



Behandling av utsäde

- litteraturstudie samt försök med dragerat
rapsutsäde för fördröjd groningen

Lisa Wigh

Handledare: Dr Lars Andersson

EXAMENSARBETE, 30 hp, D-nivå

Institutionen för växtproduktionsekologi
Sveriges lantbruksuniversitet

Uppsala 2008

Förord

Detta examensarbete gjordes på initiativ från Lantmännen som en del i ett större projekt. Målet var att fördröja groningen av höstoljeväxter med tanken att höstoljeväxterna skall kunna sås på våren, tillsammans med en vårgröda, men inte gro förrän några veckor innan vårgrödan skördas.

Jag skulle vilja tacka alla som hjälpt mig att genomföra examensarbetet. Framförallt vill jag ge ett stort tack till min handledare Per-Johan Löf på Lantmännen som ständigt inspirerat och väglett mig genom mitt arbete. Dessutom vill jag tacka Martin Svensson, Lantmännen som hjälpt mig i kontakten med KTH och Jens Voepel, KTH som ytbehandlade fröna som användes i mina försök. Jag vill även tacka Lars Andersson som tagit sig tid att handleda och korrigera mitt examensarbete. Sist men inte minst ett stort tack till alla på Lantmännen och Svalöv Weibull som har informerat, förklarat och väglett mig genom ämnet, ingen nämnd ingen glömd.

Sammanfattning

Fröbehandling kan ha olika syften t.ex. växtskydd, storleksförändring, förbättrad groningen, mikronäring och fördröjd groningen. Behandlingen utförs oftast för att uppnå en säkrare odling med hög skörd och god kvalitet. För detta krävs en god start med snabb, jämn och fullständig groningen. Fördröjd groningen av raps är en del av fröbehandling som skulle kunna gynna jordbrukaren och miljön genom minskat antal jordbearbetningar. Målet med behandlingen är att höstrapsfrön skall kunna sås på våren men inte gro förrän till hösten, alltså att förhindra groningen av fröna under några månader, s.k. reläodling. När den andra grödan skördas är målet att rapsen skall gro och tillväxa för skörd nästkommande år.

Behandlingen av fröna utfördes på KTH av ytkemisten, Jens Voepel. Min del av studien syftar till att se hur behandlingen av rapsfröna påverkar dess groningen. När ett frö har alla förutsättningar för att gro befinner det sig i groningsfasen. I groningsfasen gynnar gibberelin (GA) groningen och abskisin (ABA) hindrar den. För att hindra groningen kan alltså ABA eller GA inaktiverade substanser tillsättas. Fyra försök genomfördes (A-D) varav A med tillsats av 50 µg paclobutrazol (PBZ, en GA hämmande substans), B med 50 µg ABA, C med olika doser av PBZ (2-32 µg) och D med 1, 5 µg jamonatsyra (JA). Varje försök bestod av 5-6 olika ytbehandlingar med 3 replikationer. Ytbehandlingarna för försök A och B var, groningshämmare G, G+skyddslager av vattenlöslig polymer S, G+S+modifierad hemicellulosa M, G+S+M+tvärbindingssalt adderas-hydrogel T, G+S+M+T+hydrofob lager. I försök C tillsattes bara groningshämmare i olika doser (2-32µg) och i D groningshämmare i två olika doser +M. Groningsförsöken utfördes i inkubator. Efter tio veckor tvättades försök A och B med acetone varefter GA3 tillsattes. I försök C och D tillsattes endast GA3.

PBZ hämmade groningen men dosstorleken påverkade inte hur många frön som grodde vilket inte stämmer överens med tidigare studier. ABA hämmade också groningen, enbart ABA var effektivast och den med flest övriga behandlingar hämmade minst. JA eller behandlingen med modifierad hemicellulosa hämmade groningen hos mindre än 10 % av fröna vilket inte är tillräckligt för att kunna utnyttjas. Ingen av produkterna gör det möjligt att styra groningen utan att tillsätta ytterligare substanser i efterhand, något som resulterar i ökade kostnader. Slutsatsen är att ytbehandlingarna inte fungerat som väntat vilket gett en ofärdig produkt.

Innehållsförteckning

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
INLEDNING.....	4
SYFTE.....	4
LITTERATURGENOMGÅNG - BEHANDLING AV UTSÄDE	4
FÖRBÄTTRAD GRONING.....	5
<i>Priming</i>	6
VÄXTSKYDD	7
<i>Formuleringar</i>	7
<i>Fungicider för fröbehandling</i>	7
<i>Insekticider för fröbehandling</i>	9
<i>Teknik</i>	10
STORLEK, VIKT OCH FORMFÖRÄNDRING.....	11
<i>Teknik</i>	12
STUDIE, FÖRDRÖJD GRONING AV RAPS	12
GRONING	12
<i>Groningsprocessen</i>	12
<i>Groningsvila</i>	13
<i>Mekanismerna bakom groning och groningsvila</i>	14
<i>Klassificeringssystem</i>	14
FÖRDRÖJD GRONING	16
<i>Hormoner</i>	16
<i>Konstjord fysisk groningsvila</i>	16
INLEDNING AV STUDIE	17
MATERIAL OCH METODER.....	17
GRONINGSTEST	17
<i>Kontroll vid avslutat försök A, B</i>	18
<i>Tillväxt (försök C och D)</i>	19
<i>Kontroll vid avslutat försök C, D</i>	19
STATISTIK	19
RESULTAT	19
DISKUSSION/SLUTSATS.....	23
REFERENSER.....	25

Inledning

Jordbruksproduktionen påverkas av många faktorer såsom växtmaterial, jordart, jordbearbetning, såtidpunkt, såddjup, väder, ogräs, insekter och sjukdomsangrepp. Många av faktorerna är möjliga att reglera men flera av dem går ej att styra. Det är därför viktigt att de faktorer som är möjliga att reglera fungerar så bra som möjligt. För att bekämpa/förhindra sjukdomsangrepp besprutas hela fält med pesticider vilket kan vara mycket kostsamt och skadligt för miljön. En alternativ metod är att placera pesticiderna på fröytan, vilket effektiviserar skyddet mot sjukdoms- och insekts angrepp (Scott 1989). Pesticider applicerade på frön ger möjlighet att kontrollera sjukdomar och insekter på en specifik yta med minimal kontaminering av miljön (Taylor 2003). De är en form av fröbehandling, som syftar till att ge hög skörd med god kvalitet. För detta krävs en god start med snabb, jämn och fullständig groningen (Heydecker & Coolbear 1977). Fröbehandling kan ha olika syften t.ex. växtskydd, storleksförändring, mikronäring, förbättrad groningen och fördröjd groningen.

Syfte

Denna studie syftar till att kartlägga dagens fröbehandlingsmetoder, vilken teknik som används samt vilka pesticider som är aktuella att använda. Jag har avgränsat mig till fungicider och insekticider med speciellt fokus på insekticider då dessa används i mycket liten skala i Sverige. Studien fokuserar främst på raps.

Rapporten omfattar också framförallt resultat av groningsförsök på rapsfrön som i förväg behandlats av ytkemister på KTH. Syftet med försöket var att se hur behandlingen av rapsfröna påverkar dess groningen. Målet med behandlingen är att höstrapsfrön skall kunna sås på våren men inte gro förrän till hösten, alltså att förhindra groningen av rapsfröna under några månader. Höstrapsen sås in i redan etablerat höstvetet/vårgröda på våren för att sedan gro när höstvetet/vårgrödan skördas. På så vis behöver man inte bearbeta samt så under hösten vilket minskar arbetsintensiteten, antalet körningar/bearbetningar på fält och därmed näringsläckage. Rapsen fungerar sedan som fånggröda under hösten.

Litteraturgenomgång - behandling av utsäde

Behandling av frön kan utföras för flera syften. Dessa kan grovt delas in i tre områden: förbättrad groningen, behandling mot sjukdomar och insekter samt förändring av storlek, vikt och form (Halmer 2000). Frön kan variera mycket i storlek, form och färg. I många fall är de mycket små och oregelbundna vilket försvårar precisionsodling. I andra fall bör fröna skyddas mot en mängd skadeinsekter som attackerar dem under och efter groningen. Fröbehandlingsteknologin kan användas i båda syften och även i kombination med

varandra bland annat för att uppnå jämna plantavstånd vid precisionsodling och samtidigt fungera som en bärare av växtskyddsmedel. Coating är en mer avancerad form av fröbehandling som innefattar filmcoating, pelletering och enkrustering (Taylor *et al.* 1998).

