immateriële kosten, om de verschillen in totale kosten tussen de inzet van chemische- en mechanische onkruidbestrijding te zien zijn deze onderdelen weergegeven in tabel 3.4.9.

Tabel 3.4.9

Onderlinge kostenverschillen mechanische- ten opzichte van chemische onkruidbestrijding

Kostenverschil		Chemisch	Mechanisch	Vershil
Materiële kosten				
	Aardappelen	€ 1.798,96	€ 3.312,40	-€ 1.513,44
	Bieten	€ 4.047,66	€ 8.453,87	-€ 4.406,22
	Uien	€ 1.798,96	€ 8.422,23	-€ 6.623,27
Immateriële kosten				
	Aardappelen	€ 3.140,15	€ 588,44	€ 2.551,71
	Bieten	€ 8.398,17	€ 17.902,92	-€ 9.504,75
	Uien	€ 6.391,84	€ 25.597,85	-€ 19.206,01
Totale kosten per ha				
	Aardappelen	€ 197,56	€ 156,03	€ 41,53
	Bieten	€ 497,83	€ 1.054,27	-€ 556,44
	Uien	€ 655,26	€ 2.721,61	-€ 2.066,34
Totale kosten bedrijf breed				
	Aardappelen	€ 4.939,11	€ 3.900,84	€ 1.038,27
	Bieten	€ 12.445,82	€ 26.356,79	-€ 13.910,97
	Uien	€ 8.190,80	€ 34.020,08	-€ 25.829,28

3.4.5 Baten

Wanneer we kijken naar de baten van de teelten zien we dat de opbrengstderving door intensieve mechanische onkruidbestrijding nagenoeg gelijk is aan de opbrengstderving die gewasremming door de chemische onkruidbestrijding met zich mee brengt. De baten zijn dan ook voornamelijk te vinden in de bestrijding van lastige onkruiden en niet zo zeer in opbrengstverschillen.

3.4.6 Omslagpunt aanvullende machines

In tabel 3.4.10 is het omslagpunt weergegeven in het aantal wieduren wat bespaard dient te worden door de inzet van deze machine(s) voordat deze daadwerkelijk uit kunnen. In onderdeel 3.1 en 3.2 is de inzet van de onkruidbrander meegenomen als mogelijk alternatief, gezien de geringe inzetbaarheid en de hoge exploitatiekosten is deze in de kostprijsberekening apart gehouden van het geheel.

Tabel 3.4.10*Omslagpunt bij inzet cameratechnologie en onkruidbrander*

Materiële kosten	Camerabok	Onkruidbrander
Aanschafprijs	€ 30.000,00	€ 45.000,00
Rente	2,2%	2,2%
Afschrijving	7,5%	7,5%
Onderhoud	2%	2%
Verzekeringen	1%	1%
Materiële kosten per jaar	€ 3.810,00	€ 5.715,00
Immateriële kosten		
Gas (100 liter/ha á €0,80)	n.v.t.	€ 3.000,00
Totale kosten	€ 3.810,00	€ 8.715,00
Aantal handwieduren mogelijk voor dat bedrag		
Handwieden á €20,48 per uur	186,04	425,54
Aantal ha inzet	37,5	37,5
Omslagpunt in aantal wieden per ha	4,96	11,35

De inzet van een sideshiftbok met camera vertaalt zich veelal in meer nauwkeurigheid waardoor dichter op de gewasrij geschoffeld kan worden, dit resulteert uiteindelijk in beter resultaat wat de arbeidsdruk verlaagd. Onderzoek in het verleden van de WUR heeft aangetoond dat door de inzet van een stuursysteem 30% minder handwieduren benodigd zijn (Spruijt, Bleeker, van der Schans, van Zuilichem, & van der Wekken, 2005). Hoe minder onkruid er in de rij blijft staan, hoe minder lang uit wieden hoeft te gaan. Om dit uit te rekenen is de handwied formule van PPO (3+(aantal onkruiden in 10m gewasrij/3)) (Aarts & M.Sc, 1985) in combinatie met een kostenpost van €20,48 per uur (kosten seizoensarbeiders 2021) gebruikt. Bij het terugrekenen van het aantal wieden per hectare (tabel 3.12) tot het aantal onkruiden per 10 meter gewasrij met deze formule, zit het omslagpunt op >6 onkruiden bij inzet van de camerabok en >25 onkruiden bij inzet van een onkruidbrander. Aan de hand van deze berekening kan gekeken worden of de inzet van deze machine rendabel is op het areaal.

Bij de onkruidbrander liggen de kosten en baten verder uit elkaar, een voordeel van branden is dat er met branden geen zaden worden gewekt. Branden kan voor opkomst van een zaaigewas, dit geeft bij opkomst van het gewas een voorsprong ten opzichte van het onkruid. Binnen de gangbare teelt is branden voor opkomst een mogelijkheid. In de biologische teelt wordt de brander ook ingezet voor branden na opkomst en loofdoding in de aardappelen, wat deze machine veelzijdiger inzetbaar en daarmee ook sneller rendabeler maakt. Branden na opkomst kan in zaaiuien het aantal handwieduren halveren, hier tegenover staat een opbrengstreductie van 15% (Bleeker, Jukema, van der Weide, & Schoorlemmer, 2002). In tabel 3.4.11 is een praktijkvoorbeeld weergegeven van de overweging om te branden na opkomst van zaaiuien.

