



Biologisk ogräsreglering med mikroorganismer

Biologiska ogräsmedel och deras verkan

Biological weed control with microorganisms - Biological herbicides and their effect

Carl Larsson

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för växtproduktionsekologi
Agronom mark/växt
Uppsala 2022



Biologisk ogräsreglering med mikroorganismer– Biologiska ogräsmedel och deras verkan

Biological weed control with microorganisms - Biological herbicides and their effect

Carl Larsson

Handledare: Göran Bergkvist, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi
Biträdande Handledare: Iris Dahlin, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi
Examinator: Alexander Menegat, SLU, Institutionen för växtproduktionsekologi

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Agronom mark/växt
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2022

Nyckelord: Biologisk ogräsmedel, ogräskontroll, registrera, mikroorganism, IPM, bakterie, svamp, virus, kommersialisering, användning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för växtproduktionsekologi

Sammanfattning

Ogräs utgör ett stort problem i odlingar världen över, något som måste hanteras. Med start under 1940-talet har kemiska ogräsmedel blivit allt mer grundläggande i hanteringen av ogräs. Samtidigt har antalet resistent ogräsarter ökat och bristen på nya kemiska verkningsmekanismer är stor. Kemiska ogräsmedel kommer inte vara den enskilda lösningen framåt utan fler olika metoder måste kombineras, både förebyggande och direkta.

Syftet med uppsatsen var att undersöka vilka biologiska ogräsmedel innehållande mikroorganismer som finns registrerade och klargöra hur de verkar för att sedan diskutera utmaningar och möjligheter kopplade till preparaten, samt diskutera förutsättningarna för biologiska ogräsmedel globalt och i Sverige. Genom en litteraturstudie listades alla historisk registrerade biologiska ogräsmedel. Mellan åren 1966 och 2018 har 19 preparat registrerats. Idag finns endast åtta preparat registrerade, samt tillgängliga på marknaden för användning i respektive land preparatet blivit registrerat. I Sverige finns inget preparat registrerat, men två av de åtta registrerade preparaten skulle teoretisk fungera, men kräver vidare undersökningar för att fastställa eventuella risker vid en introducering av mikroorganismerna. Det gäller preparaten *Chontrol Paste* och *BioPhoma*. *Chontrol Paste* används för att förhindra sidskottsutveckling bland lövträd och *BioPhoma* används i gräsmattor för bekämpning av örtogräs.

Biologiska ogräsmedel har en stor marknadspotential och invasiva arter, ökad andel ekologisk odling i Europa, incitament från allmänheten på kemikaliefria jordbruksprodukter och en ökad resistensutveckling bland kemiska ogräsmedel är några faktorer som driver på utvecklingen av nya preparat. Det som talar för biologiska ogräsmedel är en snabb nedbrytning utan kvarlämnande restprodukter och en hög specificitet. Utmaningarna är kraven på miljön såsom temperatur och hög fuktighet, kort lagringstid, kommersialiseringsprocessen, eventuella krav på speciell sprututrustning samt preparatens specificitet som kan leda till en ensidig användning. Fortsatt forskning skulle behövas inom området av formuleringar vilket innebär att flera aktiva substanser blandas och/ eller att tillsatsmedel tillsätts i preparatet. Formuleringar har potentialen att bredda preparatens användningsområde till flera ogräsarter, minska känsligheten för miljöbetingelserna och förlänga de begränsade lagringstiderna. Biologiska ogräsmedel kommer förmodligen inte ersätta dagens kemiska ogräsmedel men kan fungera som ett komplement i de fallen det är försvarbart. Jag ser det ändå som att biologiska ogräsmedel har en begränsad potential framåt.

Nyckelord: Biologisk ogräsmedel, ogräskontroll, registrera, mikroorganism, IPM, bakterie, svamp, virus, kommersialisering, användning

Abstract

Weeds are a major problem in crops worldwide, which need to be addressed. Starting in the 1940s, chemical herbicides have become increasingly essential in weed management. At the same time, the number of resistant weed species has increased and the lack of new mechanisms of action is critical. Chemical herbicides will not be the individual solution in the future, different methods must be combined, both preventive and direct.

The purpose of the work was to investigate which biological herbicides containing microorganisms are registered and clarify how they work and then discuss challenges and opportunities associated with the preparations. Finally, a future use of biological herbicides globally and in Sweden is discussed. Through a literature study, all historically registered biological herbicides were listed. Between 1966 and 2018 19 preparations were registered. Today, only eight preparations are registered and available on the market for use in respective country of registration. In Sweden, no preparation is registered, but two of the eight registered preparations would theoretically work, but require further investigations to determine any risks during an introduction of the microorganisms. This applies to the preparations *Chontrol Paste* and *BioPhoma*. *Chontrol Paste* is used for sprouting inhibition among hardwoods and *BioPhoma* is used in lawns to control broadleaved weeds.

Biological herbicides have great market potential and invasive species, an increased share of organic farming in Europe, encouragements from the public on chemical-free agricultural products and an increased development of resistance among chemical herbicides are some factors that can stimulate the development of new biological herbicides. What speaks for biological herbicides is a rapid decomposition without leaving residual products and a narrow host range. The challenges are the requirements for the environment such as temperature and high humidity, short storage time, the commercialization process, any requirements for special spraying equipment and the narrow host range that can lead to one-sided use. Further research would be needed in the field of formulations. Formulation is a mix of several active substances and / or additives in one preparation. Formulations have the potential to broaden the use of biological herbicides to several weed species, reduce the sensitivity to the environmental conditions and extend the limited storage times. Biological herbicides will probably not replace today's chemical herbicides but can serve as a complement in those cases where it is conceivably. Going forward I still see a future where biological herbicides have a limited potential.

Keywords: Biological herbicide, weed control, register, microorganism, IPM, bacterium, fungus, virus, available, commercialization, use

Innehållsförteckning

1.	Inledning	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Biologisk bekämpning.....	10
1.3	Syfte och mål	11
	1.3.1 Syfte.....	11
	1.3.2 Mål	11
2.	Metod.....	12
2.1	Litteraturstudie	12
3.	Resultat	13
3.1	Registrerade Preparat.....	13
	3.1.1 ABG-5003	16
	3.1.2 Albobacterium.....	16
	3.1.3 BioMal	16
	3.1.4 Bio-Phoma	17
	3.1.5 Camperico	17
	3.1.6 Casst.....	18
	3.1.7 Chontrol Paste	18
	3.1.8 D7 19	
	3.1.9 DeVine	20
	3.1.10 Di-Bak Parkinsonia	20
	3.1.11 Dr.Biosedge	21
	3.1.12 LockDown	21
	3.1.13 Lubao	22
	3.1.14 Myco-Tech Paste	22
	3.1.15 Sarritor	22
	3.1.16 Smolder	23
	3.1.17 SolviNix	23
	3.1.18 Stumpout.....	24
	3.1.19 Woad Warrior.....	24
4.	Diskussion	25
4.1	Utmaningar och möjligheter	25
	4.1.1 Effektivitetskrav.....	25

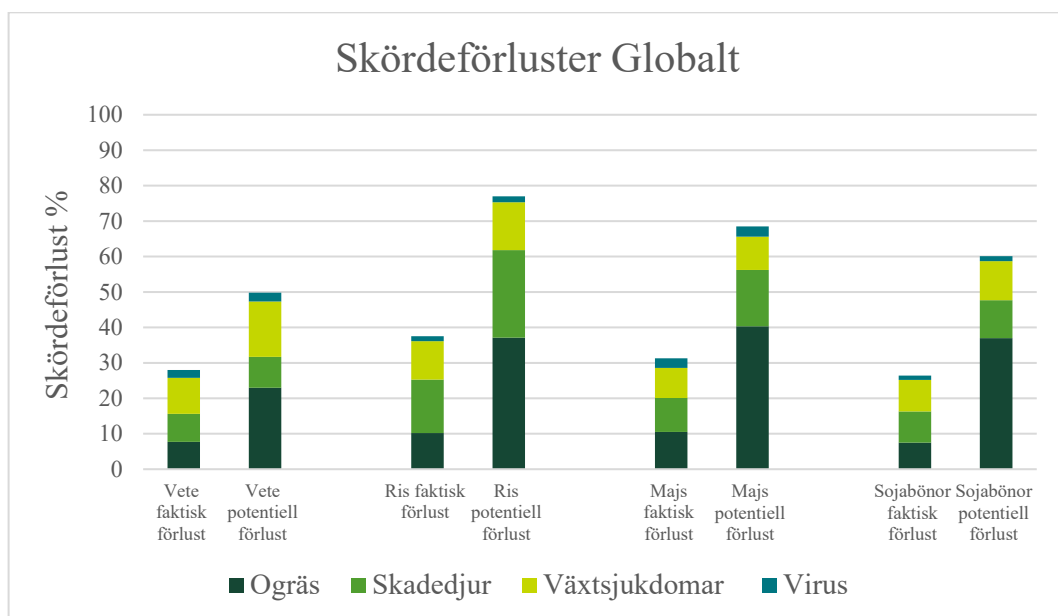
4.1.2	Kommersialisering och registrering	26
4.1.3	Specificitet och lagring.....	28
4.1.4	Integrerat växtskydd	28
4.2	Framtida användning av biologiska ogräsmedel i Sverige och globalt.....	29
4.3	Kunskapsläget idag.....	31
5.	Slutsats	33
	Referenser	34
	Tack	47

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Följande avsnitt kommer introduceras av vilka skördeförkastelser ogräs orsakar globalt, vilket även kräver en definition av begreppet ogräs. Ogräs definieras som en växtart som uppträder på en oönskad plats och som dessutom utgör en större skada än nytta på den specifika platsen (Nationalencyklopedin u.å.). Efter första stycket kommer en beskrivning av den nuvarande, samt historiska användningen av kemiska ogräsmedel. Sedan kommer ett avsnitt där den ökande resistensproblematiken bland ogräs behandlas, följt av ett stycke med vikten av integrerade åtgärder, kopplat till hanteringen av ogräs framåt.

Ogräs, skadedjur, växtsjukdomar och virus orsakar stora skördeförkastelser världen över. Skördeförkastelserna uppgår globalt sett till 28% i vete, 37% i ris, 31% i majs och 26% i sojaböner (Oerke 2006). Utan växtskyddsmedel blir de uppskattade förkastelserna ännu större, 50% i vete, 77% i ris, 69% i majs och 60% i sojaböner där ogräs i alla fallen står för den största potentiella skördenedläggningen (figur 1).



Figur 1. Uppskattade potentiella skördeförkastelser globalt orsakade av ogräs, skadedjur, växtsjukdomar och virus i 4 grödor samt de faktiska skördeförkastelserna (Oerke 2006).

Sättet att hantera ogräs förändrades drastiskt i slutet av 1940-talet. Från att tidigare använt mekaniska metoder där radhackning var vanligt förekommande ökade nu tillgången på växtskyddsmedel (Lundkvist 2014). I kombination med nya högavkastande sorter och tillgång på mineralgödsel introducerades det vi idag kallar den konventionella odlingen.

Globalt ökade användningen av kemiska ogräsmedel med över 100% mellan 1990 och 2019. Från 1990 till 2010 ökade användningen kraftigt från 891 tusen ton till nära 2,1 miljoner ton. Sedan 2010 har användningen planat ut och låg 2019 på drygt 2,2 miljoner ton aktiv substans. Länder som Kina och USA hade högst genomsnittsanvändning mellan åren 1990 och 2019 (683 000 ton respektive 218 000 ton). Sveriges har gått i motsatt riktning och användningen av kemiska ogräsmedel minskade mellan 1990 och 2019. Från 1609 ton till 1232 ton aktiv substans (tabell 1).

Tabell 1. Användningen av kemiska ogräsmedel i mängd aktiv substans mellan åren 1990 och 2019, både globalt och i länder som Kina, USA och Sverige (FAOSTAT 2021)

	Globalt	Kina	USA	Sverige
1990	891 743	305 786	206 384	1 609
2019	2 222 273	937 273	255 826	1 232

Trots att den använda mängden aktiv substans har minskat i Sverige, har antalet doser per odlad hektar ökat mellan 1981 och 2020 (SCB 2021). Antalet hektardoser ger en bild av hur många hektar den totala aktiva substansen räcker till om normaldos används. Om antalet hektardoser överskrider den svenska åkerarealen beror det på att antingen större arealer bekämpats eller att fler behandlingar gjorts på samma areal (Andersson 2019). Ur ogrässynpunkt kan sämre växtföljder med en ökad andel höstvetete, samt en ökad resistensutveckling vara förklaringar till de ökade hektardoserna. Båda förklaringarna innebär att fler behandlingar kan behövas för tillräcklig effekt (Regeringskansliet 2019). Det finns osäkerheter i statistiken, eftersom såväl lägre som högre doser kan användas samt att flera preparat kan blandas för bredare effekt (SCB 2021). Varken den totala mängden bekämpningsmedel eller antalet hektardoser kan enskilt säga något om risken för resistensutveckling. Kemiska ogräsmedel har olika verknings sätt som medför olika risker i användningen (Lundkvist 2014).