Vilka typer av fröbehandlingar som man väljer att kalla för coating varierar. Nedan finns en definition av några av de uttryck jag använt i uppsatsen.

Definitioner

Coating – avancerad form av fröbehandling som innefattar *filmcoating*, *pelletering* och *enkrustering*

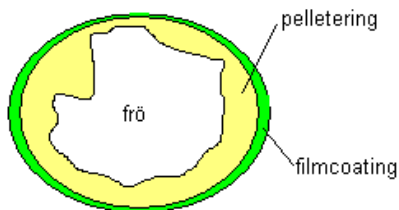
Filmcoating – heltäckande tunt ytlager av polymer, skyddar mot direktkontakt med pesticider, se figur 1

Pelletering – heltäckande lager för att ändra på fröets storlek, vikt och form, se figur 1

Enkrustering – en mindre form av pelletering där fröet till viss del jämnas ut

Priming – behandling för ökad grönings säkerhet och grönings hastighet hos fröet

Betning – applicering av pesticid på fröytan



Figur 1. Frö som både är pelleterat och filmcoatat. Mellan fröet och pelleteringslagret är det vanligt att tillsätta en fungicid medan insekticiderna ofta appliceras mellan pelletering och filmcoatinglagret. Filmcoatinglagret kan även appliceras direkt på fröytan.

Förbättrad groning

Med gröningsförbättring menas ofta ökad grönings hastighet och grönings procent för att få en snabbare och jämnare uppkomst i fält. Detta kan vara speciellt viktigt när plantan hamnar under stress av faktorer som kyla, vatten eller en kombination av dem båda (Halmer 2000).

Priming

Priming är även känt som "osmoconditioning", "matricpriming", "hydropriming" mm. Groningsförbättringar före sådd, utan någon grodd, kan som samlingsnamn kallas för priming. Tanken bakom priming är att låta fröna fullfölja den första delen av groningsfasen innan de sås. Frön som behandlas på detta sätt gror fortare och en högre andel av fröna blir till färdiga plantor. Det är allmänt vedertaget att den naturliga spridningen i groningshastighet mellan frön minskar, vilket resulterar i jämnare slutprodukt (Finch-Savage 1995). Användandet av priming och liknande tekniker har utvecklats mycket under de senaste 25 åren. Detta gäller främst för grödor som potatis, tomat, sallad, lök, morot, paprika och prydnadsväxter (Halmer 2000).

De första kommersiella metoderna utvecklades i början på 70-talet och använde sig av polyetyleneglykol (PEG). Vid fri tillgång ökar fröets vattenhalt till 50% vid första kontakten med vatten. Fröets vattenupptag avstannar sedan för att återupptas när fröet skall gro samt skott och rot skall tillväxa. Detta sker under förutsättning att det är rätt temperatur och att fröet har fortsatt tillgång på vatten. PEG-lösningen verkar så att vattenhalten i fröna istället stiger till ca 40% vid första kontakt med lösningen, detta varierar dock mellan arter och koncentrationen på PEG-lösningen. Anledningen till det begränsade vattenupptaget är att PEG-lösningen har en negativ vattenpotential på -1 till -1.5 MPa. På grund av den låga vattenhalten i fröet kan nu inte de metaboliska processerna fortgå och fröet kan därför inte gro så vida det inte kommer i kontakt med vatten igen (Tonko Bruggink 2005). De negativa egenskaperna hos PEG är att det går åt ca 300g/liter vatten och att lösningen måste vara tio gånger frövikten. Vid torkning av fröna kan det också uppstå problem med PEG-lösningen p.g.a. dess låga lösningsförmåga av syre. Därför har andra liknande metoder utvecklats (Tonko Bruggink 2005).

"Halopriming" innebär blötläggning av frön i olika koncentrationer av oorganiska saltlösningar. Denna förbehandling används främst för saltpåverkade jordar eftersom det har visat sig att halopriming gett förbättrad groning, uppkomst etablering och avkastning på dessa jordar (Ashraf & Foolad 2005).

I många jordbruksområden beror dålig etablering och låg avkastning på ett ogynnsamt klimat. Om fröna då har möjlighet att gro snabbt och etablera djupa rötter innan ytan torkar upp och skorpa bildas finns möjlighet för god etablering och större avkastning. "Hydropriming" är en enklare metod där man använder sig av vanligt vatten eller syretillsatt vatten. Resultaten kan dock vara varierande (Ashraf & Foolad 2005).

"Matrixpriming" är en process där en lösning innehållande fast material används för priming av fröna. Det involverar en blandning av vermikulit, celit eller liknande och vatten för att kontrollera effekter av vatten, syre och temperatur på groningen. "Solid matrix" primade frön kan ta upp tillräckligt med vatten för att slutföra förgroningen men hindrar rotanlagets penetrering av fröskalet. Andra former av priming kan ske med tillväxthormoner, värme eller kyla och genom bakteriell kontroll (Ashraf & Foolad 2005).

Växtskydd

Kemisk behandling (betning) av utsäde ger en ekonomisk garanti mot flertalet växtsjukdomar som kan drabba frön. År 2000 dominerades marknaden av fungicider (58%) följt av insekticider (26%) samt blandningar av dessa (16%). Fördelat globalt på grödor blir utfallet följande: (40%), majs (15%), oljeväxter (12%), ris (7%), potatis (7%), sockerbetor (6%) och bomull (5%) (Brandl 2001).

Formuleringar

Vid filmcoating är det viktigt att använda formuleringar som täcker hela fröytan, gör den slät och säkrar den aktiva substansens aktivitet och funktion. För fröbehandling finns formuleringar från damm och upplösningsbara pulver till de som är helt flytande (Brandl 2001). Formuleringarnas kvalitet vad gäller förvaringsmöjlighet, temperaturlighet, fästförmåga och spridningsmöjligheten över fröet beror helt på tillverkaren. Pigment eller färg är ofta inkluderat i formuleringen då många länder har detta som krav (Halmer 2000). Behandling med fungicider och insekticider kan ge en toxisk effekt på groningen av fröet. Detta kan upptäckas genom groningstester i laboratoriemiljö. Klassiska symptom är tjock rot och skott (Tonkin 1994).

Fungicider för fröbehandling

Fungicider dominerar ofta fröbehandling med pesticider av följande skäl:

- För att kontrollera markburna patogener som orsakar snömögel och rotbrand, fröröta och groddbrand före eller efter groning.
- För att kontrollera utsädesburna svampsjukdomar
- För att hjälpa övervintrande plantor, till ett friskt rotsystem och för att skydda energireserven mot svampsjukdomar, för en stark tillväxt på våren.
- För att kontrollera sjukdomar som uppstår tidigt på säsongen (Brandl 2001).

För kontroll av en rad betydelsefulla sjukdomar såsom snömögel (*Microdochium nivale*), rotbrand (*Pythium spp.*), flygsot (*Ustilago spp.*), stinksot (*Tilletia spp.*) och bladfläcksjuka (*Drechslera spp.*) finns fortfarande ett brett utbud av aktiva substanser. Många av de nyintroducerade substanserna kräver mindre aktiv substans och anses vara bättre för miljön (Brandl 2001).

