



EXAMENSARBETE I BIOLOGI

# Klimatförändringar och dess effekter på ogräsfloran i Sverige

---

Jenny Henriksson

Våren 2009

Handledare:

Lars Andersson,

Jan Eksvärd & Sunita Hallgren

---

SLU

Uppsala, våren 2009

Agronom med mark/växtinriktning

Självständigt arbete i biologi, EX 0419

---

## **Abstract**

Land management for food production is a fundamental human activity and one of the greatest challenges of the 21<sup>st</sup> century will be to increase the global food to accommodate a world growing to 10 billion or more people, while undergoing climate change. The increasing temperature and the current and projected increase in concentrations of CO<sub>2</sub> lead to concern over possible impacts on agricultural pests. This essay is summarizing the knowledge of weeds in a changing climate in Sweden. Global warming and other climatic changes will affect the growth, phenology, and geographical distribution of weeds. The climate change will also affect the weed composition indirect by causing changes in the agriculture. Different types of crops may be possible to grow, there may be other cultivation measures and autumn sowing will be more common. Weeds that may be favored by the changing climate are for example those which are C3-plants, species with invasive characters, grass weeds and perennial weeds. As a result of a warmer climate the climate zones will be moving up north and there is a risk that troublesome weeds immigrate to Sweden. This movement up north will also appear among the already established weed flora of Sweden. There are still many questions unanswered and to be able to adapt the agriculture without troublesome weeds more locale research have to be done.

## Förord

Klimatförändringen är en av vår tids viktigaste frågor. De gröna näringarna påverkar och påverkas av klimatet och de har därför ett stort ansvar att vidta åtgärder för att minska den negativa klimatpåverkan. Som ett steg i att skapa en miljö- och klimatmässig hållbar produktion har SLU och LRF har beslutat att samarbeta i projektet ”Klimatskolan”. Projektets syfte är att stödja klimatrelaterad forskning och samtidigt skapa nätverk för kunskapsspridning. Rapporten ”Klimatförändringar och dess effekter på ogräsfloran i Sverige” är en del i Klimatskolan och berör växtodlingens anpassning till ett förändrat klimat.

Jag vill tacka Lars Andersson, universitetslektor på växtproduktionsekologin, SLU, för handledning och stöttning under arbetes gång. Jag vill även tacka Jan Eksvärd och Sunita Hallgren på LRF för åsikter och gott samarbete.

Jenny Henriksson  
Våren 2009  
Uppsala

# Innehållsförteckning

Abstract .....	0
Förord .....	2
Innehållsförteckning .....	3
1. Inledning.....	4
2. Hur klimatförändringar kan komma att påverka ogräsflorans sammansättning.....	6
3. Klimatförändringar .....	6
3.1 Sveriges framtida klimat.....	7
4 Ogräs .....	9
5. Klimatförändringars direkta effekter .....	11
5.1 Ökad koldioxidkoncentration i atmosfären .....	11
5.2 Temperatur .....	14
5.3 Nederbörd .....	14
5.4 Klimatförändringens konsekvenser på samspelet mellan gröda och ogräs .....	15
5.5 Immigration av nya ogräsarter.....	15
6. Klimatförändringarnas indirekta effekter .....	18
6.1 Hur jordbruket i Sverige förväntas förändras till följd av klimatförändringarna .....	18
6.2 Ogräsbekämpning.....	19
7. Vilka typer av ogräs kan komma att gynnas av klimatförändringarna? .....	21
7.1 Betydelsen av växtens fotosyntessystem och dess konkurrensförmåga.....	21
7.2 Ogräs som finns i Sveriges närhet.....	22
7.3 Ett varmare klimat med ändrat nederbördsmonster.....	22
7.4 Växtföljder med större andel höstsådda grödor.....	23
7.5 Reducerad jordbearbetning.....	24
7.6 Problematiska ogräs idag – vad händer med dem i framtiden?.....	24
8. Slutsats.....	24
<i>Referenser</i> .....	26

# 1. Inledning

Ogräsforskning borde ligga i allmänhetens intresse eftersom ogräs påverkar oss alla direkt eller indirekt. De för med sig vissa positiva effekter så som att bidra till en högre biologisk mångfald, men deras negativa effekter på mänskliga aktiviteter är oftast mest kännbara. Vissa arter har negativa hälsoeffekter på grund av allergena ämnen, andra arter minskar rekreativsvärdet i tätortsnära grönområden eller orsaka problem i fritidsodling. Ogräsfloran har även kännbara effekter på ekonomin. Det är inte bara bonden som drabbas av stora kostnader då man tvingas sätta in extra åtgärder som t.ex. herbicider eller mekanisk bekämpning, utan även konsumentledet påverkas genom högre priser på spannmål och mejeriprodukter (Monaco et al., 2002). Ogräsenes negativa effekter brukar skiljas åt beroende på om de har påverkan på markanvändning, eller på ekosystemet. Effekter på markanvändningen är lättare att kvantifiera eftersom de mäts i termer som minskad skörd eller ökade kontrollkostnader i form av herbicidanvändning. Kostnaderna som ogräsen påverkar på ekosystemet kan vara minst lika stora, men de är mer abstrakta och svårare att kvantifiera (Booth et al., 2003).

Definitionen på ogräs är att det är en växt som uppträder på en plats där den ej är önskvärd med hänsyn till platsens användning (Monaco et al., 2002). Anledningen till att ogräs orsakar skördeminskningar är att de konkurrerar med grödan om samma resurser som vatten, näringsämnen, ljus och koldioxid. Vissa ogräs kan även reducera skördeutfallet genom att frigöra allelopatiska<sup>1</sup> ämnen. Sammantaget kan man säga att närvaron av ogräs reducerar det maximala utnyttjandet av marken på många sätt. Detta inkluderar faktorer som ökade produktionskostnader och minskat markvärde. Internationellt sett minskar ogräsen inte bara markanvändningen utan även den mänskliga effektiviteten. I många utvecklingsländer tar ogräsbekämpning, i form av handrensning, upp en stor del av människors livstid (Monaco et al., 2002)

I början av 1990-talet inleddes en temperaturuppgång som avvek markant från klimatets tidigare utveckling. Samtidigt som det blev varmare började nederbörden öka, snö- och istäckena att krympa, glaciärerna att minska i omfång och havet att stiga. Tanken på att människan kunde vara på väg att förändra klimatet spred sig bland klimatforskare. I slutet av århundradet, år 1988 upprättades den internationella klimatpanelen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) av FN:s miljöprogram. Klimatpanelens uppgift blev att utvärdera och sammanfatta befintlig vetenskaplig litteratur om klimatforskning. I de rapporter som publicerades år 2007 har klimatpanelen sammanfattat hur klimatet kan komma att förändrats fram till år 2100. Utifrån dessa utvärderingar har Rosby Center vid SMHI gjort regionala och lokala tolkningar av hur klimatet troligtvis kommer att förändras här i Sverige. Man bedömer att koldioxidhalten i atmosfären kommer att näst intill dubbleras till i slutet av århundradet. Med denna höjning av CO<sub>2</sub>-halten spår man att Sverige kommer att uppleva en snabb temperaturökning då Mälardalens klimat i slutet av 2080-talet kommer att motsvara norra Frankrikes klimat idag (SOU 2007:60).

---

<sup>1</sup> Allelopati är växters förmåga att avge ämnen som hindrar andra växters utveckling eller på annat sätt påverkar dessa negativt.

Jordbruket i Sverige är årsmånssberoende och vädret är avgörande för både produktion och lönsamhet. Skördeutfallen varierar kraftigt från år till år och påverkar i sin tur kvaliteten och spannmålspriserna nästkommande år (tillsammans med den globala prisnivån) ([www.smhi.se](http://www.smhi.se)). Sveriges åkerareal omfattar ca 6,5 % av totalarealen, vilket motsvarar ca 2,7 miljoner hektar. Eftersom klimatförhållanden ser olika ut i olika delar av landet, skiljer sig även grödornas fördelning i landet. Vegetationsperiodens längd och temperatur är begränsande faktorer för många grödor, men med ett förändrat klimat kan grödor som tidigare varit omöjligt att odla istället bli lämpliga att odla. Med ett ändrat klimat och ett ändrat växtodlingssystem förändras även livsförutsättningarna för ogräsen. Det finns en risk att tidigare okända ogräs i Sverige immigrerar in i landet och nya problemogräs uppenbarar sig (Eckersten et al., 2007). Temperatur och koldioxidhalt är två av de faktorer som kommer att påverka vegetationen och interaktionerna mellan gröda och ogräs mest. Med hänsyn till olika arters fysiologi tyder data på att ökad koldioxidhalt har flera positiva effekter på egenskaper som skördeutfall, förbättrat resursutnyttjande, ökad konkurrens mot vissa ogräs och i vissa fall bättre motståndskraft mot sjukdomar och skadedjur. Klimatförändringarnas effekter är dock aldrig enkla att förutsäga och vissa av dessa fördelaktiga effekter kan gå förlorade i ett varmare klimat (Fuhrer, 2003). I Klimat- och sårbarhetsrapporten spår man dock ändå en ljus framtid för det svenska jordbruket, där ett förändrat klimat med temperaturhöjning och ökad koldioxidhalt i atmosfären kan öka avkastningen avsevärt. För att kunna ta till vara på jordbrukets framtida potential krävs både insikt om hur jorden brukas på lämpligast sätt utifrån de rådande klimatförhållandena och kunskap om hur den växande ogräsfloras ska hanteras på bästa sätt för att undvika dess skördenedsättande effekt (Eckersten et al., 2007).

Bruket av marken är en fundamental mänsklig aktivitet som möjliggjort mänsklighetens befolkningsökning. Varje år produceras över 2 miljarder ton spannmål och för en stor del av jordens befolkning är detta en viktig proteinkälla. Jordbruket är i dag en grundförutsättning för människans liv på jorden, samtidigt som det är en stor bidragande källa till de klimatgaser<sup>2</sup> som orsakar klimatförändringar. Idag står mänskligheten inför en stor utmaning: att försöka tillgodose den ökande befolkningens födobebehov och samtidigt försöka bevara mark- och vattenresurser och minska utsläppen av klimatgaser. För att lyckas möta utmaningen behövs tekniska lösningar, men framförallt måste jordbruket anpassa sig till de ändrade klimatförhållandena. Anpassning måste ske i flera avseenden som val av gröda, växtodlingssystem, bekämpning av växtsjukdomar och hantering av ogräsproblematik (Tubiello, 2007). I den här rapporten ligger klimatförändringarnas effekt på ogräsfloran i fokus. Rapporten är en sammanställning av hur kunskapsläget ser ut i dag och den bygger på ett svenskt perspektiv.