Globalt syns tydliga trender till en stegrande resistensproblematik (Heap 2022b). Heap (2022a) har listat kemiska ogräsmedel över hela världen utifrån deras HRAC's (Herbicide Resistance Action Committee) klassificering. Klassificeringen bygger på verkningsmekanismen hos ogräsmedlet. Det finns 25 olika verkningsmekanismer listade. I 18 av 25 HRAC-grupper har en eller flera resistent

ogräsarter hittats och totalt har 510 unika resistensfall rapporterats världen över (Heap 2022b). 510 unika fall kan upplevas obetydligt men många ogräsarter har dessutom utvecklat resistens mot flera verkningsmekanismer. Mätningarna har pågått sedan 1950-talet med en tydlig linjär ökning av resistens i mitten av 1970-talet (Heap 2022a). HRAC-grupp 2 har flest enskilda resistensfall (Heap 2022b). Den mekanismen fungerar så att ogräsets ALS-enzym, som används för biosyntes av flera aminosyror, inhiberas (Whitcomb 1999). I Sverige finns också fall där ogräsarter uppvisat resistens. Även här har HRAC-grupp 2 flest enskilda resistensfall (Jordbruksverket 2022a). Utvecklingen av resistensfall i HRAC-grupp 2 beror främst på att ogräs har lättare att mutera mot denna typ av verkningsmekanism än mot andra mekanismer (Beckert & Dessaux 2016) samt att andra fördelar gör den mycket använd. Orsaken till att resistens bryts lätt är en långtidsverkande effekt av ogräsmedlet, samt ett enda verknings sätt (Whitcomb 1999). I HRAC-grupp 9 ingår glyfosat (Heap 2022b), världens mest använda kemiska ogräsmedel (Kemikalieinspektionen 2021b). I fallet med glyfosat har man funnit 55 unika resistensfall globalt (Heap 2022b), men även om det inte finns resistens kan olika ogräspopulationers känslighet mot glyfosat skilja mycket, vilket är en tydlig varningssignal att resistens är under utveckling (Comont et al. 2019). Verkningsmekanism bygger på att ett specifikt enzym i ogräsets kloroplast blockeras och det förhindrar syntes av viktiga aminosyror (Johansson et al. 2019) Det pågår en diskussion inom EU angående glyfosats hälsoeffekter, vilket kan påverka dess framtida användning (Kemikalieinspektionen 2022a). EU:s gemensamma kemikaliemyndighet ECHA och livsmedelsmyndighet EFSA väntas lämna besked i juli 2023 angående medlets hälsoeffekter och ett eventuellt framtida godkännande (European Food Safety Authority 2022). Glyfosat dominerar herbicidanvändningen i Sverige, men ett förbud skulle troligen ge utrymme för utveckling av andra kemiska och icke-kemiska metoder.

Resistensproblematiken är ett växande problem (Heap 2022a). Samtidigt är bristen på nya verkningsmekanismer stort. Senast en ny verkningsmekanism kom var under 1980-talet (Saari 1999); (Duke & Dayan 2022). Heap & Duke (2018) hävdar att det finns nya verkningsmekanismer som inte är exploaterade, men att förekomsten av glyfosatresistenta grödor har minskat intresset för att utveckla nya selektiva kemiska ogräsmedel. För att bemöta den ökade resistensutvecklingen och fortfarande kunna hantera ogräsproblematiken blir IPM (Integrated Pest Management) viktigt, där olika typer av insatser kombineras för att minska användning av kemiska ogräsmedel (Jordbruksverket 2022b) En växtföljd där vårsådda, höstsådda, fleråriga och ettåriga grödor blandas anses vara den bästa förebyggande åtgärden mot ogräs. Den varierande växtföljden ger inte extra utrymme åt vissa enskilda ogräsarter vilket blir resultatet av ensidig växtföljd. Val av jordbearbetning, såtidpunkt och beståndstäthet är andra odlingstekniker som verkar förebyggande. Direkta metoder som biologisk bekämpning och mekanisk

bekämpning är viktiga delar i integrerat växtskydd och bör alltid övervägas innan kemiska alternativ vidtas (ibid).

1.2 Biologisk bekämpning

Biologisk bekämpning syftar till att bekämpa konkurrerande växter, skadedjur och växtsjukdomar med hjälp av naturligt förekommande organismer, såsom makroorganismer, mikroorganismer och växter (SLU 2021). Biologiska bekämpningsmedel står för ungefär 2% av växtskyddsanvändningen globalt (Kumar & Singh 2015). Samtidigt utgör andelen biologiska ogräsmedel enbart 10% av alla biologiska bekämpningsmedel sammanlagt (Cordeau et al. 2016). Idag finns enbart åtta biologiska ogräsmedel registrerade och tillgängliga på marknaden, bestående av mikroorganismer (tabell 2). I Sverige finns 193 godkända biologiska växtskyddsmedel, men inget inom kategorin för bekämpning av ogräs (Kemikalieinspektionen 2021a). Den smala användningen av biologiska ogräsmedel gör det intressant att undersöka om biologiska ogräsmedel kan fungera som ett alternativ till kemiska ogräsmedel, där resistensutvecklingen bland ogräs ökar och bristen på nya kemiska verkningsmekanismer är stor.

1.3 Syfte och mål

1.3.1 Syfte

Syftet med denna uppsats är att ge en överblick över de biologiska ogräsmedel som finns och hur dessa verkar, samt att diskutera utmaningar och möjligheter kopplade till användningen av preparaten.

1.3.2 Mål

- Lista vilka biologiska ogräsmedel innehållande mikroorganismer som finns registrerade och klargöra hur de verkar.
- Diskutera utmaningar och möjligheter kopplade till användningen av biologiska ogräsmedel.
- Diskutera framtida användning av biologiska ogräsmedel i Sverige och globalt.
- Sammanfatta kunskapsläget idag inom ämnet för biologiska ogräsmedel.

2. Metod

2.1 Litteraturstudie

Denna undersökning är en litteraturstudie som baseras på vetenskapligt granskat material. Litteratur av icke-vetenskaplig karaktär har också inkluderats, exempelvis myndigheter och webbsidor. I sökandet av litteratur användes söktjänsten Web of Science och andra artiklar som varit till förfogande via SLU:s bibliotek. För att hitta relevant litteratur har sökorden utvecklats och kombinerats på olika sätt i den takt som nya insikter och upptäckter gjorts. När relevant information upptäckts har refererande artiklar sökts upp för att komma vidare i sökandet av intressant litteratur. Under arbetet har också tips på litteratur tillhandahållits av handledare.

Sökord: bioherbicide, biological control agents, biocontrol agents, bacteria, fungi, viruses, weeds, grass weeds, broadleaf weeds, weed management, weed control, herbicide, microbial herbicide, microorganism, mycoherbicides, use, application, integrated pest management, registered, available, commercialized, commercially available

3. Resultat

3.1 Registrerade Preparat

Historiskt har det registrerats 19 biologiska ogräsmedel globalt mellan åren 1966 och 2018. Under perioden 1966-2018 förekommer det även att samma biologiska ogräsmedel blivit avregistrerat. Preparaten har registrerats i länderna USA, Kanada, Kina, Japan, Ukraina, Australien och Sydafrika. I USA och Kanada har det förekommit att samma preparat blivit registrerat i båda länderna. Idag finns åtta preparat både registrerade och tillgängliga på marknaden för användning. De flesta preparaten finns registrerade i USA och Kanada, vilket idag är fem. Övriga tre preparat finns registrerade var för sig i Kina, Australien och Sydafrika. Utav de åtta registrerade preparaten utgörs den aktiva substansen i sex fall av en svamp, en består av en bakterie och ett består av ett virus. I de följande avsnitten kommer användningen och statusen på alla 19 preparat presenteras i (tabell 2).

Tabell 2. Generell information om biologiska ogräsmedel globalt 2022

Preparatnamn	Mikroorganism	Målogräs	Användning	Registreringsår	Status	Referens
ABG-5003	<i>Cercospora rodmanii</i>	Vattenhyacint	Sjöar, Vattendrag	USA 1984	Ej tillgänglig	1, 2, 3
Albobacterium	<i>Achromobacter album</i>	Okänd	Okänd	Ukraina Okänd	Okänd	4
BioMal	<i>Colletotrichum gloeosporioides f. sp. malva</i>	Vit kattost	Jordbruksgrödor	Kanada 1992	Ej tillgänglig	5, 6
Bio-Phoma	<i>Phoma macrostoma</i>	Örtogräs	Gräsmattor, Jordbruksgrödor, Agro-skogsbruk	Kanada 2011	Tillgänglig	5, 7
Camperico	<i>Xanthomonas campestris</i>	Vitgröe	Gräsmattor	Japan 1997	Okänd	5
Casst	<i>Alternaria cassiae</i>	Ärtväxter	Sojabönor, Jordnötter	USA 1983	Ej tillgänglig	2, 8
Chontrol Paste	<i>Chondrostereum purpureum</i>	Lövträd	Vegetationsskötsel	USA 2004 Kanada 2004	Tillgänglig	9, 10
D7	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Gräsogräs	Stråsäd, Foderlusern, Betesmarker, Gräsmattor	USA 2014	Tillgänglig	11
DeVine	<i>Phytophthora palmivora</i>	Latexplant	Citrusodlingar	USA 1981	Ej tillgänglig	12
Di-Bak Parkinsonia	<i>Lasiodiplodia pseudotheobromae</i> , <i>Macrophomina phaseolina</i> , <i>Neoscytalidium novaehollandiae</i>	Ärtväxt	Gräs/Betesmarker	Australien 2018	Tillgänglig	13
Dr.Biosedge	<i>Puccinia canaliculata</i>	Jordmandel	Jordbruksgrödor	USA 1993	Ej tillgänglig	14
LockDown	<i>Colletotrichum gloeosporioides f. sp. aeshynomene</i>	Ärtväxter	Ris	USA 2006	Tillgänglig	15

Lubao	<i>Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cuscutae</i>	Snärjor	Sojabönor	Kina 1966	Tillgänglig	16
Myco-Tech Paste	<i>Chondrostereum purpureum</i>	Lövträd	Vegetationsskötsel	USA 2005 Kanada 2002	Ej tillgänglig	17, 18
Sarritor	<i>Sclerotinia minor</i>	Örtogräs	Gräsmattor	Kanada 2010	Ej tillgänglig	5, 19
Smolder	<i>Alternaria destruens</i>	Snärjor	Jordbruksgrödor, Handelsträdgårdar	USA 2005	Ej tillgänglig	20
SolviNix	<i>Tobacco mild green mosaic tobamovirus</i>	Potatisväxt	Betesmark, Skogsområden	USA 2014	Tillgänglig	21
Stumpout	<i>Cylindrobasidium laeve</i>	Ärtväxter	Vattenremsor, Upptagningsområden	Sydafrika 1997	Tillgänglig	16
Woad Warrior	<i>Puccinia thlaspeos</i>	Vejde	Gräsmarker, Avfallsområden	USA 2002	Ej tillgänglig	22

Källor Tabell 2. 1:(Environmental Protection Agency 2022b), 2:(Aneja et al. 2013), 3: (Butt & Copping 2000), 4:(Kabaluk et al. 2010), 5: (Bailey 2014), 6:(Government of Canada 2022a), 7:(Government of Canada 2022b), 8:(Environmental Protection Agency 2022a), 9: (Environmental Protection Agency 2022d), 10:(Government of Canada 2022c), 11:(Environmental Protection Agency 2022f), 12: (Environmental Protection Agency 2022g), 13:(Australian Government 2022), 14:(Environmental Protection Agency 2022h), 15:(Environmental Protection Agency 2022i), 16:(Winston et al. 2014), 17:(Environmental Protection Agency 2022j), 18:(Government of Canada 2022d), 19: (Government of Canada 2022e), 20:(Environmental Protection Agency 2022k), 21:(Environmental Protection Agency 2022l), 22: (Environmental Protection Agency 2022m).