Tabel 3.4.11*Praktijkvoorbeeld kostenbesparing branden na opkomst*

Besparing handwieduren: 50%	45 uur á €20,48	€921,60
Opbrengst reductie: 15% van 50.500 kg (WUR, 2018)	7.575 kg á €0,10	€757,50
Verschil per hectare		€164,10

Hoofdstuk 4: Discussie

In dit hoofdstuk staan er meerdere zaken ter discussie zo wordt de methode gereflecteerd en worden de resultaten geïmplementeerd.

4.1 Doelstelling van het onderzoek

Het doel van het onderzoek was het inzichtelijk maken van de mogelijkheden van toekomstbestendige onkruidbeheersing. Iets wat in de praktijk vooral uitvoerbaar en kostprijs technisch haalbaar moet kunnen zijn. Om dit goed uit te voeren is een goede strategie van groot belang.

4.2 Evaluatie resultaten en onderzoeksmethoden

Door de uitgebreide literatuurstudie kon er zeer gericht gekeken worden naar welke vragen er in interviews aan de akkerbouwers gesteld moesten worden. Om zo relevant mogelijke informatie te verkrijgen zijn de interviews afgenomen bij akkerbouwers welke al gedeeltelijk of volledig mechanische onkruidbestrijding uitvoeren. Dit waren biologische akkerbouwers welke geen andere optie staat en gangbare akkerbouwers welke er bewust voor kiezen om mechanische onkruidbestrijding uit te voeren in hun teelten. De geïnterviewde akkerbouwers teelden op klei- en zavelgronden in de regio Zuidwest Nederland. Hiervan teelden er 4 biologisch, 1 in omschakeling naar biologisch, 4 gangbaar en 1 zowel biologische als gangbaar. Door de variatie aan bedrijfstypen kon met het aantal interviews voldoende informatie verzameld worden om de deelvragen uit te kunnen werken. Dit zorgde voor een goede koppeling tussen de theorie en de haalbare praktijk. Met de interviews zijn de belangrijkste onderdelen besproken, echter door de open structuur kwamen er onderdelen aan bod die in relatie stonden met het onderwerp; iets wat bij een enquête niet aan bod komt. Ondanks dat dit erg interessant was vergde dit meer tijd dan vooraf begroot. Dit resulteerde in een interessante maar tijdrovende klus.

4.3 Discussie per deelvraag

Wanneer is het juiste moment om een mechanische onkruidbestrijding uit te voeren en welke machine is hier per gewasstadium op inzetbaar?

Bij de beantwoording van deze vraag zijn de interviews gebruikt. Hierbij is gekeken naar welke mogelijkheden per stadium mogelijk zijn. Er zijn voldoende mogelijkheden per stadium echter hoeven ze niet allemaal uitgevoerd te worden om een schone teelt te verwezenlijken. Bij de aardappelteelt gaven de meeste telers aan met 2 á 3 bewerkingen de teelt rond te kunnen zetten zonder de inzet van bodemherbiciden of handwieden. Wiedeggen, frezen en aanaarden werden dan ook het meeste genoemd. Binnen de bieten en uienteelt zat meer variatie wat de inzet betreft, dit heeft voornamelijk te maken met dat sommige telers hun mechanische onkruidbestrijding combineren met LDS chemische onkruidbestrijding in het stadium dat de plant weinig mechanische bewerking kan verdragen. Daarnaast zitten er over het algemeen onder de bedrijven ook redelijke verschillen wat betreft de onkruiddruk. Onder de geïnterviewde akkerbouwers zit er ook verschil in rassenkeuze, zaaidatum, expertise en aanpak wat het onderlinge verschil groter maakt. Het onderlinge verschil tussen akkerbouwers is in de praktijk dan ook sterk zichtbaar. In het onderzoek zijn er hierdoor meerdere mogelijkheden aan het licht gekomen, afhankelijk van de situatie waarin de akkerbouwer zich bevind kunnen er meerdere afwegingen gemaakt worden.

Welke voor- en nadelen brengt een mechanische onkruidbestrijding met zich mee op gebied van gewasontwikkeling per gewasstadium?

Bij de beantwoording van deze vraag zijn de interviews als hoofdlijn gebruikt, aangevuld door relevante informatie vanuit telerscoöperatie Cosun. Hierin zijn alle voor- en nadelen nagelopen die de geïnterviewde akkerbouwers aangaven met betrekking tot de mechanisch onkruidbestrijding. Sommige aanpakken werden bewust gekozen om de risico's die ze met zich mee brengen te vermijden. Onder de akkerbouwers werd dan ook bewust een afweging tussen de voor- en nadelen gemaakt. Gezien het weer een grote invloed heeft op de keus, zal niet ieder jaar dezelfde afweging gemaakt worden. Opvallend was dat een hoekschoffel in de aardappels zelden en alleen als laatste redmiddel werd ingezet. Het voordeel van lucht in de grond door schoffelen in uien en bieten uit zich voornamelijk op slempgevoelige gronden door het openbreken van de korst. Dit maakt een snellere afvoer van koolzuur tijdens de ademhaling van de wortels mogelijk wat indirect de gewasontwikkeling bevordert.

De gewas specifieke onderdelen van het interview waren zeer tijdrovend wat geresulteerd heeft dat niet bij alle onderdelen wat ingevuld is. De meeste antwoorden op de voor- en nadelen kwamen overeen tussen de telers wat uiteindelijk toch nog resulteerde in een compleet geheel. De voor- en nadelen op het gebied van gewasontwikkeling zijn bepaald op basis van praktijkervaringen. De ervaringsdeskundigen verschillen onderling in expertise wat een goede indicatie geeft van de voor- en nadelen, echter mag hier geen conclusie uit getrokken worden.