---

<sup>2</sup> Klimatgaser är ett synonymt ord för växthusgaser. Exempel på klimatgaser är vattenånga, koldioxid, metangas, lustgas och kvävedioxid.

## **2. Vilka effekter klimatförändringarna har på ogräsfloran**

*Direkta effekter* - temperaturökning, höjd CO<sub>2</sub>-halt i atmosfären, ändrat nederbördsmönster, snötäckets utbredning och varaktighet, ökad avrinning, förlängd vegetationsperiod

*Indirekta effekter* - omställning i jordbruket med bland annat ändrade grödval, förändrade odlingsmetoder och odlingsystem, tidpunkter för sådd och skörd samt anpassade gödselgivor och bekämpningsmedelsinsatser.

## **3. Klimatförändringar**

Från och med 1800-talets andra hälft har meteorologiska observationer regelbundet genomförts i flera länder i världen. Observationerna visar på ett omslag i klimatet under 1900-talet, från att ha långsamt kylts ner började nu norra halvklotet att värmas upp (<http://www.smhi.se>, [2008-11-15]). Enligt SMHI är en trolig orsak till detta omslag den så kallade växthuseffekten.

Växthuseffekten är i grunden en naturlig process som påverkar jordens strålningsbalans, dvs. balansen mellan ingående solstrålning och utgående värmestrålning. Klimatgaser som till exempel koldioxid, metan, lustgas och kvävedioxid i atmosfären reglerar klimatet genom att släppa igenom solstrålning och hindra utgående värmestrålning. Det senaste århundradets temperaturökning är med stor sannolikhet inte en del av den naturliga växthuseffekten.

Människans utsläpp av koldioxid och andra klimatgaser har förändrat atmosfärens sammansättning och därmed märkbart förstärkt växthuseffekten och förändrat klimatet (<http://www.smhi.se>, [2008-11-15]).

Medeltemperaturen har globalt sett ökat det senaste århundradet. Observationer sedan 1960-talet av snö- och issmältning och förändring av den globala genomsnittliga havsvattennivån tyder alla på en otvetydig pågående uppvärmning av klimatsystemet (IPCC 2007a, IPCC 2007b). Det är inte svårt att konstatera och visa statistik på det som redan hänt. Det är svårare att försöka förutsäga vad som händer med utsläppen av klimatgaser de närmsta tio åren, eller kanske om 100 år. En faktor som bidrar till osäkerhet är att utsläppen kommer att påverkas av ekonomiska, tekniska och sociala förändringar som är näst intill omöjliga att förutspå. Dessutom har människan en förmåga att medvetet, aktivt ingripa och påverka i processer som vi själva startat. För att ändå kunna säga något om framtiden arbetar klimatforskarna med att ta fram scenarier, det vill säga beskrivningar av flera olika möjliga utvecklingslinjer beroende på hur samhällsutvecklingen under återstoden av det här seklet ser ut. Den internationella klimatpanelen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har en ledande roll när det gäller framtagning av klimatscenarier. Klimatpanelen bedriver ingen egen forskning utan har uppgiften att utvärdera och sammanfatta klimatrelaterad forskning som pågår världen över. Klimatpanelens utvärderingar har blivit allmänt accepterade och är avsedda att användas som beslutsunderlag i förhandlingar rörande minskad klimatpåverkan (Bernes, 2007).

IPCC har sammanfattat hur klimatet kan komma att förändras fram till år 2100. I rapporten Special Report on Emission Scenarios, SERS (IPCC, 2000) presenterar klimatpanelen fyra olika visioner som skildrar ett antal framtidsvärldar. De olika visionerna skiljer sig åt beroende på dels

(A) strävan efter ekonomisk tillväxt eller (B) strävan efter ett ekologiskt hållbart samhälle, och dels (1) globalisering och världshandel eller (2) regional självförsörjning och bevarande av kulturella skillnader. De fyra olika framtidsvärldarna blir således kombinationerna: A1, A2, B1 och B2. Inom varje framtidsvision har det sedan utvecklats en mängd olika specifika scenarier med olika antaganden rörande bland annat energiförbrukningen och arealfördelningen för olika näringar. IPCC har inte klassat något enskilt scenario mer sannolikt än något annat. För att kunna bedöma hur utsläppen av växthusgaser i ett visst scenario skulle påverka klimatförhållanden utnyttjar forskarna klimatmodeller. Dessa kan enkelt beskrivas som matematiska och fysikaliska beskrivningar av jordens klimatsystem. Samtliga visioner förutsätter att världens totala energiförbrukning kommer att vara större år 2100 än idag. IPCC har visat att även om 2000 års strålningsdrivningsfaktorer hålls konstanta så skulle ändå uppvärmningen fortsätta med en hastighet på 0,1°C per årtionde under de kommande 20 åren (IPCC, 2007a). Det råder dock stor samstämmighet om att med nuvarande åtgärder och begränsningar kommer de globala utsläppen av växthusgaser att fortsätta att öka de närmaste årtiondena och från 2000 till 2030 beräknas utsläppen (koldioxidekvivalenter) öka med så mycket som 25-90% (IPCC, 2007b). Den genomsnittliga globala uppvärmningen varierar beroende på framtidsversion. Det troligaste värdet för lågutsläppsscenarioet är 1,8° C och för högutsläppsscenarioet 4,0° C (IPCC, 2007a).

### 3.1 Sveriges framtida klimat

Föreläggande rapport utreder hur ogräsfloras sammansättning kan komma att påverkas av klimatförändringar. Arbetet bygger på ett svenskt perspektiv och det är därför relevant att resonera utifrån de klimatscenarier som är mest tänkbara för Sverige. Sveriges regering har presenterat en klimat- och sårbarhetsutredning, SOU 2007:60, där man valt att fokusera på scenarierna A2 och B2 eftersom dessa scenarier har valts i flera olika studier under senare år. Även i detta arbete kommer scenarierna A2 och B2 att ligga till grund för hur det framtida klimatet förutspås. Nedan följer en sammanställning av de klimatförändringar som påverkar växters tillväxt och utbredning. Materialet är hämtat ur regeringens rapport Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60), som bygger på två regionala klimatmodeller från klimatforskningsenheten Rossby Center vid SMHI.

#### 3.1.1 Koldioxidhalt i atmosfären

I B2-scenarioet förväntas koldioxidkoncentrationen i atmosfären hamna på 550 ppm, medan det i A2-scenarioet bedöms hamna på så mycket som 850 ppm. Jämförelsevis ligger koldioxidkoncentrationen i atmosfären idag på 380 ppm.

#### 3.1.2 Temperatur

Temperaturhöjningen i Sverige förväntas i både A2- och B2-scenariet bli större än det globala genomsnittet. En orsak till detta är att snötäcket kommer att minska vintertid och därmed minskar markens reflektionsförmåga. Istället för ett snötäcke som reflekterar bort solstrålning, kommer en mörk, bar markyta att absorbera värmeinstrålningen och ge en snabbare temperaturökning. Ser man till medeltemperaturen är uppvärmningen till 2020-talet omkring 2° C (årsmedeltemperaturen i



Mälardalen ligger idag på ca 5-6 °C) och redan då kommer Skånes medeltemperatur (år 1960-1990) att återfinnas i Mälardalen. Till 2080-talet beräknas medeltemperaturen vara ca 3-5 grader högre än idag. Temperaturökningen sker framför allt vintertid, något mindre under vår och höst och minst på sommaren. I slutet av seklet förväntas vintermedeltemperaturen i Norrland ha ökat med så mycket som 6-7 grader, medan temperaturökningen sommartid förväntas bli 2-4 grader. Till följd av det varmare klimatet kommer antalet dagar under sommaren med maxtemperatur över 20 grader att öka. Till 2080-talet kan det vara fråga om över 40 fler dagar med över 20 grader.

### **3.1.3 Nya extremtemperaturer**

Sverige förväntas få fyra grader varmare i genomsnitt till nästa sekelskifte. Fyra grader låter kanske inte så mycket, men en sådan temperaturhöjning skulle vi människor uppfatta som dramatisk. Det är inte årsmedeltemperaturens uppgång som i första hand kommer att inverka på människan och naturen, utan det är extremvärdena som kommer att ge störst påverkan. Stiger medeltemperaturen kommer även minimi- och maximitemperaturerna att minska respektive öka. I dagsläget kan temperaturen en sommardag i södra Sverige nå upp till omkring 35 grader. En temperaturökning på i genomsnitt fyra grader skulle därmed innebära nya maxtemperaturer som med stor sannolikhet kan orsaka problem för både samhället och växt- och djurlivet.

### **3.1.4 Nederbörd**

Nederbörden kommer fram till år 2100 generellt att öka, men mest i västra Sverige och under vinterhalvåret. Vinternederbörden kan till 2080-talet komma att öka med mer än 50 mm i de mest utsatta områdena, vilket är nästan en fördubbling sedan 1900-talets andra hälft. Man kan se ett tydligt samband mellan temperaturökning och ökad vinternederbörd som faller i form av regn. Regnmängderna vintertid ökar successivt allt längre norrut i landet och på 2080-talet faller endast några decimeter snö på hela året i Svealand. De flesta klimatmodeller pekar på en minskad nederbörd i södra Sverige under sommaren. Både antalet dagar med nederbörd samt den totala regnmängden minskar, vilket i vissa delar av landet kan orsaka försommartorka. Generellt sett kommer alla årstider förutom sommaren att bli mer nederbördsrika och få ett fuktigare klimat. Antalet dagar med kraftig nederbörd kommer att öka under vintern och även under vår och höst finns tendenser till ökning av kraftiga skyfall.

### **3.1.5 Snötäcke**

Den väntade temperaturökningen i Sverige kommer att få en stor inverkan på snötäckets utbredning och dess varaktighet. Snötäckets genomsnittliga varaktighet kommer att till årsskiftet minska med 1-3 månader i större delen av landet och snötäckets utbredning kommer att flytta sig allt mer norr ut. På liknande sätt kommer även perioden med tjäle i marken att bli allt kortare med ett varmare klimat.

### **3.1.6 Avrinning**

Den genomsnittliga årliga avrinningen kommer att öka över större delar av landet, framför allt i Götaland och Norrlands fjällkedja. Även lokala översvämningar är att vänta med ett ökat antal dagar med kraftig nederbörd.