3.1.1 ABG-5003

Preparatet *ABG-5003* utvecklades för kontroll av vattenhyacint (*Eichhornia crassipes* Auktor S) i USA och består av svampen *Cercospora rodmanii* (Butt & Copping 2000). Vattenhyacint finns i tropiska och subtropiska delar av världen och lever i vattenmiljöer (Reddy 1984). Arten introducerades till Florida, USA, på 1890-talet (Zettler & Freeman 1972 se Conway 1976). Vattenhyacint har noterats i Sveriges sydligare delar men har svårt att etablera sig på grund av det kallare klimatet (Jacobson 2019). Vattenhyacinten växer snabbt och sprider sig till vattendrag och sjöar vilket dödar fiskar, samt orsakar stora ekonomiska förluster (Reddy 1984). I Florida utfördes fältförsök på 85 olika växter som antingen förekom naturligt eller odlades för att bestämma värdväxtkretsen hos svampen. Försöket visade att svampen enbart infekterade vattenhyacint och inte skulle skada andra växter i området (Conway & Freeman 1977 se Conway & Cullen 1978). Dessutom finns ingen risk att fisken *Gambusia affinis* vilket förekommer i samma ekosystem som ogräset, skadas av svampen (Conway & Cullen 1978). Svampen infekterar både med mycel och sporer vilket orsakar kloroser, ruttna rötter, späda bladskåft och stoppad sidoskottsutveckling som allvarligt skadar ogräset. Effekten kan finnas flera år efter behandling utan behov av nya behandlingar (Conway 1976).

3.1.2 Albobacterium

Bakterien *Achromobacter album* förhindrar sidoskottsbildning hos träd (Kabaluk et al. 2010). Jag har inte funnit mer information.

3.1.3 BioMal

Vit kattost (*Malva pusilla* Auktor Sm) är ett ogräs som orsakar stora skördeförluster i konkurrenssvaga grödor som lin och linser. Skördeförluster förekommer även i vete och kan uppgå till 30% (Mortensen & Bailey 2002 se Boyetchko et al. 2007). För bekämpning av ogräset utvecklades preparatet *BioMal* i Kanada på tidigt 1990-tal. I Sverige förekommer vit kattost från Skåne upp till Uppland, men är i Sverige rödlistad under kategorin sårbar (Sundberg et al. 2020) och utgör alltså inget problem. *BioMal* innehåller en Svamp (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *malva*), som har visats vara specifik mot kattost (Boyetchko et al. 2007). Bland flera grödor som linser, vete och raps, samt andra växter som inte var menade att bekämpa visade färgtistel (*Carthamus tinctorius* Auktor L) och solros (*Helianthus annuus* Auktor L) tecken på angrepp. Preparatet har i vissa försök visat en ogräskontroll på över 90% (Mortens 1988 se Boyetchko et al. 2007). Svampens

sporer infekterar växtvävnaden under fuktiga förhållanden för att sedan spridas mellan plantor med hjälp av regnstänk. Symptomen är fläckar på stjälken, fläcken har en grå mitt med svart runt omkring. Fläckarna växer sedan samman för att omsluta stammen vilket till slut dödar plantan (Mortensen & Bailey 2002 se Boyetchko et al. 2007). För 80% effekt krävs en dagperiod på 16-48 timmar efter behandling och en temperatur mellan 15 och 25°C (Makowski 1993 se Boyetchko et al. 2007). Preparatet slutade produceras 1994 på grund av en marginell efterfrågan och ungefär samtidigt blev tre nya kemiska ogräsmedel tillgängliga till bättre priser än *BioMal* (Cross & Polonenko 1996 se Boyetchko et al. 2007). Tillsynsmyndigheten för skadegörare i Kanada ansåg att preparatet fortfarande uppfyllde de krav som fanns, men utan något företag villigt att driva produktionen vidare löpte registreringen ut 2006 (Bailey 2014).

3.1.4 Bio-Phoma

BioPhoma lanserades som ett biologiskt ogräsmedel i syfte att kontrollera örtogräs i gräsmattor, jordbrukssammanhang och skogsjordbruk i Kanada. Idag sker användningen enbart i gräsmattor för kontroll av örtogräs (Bailey 2014). Preparatet blev även registrerad i USA 2012 men finns inte längre tillgängligt (Bailey 2014); (Environmental Protection Agency 2022c). *BioPhoma* är mycket effektiv och fungerar i ett brett spektrum av miljöförhållanden (Bailey 2014). Svampens (*Phoma macrostoma*) mycel tränger in i rötterna och rör sig mellan celler för att tillslut komma till rotens mitt och förstöra den intracellulära strukturen (Bailey et al. 2011). I vissa fall kan mycelet producera metaboliska gifter (macrocidins) som även försämrar skott och rottillväxt (Graupner et al. 2003). Preparatets granulat ger bättre effekt om de är små samt om de med hjälp av regn snabbt kan inkorporeras i jorden (Bailey et al 2010b se Watson & Bailey 2013). I en studie gjord av Zhou et al. (2004) överlevde *Phoma macrostoma* i jorden minst fyra månader men svampens mobilitet i jorden är dålig. Däremot främjar vatten svampens förmåga att röra sig i marken. För stora vattenmängder kan dock orsaka avrinning av de metaboliska gifterna (Bailey et al. 2010). Lerjordar var i genomsnitt bättre på att behålla en hög aktivitet av *Phoma macrostoma* än sandigare jordar (Bailey et al. 2010).

3.1.5 Camperico

Camperico består av bakterien *Xanthomonas campestris* och används i Japan för kontroll av vitgröe (*Poa annua* Auktor L) i gräsmattor (tabell 2). Vitgröe förekommer också som ogräs i större delen av Sverige (SLU Artdatabanken 2020). Innan registreringen av *Camperico* användes kemiska alternativ som visade en lång persistens i miljön (Imaizumi et al. 1997). Därför nedslog tillsynsmyndigheter i Japan användningen av de kemiska alternativen vilket har lett till handplockning av

vitgröen eller omläggning av gräsmattor (Imaizumi et al. 1997). Bakterien behöver ett sår för att kunna tränga in i ogräset (Imaizumi et al. 1997). Därför appliceras preparatet som en lösning efter gräsklippning som skadar vitgröen (Imaizumi et al. 1997). Bakterien kan då tränga sig in i växtens xylemkanaler som blockeras, vilket dödar plantan (Bailey 2014). De sådda gräsen skadas inte eftersom bakterien är väldigt specifik mot vitgröe (Imaizumi et al. 1997). Temperaturer mellan 20 och 25°C dödar vitgröen efter sju till tio dagar men vid lägre temperaturer blir effekten sämre (Imaizumi et al. 1997). Det utvecklande företaget har inte preparatet till salu trots registreringen och det finns ingen offentlig information av preparatets framsteg sedan registreringsdatumet (Bailey 2014).

3.1.6 Casst

Casst används mot ärtväxterna *Cassia obtusifolia* Auktor B,L, *Cassia occidentalis* Auktor L och *Crotalaria spectabilis* Auktor R (Charudattan et al 1986 se Aneja et al. 2013). Ingen av arterna finns listade i SLUs artdatabank som noterade i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.a). Svampen *Alternaria cassiae* har liten värdkrets och orsakar en hämmad tillväxt hos små fröplantor vilket slutar med att ärtväxten dör. Växthusförsök har visat att fröplantor i yngre stadier dödas lättare och miljöförhållandena ska vara fuktiga med en temperatur mellan 20 och 30°C under minst åtta timmar efter behandling (Walker & Riley 1982). Effekten mot fröplantor av *Cassia obtusifolia* har i tester varit över 90%, två veckor efter behandling (Walker & Boyette 1985).

3.1.7 Chontrol Paste

Chondrostereum purpureum användes till en början för att förhindra sidoskottsutveckling av amerikans glanshägg (*Prunus serotina* Auktor E) i Nederländerna. En art som introducerats från USA och Kanada (De Jong 2000). Glanshäggen förekommer även i Sverige och klassas som invasiv (Strand et al. 2018). Svampen appliceras direkt i såret där trädet sågats av för att sedan växa ner i rotsystemet som sedan orsakar silver leaf disease. Bladen blir gråaktiga och vissnar. Tillslut kommer trädet dö eftersom svampen förhindrar vattentransporten i det vaskulära systemet (De Jong 2000) och kontrollgraden kan ligga upp mot 95% två år efter behandling (Winston et al. 2014). Svampen marknadsfördes som *BioChon* i Nederländerna mellan åren 1997 och 2000 utan att vara registrerad. 2000 stoppades försäljningen av lagmässiga skäl och dålig försäljning (Winston et al. 2014). Senare upptäcktes det att *Chondrostereum purpureum* kunde användas för att kontrollera sidoskottsutveckling i flera andra lövträd också (De Jong 2000). I Kanada och USA registrerades *Chondrostereum purpureum* under namnet Myco-Tech (tabell 2). Men registreringen upphörde relativt snabbt, 2006 i USA och 2008 i Kanada (Environmental Protection Agency 2022j); (Government of Canada

2022d). År 2004 registrerades svampen under namnet *Chontrol Paste*, både i USA och Kanada, återigen med *Chondrostereum purpureum* som aktiv substans (Environmental Protection Agency 2022d); (Government of Canada 2022c).

3.1.8 D7

Preparatet *D7* består av bakterien *Pseudomonas fluorescens* stam *D7* och kontrollerar gräsogräs taklosta (*Bromus tectorum* Auktor L), medusagräs (*Taeniatherum caput-medusae* Auktor N) och bockvete (*Aegilops cylindrica* Auktor H) (tabell 2). De tre gräsogräs finns idag i hela USA samt i delar av Kanada och México och är alla invasiva. Men i Sverige har endast medusagräs och bockvete noterats och dessutom bara ett fåtal gånger i sydligare delar av landet (SLU Artdatabanken u.å.a). Gräsogräs har stor negativ skördepåverkan och inverkar på artsammansättningen i betesmarker (Kennedy 2018). I en studie gjord av Stahlman & Miller (1990) orsakade taklosta över 20% skördereduktion i vete. Under stressade förhållanden har bakterien angripit flera andra gräsarter som inte varit i avsikt att bekämpa. (Kennedy 2018). Reinhart et al. (2020) beskriver hur stor variation det finns i försöken att kontrollera gräsogräs med hjälp av *Pseudomonas fluorescens* stam *D7*. I ett av försöken visar Kennedy et al. (1991) att taklosta går att kontrollera med en variation av 31% till 53% effekt samtidigt som veteskörden ökade med 18% till 35%. Andra stammar av bakterien utöver *D7* (ACK55, NKK78, och SMK69) visar på hur viktigt rätt miljöförhållanden är vid användningen av stam *D7* när taklosta ska bekämpas (Kennedy 2018). Bakterien gillar låga temperaturer, helst under tio grader (Kennedy 2018) och under optimala förhållanden kan kontrollen av taklosta, bockvete och medusagräs uppgå till 90% men under soligare och torrare förhållanden blir kontrolleffekten ungefär 50% (Kennedy 2017 se Kennedy 2018). Bakterien ska inte ligga ovanpå markytan eftersom exponering av UV-ljus kan leda till försämrad reproduktion. Behandlingen ska helst ske under höst eller vinter eftersom regn och snö kan inkorporera bakterien i jorden och medföra fuktigare förhållanden och mindre risk för UV-exponering. Bakterien producerar gifter som påverkar gräsogräsens rotutveckling, skottutveckling och fröproduktion (Gurusiddaiah et al. 1994). Dessutom kan den fungera som gröningshämmare (Reinhart et al. 2020). Taklosta, bockvete och medusagräs har alla stora fröbanker, därför blir bakteriens förmåga att minska fröproduktion och fungera som gröningshämmare ett bra sätt att minska populationen av dessa ogräs (Kennedy 2018). Stammarna (ACK55, NKK78, och SMK69) har visats kunna överleva i jorden upp till sex år men kan inte överleva i vatten och påverkar inte mikrofloran märkbart i marken. Effekten syns först efter två år men större förändringar i ogräsfloran syns först efter fyra till fem år (Kennedy 2018).

3.1.9 DeVine

DeVine är begränsad till fem län i Florida och används i citrusodlingar för att kontrollera ogräset *Morrenia odorata* Auktor L (latexplant). Svampen förekommer även naturligt i alla dessa fem län (Environmental Protection Agency 2006). Ogräset kommer ursprungligen från Amerikas sydligare delar och är ett speciellt stort problem i Floridas citrusodlingar, men marknaden är liten och specialiserad (Charudattan 1991). *Morrenia odorata* finns inte noterat i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.a). Svampen *Phytophthora palmivora* orsakar sjukdom på rötterna (Winston et al. 2014) och kontrolleffekten är minst 90% och varar under cirka två år (Charudattan 1991). Svampen kan också orsaka skada på andra icke önskvärda växter (Environmental Protection Agency 2006); (Charudattan 1991). Men mellan registreringsåret 1981 och 1991 har inga kända fall förekommit (Charudattan 1991). *DeVine* var svårhanterligt för de ansvariga företagen på grund av dess korta lagringstid (sex veckor) samt persistent i marken (upp till fem år) (Kennedy 1986 se Bailey 2014). År 2006 krävde EPA omprövning och Valent BioSciences Corporation beviljades *DeVine* efter omregistreringen (ibid). Valent BioSciences Corporation har i nuläget inte *DeVine* till försäljning (Valent BioSciences 2022) och preparatets registreringsperiod löpte ut 2020 (Environmental Protection Agency 2022g).