Hoe verhoudt de inzet van mechanische onkruidbestrijding zich tot het gebruik van chemische onkruidbestrijding?

Bij de beantwoording van deze vraag zijn de antwoorden uit de interviews van zowel gangbare— als biologische akkerbouwers met elkaar vergeleken. Deze onderdelen zijn tegenover elkaar gezet en vormen een goede bijdrage voor een onderbouwing van een keuze. Samengevat is een chemische onkruidbestrijding voornamelijk effectief, goedkoop en bedrijfszeker. Het grootste nadeel is een sterke vernauwing van de in te zetten gewasbeschermingsmiddelen met de nodige kapitaalintensieve investeringen die vereist zijn om deze in te mogen blijven zetten in de toekomst met de mogelijkheid dat de onkruiddruk alsnog escaleert. Het grote nadeel van de mechanische onkruidbestrijding is voornamelijk dat deze arbeidsintensief is en daarmee hogere kosten per hectare met zich mee brengt. Uiteindelijk zal de werkwijze van de akkerbouwer ook betaald moeten worden.

Hoe ziet de kosten- batenanalyse eruit bij gebruik van mechanische- en chemische onkruidbestrijding en hoe verhoudt dit zich tot elkaar?

Bij de beantwoording van deze vraag is een kosten- batenanalyse uitgevoerd, hierbij zijn de in de eerdere deelvragen geïnventariseerde onderdelen verder uitgewerkt op basis van verdere informatie uit de interviews. Bij de materiële kosten is de KWIN 2018 als leidraad geweest voor achtergrondinformatie, waaronder de te rekenen percentages voor rente, afschrijving, onderhoud en verzekeringen. De machineprijzen zijn aangepast op wat fabrikanten en/of telers aangaven, dit gezien de cijfers uit de KWIN 2018 hierin niet meer toereikend waren. Door de huidige inflatie en krapte op de arbeidsmarkt kunnen de prijzen waarmee gerekend is binnen aanzienbare tijd veranderen. De kostprijsberekening is dan ook bedoeld als indicatie bij volledige inzet van chemische- of mechanische onkruidbestrijding. Bij een kleinere bedrijfsomvang zullen de materiële kosten allicht een andere vorm aannemen, gezien daar minder slagkracht benodigd is, kan de inzet van machines met een kleinere

werkbreedte overwogen worden. Om als akkerbouwer inzicht te krijgen hoe de kosten binnen het eigen bedrijf verlopen zal er gerekend moeten worden met eigen variabelen. Belangrijk om te weten is dat de materiële kosten zullen dalen en de immateriële kosten zullen stijgen bij een grotere bedrijfsomvang.

Binnen deze deelvraag waren de baten vooral slecht uit te drukken, binnen een gangbaar akkerbouwbedrijf is er vooralsnog een keuze. Binnen de biologische akkerbouw is het de enige mogelijkheid om een schone teelt te verwezenlijken. De baten van branden na opkomst zijn lager dan wanneer dit niet gedaan wordt, echter met een halvering van de handwieduren kan hiermee alsnog een hoger financieel resultaat worden behaald. Het verschil is echter weer nodig voor de uitvoering van het branden, waardoor het resultaat uiteindelijk vrijwel nihil is. Onderzoek in het verleden heeft aangetoond dat met de inzet van een camerastuursysteem op de schoffel het aantal handwieduren met 30% kan afnemen, echter dateert dit onderzoek uit 2005, nu 16 jaar verder is deze cameratechniek alleen maar verbeterd wat bijdraagt aan het behalen van een hogere capaciteit van mechanische onkruidbestrijding.

4.4 Relatie resultaten

De deelvragen geven een compleet beeld van hoe de mechanische onkruidbestrijding uitgevoerd kan worden en welke risico's hier aan hangen. Ook is goed duidelijk geworden welke afwegingen een akkerbouwer kan maken om juist wel of juist niet te kiezen voor de inzet van mechanische onkruidbestrijding. Enerzijds om een schone teelt te verwezenlijken, anderzijds om vooral een teelt zo rendabel mogelijk uit te voeren. Met deze 4 aspecten die in de deelvragen besproken zijn, kan een akkerbouwer strategische keuzes maken voor de onkruidbestrijding in zijn aardappelen, bieten en uien.

Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusie

De inzet van chemische gewasbescherming in de akkerbouw zoals dat nu mogelijk is, lijkt in de toekomst onzekerder te worden. Door de toekomstvisie vanuit het LNV, zal de mechanische onkruidbestrijding daarin steeds meer de overhand krijgen. Uiteindelijk moeten alle inspanningen ook binnen de arbeidsfilm van de akkerbouwer passen. Belangrijk is om hier weloverwogen keuzes in te maken. Het doel is dan ook het vinden van een goede strategie, te beginnen bij de hoofdgewassen: aardappels, bieten en uien. Allereerst is het belangrijk om te weten welke mogelijkheden er zijn met betrekking tot de mechanische onkruidbestrijding en wat het juiste moment hiervan is.

Wanneer is het juiste moment om een mechanische onkruidbestrijding uit te voeren en welke machine is hier per gewasstadium op inzetbaar?