Tabell 1. Aktiva substanser som introducerats under 1990 talet och de som har introducerats under 2000-talet (Brandl 2001)

Årtionde	Kemisk grupp	Aktiv substans	Företag
1990-talet	Triazoler	tebucnazole*	Bayer
		triticonazole	BASF
		difenoconazole	Syngenta
		flutriafole*	Syngenta
		diniconazole*	Sumitomo
	Phenylpyrrole	fenpiclonil* fludioxonil	Syngenta Syngenta
Phenylamid	metalaxyl-M	Syngenta	
Benzotriazine	triazoxid*	Bayer	
Anilinopyrimidines	cyprodinil pyrimethanil	Syngenta BASF	
Propanecarboxamide	carpropamid*	Bayer	
2000-talet	Quinazoline triazole	fluquinconazole*	Aventis
	Hindered silyl amine	silthiofam	Monsanto
	Aminoacid-amide Carbamate	iprovalicarb*	Bayer
	Imidazolinone	fenamidone*	Aventis
	Strobilurin	azoxystrobin	Syngenta
	Benzothiadiazole	azibenzolar-methyl*	Syngenta
Triazole	simeconazole*	Sankyo	

*Aktiv substans är ej godkänd i Sverige (KemI hemsida 2007-07-19)

Av triazolerna är tebucnazole, triticonazole och difenoconazole de mest använda vid fröbehandling. Triazolerna är de enda som erbjuder skydd mot flygsot. De varierar även lite i styrka och kan därför appliceras i olika mängder. Triticonazole t.ex. kan appliceras i upp till 120 g aktiv substans/100 kg utan att någon toxicitet uppvisas hos plantan. Tillsammans med metalaxyl-M kan difenoconazole bekämpa groddfusarios och rotbrand i extensiv spannmålsproduktion. Metalaxyl-M används mot flera *Pythium* arter och mot bladmögel på ärter, majs, oljeväxter och grönsaker. Triazoxide, cyprodnil och pyrimethanil förekommer i kombination med andra pesticider för att skydda mot strimsjuka *Drechslera graminea* på korn. Både fluquincoazole och silthiofam erbjuder genom fröbehandling skydd mot rotdödare som orsakas av svampen *Gaeumannomyces graminis f. sp. tritici* (Brandl 2001).

Insekticider för fröbehandling

Insekticidmarknaden för fröbehandling har sedan början av 1940 talet dominerats av:

organochloriner (lindane)
karbamater (carbofuran, furadan, furathiocarb)
pyretroider (beta-cyfluthrin, tefluthrin) (Brandl 2001).

Under lång tid inriktades den aktiva ingrediensen mot jordlevande insekter. Vissa karbamater kunde även skydda mot tidiga angrepp på bladverket upp till 10-15 dagar efter sådd. Lindan är idag förbjudet i flertalet länder och karbamaterna starkt ifrågasatta (Brandl 2001). Carbofuran är fortfarande godkänd i flertalet länder i Europa medan furathiocarb endast är godkänd i Belgien och Tjeckien. Furadan är idag inte godkänt i något europeiskt land (eu-footprints hemsida 2007-08-13). Nya insekticider som tillkommit på marknaden är i tids ordning:

Tabell 2. Aktiva substanser som introducerats under 1990 talet och de som har introducerats under 2000 talet (Brandl 2001)

Årtionde	Kemisk grupp	Aktiv substans	Företag
1990-talet	Neonicotinoid	imidacloprid thiamethoxam	Bayer Syngenta
	Phenylpyrazole	fipronil*	Aventis
2000-talet	Neonicotinoid	clothianidin* acetamiprid	Bayer (Takeda) Aaventis (Nissan)

* Aktiv substans är ej godkänd i Sverige (KemI hemsida 2007-07-19)

Dessa kemiska föreningar har gjort det möjligt att inte bara skydda fröet och fröplantan (grodplantan) mot jordlevande insekter utan täcker ett bredare spektrum såsom tidiga bladätande och växtsugande insekter. Neonikotinoider tas upp fort av fröet eller grodplantan och sprids därefter i plantan. Vid rekommenderad dos skyddar neonikotinoiderna i upp till 40 dagar efter sådd mot löss, trips, vita flygare, minerarflugor och andra skadegörare. Introduktionen av nya insekticider för fröbehandling på marknaden har lett till en minskad kemisk användning per ytenhet, antingen genom lägre mängd applicerad substans på fröet eller för att fröbehandlingen ersatt tidigare besprutning eller granulat användning (Brandl 2001).

Substansen imidacloprid (Bayer) används idag i 14 godkända produkter i Sverige av vilka fyra är betningsmedel.

- Chinook FS 200 (betacyflotrin 100 g L⁻¹, imidacloprid 100 g L⁻¹) mot skadeinsekter i odlingar av oljeväxter.
- Gaucho WS 70 (imidacloprid 70 vikt-%) mot skadeinsekter i odlingar av sockerbeter.

- Montur FS 190 (imidacloprid 150 g L⁻¹, teflutrin 40 g L⁻¹) mot skadeinsekter i odlingar av sockerbeter. Preparatet kommer att dras in (2008-12-31) på firmans begäran.
- Prestige FS 390 (pencykuron 21,9 vikt-%, imidacloprid 10,5 vikt-%) mot svampsjukdomar samt mot skadeinsekter i odlingar av potatis, appliceras genom betning av utsädet i samband med sättnings eller utsortering från lagerhus (KemI hemsida 2007-07-19).

Utanför Sverige är det möjligt att beta fler grödor med produkter som innehåller imidacloprid, vissa i kombination med en fungicid. Grödor möjliga för behandling förutom oljeväxter, sockerbeter och potatis är våra fyra vanliga sädeslag, majs, bomull, vall, ris, sorghum och solrosor. Det uppges verka mot löss, fruktflugor, gräshoppor, larver, termiter, trips, vita flygare, knäpparlarver, olika skalbaggar (inklusive jordloppa), olika vivlar, nematoder, och ett antal svampsjukdomar (Bayer Cropscience hemsida 2007-07-19).

Substansen thiametoxam (Syngenta) ingår i två produkter godkända av KemI. Produkterna som är till för betning av sockerbeter mot skadeinsekter får dock endast säljas utomlands (KemI hemsida 2007-07-19). Försök med imidacloprid och thiametoxam visade att den senare togs upp fortare och gav växten bättre skydd mot trips under torra förhållanden i bomull (Hofer et al. 2001). Utomlands används thiametoxam även till grödor såsom grönsaker, bomull, ris och potatis (Syngentas hemsida 2007-08-06). Produkten Cruiser som också innehåller thiametoxam har testats för både sockerbeter och oljeväxter och både Cruiser 70 WS och Cruiser RAPS 70 WS är godkända i Danmark och Finland. I Danmark är det den enda produkten som är registrerad för betning av oljeväxter (Rasmussen, 2004).

Substansen acetamiprid förekommer ej som betningsmedel i Sverige utan finns i preparatet, Mospilan SG, som sprutas i växande gröda (t.ex. äpple, päron, körsbär) för att skydda mot skadeinsekter (KemI hemsida 2007-07-19).

Teknik

Applikationstekniken kan delas in i tre kategorier: betning, tunn filmcoating samt en kombination av pelletering och filmcoating (Halmer 2000). Det skyddande filmcoatinglagret appliceras oftast ytterst med en fungicid eller insekticid innanför. Inom coating bygger den nuvarande behandlingstekniken för grödor med stor volym på ett kontinuerligt flödessystem. Parti-system används främst för småskaliga fröer som vegetabilier men detta system kommer troligen att öka även för övriga grödor då behandling efter efterfrågan blir allt vanligare (Brandl 2001). Vissa moderna maskiner har idag en kapacitet för stråsäd på 5-25 ton i timmen eller mer. För att få så jämn fördelning av pesticiderna på fröet används olika teknik bl.a. att spreja på fallande frön, blanda vätska och frön under omrörning eller en kombination av de båda. Det är viktigt att behandlings processen är så snabb som möjligt för att inte fröet ska ta skada (Halmer 2000).

Coating har utvecklats från något som kan skydda mot svamp eller insekter till en metod med många funktioner. Några av dessa är tillförsel av mikro- och makronäring, tillväxtreglerare, bindning av fukt, stimulera groningen, hämma groningen, ökning i volym och vikt (Scott 1989). Tunn filmcoating används främst för att applicera material som pigment eller pesticider på fröytan på ett jämnt och noggrant sätt. Vanligtvis är det ett jämnt, dammfritt, vattengenomsläppligt, tunt coatingmembran som omger fröet och täcker hela ytan på alla fröer i partiet (Halmer 2000). Filmcoating minskar också användarnas kontakt med pesticider vid sådd av frön (Taylor 2003). Standarden på kommersiell filmcoating är mycket högre än för vanlig konventionell betningsmetod. Viktökningen vid coating är bara 1-10 % men det är tekniskt möjligt att öka vikten mer (Halmer 2000). Det finns olika typer av teknik för filmcoating beroende på vilken gröda, mängd, halt och kvalitet som önskas. Två tekniker som filmcoatar enligt parti-system är ”sprout bed”-system och ”drum coater”. I ”sprout bed”-systemet hålls fröna i en upp och nedvänd konformad behållare med uppåt flödande luft som håller fröna svävande. Samtidigt sprayas fröna underifrån med coatingen som fördelas jämnt över fröna i luftströmmen. I en ”drum coater” cirkulerar fröna i en perforerad slutna trumma. Coatingen sprayas ovanpå frömassan som ständigt blandas och mixas. Torr luft passerar kontinuerligt genom trumman (Halmer 2000).