3.1.10 Di-Bak Parkinsonia

Preparatet *Di-Bak Parkinsonia* består av de tre svamparna, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Macrophomina phaseolina* och *Neoscytalidium novaehollandiae*. Preparatet används för att bekämpa en ärtväxtart (*Parkinsonia aculeate* Auktor L) i gräs/betesmarker (tabell 2). Ärtväxten bedöms finnas på över 3,3 miljoner hektar i Australien och introducerades till Australien på 1860-talet (Bailey 1906 se Galea 2021). Arten finns noterad i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.a). Redan under 1900-talets början ansågs arten utgöra ett hot (Van Klinken et al. 2009) och 1904 blev arten klassat som ett ogräs i Australien (Galea 2021). *Di-Bak Parkinsonia* är i kapselformat och behandlingen sker genom att borra ett hål i växtens stam för att sedan placera in kapseln och plugga igen hålet. En snabb behandling är ofta en nyckelfaktor för att lyckas. Resultatet blir att stammen skadas och trädet dör inom loppet av några månader (Galea 2021). Kontrollen av ogräset ingår i en studie av Galea (2021) där ärtväxten blev tydligt skadad i 98% av fallen och i 66% av fallen dog. Svamparna anses vara anpassade till det varmare klimatet (26-42 °C) men för att svamparna i kapseln ska aktiveras är det viktigt att kapseln blir fuktig. En torr atmosfär i kombination med tillgång på vatten från xylem, floem och stamvävnad underlättar processen för aktivering (Galea 2021). *Di-Bak Parkinsonia* ska inte utgöra en miljöfara om den används på rätt sätt. Användning ska endast ske på gräs/betesmarker och behandlingen ska hållas med riskavstånd

från odlingar av andra känsliga arter som mango (*Mangifera indica* Auktor L) och Avokado (*Persea americana* Auktor M) (Galea 2021).

3.1.11 Dr.Biosedge

Preparatet *Dr.Biosedge* fanns registrerad under perioden 1993-1999 i USA och består av rotsvampen *Puccinia canaliculata*. Preparatet används för kontroll av jordmandel (*Cyperus esculentus* Auktor L) (tabell 2). Jordmandel utgör i många delar av världen ett stort problem i många grödor (Holm et al 1977 se Wills 1987) och finns i Amerikas alla delstater (U.S. Dep. Agric. Res. Serv. 1970 se Willis 1987). Jordmandel finns noterad i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.b). Optimal temperatur för bekämpning är mellan 19 och 38°C. Ogräset börjar dö 15-20 dagar efter infektion (Environmental Protection Agency 1993). Svampen förhindrar blomning och knölbildning, men kan också döda ogräset direkt (Winston et al. 2014). Dock har det rapporterats fall där svampen i sin naturliga form angripit solros (*Helianthus annuus*) (Gulya & Stegmeier 2002). Preparatet var inte lönsam och resistens förekom i vissa ogräspopulationer, vilket lede till att det slutade produceras (Winston et al. 2014).

3.1.12 LockDown

LockDowns aktiva substans utgörs av svampen *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. aeshynomene* för kontroll av ärtväxten *Aeshynomene virginica* Auktor B i risodlingar (Environmental Protection Agency 2022i). Tidigare gick preparatet under namnet *Collego* vars registreringsperiod löpte ut 2003 (Environmental Protection Agency 2022e). Ogräset finns inte i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.a) men utgör ett stort problem i Arkansas USA (Daniel et al. 1973). Om ogräset får konkurrera med riset hela säsongen kan 2,7 plantor/m² räcka för att orsaka stora skördeförluster. Ogräsets frön är dessutom svåra att separera från riset vilket kan påverka kvalitén negativt eftersom fröna hamnar i risförpackningarna (Daniel et al. 1973). *LockDown* är mycket specifik och skadar varken andra ogräs, avsalugrödor eller risgrödan (Smith 1986) och effekten av bekämpningen varierar mellan 76% och 99% i risodlingar med högt vattenstånd (Smith 1986). Den stora vattenmängden som finns i risfälten utgör ett bra mikroklimat med en fuktig miljö och optimala temperaturförhållanden (Templeton et al. 1989) Angreppsutvecklingen är snabbast vid temperaturer mellan 23 och 32 °C samt vid en luftfuktighet över 80% (Daniel et al. 1973). Kontrollpotentialen förbättras ytterligare vid nederbörd de kommande fyra veckorna efter behandling (Smith 1986). Svampen kontrollerar ärtväxten genom att skada stammens vävnad vilket tillslut gör att stammen vissnar. Plantan dör inte men konkurrenskraften mot grödan försämras kraftigt (Bailey 2014). Symptom syns efter en vecka och full effekt uppnås inom fem veckor (Smith 1986).

Behandlingen sker årligen eftersom svampen har dålig förmåga att överleva på vinterhalvåret (Daniel et al. 1973).

3.1.13 Lubao

Luboa är ett biologisk ogräsmedel som blev registrerat i Kina år 1966 och består av svampen *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. cuscutae* (tabell 2). Preparatet används för att bekämpa olika arter av snärjor i Kina (Templeton & Heiny 1989 se Charudattan 1991). Snärjor (*Cuscuta*) är något som förekommer till viss del även i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.e). Nässelsnärja är vanligast förekommande följt av ljungsnärja och vanlig nässelsnärja. Snärjorna orsakar stora skördeförstöringar i sojaböner, jordnötter, potatis och oljeväxter i flera delar av Kina. Mellan 1977 och 1982 drabbades Rao He State Farm av skördeförstöringar upp till 95% i sojaböner på grund av olika snärjarter (Lie et al 1983 se Wang 1989). Preparatet kan användas i sojaböner utan att skada huvudgrödan (Liu & Zhu 1980 se Wang 1989) och har en kontrollpotential över 85% och samt en utebliven skördereduktion mellan 30% och 50% (Agri. Res. Inst. of Jining 1985 se Wang 1989). Preparatet har begränsningar i form av kort lagringstid och krav på en hög luftfuktighet i fält (Li 1985 se Wang 1989). *Lubao* finns sedan registreringen 1966 tillgänglig i Kina (Winston et al. 2014).

3.1.14 Myco-Tech Paste

Myco-Tech Paste fanns registrerad mellan 2002 och 2008 i Kanada och 2005-2006 i USA (tabell 2). Det lanserande företaget lades ner 2007 vilket resulterade att det inte ansöktes om något ny registreringsperiod (Bailey 2014). *Myco-Tech Paste* har samma aktiva substans (*Chondrostereum purpureum*) som preparatet *Chontrol Paste* vilket finns registrerat och tillgängligt idag (Environmental Protection Agency 2022d).

3.1.15 Sarritor

Sarritor blev villkorligt registrerad i Kanada 2007 och består av svampen *Sclerotinia minor* (Government of Canada 2007) och 2010 blev preparatet fullständigt registrerad för bekämpning av örtogräs i gräsmattor (PRMA 2011a se Bailey 2014). *Sarritor* blev efterfrågad eftersom kemiska alternativ inte var önskvärda (Government of Canada 2007). För optimal effekt ska temperaturen helst vara mellan 15 och 24°C med en relativ luftfuktighet över 95 % (Watson & Bailey 2013). Om preparatet används i varmare och torrare förhållanden kommer svampen dö och effekten uteblir. Men vid rätt användning blir resultatet mycket bra, upp till 94% kontroll av ovanjordisk biomassa (Watson & Bailey 2013). Svampen utsöndrar oxalsyra vilket gör den huvudsakliga skadan på ogräsen. Oxalsyran sänker pH till en bra nivå för svampens enzymer som kan förstöra växtens

cellväggar. Oxalsyran kan också vara direkt giftig för värdväxten och påverkar calciumjonernas funktion i cellväggen negativt så den försvagas (ibid). Preparatet har fått konkurrens vilket har flyttat företagets intresse till privatkunder och hemmabruk (Watson & Bailey 2013). Dessutom löpte registreringsperioden ut under 2020 (Government of Canada 2022e).

3.1.16 Smolder

Svampen *Alternaria destruens* är en inhemsk art i USA och förekommer naturligt i Wisconsin och Massachusetts (Environmental Protection Agency 2005). Svampen utgör den aktiva substansen i preparatet *Smolder*. *Smolder* används för kontroll av snärjor och överlever dåligt på andra växter och kan användas i grödor som blålusern, morötter, tomat, paprika, blåbär, aubergine, tranbär (i torra myrar), och för prydnadsväxter i handelsträdgårdar (Environmental Protection Agency 2005). Snärjor (*Cuscuta*) är något som förekommer till viss del även i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.e). Nässelsnärja, ljungsnärja samt vanlig nässelsnärja är tre vanligt förekommande arter. Svampen kräver en fuktig miljö och omkring rumstemperatur under infektionsperioden som varar mellan tre och fyra timmar. Vid torra förskjuts infektionsförloppet framåt tills miljön blir fuktigare (Environmental Protection Agency 2005). Svampen orsakar bladfläckssymptom på ogräsen som minskar dess påverkan i odlingen (Bewick et al. 1986 & Bewick et al. 1987 se Charudattan 2005). Under registreringsperioden underpresterade preparatet både i Wisconsin och Massachusetts (Winston et al. 2014) och 2009 upphörde registreringsperioden vilket gör *Smolder* otillgänglig för tillfället (Environmental Protection Agency 2022k).

3.1.17 SolviNix

Potatisväxten *Solanum viarum* Auktor D är en mycket invasiv art i betesmarker och icke odlade områden i sydöstra och mellersta delen av östra USA (Charudattan & Hiebert 2007 se Kremer 2019). I Sverige förekommer inte ogräset (SLU Artdatabanken u.å.a). Potatisväxten kan man sedan 2014 i USA bekämpa med det biologiska ogräsmedlet *SolviNix*. Preparatet består av viruset *Tobacco mild green mosaic tobamovirus* och med hjälp av ett högt tryck (80 PSI) vid behandling kan viruset tränga in i ogräsets celler och replikeras för att sedan förflyttas mellan celler och trigga ett systemiskt dödligt förlopp (Hypersensitive response, HR). Efter tre till fem dagar kan bruna fläckar synas på bladen som blivit direkt exponerade av viruset. Plantorna vissnar inom två till fyra veckor för att sedan dö helt (inklusive rötter) (Environmental Protection Agency 2014). Behandlingen ska inte ske sen höst när temperaturen är under 13 grader eller vid risk för frost. Viruset sprids bara via kontakt mellan infekterade och friska plantor och ska inte vara effektiv mot

andra ogräs. Däremot kan andra *solanaceae* utveckla symptom (Environmental Protection Agency 2014).

3.1.18 Stumpout

Stumpout registrerades 1997 i Sydafrika (tabell 2). Svampen *Cylindrobasidium laeve* används för att kontrollera ärtväxarterna *Acacia mearnsii* Auktor D.W och *Acacia pycnantha* Auktor B (Morris & Wood 1999). *Acacia mearnsii* och *Acacia pycnantha* är invasiva arter i Sydafrika och har introducerats från Australien (Lennox et al. 2000). När träden fälls bildas flerstammade träd vilket gör arterna svårhanterliga (Morris & Wood 1999). Innan svampen upptäcktes användes olika typer av kemiska ogräsmedel vilket var oönskat vid de vattenrensor och upptagningsområden där en av arterna (*Acacia mearnsii*) förekom (Morris & Wood 1999). *Stumpout* appliceras som en lösning på trädets stubbe. Svampen koloniserar sedan stubben och inom sex till tolv månader har trädets rötter dött (Lennox et al. 2000). Kontrolleffekten är 80% och i vissa fall upp till 100% (ibid). Områdena där *Acacia mearnsii* växer är ofta regniga och fuktiga vilket troligen gynnat svampens angreppsförmåga (Morris & Wood 1999). De två ärtväxterna finns inte noterade i Sverige (SLU Artdatabanken u.å.a).

3.1.19 Woad Warrior

Woad Warrior registrerades 2002 i USA men blev aldrig kommersiellt tillgänglig och upphörde senare 2007 (tabell 2). Svårigheter i kommersialiseringen grundade sig i att svampen var obligat som gjorde att teliosporerna var tvungna att skördas från infekterade plantor vilket försvårades vid massproduktion (Bailey 2014). *Woad Warrior* bestod av en rostsvamp (*Puccinia thlaspeos*) för bekämpning av vedje (*Isatis tinctoria* Auktor L) i västra delen av USA (Environmental Protection Agency 2002). Vedje introducerades under koloniseringen av USA och kommer ursprungligen från Europa (Bailey 2014). Svampen infekterar plantan första året på våren för att andra året påverka plantans frösättning negativt och minimera ogräsets fröbank (Environmental Protection Agency 2002). Rostsvampen är mycket specifik och angriper uteslutande vedje (ibid). Infektionen blir bäst på våren eftersom sporerna sprids naturligt under den delen av året (Kropp et al. 2002). Sporerna gror som mest optimalt vid 15°C samt när bladen är något fuktiga (Kropp et al. 2002). Vårtemperaturen i västra delen av USA ligger mellan 15 och 20 °C vilket i kombination med höga regnmängder gör förhållandena för rostsvampen gynnsamma (Kropp et al. 2002). Vedje finns även noterat i Sverige (SLU Artdatabanken 2020a).