### **3.1.7 Vegetationsperiod**

Vegetationsperioden brukar definieras som den del av året då dygnets medeltemperatur är över 5 grader. I förhållandevis kyliga områden som Sverige regleras tillväxten till stor del av temperaturen, då både fotosyntes och andra biokemiska processer upphör nästan helt under vinterhalvåret. Därför är vegetationsperiodens längd i många fall avgörande för hur mycket vegetationen hinner växa på ett år. Redan de senaste decenniernas temperaturhöjning har förlängt vegetationsperioden i Nordeuropa med tio dygn sedan 1960. Enligt beräkningar förväntas vegetationens aktiva period bli flera månader längre i Sverige under de närmaste hundra åren.

### **3.1.8 Extrema och oväntade väderhändelser**

Flera extrema vädersituationer har inträffat under 2000-talet. Var för sig tyder de inte på att klimatet har förändrats, men sammantagna talar de för att vissa extrema vädertyper har blivit vanligare än förr. Dessa häftiga väderomslag kommer ofta hastigt och oväntat vilket gör att det är svårt att försöka hinna motverka dess effekt. I Sverige har det förekommit ett flertal extrema väderomslag bara sedan år 2000. År 2000 blev det mest nederbördsrika året som registrerats hittills i landet. Det höga vattenståndet ledde till att flera områden i Bohuslän och Dalsland översvämmades. Sommaren 2002 blev den varmaste som någonsin uppmätts i Sverige. På flera håll i landet rådde torka, men lokalt förekom häftiga åskregn och skyfall. I januari år 2005 drog stormen Gudrun fram över Götaland. Stormen gjorde stor skada i skogslandskapet och blev på så vis en av de värsta naturkatastrofer som drabbat Sverige i modern tid. Hösten 2006 föll det ett ihållande regn över stora delar av Sverige och i december samma år inträffade ett jordskred i Bohuslän som drog med sig nästan 500 m av Europaväg 6. Dessa händelser är bara exempel på några av de extrema väderomslag som drabbat Sverige sedan 2000. Med stor sannolikhet är fler och mer frekventa häftiga väderomslag att vänta i framtiden (SMHI 2004, SMHI 2005, SMHI 2006).

## **4 Ogräs**

Ogräs är en benämning på växter utifrån deras påverkan på mänskliga aktiviteter. Åkerogräs kan växa under de förhållanden som råder på en åker, med t.ex. jordbearbetning, bevattning och gödning, och är på så vis anpassade till samma störningar som våra åkergrödor. De flesta vanliga ogräsen är dessutom mycket toleranta mot ett brett spektra av omgivningsfaktorer såsom ljusintensitet, temperatur, vatten- och vindförhållanden och sammansättning av ämnen i atmosfären. Det är just ogräsens stora variation med avseende på fysiologi och levnadsbetingelser som gör att de är så problematiska i många sammanhang (Monaco et al., 2002).

Tabell 1. Faktorer som är avgörande för ogräs etablering och överlevnad (Monaco et al, 2002)

<b>Klimatfaktorer</b>	<b>Fysiografiska faktorer</b>	<b>Biotiska faktorer</b>
Ljus (intensitet, kvalitet och varighet)	Edafiska (markegenskaper såsom pH, bördighet, textur, struktur, organiskt material, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , dränering)	Växter (konkurrens om resurser, frigjorda toxiner, sjukdomar, parasitism, markflora)
Temperatur (extremer, medelvärde, frostfri period)	Topografiska faktorer (altitud, lutning och exponering för sol)	Djur (insekter, betande djur, markfauna, människan)
Vatten (mängd, perkolering, avrinning och evaporation)		
Vind (hastighet och omfattning)		
Atmosfär (CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , luftfuktighet, giftiga substanser)		

Ogräs brukar delas in i ånnueller, biennor och perenner beroende på hur deras livscykel ser ut. En ånnuell växt förökar sig genom frö och fullföljer sin livscykel (från frö till frö) inom ett år. Frönas gröningsbiologi är avgörande för vilka möjligheter ett ånnuigt ogräs har att hävda sig i olika grödor. Det finns två varianter av ånnueller, vinter- och sommarånnuell. Vinterånnueller gror främst på hösten och övervintrar i rosettform för att sedan fortsätta växa och sätta frö på våren. Det finns även vinterånnueller som gror på våren och sätter frö under samma år. Vinterånnuella arter dominerar i höstsådda grödor som höstsäd, men kan även förekomma i vårsådda ånnuiga grödor. Sommarånnueller gror på våren och utvecklas under sommaren för att kunna sätta frö och dö på hösten. Sommarånnuella arter har ingen eller mycket dålig förmåga att övervintra och de dominerar därför i vårsådda ånnuiga grödor som potatis, köksväxter och vårsäd. En bienn växt har en livscykel som spänner över mellan ett till två år. En perenn växt lever i mer än två och kan föröka sig både med frön och med vegetativa delar (Håkansson, 2003).

## 5. Klimatförändringars direkta effekter

### 5.1 Ökad koldioxidkoncentration i atmosfären

En högre koldioxidkoncentration i atmosfären stimulerar fotosyntesen hos växter i olika grad beroende på art och vilket fotosyntessystem de har. Det är svårt att dra några generella slutsatser då flera omgivningsfaktorer påverkar hur stor den verkliga tillväxten av biomassa blir. Begränsad tillgång på nödvändiga tillväxtresurser som vatten och näring samt ett ändrat allokeringsmönster hos växten kan komma att minska den potentiella gödslingseffekten av CO<sub>2</sub> (Patterson, 1995).

#### 5.1.1 C3 och C4 fotosyntes

Många grödor och ogräs är nära besläktade och bär därför på liknande egenskaper som potentiell tillväxthastighet, resursbehov och stresstolerans, men man kan dock se en tydlig indelning när det gäller vilket fotosyntessystem de har. Fotosyntesen<sup>3</sup> är en process där växten omvandlar ljus till kemisk bunden energi och detta kan ske på olika sätt beroende på om växten är en C3- eller C4-växt. En C3-växt binder koldioxid med hjälp av enzymet rubisco, medan en C4-växt binder koldioxid med hjälp av enzymet PEP-karboxylas och de har även en vattenbesparande mekanism. De flesta jordbruksgrödor globalt sett har C3-fotosyntes, medan de flesta ogräs har C4-fotosyntes. Bland de 18 mest problematiska ogräsen är så många som 14 stycken C4-växter medan endast fem av de 86 viktigast grödorna är C4-grödor (Holm et al., 1977). Denna generalisering gäller inte för förhållandena i Sverige och övriga Europa. De ogräs som har störst ekonomisk betydelse för jordbruket i Sverige är alla C3-växter (Schroeder et al., 1993). En viktig C4-gröda är majs som till följd av klimatförändringarna kan bli allt mer aktuell att odla även i Sverige. Förutom de två huvudsakliga fotosyntessystemen C3 och C4 finns även CAM-växter (Crassulacean acid metabolism photosynthesis), till exempel ananas och kaktus. CAM-arter är vanliga i tropiska och subtropiska områden och eftersom det här arbetet utgår från ett svenskt perspektiv behandlas inte detta fotosyntessystem här.

C3-fotosyntes utvecklades när koldioxidhalten i atmosfären var fyra eller fem gånger så hög som dagens koldioxidhalt. Atmosfärisk CO<sub>2</sub> är den enda kolkällan för växter och eftersom dagens CO<sub>2</sub>-koncentration är mycket lägre än den optimala halten för C3-växter, kommer med stor sannolikhet en ökad koldioxidhalt i atmosfären att stimulera fotosyntesen hos dessa. (Morison et al., 2006). C4-fotosyntes utvecklades långt senare utifrån C3-systemet, som ett svar på ett varmare klimat med minskad koldioxidhalt i atmosfären. Eftersom C4-växter har en mekanism som koncentrerar CO<sub>2</sub>, skulle en ökad koldioxidhalt i atmosfären endast ha en liten effekt på nettofotosyntesen (Morrison et al., 2006). Anledningen till att C3-växtens tillväxt gynnas mer än C4-växtens är att en höjd koldioxidkoncentration ökar koncentrationsgradienten mellan atmosfären och bladet, vilket förbättrar upptaget av koldioxid i växten. Den högre

---

<sup>3</sup> Kemisk formel för fotosyntesen:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ljusenergi} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$

koldioxidkoncentrationen dämpar också förlusten av koldioxid genom fotorespiration hos C3-växten (Patterson, 1995).

Med avseende på en ökad koldioxidhalt i atmosfären är det konstaterat att en dubbling av koldioxidkoncentrationen från 350 till 700 ppm ger en ökning i biomassa på ca 40 % hos C3-växter och ca 11 % hos C4-växter (Kimball, 1983). Utifrån försök uppskattar man att samma koldioxidhaltsökning stimulerar biomassan hos gräs med ca 12 %, kärnskörd hos vete och ris med 10-15% och potatisskörden med hela 28 % (Fuhrer, 2003). Hur stor den verkliga effekten av en höjd koldioxidhalt blir beror dock även på andra omgivningsfaktorer som temperatur och vatten- och näringstillgång. Även om en C3-växt generellt sett får en större biomassatillväxt än en C4 växt till följd av ökad koldioxidhalt, överlappar de olika rapporterade utfallen varandra. Man har även sett att olika försök med samma art ger en stor variation i tillväxtökning. Variation i respons hos växten är associerade till variationer i omgivningsfaktorer som temperatur, ljusstyrka och vatten- och näringstillgång. Bortsett från alla miljövariationer så kan man ändå se att det finns en allmän tendens till att C3-arter svarar bättre på en koldioxidökning än en C4-växt (Patterson, 1995).

Morison et al. (2006) har konstaterat att en högre koldioxidkoncentration ger en ökad fotosynteshastighet hos både C3- och C4-växter på kort tid, men på lång sikt kan fotosynteshastigheten sjunka genom att växten anpassar sig till den nya koldioxidhalten. Detta fenomen kallas fotosyntetisk acklimatisering eller ”down regulation”. Vad det är för mekanism som orsakar denna acklimatisering är i dagsläget oklart och det saknas forskning på området (Morison et al., 2006).

### 5.1.2 Stomatarespons och vattentillgång

En högre koldioxidhalt i atmosfären resulterar i en lägre stomatakonduktans hos växten. Denna förändring sker både hos C3 och C4 växter och leder till en signifikant ökning i bladtranspirationseffektiviteten,  $TE^4$  (transpiration efficiency) och därmed ett effektivare vattenutnyttjande i växten,  $WUE^5$  (Water use efficiency). En dubbling av koldioxidkoncentrationen från 330 till 660 ppm ökar TE med 88 % hos sojaböna (C3), 11 % hos bomull (C3), 85 % hos ris (C3) och 111 % hos majs (C4). Samma koncentrationsökning ökar WUE med 54 % hos majs, 55 % hos solros och 48 % hos sojaböna (Patterson, 1995).