Enligt SATEC, en tillverkare av coatingteknik, är den mest populära tekniken för fröbehandling Rotor-Stator-principen som finns i olika kopior på marknaden (Hackländer, personligt meddelande). Rotor-Stator bygger på en roterande disk i mitten som fördelar formuleringen på fröna som roterar bredvid (se bild t.h.).



Storlek, vikt och formförändring

För att ändra storlek vikt och form finns det främst tre metoder: pelletering, filmcoating och enkrustering (Halmer 2000). Vid pelletering påförs ett lager av stabilt material som döljer den naturliga storleken och formen av fröet, vilket resulterar i en viktökning och förbättrade växtegenskaper (Taylor *et al.* 1998). Pelletering formar fröna helt runda med en viktökning på 2-50 ggr ursprungsvikten, jämfört med filmcoating och enkrustering som normalt ökar frövikten 0,1-2 ggr. Det är dock inte möjligt att skilja metoderna åt genom viktökning eftersom det kan variera mycket mellan olika frön och vilket material som används. Enkrustering kan ses som en enklare form av pelletering där mycket lite material tillförs fröet som jämnas ut något men inte blir fullständigt runt. Denna metod kan utseendemässigt vara svår att skilja från filmcoating (Halmer 2000).

Teknik

Pelletering och enkrustering omfattar samma processer med tillsats av material i pulverform och vatten. Pulver och vatten tillsätts tills den önskade storleken är uppnådd. Det finns många olika maskintyper men tumlingseffekten av frömassan är viktig för att ge en bra storleksfördelning och för att fröna inte skall klistra ihop. Fröna sorteras sedan och de som är för små kan återföras i processen för att byggas på mer (Halmer 2000). Eftersom pelleteringen utförs under våta förhållanden måste fröet torkas i slutet av processen (Taylor *et al.* 1998). Pelletering utförs ofta i parti-system men det är möjligt att utföra med kontinuerligt flöde. Vid en uppbyggnad av fröet behövs ett utfyllningsmaterial vilket kan innehålla kalk, lera, torv, talk, vermkulit, träfiber etc. Materialet som används till filmcoating är, till skillnad från pelletering, till blandat i förväg och tillsätts som en enda massa. Pesticidformuleringar tillsätts ofta tillsammans med pelletering och/eller coating som torrt pulver eller suspensioner. Pesticiden kan antingen appliceras direkt på fröytan, för att motverka utsädesburna sjukdomar, eller utanpå pelleteringen för att undvika förgiftning av fröet (Halmer 2000).

Studie, fördröjd groningen av raps

Idag som tidigare försöker man att optimera jordbruksproduktionen. Markpackning och antalet körningar bör minska samtidigt som andelen grön mark under höst och vinter bör öka för att minska näringsläckaget till vattendrag, sjöar och hav. Ett försök att uppnå detta är genom coating av utsäde. Coating är, som tidigare nämnts, en avancerad metod att behandla frön för flertalet funktioner. En av funktionerna är fördröjd groningen. Idag har detta hittills uppnåtts av LandeAg ett företag i USA som säljer coatad majs. Målet med produkten är att fördröja groningen av majsen i några veckor genom ett temperaturreglerat lager som inte släpper in vatten till fröet förrän en viss temperatur uppnåtts.

Groning

Groningsprocessen

Ett frö helt utan groningsvila är ett frö som har kapaciteten att gro under alla fysiska omgivningar möjligt för genotypen (Baskin & Baskin 1998, 2004). Förutom grundförutsättningarna vatten, syre och rätt temperatur kan fröet också vara känsligt för andra faktorer som ljus och/eller kväve (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006). Groningsfasen börjar med att det torra fröet tar upp vatten och är fullbordad då embryo axeln sträcker sig, se bild 2. Det synliga tecknet på att ett frö har grott är när embryots primärrot penetrerar kringliggande lager. När groningen är klar mobiliseras reserverna i förrådsvävnaderna för att stödja en tillväxt av groddplantan (Bewley *et al.* 2000). Bara några minuter efter att fröet börjat ta upp vatten återupptas den metaboliska aktiviteten, till en början med hjälp av strukturella och enzymatiska komponenter som syntetiserats under utvecklingen och konserverats i det torkade stadiet. ATP-syntesen är till en början låg och svagt delad i strukturen beroende på att cellerna först blivit helt uttorkade

och sedan återfuktade. Cellerna innehåller dock tillräckligt med citronsyrcykelenzymer och terminal oxidas nödvändiga för att fröet skall gro tidigt. Något annat som sker tidigt under vattenupptaget är att proteinsyntesen återupptas och maskineriet (ribosomer, mRNA och cytoplasmisk initiering och sträckningsfaktorer) används igen. Allt efter som vattenupptaget fortsätter börjar nytt mRNA produceras. Trots att det har fastställts att vissa proteiner är unika för fröutvecklingen är det ingen som ännu identifierats som unik eller nödvändig för gröningsprocessen (Bewley *et al.* 2000).

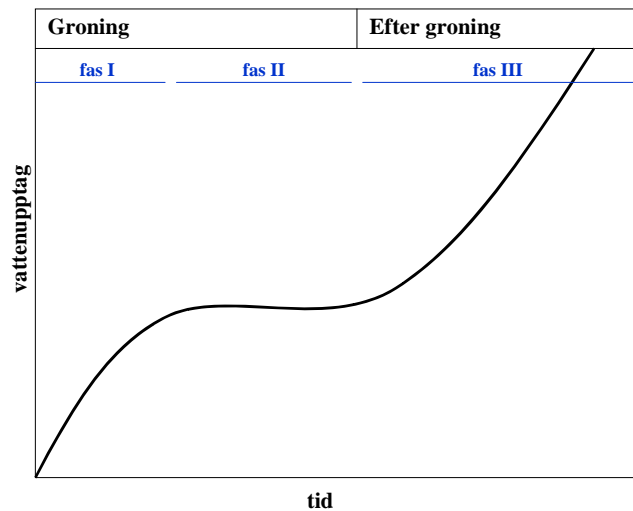


Bild 2. Beskrivning av gröningsfaserna (modifierad bild från Bewley 1997). Vid fri tillgång ökar fröets vattenhalt till 50% vid första kontakten med vatten, dvs. fröet sväller. Fröets vattenupptag avstannar sedan för att återupptas när fröet skall gro samt skott och rot skall tillväxa. Detta sker under förutsättning att det är rätt temperatur och fröet har fortsatt tillgång på vatten (Tonko Bruggink 2005).

Groningsvila

Till skillnad från groning är groningsvila ett reversibelt tillstånd och bör därför betraktas skilt från groning (Kahn 1996). Ett frö kan vara i groningsvila under gröningsens första två delar men inte under den tredje delen då vatten tas upp för sträckning av embryots axel (Bewley 1997).

Frögroningsvila kan delas in i primär och sekundär groningsvila. Den primära groningsvilan induceras då ett frö mognar. Funktionen påverkas av både den genetiska sammansättningen och av den omgivande miljön under mognad (Kahn 1996) Groningsvilan fyller en viktig funktion då den förebygger groning medan fröet fortfarande sitter kvar på moderplantan (Bewley 1997). Groningsvila kan anses som en blockering av fullbordad groning hos ett friskt frö under gynnsamma förhållanden. Blockeringen har utvecklats olika hos olika arter genom anpassning till den rådande miljön för att groning ska ske då det passar en ny generation plantor att växa upp (Bewley 1997). Därför finns det en stor variation av blockeringar som utvecklats inom gränserna för respektive habitat (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Mekanismerna bakom groning och groningsvila.