4. Diskussion

4.1 Utmaningar och möjligheter

4.1.1 Effektivitetskrav

Användningen av biologiska ogräsmedel förknippas med både utmaningar och möjligheter. Miljö, utvecklingsstadium, formulering, behandling och jordmån är alla saker som påverkar det biologiska ogräsmedlets effektivitet.

Temperatur jord-och luftfuktighet är viktiga miljöaspekter (Duke et al. 2022). Nästan alla preparat ställer något krav på miljön. Stor del av de registrerade biologiska ogräsmedlen utgörs av svampar. De ställer generellt högre krav på luftfuktighet än temperatur på grund av sporuleringens betydelse i bekämpningen (TeBeest et al 1992 se Uludag et al. 2018). *LockDown* och *Smolder* är två preparat med typiska krav på luftfuktighet. *Smolder* kräver en generellt fuktig miljö medan *LockDown* mer specifikt kräver en luftfuktighet över 80% (Environmental Protection Agency 2005); (Daniel et al. 1973). Svamparna har trots detta även temperaturkrav vilket kan vara av mindre betydelse enligt (TeBeest et al 1992 se Uludag et al. 2018).

De höga kraven på luftfuktighet kan bemötas på flera sätt. Behandlingen kan tajmas för att utnyttja den fuktighet som tillförs via regn, daggperioder (exempelvis tidig morgon eller sen kväll) eller bevattning (Auld & Morin 1995). Preparatet kan appliceras i granulatform komponerad av den aktiva substansen och i vissa fall med andra material för att bevara fukt och tillföra näring åt mikroorganismen för att förlänga ogräseffekten. Dock späds infektionen ut under en längre period (Auld et al 2003 se Harding & Raizada 2015). Trots att preparaten är i granulatform kan miljöförhållandena ha betydelse i kontrollpotentialen. *Bio-Phoma* är i granulatform och kan trots detta behöva regn eller fukt för optimal effekt (Bailey et al 2010b se Watson & Bailey 2013). Ytterligare sätt att bemöta kraven på fuktighet är via tillsatsmedel i flytande preparat. Det kan åstadkommas genom att tillsätta exempelvis olja tillsammans med den aktiva substansen (Stewart-Wade & Boland 2005). En odlingstekniks åtgärd som leder till ett fuktigare mikroklimat och stabilare temperaturer är direktsådd. Detta medför att mikroorganismen överlever lättare och preparatet presterar bättre (Cordeau et al. 2016).

I vissa fall ska behandlingen stämma överens med grödans utveckling. Något som inte är unikt för biologiska ogräsmedel utan även förekommer hos kemiska ogräsmedel. Exempelvis ska *Woad Warrior* och *Smolder G* appliceras under ogrässets yngre plantstadiet (Environmental Protection Agency 2002); (Environmental Protection Agency 2005).

Preparatets formulering är också viktig för mikroorganismens överlevnad under fältförhållanden (Cai & Gu 2016). Registreringsperioden kan dock påverkas negativt när nya formuleringar ska tas fram, upp till fem år kan krävas (Auld et al 2003 se Harding & Raizada 2015). En formulering är en blandning av de aktiva substanserna och/ eller inblandning av tillsatsmedel (Hasan et al. 2021). Men att åstadkomma en blandning av flera levande mikroorganismer är svårt (Duke et al. 2022). Preparaten *SolviNix* och *Casst* har dock visat sig kunna blandas med andra kemiska ogräsmedel (Ferrell et al. 2008); (Charudattan et al 1986 se Aneja et al. 2013). Preparatet kan formuleras som en emulsion vilket ger en stabilare effekt och förbättrad potential att döda målgräset än när mikroorganismen endast blandas med vatten (Boyette et al. 2016). Preparatet kan också formuleras som en gel som bidrar med fukt och näring åt mikroorganismen när den ska växa till sig och infektera ogräset (Daigle et al 1989 se Duke et al. 2022). Oljeemulsioner med hög viskositet har dock visat sig vara svåra att preparera och applicera och kan dessutom vara giftiga och skada andra växter (Stewart-Wade & Boland 2005). Formuleringar med högre viskositet kräver därför ofta speciellt sprututrustning vilket i kombination med att preparatet ofta är riktad mot ett eller några fåtal ogräs gör behandlingen väldigt dyr (Duke et al. 2022). Tillsatsmedel gör också ofta att preparaten går upp i pris (Castro et al 2013 se Hasan et al. 2021). Speciell sprututrustning kan även krävas i andra situationer. *SolviNix* behöver sprutas ut med ett tryck på 80 PSI för att *Tobacco mild green mosaic tobamovirus* ska kunna ta sig in i växtens celler och orsaka infektion (Environmental Protection Agency 2014).

Det har även visat sig att jordmånen kan påverka mikroorganismers aktivitet i marken. *Phoma macrostoma* har enligt Bailey et al. (2010) visat sig ha en högre aktivitet i lerjordar i jämförelse med sandjordar.

4.1.2 Kommersialisering och registrering

Det är svårt att få fram nya biologiska ogräsmedel. Från upptäckt av en mikroorganism till registrering och kommersialisering är en lång process som kan ta mellan 10 och 15 år (Bailey 2014). Ett tidigt intresse och samarbete mellan olika företag i branschen är en gemensam faktor för de preparat som slutligen når marknaden (Bailey 2014). Men det är svårt av flera anledningar. Ofta är det små till medelstora företag som utvecklar preparat, men med ett för liten kapital för produktutveckling (Boyetchko et al. 2007). Marknaden är viktig, kanske viktigare än mikroorganismen i sig eftersom utvecklingskostnaden blir för stor vid nischade

preparat med liten marknadsandel (Bailey 2014). *BioMal* är ett exempel där produktionen blev tvungen att stanna på grund av den lilla marknadspotentialen. Dessutom blev tre nya konkurrerande kemiska ogräsmedel tillgängliga till bättre priser (Cross & Polonenko 1996 se Boyetchko et al. 2007). *DeVine* är ytterligare ett preparat som hade en liten och nischad marknad när den fanns tillgänglig (Charudattan 1991); (Environmental Protection Agency 2022g).

För att preparatet ska kunna kommersialiseras krävs även en upptrappning i tillverkningen av inokulum. Något som kan vara svårt att uppnå eftersom de tekniker som används i laboratorier inte är anpassade för industriell skala (Harding & Raizada 2015). *Wood Warrior* är ett preparat som aldrig blev kommersiellt tillgänglig på grund av brister i massproduktion. Svampens teliosporer är obligata vilket gör att de måste skördas från infekterade växter, något som försvåras när det ska ske en upptrappning i produktionen (Bailey 2014).

Många biologiska ogräsmedel har dessutom svårt att uppnå en konsekvent effekt under olika miljöförhållanden (Harding & Raizada 2015). Vid användning av *Camperico* har temperaturen visat sig ha en betydande roll. Temperaturer mellan 20 och 25°C dödade vitgröen på 7-10 dagar men vid lägre temperaturer blev effekten sämre. En temperatursänkning till 15-20°C innebär 20% sämre effekt (Imaizumi et al. 1997).

Registreringen är också en del av kommersialiseringen av ett biologisk ogräsmedel där varje land har en egen registreringsprocess (Kabaluk et al. 2010). Ett internationellt system är förmodligen ett bra sätt att effektivisera registreringsprocessen men kan vara väldigt svårt, om inte omöjligt att uppnå globalt (Bailey 2014). USA och Kanada har dock en gemensam granskningsprocess av biologiska ogräsmedel som leder till registrering i båda länderna samtidigt (Bailey & Mupondwa 2006 se Bailey 2014). Kanske något som kan förklara det relativt stora antalet registrerade preparat i länderna. USA och Kanada var dessutom bland de första länderna att registrera biologiska ogräsmedel. År 1981 registrerades *DeVine* i USA och 1992 *BioMal* i Kanada (Environmental Protection Agency 2022g); (Government of Canada 2019g). Registreringsprocesserna har troligtvis utvecklats med åren vilket kan vara ytterligare en anledning till ländernas framgång. Många produktutvecklande företag finns också i Nordamerika på grund av att regelsystemet för registrering är mer fördelaktigt än i andra delar av världen, exempelvis Europeiska unionen (Duke et al. 2022). Den knappa användningen av biologiska ogräsmedel i Europa grundar sig på juridiska begränsningar, finansiering och allmänhetens uppfattning (Uludag et al. 2018). Finansieringsproblemen skulle kunna förklaras av ett lågt intresse från företag. Eftersom många medel får en begränsad användning och därmed blir marknadspotentialen inte tillräckligt stor, vilket gör att utvecklingskostnaderna inte täcker intäkterna i slutändan. Sen finns det även risker med biologiska ogräsmedel, något som allmänheten skulle kunna trycka på. Levande organismer skulle potentiellt kunna sprida sig vidare i miljön.

Framförallt nyintroducerade arter som inte finns naturligt förekommande skulle kunna sälla ekosystem i obalans.

4.1.3 Specificitet och lagring

Mikroorganismen som används i ett preparat måste vara specifik för att inte riskera att spridas till andra växter. Problemet blir att användning mot enstaka ogräs gör preparatet dyr och nischad (Duke et al. 2022). Olika typer av formuleringar samt GMO är metoder som kan möjliggöra för en bredare värdkrets. Formuleringar är mer begränsade men mindre riskabla (Duke et al. 2022); (Stewart-Wade & Boland 2005).

Biologiska ogräsmedel anses vara miljövänliga och ska inte lämna några kemiska rester efter sig som kan skada människor eller andra organismer (Uludag et al. 2018). Något som eventuellt har potentialen att locka konsumenter att köpa jordbruksprodukter till högre priser (Harding & Raizada 2015). Dock kan biologiska ogräsmedel bli fytotoxiska och toxikologiska av de ämnen som används i vissa formuleringar (Stewart-Wade & Boland 2005); (Charudattan 2001), vilket istället blir direkt negativt för miljön och andra levande organismer.

Biologiska ogräsmedel har i fallen av levande mikroorganismer visat en begränsad hållbarhet och lagringsförmåga (Duke et al. 2022). Något som förekommer hos flera registrerade preparat, bland annat *DeVine* och *Stumpout* (Kennedy 1986 se Bailey 2014); (Morris & Wood 1999). Men formulering, låga lagringstemperaturer och en anpassad miljö vid förpackning är faktorer som kan förbättra hållbarheten av mikroorganismen (Duke et al. 2022).

4.1.4 Integrerat växtskydd

Det finns en möjlighet att kombinera biologiska bekämpningsmedel med mekanisk bearbetning (Cordeau et al. 2016). Exempelvis skulle en bredverkande biologisk jordherbicid kunna appliceras innan uppkomst för att senare följas upp med en mekanisk bearbetning. Något som skulle kunna kombineras på ett bra sätt eftersom mekanisk ogräsbekämpning kan vara skadligt för grödan i tidiga stadier. Sedan kan ytterligare en behandling göras efter hackningen i syfte att förhindra nya groende ogräsfrön (Melander et al 2005 se Cordeau et al. 2016). Mekanisk bearbetning kräver dock ofta torrare förhållanden medan biologiska ogräsmedel kräver fuktigare förhållanden vilket begränsar strategin till viss del.

Vidare skulle biologiska ogräsmedel kunna användas i system där mellangrödor odlas. Mellangrödor ett sätt att kontrollera ogräs men systemet är i stort beroende av glyfosat (Cordeau et al. 2016) Därför blir utvecklingen av nya icke-selektiva biologiska ogräsmedel såsom *WeedLock* intressant. *WeedLock* är ett växtbaserat preparat med EGX-101 som aktiv substans, som är taget från växten *Solanum habrochaites* Auktor K och S (Hasan et al. 2021b). *WeedLock* har i försök visat

likartad kontrollförmåga som glyfosat (Hasan et al. 2021b). Preparatet är inte registrerad och fortsatt forskning krävs för att hitta en optimal formulering, undersöka fytotoxiska och toxikologiska effekter av preparatets innehållande ämnen, samt hur verkningsmekanismen fungerar. *Weedlock* påverkas liksom många andra biologiska och kemiska ogräsmedel av miljöförhållandena såsom temperatur och luftfuktighet (Hasan et al. 2021b); (Säkert Växtskydd u.å.).