Det finns dock inga enkla förklaringsmodeller hur växten reagerar på ökad koldioxidhalt i kombination med en högre temperatur och därmed en större transpiration. En högre temperatur leder till ett ökat ångtrycksdeficit,  $vpd^6$  (vapour pressure deficit) på bladen, vilket ökar

<sup>4</sup>  $TE = \text{assimilerad koldioxid} / \text{transpirerat vatten}$

<sup>5</sup>  $WUE = \text{torrviktsproduktion} / \text{enhet transpirerat vatten}$

<sup>6</sup> Avdunstning av vattenånga kräver förutom energi även en fuktighetsskillnad mellan den avdunstande ytan och den omgivande luften. Energistillståndet för vattenånga brukar uttryckas i termer av ångtryck och det är ångtrycksdeficiten, eller den så kallade ångtrycksskillnaden,  $vpd$  som ska vara större än noll för att det ska ske en nettoavdunstning. Förenklat kan ångtrycksdeficit sägas vara ett mått som anger luftens kapacitet att ta upp ytterligare vattenånga.

drivkraften för transpiration hos växten. Med den högre temperaturen följer dock en högre koldioxidkoncentration och ett högre WUE, vilket leder till att den potentiella transpirationsökningen uteblir. En annan tänkbar effekt av ett varmare klimat är att växten i ett tidigare stadium utvecklar en större bladmassa. Ett större bladyteindex<sup>7</sup> hos växten skulle i ett sådant scenario öka den totala vattenförlusten per enhet markyta. Alla dessa faktorer måste tas hänsyn till när man ska försöka förutse hur en växts vattenstatus ser ut med de framtida klimatförändringarna (Patterson, 1995).

### 5.1.3 Växtens utveckling och allokeringsmönster

En höjd koldioxidhalt ger via fotosyntesen en ökad kolhalt i hela ekosystemet, vilket leder till förändringar även i vatten- och näringscirkulationen och energibalansen. En ändrad atmosfärsammansättning påverkar på så sätt flera olika ekosystemprocesser (Fuhrer, 2003). En ökad koldioxidhalt leder inte bara till en större ackumulation av biomassa hos växter, utan även deras allokeringsmönster påverkas. Biomassan ackumuleras främst till de växtstrukturer som i en viss utvecklingsfas är associerade till begränsande faktorer. Om till exempel växten befinner sig i en intensiv tillväxtfas och det saknas tillgång till viktiga näringsämnen, så premierar växten tillväxt av rötter (Morison et al., 2006). I en undersökning av rot/skott kvoter hos olika arter som utsatts för en koldioxidökning, såg man en ökad kvot hos 60 % av de studerade arterna. Även om en ökad koldioxidhalt har rapporterats ge en högre rot/skott kvot hos flera ogräsarter varierar resultaten, med art och beroende på experimentella förhållanden, till den grad att det är svårt att göra generaliseringar (Patterson, 1995). Enligt Reddy (2000) pekar flera undersökningar på att skillnader i allokeringsmönster i många fall avgör hur konkurrensstark en växt är. Växtens tillväxt är bland annat beroende av tillgången på vatten och näring i marken. Förutsättningen för att en växt ska kunna fortsätta växa även då det råder näringsstress är att den innehar så kallad fenologisk plasticitet som gör att den kan förändra sin rot/skott- kvot<sup>8</sup>. En högre rot/skott-kvot möjliggör ett bättre upptag av näringsämnen i marken. Hos de flesta jordbruksgrödor har man selekterat mot en högre inlagring av biomassa i växtdelar ovan jord, i ett försök att höja avkastningen. Med en högre avkastning på växtdelar ovan jord, minskas även rot/skott-kvoten. En högre rot/skott-kvot hos ogräsen talar för en större konkurrenskraft i situationer då näringstillgången i marken är begränsad (Tungate et al., 2007).

Koldioxidhalten påverkar inte bara växtens morfologi utan även dess fenologi. En förändrad koldioxidkoncentration i samspel med en högre temperatur påverkar olika utvecklingsfaser hos växten såsom ändrad gröningshastighet, bladinitiering, tid för att sätta rotskott, förgrening, blomningstid och åldrande. Dessa egenskaper påverkar i sin tur interaktioner mellan gröda och ogräs. En ökad gröningshastighet på grund av ökad koldioxidhalt uppträder ofta i arter med mindre frön, vilket ofta ogräsarter har (Bunce, 1983). En högre temperatur och en ökad koldioxidhalt medför en generell snabbare fenologisk utveckling hos växter. En snabbare utveckling i kombination med en längre vegetationsperiod ger förändrade förutsättningar för de

<sup>7</sup>Bladyteindex är ett mått på den sammanlagda bladarean (m<sup>2</sup>) per markarea (m<sup>2</sup>).

<sup>8</sup> Rot/skott-kvoten anger fördelningen av växtens biomassa mellan rotdel och ovanjordsdel.

arter som lever där. Generellt sett ökar reproduktionsförmågan av en höjd koldioxidkoncentration då ackumulerat kol allokeras både till blommor och till ökad förgrening (Morison et al., 2006).

I flera avseenden kan ett förändrat utvecklingsmönster ge en försämrad kvalitet hos jordbruksgrödor. I stråsäd är kvaliteten på kärnsörden inte enbart beroende av fotosyntesen, utan även av längden på den aktiva fasen då kärnfyllnaden sker. Undersökningar har visat att en ökad koldioxidhalt förkortar kärnfyllnadsfasen, vilket minskar kärnsörden och försämrar kvalitén genom lägre proteinhalt (Fuhrer, 2003). En ökad koldioxidhalt kan även påverka tiden för blominitiering och förändra blomningsperiodens längd. Blomningen kan bli kortare, längre eller förbli opåverkad, men som Reddy (2000) sammanfattar kunskapsläget finns det inte några klara mönster hur det skulle påverka samspelen mellan gröda och ogräs. I dagsläget saknas kunskap om nästan alla de anatomiska eller fysiologiska processer som är kopplade till hur växtens utveckling påverkas av en höjd koldioxidkoncentration (Morison et al., 2006).

## 5.2 Temperatur

Växthuseffekten drivs av en allt högre koncentration av klimatgaser som koldioxid i atmosfären och som en respons på detta följer en temperaturökning. Många arter med C4-fotosyntes är anpassade till varmt och torrt klimat vilket visar sig i ett högt vatten- och näringsutnyttjande. Detta tillåter dem att växa i områden där C3-växter skulle ha problem att etablera sig (Smith et al., 2004). Det är därför lätt att dra slutsatsen att C4-växter skulle vara bättre anpassade än C3 till framtida klimatförändringar, men så är inte alltid fallet. En trolig orsak till den högre temperaturen är den ökade koldioxidhalten i atmosfären och frågan är hur den kombinationen kommer att påverka C3- och C4-växter. För en ökning av koldioxidhalten i atmosfären med en måttlig temperaturökning på 1,5–4,5°C, kommer tillväxten fortfarande bli större hos en C3-växt än hos en C4-växt (Patterson et al., 1988; Coleman et al., 1992; Patterson, 1993). Eftersom temperaturen i tempererade klimat som Sverige, är långt under optimala tillväxttemperaturen för C3-arter kommer sannolikt kombinationen av ökad koldioxidhalt och höjd temperatur ge en märkbart högre tillväxt hos C3- än C4-växter. För ogräs som härstammar från tropiska eller varmttempererade områden ses ofta en stark tillväxtökning vid temperaturökningar med 3–5°C. En sådan temperaturökning förväntas bli verklighet först vid en dubblering av koldioxidhalten i atmosfären. Tillväxten hos C4-gräsogräs svarar också mycket snabbt på en temperaturökning (Patterson, 1993).

## 5.3 Nederbörd

De flesta klimatmodeller pekar på en minskad nederbörd i södra Sverige under sommaren. Både antalet dagar med nederbörd samt den totala regnmängden kommer att minska, vilket i vissa delar av landet kan orsaka försommartorka (SOU 2007:60). Ett torrare klimat med en högre temperatur ökar konkurrensförmågan hos C4-växter som har ett effektivt vattenutnyttjande. C4-växter har en inneboende TE (assimilerad koldioxid/ transpirerat vatten) som är cirka två gånger så effektiv

som hos C3-växter. En C4-växt har även en mekanism som minskar dess koldioxidförlust genom fotorespiration (Morison et al., 2006).

I Sverige förväntas det bli en kraftig ökning av nederbördsmängden under perioden oktober till mars. Denna nederbördsökning kommer att påverka möjligheterna att plöja och skörda på vår respektive höst, och vikten av ett väl fungerande dräneringssystem kommer att bli allt större. Det ändrade nederbördsmonstret kan till och med komma att motverka den positiva effekten av en förlängd vegetationsperiod. En högre vinternederbörd i form av regn kan senarelägga tidpunkten då marken blir brukbar och på så vis kan man inte utnyttja den längre vegetationsperioden på våren. Även vårplöjningen kan bli försenat av stora regnmängder, vilket gynnar ogräsfloran eftersom de får en längre tillväxtperiod utan konkurrens (Fogelfors et al., 2008).

## 5.4 Klimatförändringens konsekvenser på samspelet mellan gröda och ogräs

Till skillnad från andra växtskadegörare tillhör ogräs samma trofiska nivå, primärproducenter, som grödorna och de konkurrerar därför om samma tillväxtbefrämjande resurser (Zimbdal, 1980). Förutom att konkurrera med grödan, stör och påverkar ogräset skörd och reducerar kvalitén på skörden genom kontaminering med oönskade växtdelar. Variationer i faktorer som CO<sub>2</sub>, temperatur, vatten- och näringstillgång, som påverkar växtens tillväxt påverkar i sin tur samspelet mellan gröda och ogräs (Patterson, 1995). Eftersom växter inte behöver konkurrera om CO<sub>2</sub>, kan man lätt anta att det har en mindre betydelse för växtinteraktioner än andra faktorer som vatten- och näringstillgång. Vad man då glömmer är att koldioxid är en faktor som påverkar tillväxten vilket i sin tur har betydelse för växtens förmåga att konkurrera. Det är viktigt att förstå de effekter som en höjd koldioxidhalt har på växtinteraktioner eftersom responsen hos en enskild växt skiljer sig avsevärt från responsen då samma växt utsätts för konkurrens. I en studie där man undersökte interaktioner mellan sockerbeta och *Chenopodium album* (svinmålla) såg man att sockerbetans förhöjda konkurrensförmåga på grund av högre koldioxidhalt, förstärktes ytterligare då ogräset fick en sen uppkomst (Houghton et al., 1996). I de flesta studier som gjorts på olika fotosyntetiska system har man fokuserat på C3-gröda som konkurrerar med ett C4-ogräs. I dessa jämförelser ökar en höjd koldioxidhalt grödans tillväxt på bekostnad av ogräsets. Det saknas dock tillräckligt med försök när både gröda och ogräs har samma fotosyntessystem. I dagsläget finns det ingen universell förklaringsmodell för hur olika arters konkurrensförmåga påverkas av en höjd koldioxidhalt. För att kunna förstå och anpassa jordbruket i framtiden finns det ett stort behov av detaljstudier av växtinteraktioner som kan förklara hur arter reagerar på kombinationer av konkurrens, resurstillgång och en höjd koldioxidhalt, höjd temperatur och förändrat nederbördsmonster (Morison et al., 2006).