ABA som produceras av embryot inducerar groningsvila under fröutvecklingen och GA gynnar groning i ett frö som inte är vilande. Mängden GA som behövs i ett moget frö kontrolleras av ABA-koncentrationen under fröets utveckling. Ett frö som producerar en liten mängd ABA under sin utveckling är svagt vilande och kräver en mindre mängd GA för att gro medan de frön som producerar en större mängd ABA är djupt vilade och kräver därmed en större mängd GA för att gro. Enligt denna modell interagerar inte GA och ABA med varandra (Baskin & Baskin 2004). Bewley (1997) fastställde att GA inte verkar vara involverad i kontrollen av groningsvila utan gynnar och ser till att groning sker efter det att ABA inte längre är något hinder. Medan den reglerande funktionen, när ABA hindrar ett frö under dess utveckling att gro, verkar klar är det svårt att förstå hur ABA arbetar för att behålla groningsvilan. Två liknande frön varav ett är vilande och ett redo att gro kan innehålla samma mängd endogent ABA. De olika effekterna av samma mängd ABA kan visa på en skillnad i känslighet mot hormonet (Bewley 1997). En studie av Leon *et al.* (2007) visade att temperaturvariation är en viktig faktor för att bryta groningsvilan hos *Amaranthus tuberculatus*. ABA eller GA påverkade inte fröna innan groningsvilan brutits av temperaturvariation men under groningsfasen gav de en signifikant effekt på de frön som var känsliga för temperaturvariation. Försöken visade även att det inte är mängden hormon som spelar roll utan fröets känslighet för hormonet. Enligt Leon *et al.* (2007) är mängden hormoner inte en huvudfaktor för steget från groningsvila till groning.

Klassificeringssystem

Det finns olika typer och delar av groningsvila. Baskin & Baskin (2004) presenterade ett klassificeringssystem över dessa baserat på den ryska fröfysiologen Marianna G Nikolaevas modell. Systemet innehåller olika klasser, nivåer och typer där klasser får innehålla flera nivåer och typer, och nivåer får innehålla flera typer. Klassificeringen består av fem klasser: fysiologisk groningsvila (PD), morfologisk groningsvila (MD), morfofysiologisk groningsvila (MPD), fysisk groningsvila (PY) och en kombination emellan (PY och PD). Den fysiologiska icke djupa groningsvilan är den största klassen och består av tre nivåer och fem typer (Baskin & Baskin 2004).

Fysiologisk groningsvila är alltså den vanligast förekommande och består av de tre nivåerna djup, mediär och icke-djup groningsvila (se tabell 4). Majoriteten av de frön som tillhör denna klass har en icke-djup groningsvila (Baskin & Baskin 2004).

Tabell 4 Egenskaper hos frön med djup, mediär eller icke djup groningsvila i klassen med fysiologisk groningsvila (Baskin & Baskin 2004)

Djup

- Isolerade embryon producerar avvikande groddplantor
- GA gynnar inte groningen
- Fröna behöver 3-4 månader i kallt klimat (0-10C°) för att gro

Mediär

- Isolerade embryon producerar normala groddplantor
- GA gynnar groningen hos vissa (men inte alla) arter
- Fröna behöver 2-3 månader i kallt klimat (0-10C°) för att gro
- Torrlagring kan förkorta perioden i kallt klimat

Icke-djup

- Isolerade embryon producerar normala groddplantor
 - GA gynnar groningen
 - Beroende på art så bryts groningsvilan av kallt (0-10C°) eller varmt (>15C°) klimat
 - Frön kan eftermogna vid torr lagring
 - Skador på fröet kan gynna groningen
-

Frön med morfologisk groningsvila (MD) har ett underutvecklat litet embryo där differentierad kotyledon och hypokotyl kan urskiljas (Baskin och Baskin, 1998). Embryon i frön med MD behöver ingen fröbehandling för att gro utan måste bara växa till normal storlek för att det ska ske (Baskin & Baskin 2004).

Frön med morfofysiologisk groningsvila (MPD) har ett underutvecklat embryo med en fysiologisk komponent som förhindrar groningen. För att gro krävs en förbehandling som bryter groningsvilan. De embryon som har MPD måste liksom MD embryon växa innan groningen. MPD frön kräver en längre tid för detta än de som har MD (Baskin & Baskin 2004).

Fysisk groningsvila (PY) orsakas av ett eller flera vattentäta lager runt fröet. Det vattentäta lagret gör att fröet inte kan ta upp vatten utan förblir i groningsvila tills någon faktor påverkar lagret så att det blir vattengenomträngligt. I naturen kan dessa faktorer vara hög temperatur, fluktuerande temperatur, brand, torkning eller frysning. Mekanisk eller kemisk skada kan också inducera groningen av fröet om den har en icke-djup PD (Baskin *et al.* 2000).

I kombinationen fysisk och fysiologisk groningsvila (PY + PD) har fröet både ett vattentätt lager utanpå och fysiologisk groningsvila. I hittills kontrollerade frön har alla den icke-djupa fysiologiska komponenten (Baskin & Baskin 1998). Frön inom samma art kan tillhöra olika klasser av groningsvila. I ett parti där frön i huvudsak är vattentäta kan det finnas de som har ett vattengenomsläppligt lager och tillhör då en annan klass. Det finns också de frön som skiljer sig i nivåer inom samma klass (Baskin *et al.* 2002).

Fördröjd groningen

Hormoner

Som tidigare nämnt, i stycket om mekanismerna bakom groningen och groningsvila, är det känt att ABA är viktig för induktion av groningsvila under fröets utveckling samt att ABA hindrar groningen av ett frö som inte befinner sig i groningsvila. I motsats till detta krävs GA för att ett frö skall gro (Bewley, 1997). För att fördröja groningen av frön är det möjligt att antingen hämma GA eller förse fröet med mer ABA (Kahn 1996).

Enligt Rademacher (2000) finns det fyra kända grupper som hämmar GA. Dessa fyra grupper är positivt laddade föreningar, föreningar med en kväve-innehållande heterocykel, strukturimitationer av 2 oxiglutarik syra och 16,17-dihydro-Gas. Den idag mest använda gruppen inom jordbruket är de med en kväve-innehållande heterocykel. Till denna grupp hör kommersiella substanser som flurprimidol, ancymidiol, paclobutrazol och uniconazol. Dessa groningsfördröjare hämmar ett oxidativt steg i GA syntesen från *ent*-Kaurene till *ent*-Kaurenoic syra (Rademacher 2000). Paclobutrazol (PBZ) förhindrar groningen av både vete och rädisa i koncentrationer $>0,01 \mu\text{M}$ med större effekt vid högre koncentrationer (Devlin & Koszanski 1985). Även frön av backtrav, *Arabidopsis thaliana*, har visat sig vara känsliga för PBZ. När GA tillfördes de PBZ-behandlade fröna grodde de. Detta visar enligt Debeaujon & Koorneef (2000) att PBZ hindrar GA syntesen.

Jasmonatsyra (JA) härrör från linolensyra med en bred spridning i växtriket. De första studierna av exogent JA visade att den agerade som groningshämmare. Efterföljande forskning visade att JA ackumuleras i plantan vid skador vilket åskådliggjorde JA:s roll i växtens försvar. Enligt flertalet studier ger JA effekt på en rad olika fysiologiska händelser hos växter så som rottillväxt, produktion av livsdugligt pollen och fruktmognad (Creelman & Mullet 1997). Vid låg koncentration gynnar JA groningen och vid hög koncentration hämmar JA groningen av sötpotatisens mikrokölar. Kanske genom att antingen hindra eller gynna groningsprocessen. Inhiberingen av könlarnas groningen var reversibel (Bazabakana, *et al.* 1999).