Het juiste moment om mechanische onkruidbestrijding uit te voeren is wanneer het onkruid in een zo jong mogelijk stadium is ($\leq$ witte draden stadium), op dat moment zijn de mogelijkheden het grootst. Een wiedege kan in dit stadium een goede bijdrage leveren in de onkruidbestrijding. Wanneer het onkruid groter is, heeft schoffelen de voorkeur. Schoffelen en daarna wiedege verhoogt de werking, van een verminderde hergroei van uit geschoffelde onkruiden. In zaai gewassen is het zaak om zo vaak als nodig en zo weinig als mogelijk bewerkingen uit te voeren. In de aardappelteelt zijn 2 á 3 bewerkingen voldoende. Bij aanwezigheid van een onkruidbrander op het bedrijf, heeft branden voor opkomst zeker de voorkeur, gezien er dan geen nieuwe onkruidzaden gewekt worden. Dit helpt de periode van opkomst tot voldoende afgeharde plant te overbruggen. Voor alle mogelijkheden in de aardappel, bieten of uienteelt zie tabellen 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3.

Welke voor- en nadelen brengt een mechanische onkruidbestrijding met zich mee op gebied van gewasontwikkeling per gewasstadium?

De grootste voordelen zitten voornamelijk in het verwezenlijken van een schone teelt zonder gewasremming door bodemherbiciden en de mogelijkheid om van probleemonkruid af te komen. De grootste nadelen zitten voornamelijk in de afhankelijkheid van goede weersomstandigheden om tijdig mechanisch onkruid te kunnen bestrijden. Daar komt bij dat zaai gewassen lang open blijven waardoor er relatief veel bewerkingen nodig zijn om een schone teelt te verwezenlijken. In de teelt van zaaiuien is dit probleem groter dan in de bietenteelt. Het overbruggen van de periode van opkomst tot de periode waarin het gewas sterk genoeg is om de onkruidbestrijding weer te hervatten, maakt het maken van een goede keuze alleen maar lastiger. De voordelen van de inzet van mechanische onkruidbestrijding in de aardappelteelt zitten voornamelijk in de minimale bewerkingen om een schone teelt te verwezenlijken zonder dat er handwieduren aan te pas komen. Gezien arbeid schaars en duur, zijn dit zeker zaken om te overwegen. Werken met een aanaarder (ecoridger) in deze teelt zorgt voor minimale roering in de rug waarmee extra invalshoeken voor ziektes worden vermeden.

Hoe verhoudt de inzet van mechanische onkruidbestrijding zich tot het gebruik van chemische onkruidbestrijding?

De verhouding tussen de inzet van mechanische onkruidbestrijding ten opzichte van chemische onkruidbestrijding loopt redelijk gelijk op. Beide hebben ze hetzelfde doel; onkruid bestrijden en/of beheersbaar houden. Een groot verschil zit in het moment van uitvoeren, met een veldspuit kan onder bepaalde weersomstandigheden eerder gereden worden dan bij mechanische onkruidbestrijding. Een ander groot verschil zit voornamelijk in de tijd die het in beslag neemt. Een veldspuit heeft een vele malen grotere werkbreedte dan een schoffelbalk, wiedege e.d., dit in relatie de capaciteit per hectare. Capaciteit van onkruidbestrijding maakt een groot verschil in hoeveel arbeid er nodig is om een teelt rond te zetten.

Bij een bespuiting lijkt de effectiviteit hoger dan bij mechanische onkruidbestrijding omdat er minder onkruiden blijven staan die handarbeid te weeg brengen. Enig nadeel is dat probleemkruiden en/of opslag chemisch niet effectief bestreden kan worden waardoor er ook in dit systeem nog handwerk aan te pas kan komen. Echter zijn bodemherbiciden bij het gebruik van chemische onkruidbestrijding goedkoper dan arbeid, waardoor de concurrentiepositie sterker wordt. Uiteindelijk is het aan de akkerbouwer om te kijken welke waarden zwaarder meewegen in zijn keuze voor aanpak.

Hoe ziet de kosten- batenanalyse eruit bij gebruik van mechanische- en chemische onkruidbestrijding en hoe verhoudt dit zich tot elkaar?

Bij deze deelvraag is er gekeken welke middelen er bij de chemische- en de mechanische onkruidbestrijding ingezet dienen te worden om een schone teelt te verwezenlijken. Deze middelen zijn gecombineerd met de bijbehorende kosten. Daarnaast zijn er 2 relevante machines doorgerekend om te kijken of hier in de teelt een meerwaarde in zit. Zoals bij de vorige deelvraag ook al aan de orde kwam is arbeid schaars en duur, dit heeft dan ook grote invloed op de verhoudingen en uiteindelijk op de kostprijs van de boer. Wanneer we kostprijs technisch kijken, geeft in de gangbare akkerbouw enkel de mechanische onkruidbestrijding in de aardappelteelt een lichte besparing op de kostprijs van €50 per hectare. In de bieten wordt de kostprijs verhoogd met ongeveer €550,- per ha. en in de uien zelfs met €2050,- per hectare. Te concluderen valt dat in de gangbare teelt de volledige inzet van mechanische onkruidbestrijding met name in de zaaiuien financieel gezien een slechte keuze is. Echter in de biologische teelt is mechanische onkruidbestrijding de enige optie en laat de prijs per eenheid product dit beter toe. Zo kwam in de kostprijsberekening overduidelijk naar voren dat de inzet van camerabesturing op de schoffelmachine een meerwaarde biedt.

Hoe ziet de strategie eruit voor het gebruik van mechanische onkruidbestrijding in de gewassen aardappelen, bieten en uien op klei- en zavelgronden?