## 5.5 Immigration av nya ogräsarter

Floran och faunan ser på grund av klimatskillnader olika ut, i skilda delar av världen. Växter och djur har anpassats till de rådande klimatförhållandena genom naturligt urval under århundraden. De klimatförändringar som nu förutspås kan komma att rubba hela ekosystem och deras



artsammansättning. Arter kan i framtiden utsättas för klimatförhållanden som de har svårt att klara av. En art som hamnar i en sådan situation har två alternativ för att överleva. Antingen kan växten anpassa sig genom att det naturliga urvalet gynnar den individ som är bäst anpassad till de nya klimatförhållandena. Det andra alternativet är att arten förflyttar sig och att dess utbredningsområde förskjuts till ett område där rätt klimatförhållanden råder. Ett problem för vissa arter är att uppvärmningen under 2000-talet kommer att gå betydligt snabbare än under de senaste århundradena. Med en sådan snabb uppvärmning kommer inte naturligt urval inte ha möjligheten att anpassa arternas fysiologi till det varmare klimatet. Det blir även svårt för växter att hinna med att lyckas förflytta sina utbredningsområden (Bernes, 2007).

Enligt Weber et al. (2005) beror förändringar i ogräsfloras sammansättning på olika faktorer som antingen berör artens specifika egenskaper eller som indirekt påverkar genom ändrade omgivningsfaktorer. De faktorer som på senare år har lett till en ökad introducering av nya ogräsarter söder ifrån är främst klimatförändringar, ändrad markanvändning och ökad internationell handel. Ogräs kan spridas med flera olika vektorer, men den mänskliga aktiviteten är den kanske mest betydelsefulla vektorn. Samtidigt som människan oavsiktligt eller avsiktligt introducerar nya arter som i framtiden kan bli potentiella ogräs, så möjliggör klimatförändringarna ett ökat utbredningsområde hos många arter. För att hindra att nya arter etableras och utvecklas till problematiska ogräs krävs ökad kunskap om hur ogrässituationen ser ut i övriga Europa idag. De ogräs som orsakar stora skördeförluster i södra Europa idag, kan i framtiden bli ett problematiskt ogräs även här i Sverige (Weber et al., 2005). Södra Europa är idag hårdare drabbat av både växtsjukdomar och en artrikare ogräsflora. Denna trend kunde Glemnitz et al (1999) styrka i sin undersökning om hur ogräsfloran ser ut på sju olika platser längs med en nord-sydlig klimatgradient. Berörda länder var Sverige, Tyskland, Ungern och Italien. Ogräsfloran studerades på fält med höstvet, höst- och vårkorn och ettårig vall. Det totala antalet ogräsarter föll från 165 till 78 från den sydligaste till den nordligaste placerade undersökningsplatsen. Vissa arter visade på starka samband med specifika klimatförhållanden. Arter som var typiska för det mer nordliga klimatet var *Chamomilla suaveolens* (gatkamomill), *Erysimum cheiranthoides* (åkerkårel), *Lapsana communis* (harkål) och *Gnaphalium uliginosum* (sumpnoppa). Arter som endast påträffades i ett varmare klimat var *Legousia speculum-veneris* (venusspegel), *Lolium multiflorum* (italienskt rajgräs) och *Ranunculus arvensis* (åkerranunkel). *Polygonum aviculare* (trampört), *Fallopia convolvulus* (åkerbinda), *Cirsium arvense* (åkertistel) och *Chenopodium album* (svinmålla) växte oberoende av klimatförhållanden (Glemnitz et al., 2000).

Om det ska vara möjligt att kunna förutspå vilka ogräs som i framtiden kan tänkas immigrera och orsaka stora problem här i Sverige är det viktigt att ha i åtanke att samspel mellan gröda och ogräs ser olika ut beroende på var de växer och deras respons på klimatförändringar beror i många fall på vilket fotosyntessystem de har. Många av världens mest problematiska ogräs, både C3 och C4, härstammar från tropiska eller subtropiska områden. Idag är deras utbredning norrut begränsad av låga temperaturer, men ju högre medeltemperaturen blir i Sverige och övriga Norden, desto lättare blir det för nya ogräsarter att etablera sig. Det är inte bara en temperaturökning som skulle

kunna möjliggöra en expansion av ogräsens utbredningsområde, utan även enbart en ökning av koldioxidhalten i atmosfären skulle kunna resultera i detta. En ökad koldioxidhalt ökar nämligen toleransnivån mot låga temperaturer hos många arter (Sionit et al., 1981,1987; Potvin et al., 1985; Boese et al., 1997).

För att en ogräsart ska kunna immigrera till ett nytt område krävs först att arten förflyttas, sedan etablerar sig, reproducerar sig, sprider sig och till sist integrerar med de andra arterna i samhället. Arten möter på så vis flera barriärer som måste övervinnas för att immigrationen ska lyckas. De flesta invasioner av nya arter misslyckas dock, det vill säga de flesta arter som introduceras till ett nytt samhälle kommer inte att överleva. Both et al. (2003) föreslog en tiondelsregel för att kunna säga hur ovanlig en lyckad invasion är. Regeln säger att 10 % av arterna passerar vart och ett av de olika stegen från att först spridas, till att bli vanligt förekommande, till att etableras och slutligen till att räknas som ett ogräs. Det vill säga risken för att en art som är ny för Sverige ska bli ett ogräsproblem skulle med denna beräkning vara  $10^{-4}$  (Both et al., 2003).

Det är svårt att se några mönster i taxonomi när det gäller arters immigrationsförmåga eftersom växtidentifiering och taxonomin inte är konsekvent i alla länder. Det finns inte heller tillräckligt med underlag för att kunna göra sådana generaliseringar. Both et al. (2003) kunde, efter att ha undersökt icke inhemska ogräsarter i 26 regioner i världen, se att invasiva arter var spridda i hela det fylogenetiska trädet, men att några familjer innehöll fler ogräsarter än andra. Till exempel hade subklasserna Asteridae och Caryophyllidae familjer med många invasiva ogräsarter (Both et al., 2003). Även om inga tydliga samband kan ses i taxonomin kan vissa andra faktorer tyda på god immigrationsförmåga. En faktor som avgör en ogräsarts potential att immigrera är storleken på artens ursprungliga utbredningsområde. En art med ett stort ursprungligt utbredningsområde har ofta större potential att bli en framgångsrik inkräktare. Utbredningsområdets storlek är avgörande i två avseende. Det är större sannolikhet att en art med stort utbredningsområde sprids helt enkelt eftersom de finns i ett större område och lättare kan tas upp av en spridningsvektor. En ogräsart med stort utbredningsområde har dessutom lättare att anpassa sig till ett bredare spektrum av miljöförhållanden och har därmed större chans att överleva i ett nytt habitat som följer med spridningen. En faktor som underlättar ogräsartens etablering i det nya habitatet är förekomst av regelbundna störningar. En störning ger ogräset tid och möjlighet att etablera sig på bar mark utan samma hårda konkurrens från andra växter. På en åker sker kontinuerligt störningar under året och vid flera tillfällen ligger marken bar innan grödan har hunnit etablera sig (Both et al., 2003).

Tungate et al. (2007) visade att de rådande klimatförändringarna kan komma att leda till en större konkurrenskraft hos ogräs jämfört med vissa jordbruksgrödor. I undersökningen studerade man hur klimatförändringarna kom att påverka interaktionerna mellan ogräsarterna *Senna obtusifolia* (sojasenna) och *Sida spinosis* (taggmalva) och grödan *Glycine max* (sojaböna). Tungate et al (2007) konstaterade att orsaken till ett ändrat konkurrensbeteende hos ogräsen är främst skillnader i geografiska ursprung. Även om det finns en osäkerhet i exakt geografiska ursprung hos en art visar fakta på att ett ogräs som härstammar från ett varmare klimat än grödan det konkurrerar

med, kommer att gynnas mer än grödan i en framtida temperaturökning. Det har argumenterats för att ett ogräs med tropiskt ursprung skulle reagera starkt positivt även på mycket små temperaturökningar. Resultaten från undersökningen tyder på de båda ogräsarterna *Senna obtusifolia* och *Sida spinosis* var tillväxtbegränsade vid lägre temperaturer vilket också gav dem lägre konkurrenskraft. Detta faktum ligger till grunden för tanken om att egenskaper som är associerade med ursprunget har stor betydelse för hur ogräsen kan tänkas sprida sig till kallare områden i framtiden (Tungate et al., 2007).