Konstgjord fysisk groningsvila

Kalla och våta jordar i norra majsbeltet i USA tillsammans med en kort växtsäsong gör att tidpunkten för sådd av majs är mycket viktig. I USA har därför företaget LandecAg tagit fram en produkt som ger fördröjd groningen av majs. Majskärnan försluts med en polymer som är temperaturberoende. Vid en viss temperatur blir polymeren vattengenomsläpplig och fröet gror. Detta innebär att lantbrukarna har möjlighet att så majs på våren ca 2-4 veckor före normal såtidpunkt. Samtidigt skadas inte majskärnan av eventuell frost eller kyla utan gror så tidigt som möjligt vid optimala förhållanden (LandecAg:s hemsida 2007-07-23). Studier som har gjorts med temperaturaktiverade polymeren på majs visar på att skörden blir ungefär lika stor som om majsen såddes vid normal tidpunkt. Mervärdet ligger i att vårbruket inte blir lika arbetsintensivt utan sprids ut under en längre period. Om den coatade majsen sås vid normal tidpunkt kan en viss fördröjning av groningen ske

jämfört med majs utan polymer och det blir istället en negativ effekt. Polymeren säkrar alltså majsskörden vid tidig sådd (Russ 2005). Företaget LandecAg har nu även utvecklat produkter för sojaböna i reläodling med vete. Höstvetet sås i oktober medan sojabönan sås in i början på vårbruket. Polymeren hindrar sojabönan från att gro de första 20-30 dagarna. Efter groningen växer den mellan raderna tills vetet skördas och sojabönan kan ta över (LandecAg:s hemsida 2007-07-23).

I Canada säljer företaget GrowTec polymercoatad vårraps. Fröna ska sås sent på hösten för att sedan gro på våren vid optimal tidpunkt. Denna metod har använts utan en polymer genom att sådden sker precis innan marken fryser för vintern. Detta är dock komplicerat eftersom det är svårt att förutsäga när det infaller. Coatingen gör det möjligt att så ett par veckor innan tjälen sätter in och ger därmed en säkrare produktion (GrowTecs hemsida 2007-07-23). Studier med samma syfte har visat att polymercoatade rapsfrön som sås på hösten ger en högre skörd än icke coatade men vid jämförelse med normal sådd på våren blev skördemängderna lika stora eller mindre (Johnson *et al.* 2004).

Inledning av studie

Försöksdelen av detta examensarbete har utgjorts av en delstudie i ett större pågående projekt som utförs på KTH där en ytkemist ytbehandlar rapsfrön för att uppnå en fördröjd groningen. Målet är att så in oljevaxter på våren i en vår- eller höstgröda. Grödan växer normalt medan oljevaxtfröna hämmas att gro tills huvudgröda skördas. Detta ska uppnås genom att tillsätta ett hormon innanför ett coatinglager uppbyggt av cellulosa. Hormonerna ska från april till augusti förhindra rapsfröna från att gro. Detta odlingssystem är en form av reläodling. Reläodling i Sverige har tidigare studerats av Roslon (2003), där höstvetet såddes in i vårkorn på våren.

Syftet med min delstudie var att undersöka effekten av fröbehandlingar på gröningshastighet, grobarhet och livsduglighet. Groningsförsök genomfördes under 10 veckor i en inkubator i plastskålar med industrisand och destillerat vatten. Grobarhet och livsduglighet testades genom regelbundna kontroller.

Material och Metoder

Groningstest

För groningstesterna användes plastskålar (18 cm i diameter), steriliserad industrisand, destillerat vatten, inkubator och rapsfrön som coatats på förhand. I varje plastskål fördelades 200 ml sand, 60 ml vatten och 30 rapsfrön överst. Skålarna med olika behandlingar (6-7 st) ställdes sedan på varandra. Det fanns ett litet mellanrum mellan sanden och botten på nästa skål. Överst i stapeln placerades en tom plastskål för att ge alla behandlingar samma förutsättningar. Varje stapel med plastskålar omslöt sedan med två plastpåsar och placerades i en inkubator, 12 h 12 C° och mörkt, 12 h 22 C° och ljus. Försöken kontrollerades varje måndag,

onsdag och fredag första månaden sedan en gång i veckan till försökets slut efter 10 veckor. Vid kontrollerna antecknades hur många frön som grott i vardera skål vart efter de plockades bort och slängdes undantaget försök C och D (se nedan). Skålarna staplades slumpmässigt om varje gång. Fyra försök (A-D) med 2-6 olika fröbehandlingar i varje försök utfördes som ovan beskrivet. Varje behandling bestod av ca 100 frön som delades upp i tre delar om 30 stycken vardera, tre upprepningar.

I försöken användes på förhand coatade rapsfrön från KTH. Behandlingen utfördes av ytkemisten Jens Voepel. Rapsfröna skickades ljusskyddade med post till SLU. För att hämma groningen tillfördes olika typer av groningshämmare innerst mot rapsfröet. I försök A sprejades 50 µg Paclobutrazol (PZB)/frö på fröytan för alla behandlingar medan ytskikten skiljde sig mellan dem (se tabell 1). Försök B utfördes på samma sätt som A men istället för PZB användes ABA. I försök B tillkom dessutom en sista behandling med ytterligare ett hydrofobt lager. I försök C användes samma ytbehandling men med olika mängd PCB på fröna, från 2-32 µg/frö. I försök D användes jasmonatsyra som groningshämmare i två olika koncentrationer 1 resp. 5 µg/frö vilka bevattnades med olika pH (destillerat vatten och pH 8,7). För att ge en förenklad bild av de olika försöken se tabell nedan.

Tabell 1. Förenkling av försök och fröbehandling.

Behandling	A	B	C	D
1	50	50	32	0
2	50	50	16	1
3	50	0	8	5
4	50	50	4	0
5	50	50	2	1 pH+
6	0	50	0	5 pH+
7		50		

Groningshämmare, G

G+Skyddslager av vattenlöslig polymer, S

G+S+Modifierad hemicellulosa, M. Försök D utan S

G+S+M+ Tvärbindingssalt adderas-hydrogel, T

G+S+M+T+Hydrofobt lager

A=Pacllobutrazol
B=ABA
C=PZB
D=Jasmonat syra

Kontroll vid avslutat försök A, B

För att kontrollera livsdugligheten hos ogrödda frön genomfördes ytterligare en groningstest efter att fröna tvättats. Fröna doppades 2 x 1 minut i aceton och sköljdes där emellan med vatten i ca 40 s. Fröna lades sedan i destillerat vatten i ca 30s innan de något torkade fröna placerades i petriskålar, 9 cm i diameter, på ett filterpapper med 2,5 ml GA3 lösning. En petriskål representerade och en av de tidigare använda skålarna vilket gjorde att antalet frön i petriskålarna varierade. Skålarna förslöts sedan med parafilm och placerades i inkubator, 12 h 12 C° och mörkt, 12 h 22 C° och ljus. Efter tre dagar kontrollerades hur många frön som grott, en ml GA3 lösning tillsattes och skålarna förslöts igen och placerades åter i inkubatorn i två dygn varefter en ny kontroll av antalet grodda plantor gjordes.

Tillväxt (försök C och D)

De fem rapsfrön från varje behandling och replikat som grodde först placerades i var sin petri-skål, 9 cm i diameter, som innehöll 30 ml steriliserad industrisand och 12 ml destillerat vatten vardera. Petri skålarna placerades sedan i en inkubator, 20 C° och ljus, bredvid varandra i två veckor. Efter detta mättes skott- respektive rotlängd. I försök D användes endast 5 frön från varje behandling, ej från varje replikat p.g.a. bristande plats i inkubatorn.

Kontroll vid avslutat försök C, D

Fröna i försök C och D ”tvättades” inte med aceton utan lades direkt i 9 cm i diameter stora petriskålar på ett filterpapper med 2,5 ml GA3 lösning. Fröna som ännu inte grott i en tidigare använd skål placerades tillsammans i en petriskål vilket gjorde att antalet frön i skålarna varierade. Allt annat utfördes som tidigare beskrivits för försök A och B.