Met de deelvragen is automatisch ook de hoofdvraag beantwoord. Een goede strategie bestaat uit op tijd beginnen en bij voorkeur de kleine onkruiden aanpakken, hiervoor moeten de omstandigheden goed zijn. Er dient goed op ingespeeld te worden door machines vooraf klaar te zetten en de mechanische onkruidbestrijding bovenaan op het prioriteitenlijstje te zetten. Het is dan ook van belang om de onkruidbestrijding jaarrond en bouwplan breed door te zetten. Uiteindelijk is het doel de zaadpopulatie op de percelen omlaag te brengen of op zijn minst onder controle te houden. Bedenk vooraf welke impact een mechanische bewerking heeft. De kosten van meer handwieduren wegen vaak niet af tegen een kleine opbrengstreductie die een intensievere bewerking te weeg brengt. Agressievere bewerkingen kunnen dan ook een serieuze overweging zijn.

Te concluderen valt dat er heel kritisch gekeken moet worden welke middelen er ingezet worden. Kleine verschillen kunnen grote gevolgen hebben, de tabellen van de deelvragen kunnen hierin een goede leidraad zijn. Uiteindelijk zal de akkerbouwer zelf ervaring op moeten doen met mechanische onkruidbestrijding. Belangrijk is dat onkruidbestrijding jaarrond gebeurt en niet enkel tijdens de teelt en dat dit ook passend is binnen de arbeidsfilm van het bedrijf. Overduidelijk is dat als akkerbouwer zijnde alle aspecten goed nagelopen dienen te worden om te zien of mechanische onkruidbestrijding past binnen de bedrijfsvoering; zonder een dief te zijn van eigen portemonnee. Het geringere aantal in te zetten gewasbeschermingsmiddelen zal in de toekomst doen overwegen om gedeeltelijk of volledig mechanisch de onkruidbestrijding uit te voeren. Het doorrekenen van de kostprijs in de eigen situatie is dan ook van belang om goed inzicht te krijgen. De akkerbouwer kan zelf of samen met zijn bedrijfsadviseur bekijken wat de mogelijkheden zijn binnen de huidige bedrijfsvoering van het akkerbouwbedrijf.

5.2 Aanbevelingen

In het onderzoek kwam aan bod dat het reduceren van in te zetten arbeid een zeer grote besparing kan geven op de kostprijs. Onderzoek naar technieken die hier aan bij kunnen dragen zullen in grote belangstelling staan binnen de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Met name in de hoek van robotisering en specifieke onkruidherkenning valt veel winst te halen voor de sector. Tijdens het onderzoek kwamen er ook diverse machines aan het licht welke door een hoge capaciteit een grote potentie hebben in de graanteelt. Wanneer er op korte termijn meer gewasbeschermingsmiddelen verdwijnen, zal ondanks het lage saldo, mechanische onkruidbestrijding in deze teelt zijn steeds meer noodzakelijk worden. Onderzoek naar de mogelijkheden van mechanische onkruidbestrijding in laag salderende teelten zal dan ook steeds meer in de belangstelling komen van de akkerbouwer. Naast onderzoek kwam er vanuit de geïnterviewde telers het initiatief om een studiegroep op te richten, dit om actief kennis en ervaringen te kunnen delen en hierin van elkaar te leren.

Literatuur

- (2015). Opgehaald van Fytoweb :
<https://fytoweb.be/nl/gewasbeschermingsmiddelen/gebruik/gewasbeschermingsmiddelen/indeling-volgens-werking>
- Aarts, i. H., & M.Sc, i. W. (1985). Formule handwieden. In *De bestrijding van onkruiden in suikerbieten* (p. 56). Lelystad: Open Teelten Lelystad - WUR.
- Benvenuti, S. (2021). *Stale seedbed preparation for sustainable weed seed bank management in*. Pisa, Italië: Elsevier.
- Bieleman, J. (2000). *Techniek in Nederland in de twintigste eeuw. Deel 3. Landbouw, voeding*.
- Bleeker, P. (2010). Mechanische onkruidbestrijding perspectiefvol. *Telen met toekomst*, 4.
- Bleeker, P., Jukema, A., van der Weide, R., & Schoorlemmer, H. (2002). *Bedrijfseconomische beoordeling van*. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- BO akkerbouw. (2004). *Driftarm spuiten gevolgen voor herbicide doseringen*. Opgehaald van BO Akkerbouw: <https://kennisakker.nl/archief-publicaties/driftarm-spuiten-gevolgen-voor-herbicide-doseringen316>
- Booij, K., & van der Wijde, R. (November 2005). *Een andere kijk op onkruid*. Wageningen: Plant Research International B.V.
- CBS. (2020). *CBS-Landbouwtelling*.
- CBS. (2021). *Groenteteelt; oogst en teeltoppervlakte per groentesoort*.
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., . . . Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop. *INRA Science & Impact*, 20.
- CTGB. (2009). *Gewasbeschermingsmiddel*. Opgehaald van <https://www.ctgb.nl/onderwerpen/gewasbeschermingsmiddel>
- CTGB. (sd). *Geschiedenis CTGB*. Opgehaald van CTGB: <https://www.ctgb.nl/over-ctgb/organisatie/geschiedenis-in-het-kort>
- Delphy. (2021). *Handleiding Gewasbescherming Akkerbouw & Veehouderij 2021*.
- Deltaplan Agrarisch Waterbeheer. (2017). *Mechanische onkruidbestrijding*. Opgehaald van Agrarisch waterbeheer: <https://agrarischwaterbeheer.nl/content/mechanische-onkruidbestrijding-6>
- den Herder, C. (2015). *Onkruid bestrijden zonder chemie*. LandbouwMechanisatie.
- Encyclo. (sd). Opgehaald van Nederlandse Encyclopedie: <https://www.encyclo.nl/begrip/halfwaardetijd>
- Epperleina, L., b, P. J., Albrecht, H., & Kollmann, J. (2014). Reintroduction of a rare arable weed: Competition effects on weed. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 6.
- GlobalG.A.P. (sd). *GLOBALG.A.P. History*. Opgehaald van Globalgap: https://www.globalgap.org/uk_en/who-we-are/about-us/history/