## **6. Klimatförändringarnas indirekta effekter**

### **6.1 Hur jordbruket i Sverige förväntas förändras till följd av klimatförändringarna**

Förutom de direkta klimateffekterna på ogräsfloran såsom temperaturhöjning, ändrad nederbörd och ökad koldioxidhalt i atmosfären, kommer sannolikt det förändrade klimatet att medföra stora omställningar i jordbruket. Med ändrade förutsättningar för odling kommer lantbrukaren ges möjligheten att anpassa växproduktionen genom t.ex. ändrat grödval, växtföljd och bearbetningsstrategi. En annan faktor som kan tvinga fram en omställning i lantbruket är samhällets försök att minska klimatpåverkan och utsläpp av växthusgaser. En förändring av växtodlingssystemet skulle innebära en ändrad livsmiljö för ogräsen. Ogräs som tidigare inte varit något problem kan tänkas gynnas av dessa nya livsmiljöer. Klimat- och sårbarhetsutredningen bedömer utifrån klimatsimuleringar att den svenska jordbruksmarken har en potential att ge en produktionsökning på 15-30% till 2050 (SOU 2007:60). För att möta den ökade tillväxtpotentialen kommer med stor sannolikhet behovet av näringsämnen att öka vilket kan leda till en mer omfattande användning av mineralgödsel (Smith et al., 2004). Osäkerheten i klimatmodellerna som används är dock betydande och den verkliga produktionsökningen är beroende av hur samhället och tekniken utvecklas. För att ta till vara på jordbrukets potential krävs mer forskning på hur jordbruket i framtiden ska hantera problem som dränering, skadegörare och ogräs. Det behövs även forskning om vilka grödor som i framtiden kan bli aktuella att odla. Med ändrade förutsättningar kommer grödvalen att förändra växtföljden. Högre temperaturer, försommartorka och ökat antal skadegörare kommer troligen att öka andelen höstsådda grödor framför andelen vårsådda grödor (SOU 2007:60). Skörderesultaten förväntas bli mycket olika för olika grödor. En ökad temperatur främjar framförallt produktion av rotfrukter som sockerbetor, eftersom de kan fortsätta växa så länge vegetationsperioden varar. Den svenska potatisodlingen skulle till och med kunna fördubblas. När det gäller spannmål blir temperaturökningen inte lika tillväxtbefrämjande. Stråsåd kommer antagligen inte lämpa sig lika bra i Sydsverige som tidigare, då proteininlagringen försvåras med höga temperaturer under kärnfyllnaden. Även mindre vanliga grödor såsom solros, vinodling och majs kan i framtiden bli allt mer intressanta att odla i Sverige. Klimatet anger bara vad som teoretiskt är möjligt att odla, vad som faktiskt blir odlat avgör sedan efterfrågan och lönsamheten (Bernes, 2007). En allt mer omfattande odling av konkurrenssvaga grödor som majs kan ge ett ökat behov av ogräsbekämpning. Det är i dagsläget osäkert hur mycket behovet av ogräsbekämpning kan öka,

men om bekämpningsmedelsanvändningen skulle öka till dansk nivå så är det fråga om en fördubbling och kostnaden skulle årligen bli cirka 1200 miljoner kronor (SOU 2007:60).

Det saknas idag forskning på hur olika grödor kommer att påverkas av klimatförändringarna i Sverige. Fogelfors et al. (2008) från SLU har dock bland annat sammanställt hur växtföljden i olika delar av Sverige kan komma att se ut i framtiden. Till följd av den förväntade nederbördsökningen på höst- och vinterhalvåret kommer Skåne och södra delarna av Sverige att ha våtare markförhållanden på våren. Dessa förhållanden gynnar höstsådda grödor och på lång sikt kommer höstsådda grödor att dominera växtföljden på de vårsådda grödornas bekostnad. Även ur växtskyddssynpunkt är det fördelaktigt att odla höstsådda grödor eftersom de inte blir lika hårt angripna av skadegörare som vårsådda grödor. Höstsådda grödor har dessutom fördelen att de kan utnyttja den längre vegetationsperioden i större utsträckning än vad de vårsådda grödorna kan. En av de grödor som med framtida klimatförändringar bedöms ha en hög tillväxtpotential är raps. Idag odlas raps på 6 % av jordbruksarealen i södra Sverige, men i framtiden ser man en ökad andel av höstraps i växtföljden. Även majs bedöms man kommer att gynnas av klimateffekter som en höjd temperatur. När det gäller sockerbetor är det svårt att bedöma vilka möjligheter till odling som finns i framtiden, men en mer kännbar försommartorka kan öka behovet av bevattning. Med en förlängd vegetationsperiod kan det bli möjligt att odla två grödor inom en ettårsperiod. Det kan även bli möjligt att odla nya sorters grönsaker och baljväxter som till exempel sojaböna (Fogelfors et al., 2008). Förutsättningarna för odling kommer att se snarlika ut för Mälardalen som för Skåne och södra delarna av Sverige idag. De framtida klimatförhållandena kommer att gynna höstsådda grödor, fodermais och fler baljväxter, såsom lupin och åkerböna kan komma att odlas på mer omfattande arealer. Klimatscenerierna för norra Sverige tyder på att uppvärmningen inte kommer bli lika stor där som längre söderut och därav kommer inte heller vegetationsperioden öka lika mycket. Idag domineras växtföljden i norra Sverige av vall, men i framtiden kan det bli möjligt att ha inslag av mer stråsäd och även oljeväxter. En faktor som kan tänkas hindra växtföljdsutvecklingen i norra Sverige är dåliga övervintringsförhållanden (Fogelfors et al., 2008).

## 6.2 Ogräsbekämpning

### 6.2.1 Herbicider

Klimatförändringarna kommer inte bara att påverka ogräsens konkurrensförmåga och utbredning, utan de kommer även påverka människans möjligheter att kontrollera och bekämpa ogräs. Variabler som temperatur, vindhastighet, markfuktighet och luftfuktighet påverkar alla hur effektivt bekämpningen av ogräs blir vid applicering av herbicider<sup>9</sup> (Muzik, 1976; Hatzios, 1982). I ett förändrat klimat kommer med stor sannolikhet dessa miljövariabler förändras och snabba väderomväxlingar kan förändra förutsättningarna för herbicidanvändning. En annan faktor som indirekt kan komma att påverka herbicidanvändningen är en högre koldioxidkoncentration.

---

<sup>9</sup> Herbicider är ett samlingsnamn för växtskyddsmedel som används för att bekämpa ogräs

En högre koldioxidhalt kan hos vissa arter påverka bladjocklek, kutikulatjocklek<sup>10</sup> och stomatas<sup>11</sup> densitet vilket kan reducera effekten av herbicider. En ökad koldioxidhalt leder även till mindre stomatakonduktans, ofta med så mycket som 50 %, vilket minskar transpirationen och upptaget av herbicider applicerade på marken. Herbicider som appliceras efter ogräsens uppkomst är som mest effektiva i groddstadiet. Ett varmare klimat och en ökad koldioxidkoncentration kan leda till att växternas utveckling påskyndas och växten befinner sig en mycket kortare tid i groddplantsstadiet, vilket försämrar herbicidens effekt. För perenna ogräs kan en ökad CO<sub>2</sub>-koncentration stimulera rhizom<sup>12</sup>- eller rottillväxt och därmed försvåra och markant höja kostnaderna för herbicidbekämpning. Även herbicidresistens kan i framtiden bli ett mer omfattande problem (Reddy, 2000).

### 6.2.2 Biologisk kontroll

Ett förändrat klimat och en höjd koldioxidkoncentration i atmosfären kan komma att påverka naturlig och implementerad biologisk kontroll av ogräs och andra skadegörare (Messenger et al., 1976). Svaret på hur den biologiska kontrollen kan tänkas förändras av klimatförändringar är inte enkelt. Som Patterson (1995) påpekade kan en global uppvärmning resultera i att insektspopulationerna lättare övervintrar och på så vis ökar den biologiska kontrollen av ogräs i någon mån. Eller så kan fallet bli det omvända att en ökad insektspopulation medför fler växtsjukdomar som minskar grödornas förmåga att konkurrera med ogräs (Patterson D.T. 1995). Hos ogräsarten *Solanum physalifolium* (bägarnattskatta) har man sett ett samband mellan dess närvaro och ökad förekomst av potatisbladmögel. *Solanum physalifolium* Rusby är en sommarannuell som uppträder som ogräs i Skåne, Blekinge och på Gotland. Arten tillhör familjen Solanaceae, potatisväxter och är mottaglig för *Phytophthora infestans* (potatisbladmögel). Eftersom *S. physalifolium* är vårgroende kan *P. infestans* föras vidare och infektera potatisbestånd tidigt på säsongen (Andersson et al., 2003).

### 6.2.3 Mekanisk ogräsbekämpning

Mekanisk ogräsbekämpning används framför allt för att bekämpa perenna ogräs. Genom mekanisk ogräsbekämpning eller andra jordbearbetningsåtgärder som plöjning, stubbearbetning och såbäddsberedning sönderdelas och förstörs ogräsens vegetativa organ. Därmed försvåras de perenna ogräsarternas övervintring och spridning i marken. En höjd koldioxidhalt stimulerar i många fall tillväxten av underjordiska delar mer än tillväxten av skott. En ökad rot- och rhizomtillväxt hos perenna arter kan avsevärt försvåra den mekaniska ogräsbekämpningen (Robers et al., 1994).

---

<sup>10</sup> Kutikulan är ett skyddande vaxskikt på växtens yttersta cellväggar och har bla uppgiften att skydda växten från kraftig vattenavdunstning.

<sup>11</sup> Stomata är detsamma som klyvöppning hos växten. Klyvöppningarna utgör bladets förbindelse med ytterluften och genom dessa sker gasutbyte och avdunstning av vattenånga.

<sup>12</sup> En rhizom är underjordisk stamdel hos en växt. Ofta innehåller de upplagringsnäring och fungerar som ett överlevnadsorgan under vinter och torrtid.

## **7. Vilka typer av ogräs kan komma att gynnas av klimatförändringarna?**

Ogräsfloran har varit och är fortfarande idag ett stort problem både i stadsmiljö och på åkern. Weber et al. (2005) genomförde en undersökning för att försöka fastställa hur ogrässituationen ser ut i Europa idag. Man lät skicka ut enkätundersökningar till ledande ogrässpecialister i 26 europeiska länder och bad dem uppge vilka ogräs som ansågs problematiska och vilka som hade hög spridningspotential. Artlistan man fick fram var omfattande och visade på att ogräs fortfarande är ett stort problem i Europa. Man poängterade att ogräsfloran har förändrats snabbt bara de senaste årtiondena till följd av de fortgående klimatförändringarna. Weber et al pekade på att fler storskaliga undersökningar behövs för att synliggöra framtida nya potentiella ogräsarter och för att kunna uppskatta omfattningen av deras påverkan.