Statistik

I samtliga försök testades om frön grodde eller inte. Fröna kan bara tillhöra den ena eller andra kategorin vilket gör att den beroende variabeln är binär. Vid tester av gröningsförsöken används därför logistisk regression. Logistisk regression är alltså när den beroende variabeln är en kategorivariabel med två kategorier, en 0-1 variabel. I modellen har jag använt mig av transformerade värden enligt formeln: $2 \cdot \arcsin \sqrt{\text{prop}}$ där prop är proportionen grodda frön jämfört med levande. Den logistiska regressionsmodellen skrivs på följande sätt:

$$P = 1 / (1 + e^{-(\alpha + \beta x)})$$

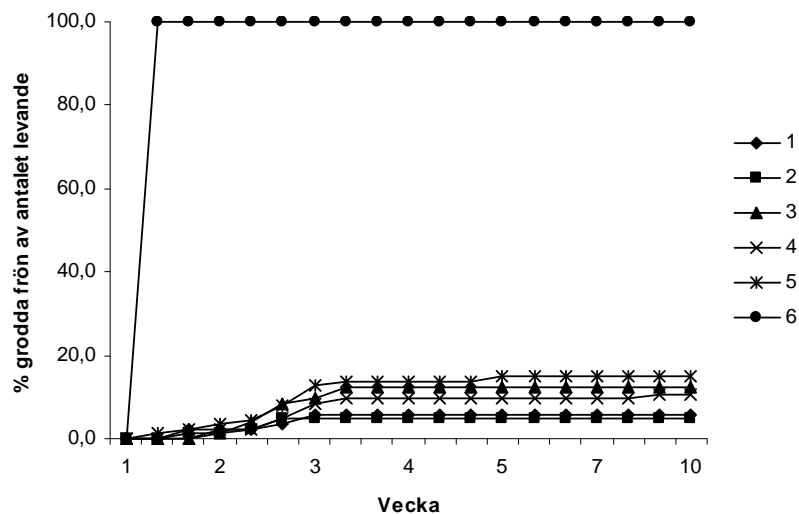
Vid jämförelse av rot- och skott-längd mot dos respektive pH i försök 3 och 4 användes linjär regression eftersom jag antog att rot- och skott-längden ska bero linjärt av dos eller pH. Ekvationen för regressionslinjen beskrivs så här:

$$Y = \alpha + \beta * X$$

Där α och β är parametrar (Körner och Wahlgren 2006).

Resultat

Försök A bestod av 6 olika behandlingar varav en kontroll. Alla frön tillfördes 50 µg PBZ förutom kontrollen. För varje behandling adderades ett lager utanpå fröet med början av endast PBZ, se tidigare beskrivning sid. 16. Alla behandlingarna i försök A skiljde sig signifikant från kontrollen ($P \leq 0,001$). Inom behandlingarna kunde ingen skillnad påvisas (Tabell 2). De olika lagren hade alltså ingen effekt på frönas groning. Däremot hämmades groningen av PBZ (Figur 2).



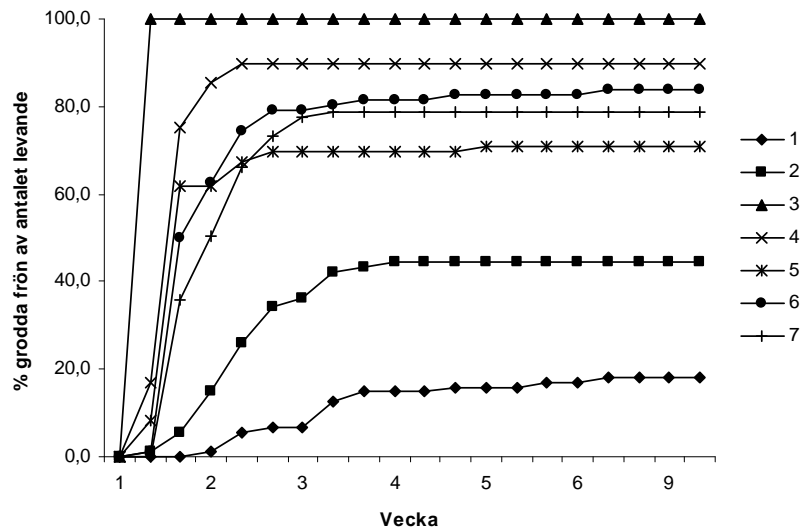
Figur 2. Försök A, antalet grodda frön i % av levande, över 10 veckor, behandlade med PCB (50 µg) och olika ytlager. PBZ (1), PBZ + vattenlöslig polymer S (2), PBZ + S + modifierad hemicellulosa M (3), PBZ + S + M + tvärbindningssalt adderas-hydrogel T (4), PBZ + S + M+ T + hydrofob lager (5), obehandlade frön (6).

Tabell 3. ANOVA tabell för försök A-D

	DF	SS	P
<i>Försök A</i>			
Behandling	5	16,8813	0,000
Error	12	0,8902	
Total	17		
<i>Försök B</i>			
Behandling	6	9,9395	0,000
Error	14	0,5091	
Total	20	10,4486	
<i>Försök C</i>			
Behandling	5	15,9315	0,000
Error	12	0,7693	
Total	17		
<i>Försök D</i>			
Dos	2	1,18281	0,003
pH	1	0,05405	0,378
Error	14	0,91472	
Total	17		
<i>Försök D (utan kontroll)</i>			
Dos	1	0,07544	0,263
pH	1	0,08212	0,245
Error	8	0,14665	
Total	11	0,86127	

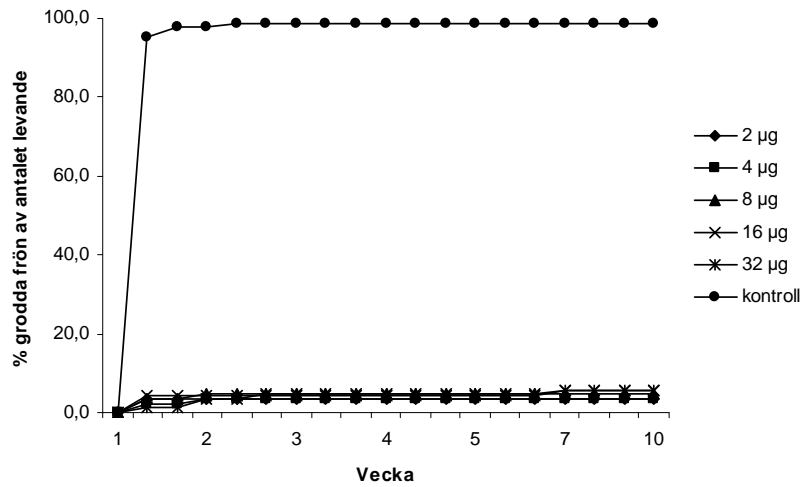
Försök B bestod av 7 behandlingar varav en kontroll. Alla frön tillfördes 50 µg ABA förutom kontrollen. Behandlingarna var samma som i försök A med ett

tillskott av en behandling. Även i detta försök var samtliga signifikant skiljda från kontrollen. Dessutom var såväl behandling 1 ($P \leq 0,001$ mot 4-7) som behandling 2 ($P \leq 0,001$ mot 4, 5 och $P \leq 0,01$ mot 6, 7) signifikant skiljda från alla andra behandlingar (Tabell 2). Behandling 1 hämmade groningen av flest frön, behandling 2 något färre medan behandling 4-7 gav sämre effekt (Figur 3).



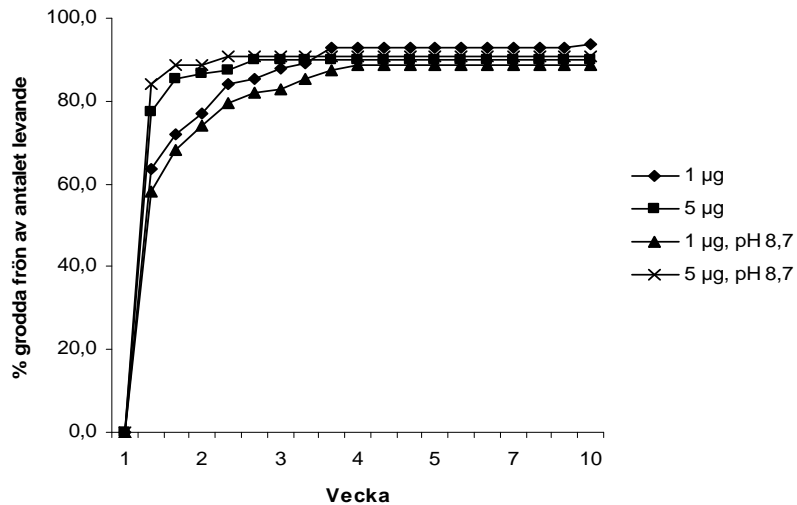
Figur 3. Försök B, antalet grodda frön i % av levande, över 10 veckor, behandlade med ABA (50 μg) och olika ytlager. ABA (1), ABA + vattenlöslig polymer S (2), obehandlade frön (3), ABA + S + modifierad hemicellulosa M (4), ABA + S + M + tvärbindingssalt adderas-hydrogel T (5), ABA + S + M + T + hydrofobt lager (6), ABA + S + M + T + 2 hydrofoba lager (7).