Resistensproblematiken är något som växer sig allt större bland kemiska ogräsmedel (Heap 2022b). Biologiska ogräsmedel är ett sätt att diversifiera selektionstrycket på ogräsen, speciellt där kemiska alternativ blivit verkningslösa. Biologiska ogräsmedel har ofta flera verkningsmekanismer som kan agera samtidigt vilket kan fördröja resistens ytterligare (Bailey 2014). Ett bra exempel är *Sclerotinia minor* som finns i preparatet *Sarritor*. Svampen utsöndrar oxalsyra som har tre olika verkningsmekanismer (Government of Canada 2007). Men ogräs kan trots detta även bli resistent mot biologiska ogräsmedel vilket har förekommit med preparatet *Dr.Biosedge* (Winston et al. 2014). Alltså blir biologiska ogräsmedel inte en enskild lösning på problemet utan flera olika metoder kan behövas för en bra framtida ogräskontroll.

4.2 Framtida användning av biologiska ogräsmedel i Sverige och globalt

Det finns en stor marknadspotential för biologiska ogräsmedel. Biologiska ogräsmedel utgör på världsmarknaden endast 10% av den totala mängden biologiska bekämpningsmedel (Hintz 2007 se Hasan et al. 2021a). Biologiska bekämpningsmedel står i sin tur för endast för 2% av allt växtskydd globalt (Kumar & Singh 2015). Ökad efterfrågan på kemikaliefria jordbruksprodukter, ökad marknadsandel för ekologisk odling och enklare registrering i jämförelse med kemiska alternativ är faktorer som driver utvecklingen för biologiska ogräsmedel framåt (Kumar & Singh 2015). Dessutom skulle biologiska ogräsmedel kunna fungera som ytterligare ett verktyg mot den ökade resistensproblematiken världen över.

Men användningen bemöts med stora utmaningar. Miljökraven kopplade till användningen av biologiska ogräsmedel brukar lyftas fram som kanske den största utmaningen där fuktighet och temperatur spelar en avgörande roll. Sverige har ett klimat där nederbörden faller året om, med större delar under sommaren och hösten (SMHI 2021), vilket skulle kunna gynna mikroorganismernas gronings och utvecklingsförmåga. Det faktum att nederbörden ofta faller kraftigt under kortare perioder sommartid (SMHI 2021) talar mot att de skulle gynnas av klimatet i Sverige. Mellan de kraftigare skurarna blir det torrare perioder som missgynnar mikroorganismernas tillväxt och effekten av det biologiska ogräsmedlet blir därför

sämre. Sverige är dessutom ett avlångt land med temperaturskillnader som kan sträcka sig flera tiotals grader mellan norr och söder (SMHI 2021). Temperaturskillnaderna skulle påverka användningen av biologiska ogräsmedel, eftersom preparaten ofta förknippas med hårda temperaturkrav. Ett och samma preparat skulle troligen inte kunna användas i hela Sverige utan enbart i begränsade delar eller under kortare perioder. Likaväl som Sverige har kraftiga temperaturskillnader inom landet kan skillnader i klimat förekomma mellan och inom andra länder också. Alltså kan ett och samma preparat i alla länder bli begränsat till ett visst område.

Sveriges framtida användning av biologiska ogräsmedel kommer även påverkas av Sveriges medlemskap i den Europeiska unionen. Godkännandet av verksamma ämnen och mikroorganismer i växtskyddsmedel måste bedömas gemensamt på Europeisk nivå för att sedan godkännas nationellt (Kemikalieinspektionen 2022c). I samma grad som Sverige påverkas blir även alla andra medlemsländer påverkade av det gemensamma reglersystemet. Europeiska Unionens mål är att 25% av den odlade arealen ska vara ekologisk senast 2030 (Europeiska kommissionen 2021). Detta är något som skulle kunna driva på utvecklingen av biologiska ogräsmedel eftersom kemiska ogräsmedel inte är godkänt i ekologisk odling.

Mikroorganismen som utgör den aktiva substansen i preparatet är ofta mycket specifik, vilket är bra för att undvika vidare spridning, samt att andra växter skadas. Men det medför också att preparatet enbart kan användas mot enstaka ogräsarter, något som för biologiska ogräsmedel inte går att lösa genom att blanda flera aktiva substanser, eftersom det har visat sig vara svårt. Preparatets användning kan därför riskera att bli väldigt nischad, med liten marknadspotential som gör att priset går upp. Dessutom kan det vara omotiverat att med ett preparat döda enstaka ogräsarter som inte utgör extremt stora problem. En möjlighet som beskrivs i punkt 4.1.3 är att med hjälp av formuleringar eller GMO kunna bekämpa fler ogräsarter med samma preparat. Något som dock borde öka risken för att fler växter som inte är målarter också blir skadade, dessutom tillkommer ofta andra komplikationer som ökade kostnader eller förlängd registreringsperiod.

Biologiska ogräsmedel skulle kunna vara en möjlighet när det kommer till att bekämpa invasiva arter eftersom många biologiska bekämpningsmedel just är mycket specifika. Dessutom skulle incitamentet för ett dyrare preparat öka när ogräset utgör ett så stort problem. Sverige har i dagsläget flera invasiva arter (Naturvårdsverket u.å.b), blomsterlupin, jättebalsamin och parkslide är tre arter som är vanligt förekommande. Men bekämpning med biologiska ogräsmedel är ovanligt förekommande (Naturvårdsverket u.å.a). Å andra sidan pågår försök inom EU där växtätande insekter används mot parkslide (Naturvårdsverket u.å.a). Arbetet mot invasiva arter skulle alltså kunna utgöra en stor marknad.

Bland de åtta biologiska ogräsmedel som finns tillgängliga skulle två vara extra intressanta att titta mer på ur svensk synvinkel. Det gäller preparaten *Chontrol*

Paste och *BioPhoma*. Resterande sex preparat är inte intressanta ur svensk synvinkel, främst av två anledningar. Antingen riktar preparatet in sig på andra grödor än vad vi odlar i Sverige eller så finns inte ogräset noterat i landet. Dock utgör en introduktion av nya arter en risk eftersom de kan sprida sig i miljön med eventuella sidoeffekter på ekosystem. Något som bör beaktas vid en eventuell introduktion. *BioPhoma* är ett preparat som teoretisk skulle kunna användas i Sverige. Preparatet riktar in sig på bekämpning av örtogräs i gräsmattor. *BioPhoma* är extra intressant eftersom det kan användas i ett brett spektrum av miljöförhållanden samt att en eventuell framtida användning i jordbruksgrödor undersöks (Bailey 2014). För *BioPhoma* finns inte svampen som utgör den aktiva substansen noterad i Sverige. Däremot finns andra arter noterade i samma släkte (SLU Artdatabanken u.å.c). Därför kan ett introducerande av arten innebära risker. *Chontrol Paste* är det andra preparatet, som tidigare gick under namnet *BioChon* och som då användes för bekämpning av glanshagg. En art som finns noterad i Sverige. Dessutom inom kategorin för invasiva arter med hög risk (Strand et al. 2018). *Chontrol Paste* används idag för vegetationsskötsel vilket teoretisk även skulle funka i Sverige. Svampen som utgör den aktiva substansen i preparatet finns även naturligt förekommande i hela Sverige (SLU Artdatabanken u.å.d). Något som är positivt ur spridnings- och risksynpunkt.

4.3 Kunskapsläget idag

Det är fortfarande relativt okänt hur den biologiska interaktionen som blir mellan ogräs och mikroorganism ser ut (Cordeau et al. 2016). Därför behövs mer biomolekylära studier för att kartlägga mikroorganismers exakta verkningsmekanism. Tvärtom är det ganska välkänt på vilket sätt mikroorganismerna påverkar viktiga processer i växten såsom fotosyntes, antioxidanter, näringsämnen och hormoner (Hasan et al. 2021a). Framåt kommer det behöva utvecklas nya tekniker för att uppnå en mer konsekvent effekt i fältförhållanden (Harding & Raizada 2015). Något som tidigare forskning har försökt lösa med hjälp emulsioner, där vatten och olja blandats (Auld & Morin 1995). Dock medför det ofta svårigheter vid preparering och applicering. En annan tänkbar metod framåt kan vara att transformera virulensgener hos mikroorganismer, något som redan har diskuterats av Auld & McRae (1997). Den teknik som fanns då var dock begränsade till vad som kunde åstadkommas (Brooker et al. 1996). Genetiskt modifierade mikroorganismer kan dessutom bli mer påverkade av regelsystem än tekniska lösningar (Auld & Morin 1995). Ett storskaligt användande av genetiskt modifierade mikroorganismers skulle därför behöva omfattande vetenskapliga studier för att klarlägga riskerna. Med den stora tekniska utvecklingen som har skett de senaste åren skulle regelsystemen kunna utgöra den

begränsande faktorn för genetiskt modifierade organismer trots att kunskapen och verktygen kan finnas till förfogande. Framåt finns det potential att utveckla biologiska ogräsmedel som inte baseras på mikroorganismer utan snarare metaboliska gifter som produceras av mikroorganismer samt växtbaserade preparat (Hasan et al. 2021a). Detta tillvägagångssätt innebär att nackdelarna med levande mikroorganismer försvinner, såsom korta lagringstider, högt ställda krav på formulering och risk för spridning (Duke et al. 2022).

5. Slutsats

Ogräs utgör ett stort problem i odlingar världen över vilket måste hanteras. Med start under 1940-talet har kemiska ogräsmedel blivit allt mer grundläggande i hanteringen av ogräs. Samtidigt har antalet resistent ogräsarter ökat och bristen på nya kemiska verkningsmekanismer är stor. Kemiska ogräsmedel kommer inte vara den enskilda lösningen framåt utan fler olika metoder måste kombineras, både förebyggande och direkta. Biologiska ogräsmedel har en stor marknadspotential och invasiva arter, ökad andel ekologisk odling i Europa, incitament från allmänheten på kemikaliefria jordbruksprodukter och en ökad resistensutveckling bland kemiska ogräsmedel är några faktorer som driver på utvecklingen av nya preparat. Det som talar för biologiska ogräsmedel är en snabb nedbrytning utan kvarlämnande restprodukter och en hög specificitet. Utmaningarna är kraven på miljön såsom temperatur och hög fuktighet, kort lagringstid, kommersialiseringsprocessen, eventuella krav på speciell sprututrustning samt preparatens specificitet som kan leda till en ensidig användning. Globalt finns åtta biologiska ogräsmedel tillgängliga och ur svensk synvinkel är två preparat extra intressanta för vidare undersökningar. Det gäller *Chontrol Paste* och *BioPhoma*. Fortsatt forskning skulle behövas inom området av formuleringar. Formuleringar har potentialen att bredda preparatens användningsområde till flera ogräsarter, minska känsligheten för miljöbetingelserna och förlänga de begränsade lagringstiderna. Biologiska ogräsmedel kommer förmodligen inte ersätta dagens kemiska ogräsmedel men kan fungera som ett komplement i de fallen det är försvarbart. Jag ser det ändå som att biologiska ogräsmedel har en begränsad potential framåt.