Det är viktigt att ha i åtanke att samspelet mellan ogräs och grödor är beroende på lokala förutsättningar. De lokala variationerna som finns gör det svårt att generalisera. Hur grödan eller ogräset reagerar på klimatförändringar beror på många fysiologiska karaktärer som korrelerar eller inte korrelerar med fotosyntessystem. I jordbrukets ekosystem är tillväxt och konkurrens mellan gröda och ogräs, med samma eller olika fotosyntessystem, synkroniserat med hela växtodlingssystemet. Interaktion mellan gröda och ogräs är anpassat efter hur bonden brukar jorden. Faktorer som tid för sådd, plöjning, och andra jordbearbetningsåtgärder är på så sätt avgörande för hur utfallet blir. Som Patterson (1995) sammanfattat; i de flesta naturliga ekosystem där C3- och C4-växter samexisterar, är de olika fotosyntessystemens mest aktiva tillväxtfaser åtskilda för att minska konkurrensen dem emellan. Till skillnad från det naturliga ekosystemet har ogräsfloran i jordbruket homogeniserats genom mänsklig spridning, vilket har resulterat i artkombinationer som aldrig skulle uppträda i ett naturligt ekosystem (Patterson, 1995)

### **7.1 Betydelsen av växtens fotosyntessystem och dess konkurrensförmåga**

Det är svårt att se om några generella karaktärer hos ogräsen kan komma att gynnas i ett förändrat klimat, men man kan med ganska stor säkerhet dra slutsatser när det gäller vilket fotosyntetiskt system växten har. En C3-växt får oftast en högre biomassatillväxt än en C4-växt vid en högre koldioxidhalt i atmosfären. Visserligen är C4-växten bättre anpassad till varmare klimat med sämre vattentillgång, men i ett tempererat klimat som i Sverige förväntas inte temperaturökningen inom de närmsta 100 åren bli så hög att det skulle gynna C4-växten mer än C3-växten. De ogräs som har störst ekonomisk betydelse för jordbruket i Sverige är alla C3-växter, även de flesta grödor vi odlar är C3-växter. I de växtodlingssystem där både gröda och ogräs är C3- växter bedöms tillväxtökningen bli lika för de båda konkurrenterna. I ett varmare klimat kan det dock bli aktuellt att odla majs på större arealer än i dagsläget. Majs är en C4-växt med låg konkurrensförmåga framför allt i etableringsstadiet då stor del av marken ligger bar och ogräs har möjlighet att gro. Vid odling av konkurrenssvaga C4-grödor som majs kommer med stor sannolikhet C3-ogräs i framtiden bli ett stort problem.

## 7.2 Ogräs som finns i Sveriges närhet

Immigrationen av nya arter till Sverige har ökat allt eftersom handeln och resandet mellan länder har intensifierats. Med ett förändrat klimat är sannolikheten stor att icke inhemska ogräsarter kan etablera sig och upprätta livsdugliga populationer även på våra nordliga breddgrader. Ogräsarter som nu befinner sig i Sveriges närhet är potentiella ogräsproblem i ett förändrat klimat. *Ambrosia artemisiifolia* (malörtsambrosia) är en årlig växt som troligen härstammar från Nordamerika. Man tror att arten spred sig först till Europa under 1800-talet, eftersom den påträffats i botaniska skrifter som härrör från det århundradet. Idag är arten ett av de mest problematiska ogräsen i våra grannländer söderut i Europa. *A. artemisiifolia* är en C3- växt som är anpassad till kortdagsförhållanden, det vill säga att den fenologiska utvecklingen förlängs med ökad dagslängd (Déchamp et al., 2003). Arten har påträffats i södra Sverige, men på dessa latituder råder långdagsförhållanden och det är en orsak till varför det finns tveksamheter om den skulle kunna upprätthålla livsdugliga populationer i vårt land. För att kunna avgöra om arten i framtiden kan bli ett problemogräs i Sverige krävs forskning hur arten uppträder i svenska framtida klimatförhållanden.

Liksom ogräsarter i Sveriges närhet förväntas sprida sig in i landet, förväntas regionala ogräs sprida sig norrut i Sverige. Några arter vars utbredning är begränsad av det rådande klimatet och kan tänkas få en mer omfattande utbredning i ett varmare klimat är *Alopecurus myosuroides* (renkavle), *Solanum physalifolium* (bägarnattskatta) och *Bromus sterilis* (sandlosta). På växtskyddscentralen i Alnarp har man enligt Henrik Hallqvist redan sett tendenser på att *A. myosuroides* har börjat sprida sig norr ut i Sverige.

## 7.3 Ett varmare klimat med ändrat nederbördsmönster

Glemnitz et al. (2000) kunde i en studie fastställa att ogräsantalet ökar i takt med att temperaturen ökar. Utifrån detta konstaterande kan man dra slutsatsen att då Sverige i framtiden får ett varmare klimat, kommer även antalet ogräs att öka. Ytterligare en rapport som styrker detta antagande är en undersökning av Andreasen et al. (2008). Andreasen et al. (2008) jämförde ogräsförekomsten mellan åren 1987-1989 och 2001-2004. Man studerade antalet vanliga ogräs i vårkorn, vårraps, höstråg, höstvetete och gräsvall. Man kunde se en generellt ökad förekomst av antal ogräsarter i alla de olika odlingssystemen vilket man bland annat antog berodde på de senaste årtiondenas klimatförändringar (Andreasen et al., 2008)

En högre temperatur och en ökad koldioxidhalt medför generellt en snabbare fenologisk utveckling hos växter. En snabbare utveckling i kombination med en längre vegetationsperiod ger förändrade förutsättningar för de arter som lever där. En art som tidigare inte hunnit fullfölja sin livscykel i Sverige kan nu förväntas överleva och reproducera sig här. *Phalaris minor* (småflen) är ett exempel på en ogräsart som i dagsläget inte förekommer i Sverige, men som har stor potential att i framtiden bli ett problematiskt ogräs även här. Arten är ett allvarligt ogräsproblem i vete- och risodlingar i Asien, men man har på senare år sett att det spridit sig till Irland och Europa (Anonym, 2004).

En högre temperatur och en ökad koldioxidhalt påverkar växtens fenologi och reproduktion olika beroende på art. Man har sett en tendens till tidigare blomning hos *Amaranthus retroflexus* (svinamarant) och *Ambrosia artemisiifolia* (malört), och *Echinochloa crus-galli* (hönshirs). En tidigare blomning kan i vissa fall möjliggöra en snabbare etablering och spridning av nya ogräsplantor (Potvin et al., 1985).

*E. crus-galli* och *A. retroflexus* är exempel på ogräs som kan tänkas gynnas av ett ändrat nederbördsmonster (Eckersten et al., 2007). *E. crus-galli* är ett gräsogräs med C3-fotosyntes som gynnas av en växtföljd som domineras av höstsådda grödor. Enligt Zakharenko (1996) är arten en av de viktigaste ogräsarterna i både stråsåd, sockerbetor, potatis och solrosor i Ryssland. *A. retroflexus* är ett vanligt ogräs på åkermark i stora delar av världen där det orsakar stora skördeminskningar i grödor som majs, vårmete, sojaböna, grönsaker och oljeväxter. Arten är en C4-växt som generellt är bättre anpassade till varmare och torrare miljöer än C3-växter (Weaver et al., 1980). Enligt Henrik Hallqvist förekommer *E. crus-galli* och *A. retroflexus* endast tillfälligt i södra delarna av Sverige i grödor med svag konkurrenskraft som majs och sockerbetor. Med de framtida klimatförändringarna kan det bli mer aktuellt att odla större arealer majs i Sverige och i kombination med torrare och varmare somrar ökar risken för att *E. crus-galli* och *A. retroflexus* etablerar livsdugliga populationer (Hallqvist, H. per. medd. 2009). Det finns dock vissa osäkerheter då de båda arterna är utpräglade kortdagsväxter som får en fördröjd fenologisk utveckling i långdagsförhållanden som i Sverige (Eckersten et al., 2007).

Enligt klimatmodeller förväntas medeltemperaturen i Sverige under en vintermånad i norra Sverige att öka med så mycket som 6-7 grader till slutet av sekelskiftet. För ogräsfloran kommer det att innebära att arter med mindre vinterhårdiga egenskaper, till exempel *Alopecurus myosuroides* (renkavle) och *Solanum physalifolium* (bägarnattskatta) förväntas överleva i större utsträckning (Eckersten et al., 2007).

#### **7.4 Växtföljder med större andel höstsådda grödor**

Andreasen et al. (2008) konstaterade att ogräsfloran på åkermarken i Danmark de senaste åren fått ett allt större inslag av vinterannueller och gräsogräs på grund av att höstsådda grödor börjat dominera växtföljden (Andreasen et al., 2008). Gräsogräs som *Alopecurus myosuroides* (renkavle), *Apera spica-venti* (åkerven) och *Bromus sterilis* (sandlosta) kan genom det ändrade växtodlingssystemet få möjlighet att bygga upp mycket kraftiga populationer vilket kan tvinga fram en ökad herbicidanvändning (Eckersten et al., 2007).

*Setaria viridis* (grön kavelhirs) är ett av de vanligast förekommande gräsogräsen i världen och är dessutom medräknad i listan ”The world’s worst weeds”(Holm et al., 1977). Eftersom ogräset har livsdugliga populationer i Sveriges närhet finns en riska att arten i framtiden kan invandra till Sverige.

#### **7.5 Reducerad jordbearbetning**



En ökning i andelen höstsådda grödor minskar chanserna för att hinna med mekanisk ogräsbekämpning mellan skörd och sådd. Mindre mekanisk ogräsbekämpning gynnar perenna ogräs med vegetativ förökning, som *Artemisia vulgaris* (gråbo) och *Cyperus esculentus* (jordmandel). Arten förökar sig både genom fröproduktion och genom återväxt från växtdelar som lämnats kvar på åkern (Andreasen et al., 2008).

### 7.6 Problematiska ogräs idag – vad händer med dem i framtiden?

Enligt Henrik Hallqvist på Växtskyddscentralen i Alnarp är tre av de mest problematiska gräsogräsen i Sverige idag *Elymus repens* (kvikrot), *Apera spica-venti* (åkerkerv) och *Poa annua* (vitgröe). Det finns vissa spekulationer om att *E. repens* kan komma att missgynnas av ett varmare klimat än vad som råder i Sverige idag, medan *P. annua* istället förväntas gynnas (Hallqvist, H. per. medd. 2009). De vanligaste förekommande ogräsen i vårsådda grödor är *Chenopodium* (mållor) och *Galeopsis* (dån) och i höstsådda grödor dominerar *Tripleurospermum perforatum* (baldersbrå), *Stellaria media* (våtarv) och *Capsella bursa-pastoris* (lomme). Det finns idag inga uppgifter på om dessa ogräs förväntas gynnas eller missgynnas av ett förändrat klimat i Sverige (Hallqvist, H. per. medd. 2009).

## 8. Slutsats

Syftet med föreliggande rapport var att utreda hur klimatförändringar kan komma att påverka ogräsfloras sammansättning i Sverige. Tanken var att i slutsatsen ge konkreta exempel på ogräs som kan bli problematiska för växtproduktionen i framtiden. Efter omfattande litteraturstudier visade det sig att det är svårt att ge några enkla svar. Det saknas idag kunskap om samspelet mellan gröda och ogräs i kombination med ett förändrat klimat. Inte minst saknas forskning utifrån svenska förhållanden. Materialet till föreliggande rapport är därför till stor del hämtat från internationella undersökningar. Många av forskningsresultaten kan översättas till svenska förhållanden, men då samspelet mellan ogräs och gröda ser olika ut beroende på lokal, behövs ändå forskning för att kunna ge mer detaljerade framtidsprognoser.