- Hoogerkamp, M., & Stryckers, J. (1990). *Handboek onkruidkunde*. Wageningen: Pudoc.
- Hooimeijer, M., & Znidarsic, I. (2018). 'We kunnen (nog) niet zonder'. *Chemie Magazine*, 3.
- Koppert. (2020, maart 10). *Koppert.nl*. Opgehaald van Koppert neemt deel aan veelbelovend onderzoek naar biologische onkruidbestrijding: <https://www.koppert.nl/nieuws-pers/2020/koppert-neemt-deel-aan-veelbelovend-onderzoek-naar-biologische-onkruidbestrijding/>
- Kuhanathan, A. (2021). *Commodities: Higher Demand, Supply Dottlecks, But No speculation (Yet)*. Allianz Research.
- Kunz, C., Weber, J., Peteinatos, G., Sökefeld, M., & Gerhards, R. (2017). Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. *Precision Agriculture: an International Journal on Advances in Precision Agriculture*, 13.
- Lati, R., Rasmussen, J., Andujar, D., Dorado, J., Berge, T., Wellhausen, C., . . . Christensen, S. (2021). Site-specific weed management-constraints and opportunities for the weed research community: Insights from a workshop. *Weed Research: An International Journal of Weed Biology, Ecology an Vegetation Management*, 7.
- LTO Ledenvoordeel. (2021, december 13). Opgehaald van Lto ledenvoordeel: <https://www.ltoledenvoordeel.nl/mobiliteit/diesel/>
- Lucid Software Inch. . (2021). *Alles over beslisbomen*. Opgehaald van Lucidchart.com: <https://www.lucidchart.com/pages/nl/alles-over-beslisbomen>
- Ministerie van LNV. (2020). *Uitvoeringsprogramma Toekomstvisie Gewasbescherming 2030*. <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/09/28/uitvoeringsprogramma-toekomstvisie-gewasbescherming-2030/bijlage-toekomstvisie-gewasbescherming-2030.pdf+&cd=7&hl=nl&ct=clnk&gl=nl>. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/09/28/uitvoeringsprogramma-toekomstvisie-gewasbescherming-2030/bijlage-toekomstvisie-gewasbescherming-2030.pdf+&cd=7&hl=nl&ct=clnk&gl=nl>
- MPS. (sd). *Milieu Indicator Gewasbescherming*. Opgehaald van My-MPS: <https://my-mps.com/over-mps/innovaties/milieu-indicatorgewasbescherming/>
- Neve, P., Barney, J. N., Buckley, Y., Cousens, R., Graham, S., Jordan, N., . . . Fernandez-. (2018). Reviewing research priorities in weed ecology, evolution and management: a horizon scan. *Weed Research, An International Journal of Weed Biology, Ecology and Vegetation Management*, 9.
- Nood, K. d. (2017). Fordson Dexta met Hak schoffelbalk van akkerbouwer Sjaak de Hullu uit Groede. *Foto's van Kees de Nood VII*. Agrifoto, Groede, Zeeland. Opgehaald van <https://www.agrifoto.nl/nieuws/log/8645>
- On the way to PlanetProof*. (sd). Opgehaald van Wat is On the way to PlanetProof?: <https://www.planetproof.eu/over-het-keurmerk/>
- Pannacci, E., Farnaselli, M., Guiducci, M., & Tei, F. (2020). Mechanical weed control in onion seed production. *Crop Protection*, 12.
- Pannacci, E., Lattanzi, B., & Tei, F. (2017). *Crop Protection*, 15.

- Post, B. (1984). *Physical and chemical treatments for assessing the seed bank in soil samples*. Parijs: Columa-EWRS.
- Post, B. (1984). *Zaadvoorraad onderzoek*.
- Radhakrishnana, R., A. Alqarawib, A., & Abd Allah, E. (2018). Bioherbicides: Current knowledge on weed control mechanism. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 8.
- Rombout, S., van Rozen, K., & Riemens, M. (2019). *Neveneffecten van niet-chemische*. Wageningen: Wageningen University & Research .
- Skal Biocontrole. (sd). Opgehaald van skal.nl: <https://www.skal.nl/over-ons>
- Spruijt, J., Bleeker, P., van der Schans, D., van Zuilichem, H., & van der Wekken, J. (2005). *Perspectief innovatieve onkruidbestrijdingsmethoden in de biologische landbouw*. Lelystad: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.
- Tomassen, E., & Rovers, J. (2007). Ervaringen uit de praktijk. *Praktijkbericht gewasbescherming vollegrondsgroente*, 2.
- Triolet, M., Guillemain, J., Andre, O., & Steinberg. (2020). Fungal-based bioherbicides for weed control: a myth or a reality? *Weed Research, An International Journal of Weed Biology, Ecology and Vegetation Management*, 18.
- Vetabio. (2011). *Thermische onkruidbestrijding in de biologische landbouw*. Fred Factory.
- Wilting, H., & Schneider, P. (2010). Oppassen met mechanische onkruidbestrijding op rhizoctoniapercelen! *Cosun Magazine*, 15.
- WUR. (2018). *Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt* . Wageningen: Wageningen Universiteit.
- Zasso. (2021). *Area application*. Opgehaald van Zasso: <https://zasso.com/portfolio/xp300/>
- Zoon, F., Heij, A. d., & Kok, H. (2004). Onkruiden als waardplant van Meloidogyne Chitwoodi en M. fallax. 1. Wageningen: Plant Research International B.V.
- van der Boom, N. (2019). Ford 6600 met HAK schoffelmachine van akkerbouwbedrijf Westers uit Bant [Foto]. Geraadpleegd van <https://www.agrifoto.nl/nieuws/log/10307>