Referenser

- Andersson, L. (2019). *Statistik om kemiska växtskyddsmedel – bakgrund, beskrivning, och nuvarande insamling*. Jönköping: Jordbruksverket.
<https://jordbruksverket.se/download/18.64614de7171aca91197ef387/1643798562274/Statistik-om-kemiska-vaxtskyddsmedel-beskrivning-2019-tga.pdf>
- Aneja, K.R., Kumar, V., Jiloha, P., Kaur, M., Sharma, C., Surain, P., Dhiman, R. & Aneja, A. (2013). Potential bioherbicides: Indian perspectives. I: Salar, R.K., Gahlawat, S.K., Siwach, P., & Duhan, J.S. (red.) *Biotechnology: prospects and applications*. New Delhi: 197–215. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1683-4_15
- Auld, B.A. & McRae, C. (1997). Emerging technologies in plant protection - bioherbicides. *New Zealand plant protection society*. 50, 191–194.
<https://doi.org/10.30843/nzpp.1997.50.11312>
- Auld, B.A. & Morin, L. (1995). Constraints in the development of bioherbicides. *Weed technology*. 9 (3), 638–652. <https://www.jstor.org/stable/3987684>
- Australian Government (2022). *Public chemical registration information system search*.
https://portal.apvma.gov.au/pubcris?p_auth=3bwwSOW2&p_p_id=pubcrisportlet_WAR_pubcrisportlet&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=4&_pubcrisportlet_WAR_pubcrisportlet_id=68348&_pubcrisportlet_WAR_pubcrisportlet_javax.portlet.action=viewProduct [2022-04-19]
- Bailey, K.L. (2014). The bioherbicide approach to weed control using plant pathogens. I: Abrol, D.P. (red.) *Integrated pest management*. San Diego: 245–266.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00014-2>
- Bailey, K.L., Pitt, W.M., Derby, J.-A., Walter, S., Taylor, W. & Falk, S. (2010). Efficacy of *Phoma macrostoma*, a bioherbicide, for control of dandelion (*Taraxacum officinale*) following simulated rainfall conditions. *The americas journal of plant science and biotechnology*. 35–42.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Efficacy-of-Phoma-macrostoma-%2C-a>

Bioherbicide-%2C-for-Bailey-
Pitt/dbee1afa6dafa3e3f2d480b8fe59d38466a362c9

- Bailey, K.L., Pitt, W.M., Leggett, F., Sheedy, C. & Derby, J. (2011). Determining the infection process of *Phoma macrostoma* that leads to bioherbicidal activity on broadleaved weeds. *Biological control*. 59, 268–276.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.019>
- Beckert, M. & Dessaux, Y. (2016). Diffusion of the HT trait and the appearance of herbicide resistance. I: Beckert, M. & Dessaux, Y. (red.) *Effects of herbicide-tolerant crop cultivation*. Dordrecht: 59–88. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1007-5_3
- Boyetchko, S.M., Bailey, K.L., Hynes, R.K. & Peng, G. (2007). Development of the mycoherbicide, BioMal®. I: Vincent, C., Goettel, M.S., & Lazarovits, G. (red.) *Biological control: a global perspective*. Wallingford: 274–283.
<https://doi.org/10.1079/9781845932657.0274>
- Boyette, C.D., Hoagland, R.E. & Stetina, K.C. (2016). Efficacy improvement of a bioherbicidal fungus using a formulation-based approach. *American journal of plant sciences*. 7 (16), 2349–2358. <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.716206>
- Brooker, N.L., Mischke, C.F., Patterson, C.D., Mischke, S., Bruckart, W.L. & Lydon, J. (1996). Pathogenicity of bar-transformed *Colletotrichum gloeosporioides f. sp. aescynomene*. *Biological control*. 7, 159–166.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1049964496900791>
- Butt, T.M. & Copping, L.G. (2000). Fungal biological control agents. *Pesticide outlook*. 11 (5), 186–191. <https://doi.org/10.1039/b008009h>
- Cai, X. & Gu, M. (2016). Bioherbicides in organic horticulture. *Horticulturae*. 2 (2), 1–10. <https://doi.org/10.3390/horticulturae2020003>
- Charudattan, R. (1991). The mycoherbicide approach with plant pathogens. *Biological control of weeds*. 24–57. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9680-6_2
- Charudattan, R. (2001). Biological control of weeds by means of plant pathogens: Significance for integrated weed management in modern agro-ecology. *BioControl*, 229–260.
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1023/A:1011477531101.pdf>
- Charudattan, R. (2005). Use of plant pathogens as bioherbicides to manage weeds in horticultural crops. *Proc fla state hortic soc*. 118, 208–214.

https://www.researchgate.net/publication/286228374_Use_of_plant_pathogens_as_bioherbicides_to_manage_weeds_in_horticultural_crops

- Comont, D., Hicks, H., Crook, L., Hull, R., Cocciantelli, E., Hadfield, J., Childs, D., Freckleton, R. & Neve, P. (2019). Evolutionary epidemiology predicts the emergence of glyphosate resistance in a major agricultural weed. *New phytologist*. 223 (3), 1584–1594. <https://doi.org/10.1111/nph.15800>
- Conway, K.E. (1976). Evaluation of *Cercospora rodmanii* as a biological control of waterhyacinths. *Phytopathology*. 66, 914–917. <https://doi.org/10.1094/Phyto-66-914>
- Conway, K.E. & Cullen, R.E. (1978). The effect of *Cercospora rodmanii*, a biological control for waterhyacinth, on the fish, *Gambusia affinis*. *Mycopathologia*. 66 (1), 113–116. <https://doi.org/10.1007/BF00429602>
- Cordeau, S., Triolet, M., Wayman, S., Steinberg, C. & Guillemin, J.-P. (2016). Bioherbicides: Dead in the water? A review of the existing products for integrated weed management. *Crop protection*. 87, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.016>
- Daniel, J.T., Templeton, G.E., R. J. Smith, Jr. & Fox, W.T. (1973). Biological control of northern jointvetch in rich with an endemic fungal disease. *Weed science*. 21 (4), 303–307. <https://www.jstor.org/stable/4041997>
- De Jong, M.D. (2000). The BioChon story: Deployment of *Chondrostereum purpureum* to suppress stump sprouting in hardwoods. *Mycologist*. 14 (2), 58–62. [https://doi.org/10.1016/S0269-915X\(00\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0269-915X(00)80005-1)
- Duke, S.O. & Dayan, F.E. (2022). The search for new herbicide mechanisms of action: Is there a ‘holy grail’? *Pest management science*. 78 (4), 1303–1313. <https://doi.org/10.1002/ps.6726>
- Duke, S.O., Pan, Z., Bajsa-Hirschel, J. & Boyette, C.D. (2022). The potential future roles of natural compounds and microbial bioherbicides in weed management in crops. *Adv weed sci*. 40 (1), e020210054. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2022;40:seventy-five003>
- Environmental Protection Agency (1993). *Pesticide product label Dr. Biosedge®, a microbial herbicide for the control of yellow nutsedge*. US EPA. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/065263-00001-19960104.pdf [2022-04-19]]

- Environmental Protection Agency (2002). *Biopesticide registration action document: Puccinia thlaspeos 'strain woad'*. US EPA.
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/decision_PC-006489_1-Jun-02.pdf [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2005). *Biopesticide registration action document, Alternaria destruens strain 059*. US EPA.
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-028301_05-Apr-05.pdf [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2006). ****Phytophthora palmivora MWV****. US EPA.
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/reregistration/fs_PC-111301_27-Mar-06.pdf [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2014). *SolviNix®LC A biological herbicide for control of tropical soda apple (Solanum viarum) for post-emergence application to kill tropical soda apple*. US EPA.
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/081179-00003-20141211.pdf [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022a). *Chemical name: Alternaria cassiae*.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=113:6:::::P6_XCHEMICAL_ID:1175 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022b). *Chemical name: Cercospora rodmanii*.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=113:6:::::P6_XCHEMICAL_ID:1767 [2022-04-20]
- Environmental Protection Agency (2022c). *Chemical name: Phoma macrostoma strain 94-44B*.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=113:6:::::P6_XCHEMICAL_ID:3326 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022d). *Details for Chontrol Paste | US EPA*.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:4599988523438::NO::P8_P_UID,P8_RINUM:393673,64137-18 [2022-04-18]
- Environmental Protection Agency (2022e). *Details for Collego selective postemergent herbicide | US EPA*.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:4599988523438::NO::P8_P_UID,P8_RINUM:18535,70571-1 [2022-04-18]

- Environmental Protection Agency (2022f). *Details for D7* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:::::P8_PUID,P8_RINUM:510376,73771-4 [2022-04-18]
- Environmental Protection Agency (2022g). *Details for DeVine mycoherbicide* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:16453167120465::NO::P8_PUID,P8_RINUM:22191,73049-9 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022h). *Details for Dr. Biosedge* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:16453167120465::NO::P8_PUID,P8_RINUM:21593,65263-1 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022i). *Details for LockDown XL* | US EPA.
<https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=113:8::::RP::> [2022-04-18]
- Environmental Protection Agency (2022j). *Details for Myco-Tech Paste* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:22922066299756::NO::P8_PUID,P8_RINUM:393509,74128-2 [2022-04-18]
- Environmental Protection Agency (2022k). *Details for Smolder WP* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:16453167120465::NO::P8_PUID,P8_RINUM:389593,73335-2 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022l). *Details for SolviNix LC* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:16453167120465::NO::P8_PUID,P8_RINUM:512492,81179-3 [2022-04-19]
- Environmental Protection Agency (2022m). *Details for Woad Warrior* | US EPA.
https://ordspub.epa.gov/ords/pesticides/f?p=PPLS:8:16453167120465::NO::P8_PUID,P8_RINUM:39765,73417-1 [2022-04-19]
- European Food Safety Authority (2022). *Glyphosate: EFSA and ECHA update timelines for assessments*. <https://www.efsa.europa.eu/en/news/glyphosate-efsa-and-echa-update-timelines-assessments> [2022-05-12]
- Europeiska kommissionen (2021). *Handlingsplan för utvecklingen av ekologisk produktion*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ebb94528-8d5b-11eb-b85c-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ebb94528-8d5b-11eb-b85c-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF
- FAOSTAT (2021). *Pesticides use*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize> [2022-04-06]

- Ferrell, J., Charudattan, R., Elliott, M. & Hiebert, E. (2008). Effects of selected herbicides on the efficacy of tobacco mild green mosaic virus to control tropical soda apple (*Solanum viarum*). *Weed science*. 56 (1), 128–132. <https://doi.org/10.1614/WS-07-083.1>
- Galea, V.J. (2021). Use of stem implanted bioherbicide capsules to manage an infestation of *Parkinsonia aculeata* in northern Australia. *Plants*. 10, 1909. <https://doi.org/10.3390/plants10091909>
- Government of Canada (2022a). *Pesticide label search - Health Canada*. https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2722359&p_regnum=22359https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2722359&p_regnum=22359 [2022-04-19]
- Government of Canada (2022b). *Pesticide label search - Health Canada*. https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2730133&p_regnum=30133 [2022-04-19]
- Government of Canada (2022c). *Pesticide label search - Health Canada*. https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2727823&p_regnum=27823 [2022-04-18]
- Government of Canada (2022d). *Pesticide label search - Health Canada*. https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2727020&p_regnum=27020 [2022-04-18]
- Government of Canada (2022e). *Pesticide label search - Health Canada*. https://pr-rp.hc-sc.gc.ca/ls-re/lbl_detail-eng.php?p_disp_regnum=2728545&p_regnum=28545 [2022-04-19]
- Government of Canada, P.S. and P.C. (2007). *Sclerotinia minor strain IMI 344141*. *Pest Management Regulatory Agency*. https://publications.gc.ca/collections/collection_2007/pmra-arla/H113-26-2007-2E.pdf [2022-04-14]
- Graupner, P.R., Carr, A., Clancy, E., Gilbert, J., Bailey, K.L., Derby, J.-A. & Gerwick, B.C. (2003). The macrocidins: Novel cyclic tetramic acids with herbicidal activity produced by *Phoma macrostoma*. *Journal of natural products*. 66 (12), 1558–1561. <https://doi.org/10.1021/np030193e>
- Gulya, T.J. & Stegmeier, W.D. (2002). First report of *Puccinia canaliculata* on sunflower. *Plant disease*. 86 (5), 559–559. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.5.559B>

- Gurusiddaiah, S., Gealy, D.R., Kennedy, A.C. & Alex G. Ogg, Jr. (1994). Isolation and characterization of metabolites from *Pseudomonas fluorescens*-D7 for control of downy brome (*Bromus tectorum*). *Weed science*. 42 (3), 492–501.
<https://www.jstor.org/stable/4045530>
- Harding, D.P. & Raizada, M.N. (2015). Controlling weeds with fungi, bacteria and viruses: A review. *Frontiers in plant science*. 6, 659.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00659>
- Hasan, M., Ahmad-Hamdani, M.S., Rosli, A.M. & Hamdan, H. (2021a). Bioherbicides: An eco-friendly tool for sustainable weed management. *Plants*. 1212.
<https://doi.org/10.3390/plants10061212>
- Hasan, M., Mokhtar, A.S., Rosli, A.M., Hamdan, H., Motmainna, M. & Ahmad-Hamdani, M.S. (2021b). Weed control efficacy and crop-weed selectivity of a new bioherbicide WeedLock. *Agronomy*. 11 (8), 1488.
<https://doi.org/10.3390/agronomy11081488>
- Heap (2022a). *Chronological increase in resistant weeds globally*.
<https://www.weedscience.org/Pages/ChronologicalIncrease.aspx> [2022-05-23]
- Heap (2022b). *Herbicide resistant weeds by herbicide site of action summary table*.
<https://www.weedscience.org/Pages/SOASummary.aspx> [2022-04-05]
- Heap, I. & Duke, S.O. (2018). Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest management science*. 74 (5), 1040–1049. <https://doi.org/10.1002/ps.4760>
- Imaizumi, S., Nishino, T., Miyabe, K., Fujimori, T. & Yamada, M. (1997). Biological control of annual bluegrass (*Poa annua* L.) with a Japanese isolate of *Xanthomonas campestris* pv. *poae* (JT-P482). *Biological control*. 8, 7–14.
<https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0475>
- Jacobson, A. (2019). *Vattenhyacint *Eichhornia crassipes**.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/eichhornia-crassipes-222430> [2022-05-13]
- Johansson, C., Johnson, F., Widén, P., Andersson, R., Manduric, S., Olofsson, S., Hallgren, S., Söderberg, T., Håkansson, B., Elmquist, H., Jansson, E., Åsman, K. & Björkman, M. (2019). *Vilka effekter kan ett glyfosatförbud medföra*. Jönköping: Jordbruksverket.
https://www2.jordbruksverket.se/download/18.1e38b19c17ed7499d8a9b564/1644489441458/ra19_8v2.pdf