Klimatförändringarna kommer att ge direkta effekter på ogräsfloran, genom att ett varmare klimat med en högre koldioxidhalt i atmosfären gynnar växter med C3-fotosyntes. Detta faktum är oroväckande då de flesta åkerogräs i Sverige är C3-växter. Ändrade nederbördsmonster kommer eventuellt att gynna arter som till exempel *Echinochloa Crus-galli* (hönshirs) och *Amaranthus retroflexus* (svinamarant) och med en högre medeltemperatur kan arter med mindre vinterhårdiga egenskaper, till exempel *Alopecurus myosuroides* (renkavle), upprätta livsdugliga populationer. Längre vegetationsperioder kommer att förskjuta klimatzonerna norrut och Sverige riskerar att få in okända arter söderifrån som till exempel *Ambrosia artemisiifolia* (malörtsambrosia). De kommer även att ske en allt mer nordlig utbredning av de redan befintliga ogräsarterna i Sverige som till exempel *A. myosuroides*, *Solanum physalifolium* (bägarnattskatta) och *Bromus sterilis* (sandlosta). Klimatförändringarna kommer även att ge indirekta effekter på ogräsfloran genom förändringar i själva växtodlingen. Större areal höstsådda grödor förväntas gynna gräsogräs som

*Apera spica-venti* (åkerven) och *Bromus sterilis* (sandlosta) och *Setaria viridis* (grön kavelhirs). Reducerad jordbearbetning kan komma att gynna perenna ogräsarter som *Artemisia vulgaris* (gråbo) och *Cyperus esculentus* (jordmandel).

Det finns idag inga absoluta sanningar om vare sig framtida klimat eller hur klimatet påverkar samspelet mellan gröda och ogräs. Forskarna kan i nuläget endast spekulera om ogräsfloras sammansättning i framtiden. Det kvarstår flera frågor som: Kommer ogräs som är anpassade till kortdagsförhållanden kunna upprätta livsdugliga populationer här i Sverige? Hur kommer införandet av integrerad växtproduktion påverka ogräsfloran? Hur kan man undvika att besvärliga ogräs immigrerar in i landet? Hur ska man i framtiden hantera frågor som herbicidresistens? Klimatförändringarna kommer att ändra förutsättningarna för växtodling och för att underlätta jordbrukets anpassning till ett förändrat klimat behövs forskning och spridning av kunskap.

## **Referenser**

### **Skriftliga källor:**

Andersson B., Johansson M., Jönsson B. (2003) First report of *Solanum physalifolium* as a host for *Phytophthora infestans*. *Plant diseases* 87, 1538

Andreasen C., Stryhn H. (2008) Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. *European Weed Research Society. Weed Research* 48, 1-9, 2008.

Anonym (2004) *Crop Protection* 2004, 17 april:  
[http://www.farmersjournal.ie/cp2004/canary\\_grass.pdf](http://www.farmersjournal.ie/cp2004/canary_grass.pdf)

Bernes C. (2007). *En ännu varmare värld, växthuseffekten och klimatets förändringar*. Värnamo. Fälth & Hässler

Boese S.R., Wolfe D.W., Melkonian J.J. (1997) Elevated CO<sub>2</sub> mitigates chilling-induced water stress and photosynthetic reduction during chilling. *Plant, Cell and Environment* 20, 625-632

Booth B., Murphy S., Swanton C. (2003). *Weed ecology in natural and agricultural systems*. New York. CABI Publishing

Bunce J.A. (1983) Differential sensitivity to humidity of daily photosynthesis in the field in C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> species. *Oecologia* 54, 233-235

Coleman J.S., Bazzaz F. (1992) Interacting effects of elevated CO<sub>2</sub> and temperature on growth and resource use of co-occurring C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> annuals. *Ecology* 73, 1244-1259

Déchamp C., Méon H. (2003) Ragweed, a new European biological air and soil pollutant: a call to the European Community for help to prevention of ragweed allergenic disease, a necessity of improving the quality of life of a large range of people. Arppam: Lyon

Eckersten H., Andersson L., Holstein F., Mannerstedt Fogelfors B., Lewan E., Sigvald R., Torsell B. (2007) *Bedämningar av klimatförändringarnas effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige. Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Fogelfors H., Wivstad M., Eckersten H., Holstein F., Johansson S., Verwijst T. (2008) *Framtidsanalys av svenskt jordbruk, odlingsystem och jordbrukslandskap i förändring (FANAN)*, The faculty of natural resources and agriculture, Sveriges Lantbruksuniversitet

Fuhrer J. (2003), Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change, Science direct, Agriculture, Ecosystems and Environment 97 (2003) 1–20, 2003 Elsevier Science B.V.

Glemnitz M., Czimer G., Radics L., Hoffmann J. (2000) Weed flora composition along a north – south climate gradient in Europe. Acta Agronomica Ovariensis, Volume 42: 2, 155-169, 2000

Hatzios K.K., Penner D. (1982) Metabolism of herbicides in higher plants. CEPCO Div., Burgess Publ., Edina, MN.

Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., Herberger J.P. (1977) The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. University of Hawaii Press, Honolulu

Houghton J.T., Thomas T.H. (1996) Effects of elevated carbon dioxide concentration and temperature on the growth and competition between sugarbeet (*Beta vulgaris*) and fat-hen (*Chenopodium album*). Aspects of Applied Biology 45, 197-204

Håkansson S. (2003) Weeds and weed management on arable land: an ecological approach. CABI Publishing, Wallingford

IPCC, 2000. Emission Scenarios. Summary for Policymakers. A Special report of IPCC working group III: IPCC, Geneva, Switzerland. Pp 20

IPCC, 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2007b. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Synthesis report (The AR4Synthesis Report) to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Kimball B.A (1983) Carbon dioxide and agricultural yield: an assemblage and analysis of 430 prior observations. Agronomy Journal 75, 779-778.

Messenger P.S., Biliotti E., R. van den Bosch. (1976) The importance of natural enemies in integrated control. Pages 543-563 in C. B. Huffaker and P. S. Messenger, ed., Theory and practice of biological control. Academic Press, New York.

Monaco T., Weller S., Floyd A. (2002). Weed science, principles and practices, New York, John Wiley & Sons.

Morison J.I.L., Morecroft M.D. (2006) Plant growth and climate change, Oxford, Blackwell Publishing Ltd.

Muzik T.J. (1976) Influence of environmental factors on toxicity to plants. Pages 204-247 in L. J. Audus, ed., Herbicides: Physiology, biochemistry, ecology. 2nd ed. Vol. 2. Academic Press, New York.

Patterson D.T. (1995), Weeds in a changing climate, *Weed Science*, 1995, volume 43:685-701

Patterson D. T. (1993) Implications of global climate change for impact of weeds, insects, and plant diseases. *International crop science* 1, 273-280

Patterson D.T., Highsmith M.T., Flint E.P. (1988) Effects of CO<sub>2</sub> enrichment on competition between a C<sub>4</sub> weed and a C<sub>3</sub> crop. *Weed Science* 32, 101-105

Potvin C., Strain B.R. (1985) Effects of CO<sub>2</sub> enrichment and temperature on growth in two C<sub>4</sub>weeds, *Echinochloa crus-galli* and *Eleusine indica*. *Canadian Journal of Botany* 63, 1495-1499

Reddy K.R (red.). (2000). Climate change and global crop productivity. Cary, NC, USA: CABI Publishing, 2000

Rogers H.H., Runion G.B., Krupa S.V. (1994) Plant responses to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment with emphasis on roots and the rhizosphere. *Environmental Pollution* 83, 155-189

Schroeder D., Mueller-Schaerer H., Stinson C.A.S (1993) A European weed survey in 10 major crop systems to identify targets for biological control. *Weed Research* 33, 449-458, 1993

Sionit, N., Mortensen D.A., Strain B.R., Hellmers H. (1981) Growth response of wheat to CO<sub>2</sub> enrichment and different levels of mineral nutrition. *Agron. J.* 73:1023-1027. 125.

Sionit N., Strain B.R., Flint E.P. (1987) Interaction of temperature and CO<sub>2</sub> enrichment on soybean: growth and dry matter partitioning. *Can. J. Plant Sci.* 67:59-67. 127.

SMHI 2006, Klimat I förändring. Faktablad nr 29. Tillgängligt på:  
[http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad\\_klimat.pdf](http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad_klimat.pdf)

SMHI 2005, Extrem nederbörd 1900-2004. Faktablad nr 4 (nytryck). Tillgängligt på:  
[http://www.smhi.se/content/1/c6/02/35/26/attachments/extremnbd\\_uppd.pdf](http://www.smhi.se/content/1/c6/02/35/26/attachments/extremnbd_uppd.pdf)

SMHI 2004, Variationer och trender I temperaturen och nederbörden. Faktablad nr 22.  
Tillgängligt på: [http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad\\_variationer\\_och\\_trender.pdf](http://www.smhi.se/sgn0102/n0205/faktablad_variationer_och_trender.pdf)

Smith D.L, Almaraz J.J. (2004), Climate change and crop production: contributions, impacts, and adaptations, Canadian Journal of Plant Pathology Vol. 26: 253–266, 2004

SOU 2007:60, Statens offentliga utredningar: Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter, Miljödepartementet, Klimat- och sårbarhetsutredningen. Tillgänglig på <http://www.regeringen.se/sb/d/108/a/89334>, 2008-10-27

Tubiello F., Soussana, J-F., Howden M. (2007). Crop and pasture response to climate change. New York. CABI Publishing

Tungate K.D., Israel D, Watson D., Rufty T. (2007), Potential changes in weed competitiveness in an agroecological system with elevated temperatures, Science direct, Environmental and Experimental Botany 60 (2007) 42–49, 2006 Elsevier B.V.

Zimdahl R.L. (1980) Weed crop competition: A review. International Plant Protection Center, Corvallis, OR.

Zakharenko W. (1996) Interaction between weeds and crops. Assessment of crop losses in Russia. Proc.Xth International Symposium on the Biology of Weeds, Dijon, pp. 131-135

Weaver S.E., McWilliams E.L. (1980) The biology of Canadian weeds. 44. *Amaranthus retroflexus* L., *A. powelli* S. Watts. And *A. hybridus* L. Canadian Journal of Plant Science 60: 1215-1234

Weber E., Gut D. (2005), A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe, Agron. Sustain. Dev. 25, 2005, 109–121 109, INRA, EDP Sciences

**Muntliga källor:**

Hallqvist H., Växtskyddscentralen, Alnarp. Telefonsamtal januari 2009.

**Webbsidor:**

<http://www.smhi.se>