Bijlagen

Bijlage 1: Interviewvragen akkerbouwers met mechanische onkruidbestrijding

1. Bedrijfsomschrijving		4. Vragen omtrent bouwplan	
Naam bedrijf Bedrijfstype ☐ Gangbaar ☐ Biologisch Bouwplan Areaal Rotatie ☐ 1/3 ☐ 1/4 ☐ 1/5 ☐ 1/6 ☐ 1/7 ☐ 1/8 Grondsoort ☐ Klei ☐ Licht ☒ Gemiddeld ☐ Zwaar ☐ Zavel ☐ Licht ☐ Gemiddeld ☐ Zwaar ☐ Anders?		Heeft u nog tips voor andere akkerbouwers die mechanische onkruidbestrijding willen inzetten 5. Vragen gangbare teler Wat zijn volgens u de voor- en nadelen van chemische onkruidbestrijding? Wat vindt u van het resultaat van een chemische onkruidbestrijding ten opzichte van een mechanische?	
2. Mechanische onkruidbestrijding			
Hoe pakt u de beheersing van onkruid aan binnen uw bedrijfsvoering?			
Wat heeft u doen overtuigen om te beginnen met mechanische onkruidbestrijding?			
De omschakeling naar de biologische teelt.			
3. Gewasspecifiek			
Stadia	Machine	Merk+type	Werkbreedte
Capaciteit	Gewas	Vereisten	Voordelen
Nadelen	Resultaat	Opmerkingen	

[illegible]

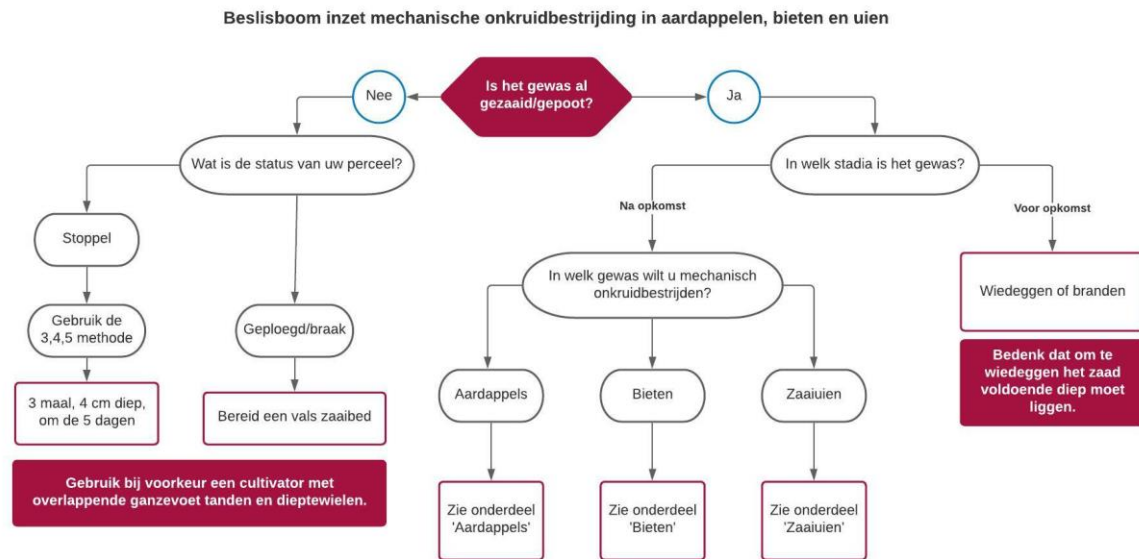
48 | Strategische inzet van mechanische onkruidbeheersing in de akkerbouw

[illegible]

50 | Strategische inzet van mechanische onkruidbeheersing in de akkerbouw

[illegible]

Bijlage 3: Beslisboom inzet mechanische onkruidbestrijding in aardappelen, bieten en uien