- Jordbruksverket (2022a). *Kemisk ogräsbekämpning 2022*.
<https://www2.jordbruksverket.se/download/18.1be9565117fd36aae6e1df7e/1648565307404/be20v27.pdf> [2022-04-05]
- Jordbruksverket (2022b). *Växtskyddsåtgärder i din odling*.
<https://jordbruksverket.se/vaxter/odling/vaxtskydd/vaxtskyddsatgarder> [2022-04-06]
- Kabaluk, J.T., Svircev, A.M., Goettel, M.S. & Woo, S.G. (2010). The use and regulation of microbial pesticides in representative jurisdictions worldwide. 35–41.
https://www.iobc-global.org/download/Microbial_Regulation_Book_Kabaluk_et_al_2010.pdf
- Kemikalieinspektionen (2021a). *Bekämpningsmedelsregistret - Sök via användningsområde*.
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Anvaendningsomr#aade#0fd72b5b-2beb-4fab-42f7-d95adee55eb5> [2022-04-07]
- Kemikalieinspektionen (2021b). *Utvärdering föreslår fortsatt EU-godkännande av glyfosat i växtskyddsmedel*. <https://www.kemi.se/arkiv/nyhetsarkiv/nyheter/2021-06-15-utvardering-foreslar-fortsatt-eu-godkannande-av-glyfosat-i-vaxtskyddsmedel> [2022-05-11]
- Kemikalieinspektionen (2022a). *Glyfosat*.
<https://www.kemi.se/bekampningsmedel/vaxtskyddsmedel/aktuellt-om-vaxtskyddsmedel/verksamma-amnen-i-fokus/glyfosat#h-AnvandningavglyfosatiSverige> [2022-05-12]
- Kemikalieinspektionen (2022b). *Växtskyddsmedel*.
<https://www.kemi.se/bekampningsmedel/vaxtskyddsmedel> [2022-04-27]
- Kennedy, A.C. (2018). Selective soil bacteria to manage downy brome, jointed goatgrass, and medusahead and do no harm to other biota. *Biological control*. 123, 18–27.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.05.002>
- Kennedy, A.C., Young, F.L., Elliott, L.F. & Douglas, C.L. (1991). *Rhizobacteria* suppressive to the weed downy brome. *Soil science society of america journal*. 55 (3), 722–727. <https://doi.org/10.2136/sssaj1991.03615995005500030014x>
- Kremer, R.J. (2019). Bioherbicides and nanotechnology: Current status and future trends. *Nano-Biopesticides today and future perspectives*. 353–366.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815829-6.00015-2>

- Kropp, B.R., Hansen, D.R. & Thomson, S.V. (2002). Establishment and dispersal of *Puccinia thlaspeos* in field populations of dyer's woad. *Plant disease*. 86 (3), 241–246. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.3.241>
- Kumar, S. & Singh, A. (2015). Biopesticides: Present status and the future prospects. *Journal of fertilizers and pesticides*. 6 (2), 1000e129. <https://doi.org/10.4172/jbfbp.1000e129>
- Lennox, C.L., Morris, M.J. & Wood, A.R. (2000). Stumpout™ - Commercial production of a fungal inoculant to prevent regrowth of cut wattle stumps in South Africa. *Proceedings of the X international symposium on biological control of weeds*. 140. http://bugwoodcloud.org/ibiocontrol/proceedings/pdf/10_140.pdf
- Lundkvist, A. (2014). *Ogräskontroll på åkermark*. 3, Jönköping: <https://www2.jordbruksverket.se/download/18.3b9afa9e14ff69c6f6174608/1443007152050/ovr28.pdf>
- Morris, M.J. & Wood, A.R. (1999). Plant pathogens and biological control of weeds in South Africa: A review of projects and progress during the last decade. *African entomology memoir*. (1), 129–137. <https://www.arc.agric.za/arc-ppri/Documents/Morris-Wood-denBreeyen.pdf>
- Nationalencyklopedin (u.å.). *Ogräs*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ogr%C3%A4s> [2022-05-31]
- Naturvårdsverket (u.å.a). *Bekämpning av invasiva främmande växter på land*. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/invasiva-frammande-arter/bekampning-av-invasiva-frammande-vaxter-pa-land/> [2022-05-19]
- Naturvårdsverket (u.å.b). *Invasiva främmande arter*. https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/invasiva-frammande-arter?_t_hit.id=Boilerplate_Episerver_Features_EpiserverFind_Models_EpiserverFindDocument/_5becf6a9-c3a8-43a0-8b2d-816e0666b757_sv&_t_q=invasiva%20arter [2022-05-31]
- Oerke, E. -c (2006). Crop losses to pests. *Journal of agricultural science*. 144, 31–43. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/crop-losses-to-pests/AD61661AD6D503577B3E73F2787FE7B2>
- Reddy, K.R. (1984). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) biomass production in Florida. *Biomass*. 6 (1), 167–181. [https://doi.org/10.1016/0144-4565\(84\)90019-2](https://doi.org/10.1016/0144-4565(84)90019-2)

- Regeringskansliet (2019). *Sveriges nationella handlingsplan för hållbar användning av växtskyddsmedel för perioden 2019-2022*. Regeringskansliet.
<https://www.regeringen.se/informationmaterial/2019/04/sveriges-nationella-handlingsplan-for-hallbar-anvandning-av-vaxtskyddsmedel-for-perioden-2019-2022/>
- Reinhart, K.O., Carlson, C.H., Feris, K.P., Germino, M.J., Jandreau, C.J., Lazarus, B.E., Mangold, J., Pellatz, D.W., Ramsey, P., Rinella, M.J. & Valliant, M. (2020). Weed-suppressive bacteria fail to control *Bromus tectorum* under field conditions. *Rangeland Ecology & Management*. 73 (6), 760–765.
<https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.07.006>
- Saari, L.L. (1999). A prognosis for discovering new herbicide sites of action. I: Brooks, G.T. & Roberts, T.R. (red.) *Pesticide chemistry and bioscience*. Newark: 207–220. <https://doi.org/10.1533/9781845698416.5.207>
- SCB (2021). *Växtskyddsmedel i jordbruket 2020. Beräknat antal hektardoser*. Statistiska Centralbyrån. <http://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/kemikalier-forsaljning-och-anvandning/vaxtskyddsmedel-i-jordbruket-beraknat-antal-hektardoser/pong/publikationer/vaxtskyddsmedel-i-jordbruket-beraknat-antal-hektardoser2/> [2022-04-06]
- SLU (2021). *Vad är biologisk bekämpning?* <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/kompetenscentrum-for-biologisk-bekampning-cbc/om-biologisk-bekampning/> [2022-04-07]
- SLU Artdatabanken (2020a). *Vejde Isatis tinctoria*. <https://artfakta.se/> [2022-05-14]
- SLU Artdatabanken (2020b). *Vitgröe Poa annua*.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/Poa%20annua-222624> [2022-05-14]
- SLU Artdatabanken (u.å.a). *Artbestämning*. <https://artfakta.se/artbestamning> [2022-05-14]
- SLU Artdatabanken (u.å.b). *Jordmandel Cyperus esculentus*.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/Cyperus%20esculentus-222405> [2022-05-14]
- SLU Artdatabanken (u.å.c). *Phoma*. <https://artfakta.se/artbestamning/taxon/phoma-1008056> [2022-05-16]

- SLU Artdatabanken (u.å.d). *Purpurskinn Chondrostereum purpureum*.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/Chondrostereum%20purpureum-3254>
[2022-05-16]
- SLU Artdatabanken (u.å.e). *Snärjor Cuscuta*.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/cuscuta-1006400> [2022-05-14]
- SMHI (2021). *Sveriges klimat | SMHI*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat> [2022-04-23]
- Smith, R.J.Jr. (1986). Biological control of northern jointvetch (*Aeschynomene virginica*) in rice (*Oryza sativa*) and soybeans (*Glycine max*): A researcher's view. *Weed science*. 34, 17–23. <https://www.jstor.org/stable/4044621>
- Stahlman, P.W. & Miller, S.D. (1990). Downy brome (*Bromus tectorum*) interference and economic thresholds in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed science*. 38 (3), 224–228. <https://doi.org/10.1017/S0043174500056447>
- Stewart-Wade, S.M. & Boland, G.J. (2005). Oil emulsions increase efficacy of *Phoma herbarum* to control dandelion but are phytotoxic. *Biocontrol science and technology*. 15 (7), 671–681. <https://doi.org/10.1080/09583150500136873>
- Strand, M., Aronsson, M. & Svensson, M. (2018). *Riskklasser och kriterier från rapporten "Klassificering av främmande arters effekter på biologisk mångfald i Sverige – Artdatabankens risklista" - Metadata*.
<https://metadata.artfakta.se/publiceringar/3> [2022-05-14]
- Sundberg, S., Andersson, U.-B., Aronsson, M. & Ståhl, P. (2020). *Vit kattost Malva pusilla*. <https://artfakta.se/naturvard/taxon/Malva%20pusilla-1013> [2022-05-14]
- Säkert Växtskydd (u.å.). *Väder. Säkert Växtskydd*.
<https://www.sakertvaxtskydd.se/hantering/under/vader/> [2022-05-31]
- Templeton, G.E., Smith, J. & TeBeest, D.O. (1989). Perspectives on mycoherbicide two decades after discovery of the Collego pathogen. *Biological control of weeds*. 553–558. <https://www.cabi.org/isc/abstract/19932332123>
- Uludag, A., Uremis, I. & Arslan, M. (2018). Biological weed control. *Non-Chemical weed control*. 115–132. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809881-3.00007-3>
- Valent BioSciences (2022). *Biorational crop protection*.
<https://www.valentbiosciences.com/> [2022-04-13]

- Van Klinken, R., Campbell, S., Heard, T., McKenzie, J. & March, N. (2009). The biology of Australian weeds 54 *Parkinsonia aculeata* L. *Plant protection quarterly*. 24 (3), 100–117.
https://www.researchgate.net/publication/282722871_The_biology_of_Australian_weeds_54_Parkinsonia_aculeata_L
- Walker, H.L. & Boyette, C.D. (1985). Biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*) in soybeans (*Glycine max*) with *Alternaria cassiae*. *Weed science*. 33 (2), 212–215.
<https://doi.org/10.1017/S0043174500082126>
- Walker, H.L. & Riley, J.A. (1982). Evaluation of *Alternaria cassiae* for the biocontrol of sicklepod (*Cassia obtusifolia*). *Weed Science*. 30 (6), 651–654.
<https://doi.org/10.1017/S0043174500041369>
- Wang, R. (1989). Biological control of weeds in China: A status report. *Biological control of weeds*. 689–693.
http://bugwoodcloud.org/ibiocontrol/proceedings/pdf/7_689-693.pdf
- Watson, A.K. & Bailey, K.L. (2013). *Taraxacum officinale* F.H. Wigg, dandelion (*Asteraceae*). I: Mason, P.G. & Gillespie, D.R. (red.) *Biological control programmes in Canada 2001-2012*. Wallingford: 383–391.
<https://doi.org/10.1079/9781780642574.0383>
- Whitcomb, C.E. (1999). An introduction to ALS-inhibiting herbicides. *Toxicology and industrial health*. 231–239. <https://doi.org/10.1191/074823399678846592>
- Wills, G.D. (1987). Description of purple and yellow Nutsedge (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). *Weed technology*. 1 (1), 2–9. <https://www.jstor.org/stable/3986970>
- Winston, R.L., Winston, M., Schwarzländer, H.L., Hinz, M.D., Day, M.J.W., Cock, J. & M.H, J. (2014). A world catalogue of agents and their target weeds. *Biological control of weeds*. (5), 719–732. <https://www.ibiocontrol.org/catalog/>
- Zhou, L., Bailey, K.L. & Derby, J. (2004). Plant colonization and environmental fate of the biocontrol fungus *Phoma macrostoma*. *Biological control*. 30 (3), 634–644.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.03.002>

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare, Göran Bergqvist för tilltagen tid och guidning under arbetets gång. Jag vill också tacka Iris Dahlin som har svarat på mina frågor samt gett intressanta infallsvinklar och synpunkter. Slutligen vill jag även tacka Alexander Menegat som har tagit på sig uppdraget som examinator till arbetet.

Publicering och arkivering

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

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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