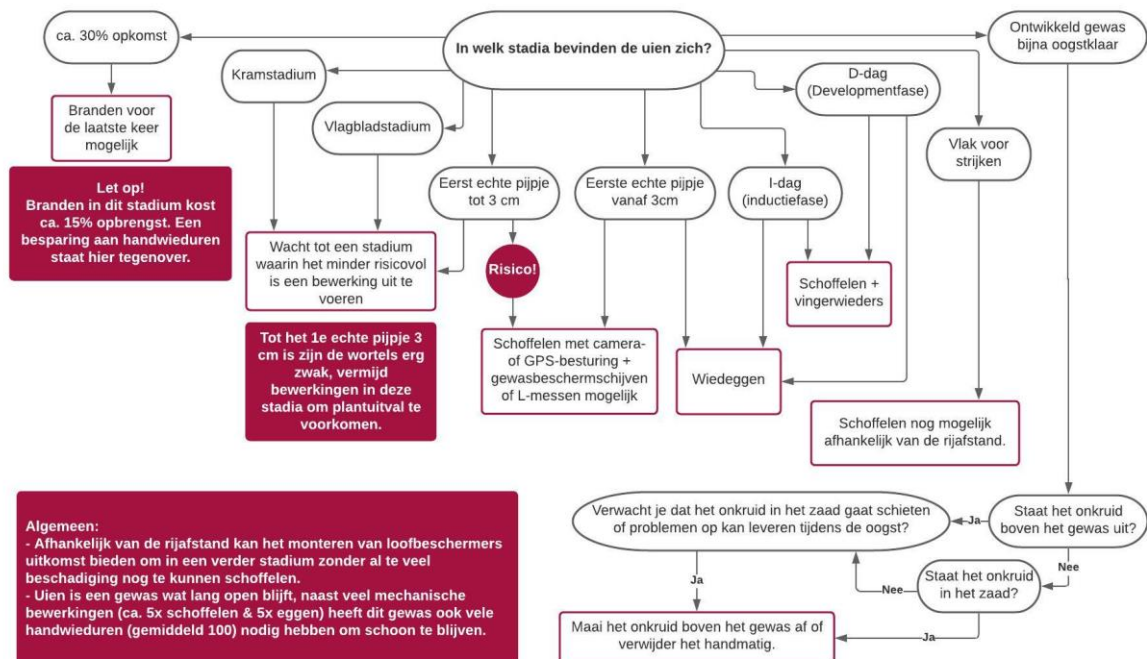


Algemeen:

- Belangrijk is dat de onkruidbestrijding jaarrond gebeurt en niet alleen tijdens de teelt.
- Een gelijkmatige opkomst vergroot de mogelijkheden van een goede onkruidbestrijding.
- Streef naar een bestrijding van onkruiden in een zo jong mogelijk stadium.
- Zorg dat onkruidbestrijding op prioriteit nr. 1 staat, zet uw machines vooraf klaar zodat wanneer de grond werkt en de omstandigheden drogend zijn u een flinke slag kunt slaan.
- Bij twijfel, bewerk 1 gang en beoordeel de volgende dag het resultaat.
- Bedenk vooraf of mechanische onkruidbestrijding past binnen de arbeidsfilm van uw bedrijf.
- Komt u er toch niet uit? Raadpleeg dan uw Delphy adviseur!



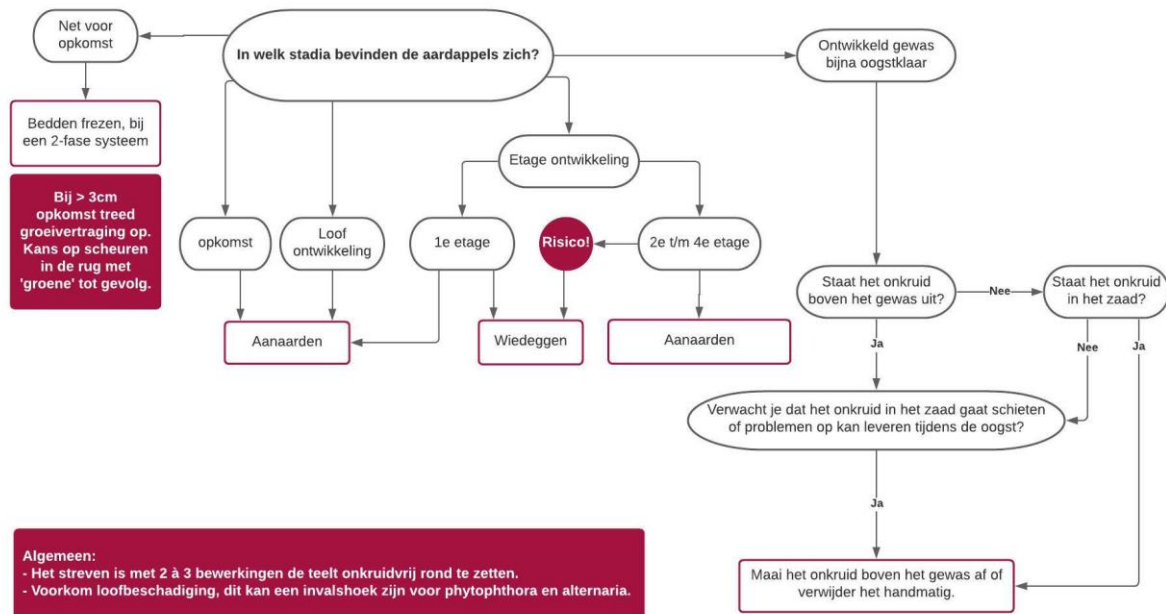
Onderdeel zaaiuien



Algemeen:

- Afhankelijk van de rijafstand kan het monteren van loofbeschermers uitkomst bieden om in een verder stadium zonder al te veel beschadiging nog te kunnen schoffelen.
- Uien is een gewas wat lang open blijft, naast veel mechanische bewerkingen (ca. 5x schoffelen & 5x eggen) heeft dit gewas ook vele handwieduren (gemiddeld 100) nodig hebben om schoon te blijven.

Onderdeel aardappels



Onderdeel bieten