I försök C tillfördes fröna 5 olika doser PBZ (2-32 μg). Alla behandlingar av PBZ skiljde sig signifikant från kontrollen ($P \leq 0,001$) men ingen skillnad kunde visas mellan de olika doserna (Tabell 2, Figur 4). I försök C mättes även rot och skottlängd som testades mot dos i en regressionsanalys. Analysen visade att rot- och skottlängd är beroende av dos om kontrollen räknas, utan kontroll gav analysen inget resultat.



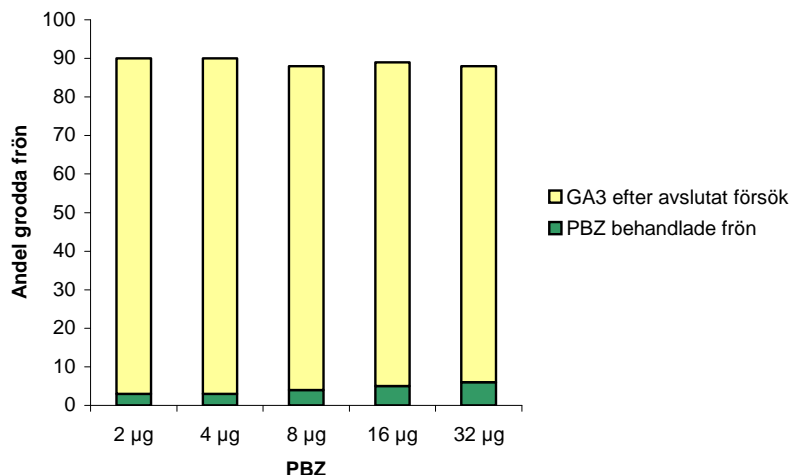
Figur 4. Försök C, antalet grodda frön i % av levande, över 10 veckor, behandlade med olika mängd PBZ (2-32 µg)

I försök D testades JA i olika doser (1 och 5 µg) samt effekten av pH. Ingen signifikant skillnad kunde ses hos någon av parametrarna. Inte heller rot- eller skotttillväxten påverkades signifikant (Tabell 2, Figur 5)



Figur 5. Försök D, antalet grodda frön i % av levande, över 10 veckor, behandlade med olika mängd jasmonatsyra (JA, 1-5µg) och modifierad hemicellulosa. Vattnet som användes höll olika pH (normalt och 8,7).

För att kontrollera om fröna levde efter försöket tvättades de i aceton, sköljdes i vatten och lades i GA3 lösning. Både PBZ och ABA löses av aceton och de frön som levde kunde gro. Resultatet blev att de flesta fröna grodde i alla olika försök och behandlingar. I försök C och D tvättades inte fröna med aceton utan GA3 tillsattes direkt. Resultatet blev liknande A och B då nästan alla frön grodde. Detta visar att GA-syntesen hindras av PBZ i ett tidigare stadium (Figur 6).



Figur 6. Andel PCB behandlade frön (försök C) som grott efter 10 veckor samt när GA3 tillsattes efter avslutat försök.

Diskussion/Slutsats

Försök A, som många tidigare försök (Leon *et al.* 2007), visar att PBZ hämmar groningen av frön som är i gröningsstadiet. Nästan inga frön grodde under de tio veckorna som försöket pågick. När PBZ tvättades bort och GA3 tillsattes grodde >95% vilket visar att fröna är levande efter behandlingen. Det går dock inte att dra någon slutsats om det var GA3 eller den reducerade mängden PBZ som åstadkom groningen. Eftersom resultatet i behandling 1-5 inte skiljde sig fungerade inte behandlingarna som väntat eller så var dosen PBZ för hög. I försök A tillsattes 50µg/frö PBZ vilket är en hög halt jämfört med tidigare studier (Devlin & Koszanski 1985, Leon *et al.* 2007). PZB verkar binda så bra till fröet att det snarare är en fråga hur man ska få bort PZB än att hindra det från att lösas upp.

I försök C kunde ingen signifikant skillnad i frögroning jämfört med mängden tillförd PBZ ses. Detta motsäger dock tidigare studier som visar att mängden PBZ är negativt korrelerad med gröningsprocenten (Devlin & Koszanski 1985). Anledningen till att det inte blev någon skillnad i groningen, var troligen som

tidigare nämnt, att PBZ-dosen var för hög i alla behandlingarna. Dosen som tillfördes var mellan 2-32 µg/frö medan Leon *et al.* (2007) visade att PBZ hämmar frön av *A. tuberculatus* om de läggs i en lösning med 1 µM PBZ. Vid avslut av försök C tvättades inte PBZ bort utan GA3 tillsattes direkt vilket gav samma effekt som i försök A där fröna tvättades. Detta visar att det är GA3 som saknas för att fröna ska gro vilket stöder tidigare studier (Debeaujon & Koorneef 2000). Detta visade att PBZ hindrar GA-syntesen så att GA inte kan produceras i den form som växten behöver för att gro. Det är viktigt att påpeka att fröna befinner sig i groningsfasen eftersom inga utomstående faktorer hindrar fröna från att gro. Att fröna grodde vid tillsats av GA3 visar alltså att GA3 gynnar groning av ett frö som redan befinner sig i groningsfasen.

Alla behandlingar skiljde sig signifikant från kontrollen i försök B. Detta visar att ABA hämmar groningen vilket går i linje med tidigare studier (Baskin & Baskin 2004, Bewley 1997, Leon *et al.* 2007). Även i detta fall är det viktigt att påpeka att fröna i den här studien har alla andra förutsättningar för att gro och därmed befann sig i groningsfasen. ABA hindrade alltså i detta försök frön i groningsfasen från att gro. I försök B var tillsatsen av dosen ABA samma i alla behandlingar (50 µg/frö) men behandlingarna gav olika resultat. Behandlingarna påverkar alltså groningen i det här fallet, men tvärt emot önskat resultat. Beläggning av endast ABA förhindrar groningsprocessen effektivast medan flertalet beläggningar hämmar groningen minst. Därför kan man dra slutsatsen att ABA till viss del binds i ytbehandlingarna och inte kommer fröet tillgodo.

JA har i tidigare studier visat sig gynna groning vid låg halt och hämma groning vid hög halt. Försök D visade att halten JA inte påverkade groningen vilket kan bero på att halterna var för låga. Inte heller pH-värdet hade någon större inverkan på behandlingarna.

PBZ skulle troligen inte vara ett lämpligt ämne att använda för att hämma groningen på raps. Även om förmågan att hämma groning är effektiv är det svårt att reglera tidpunkten för frönas groning utan att bevattna med GA3. Bevattning med GA3 är en kostnad och skulle troligtvis gynna även andra växters tillväxt såsom ogräs. Om fröna gro utan att GA3 tillsätts kommer, som försök C visar, rot och skott att hämmas under första delen av tillväxten. En svag tillväxt kan göra plantorna mottagligare för sjukdomsangrepp och skörden minskar. Det gick inte att förhindra groning lika effektivt med ABA som med PBZ och det är även i detta fall svårt att reglera när fröna skall gro. Försöken visar inte om en tillsats av GA3 lösning skulle få fröna att gro eller om ABA måste brytas ner. JA eller ytbehandlingarna hämmar groningen i liten utsträckning men inte tillräckligt. Förutom detta saknas en ”trigger” som skulle få fröna att gro vid rätt tidpunkt. Om dosen av JA skulle ökas är det möjligt att groningen skulle hämmas hos fler antal rapsfrön.

Ingen av dessa groningshämmare går att reglera utan att vidta ytterliggare åtgärder med ökade kostnader. Ytbehandlingarna gav inte förväntat resultat utan har visat sig gynna groningen under givna förhållanden i försök C.

Referenser

- Baskin, C. C. och Baskin, J. M. 1998. Seeds - Ecology, Biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic press.
- Baskin, C. C. Zackrisson, O. Baskin, J. M. 2002. Role of warm stratification of seeds of *Empetrum hermaphroditum* (Empetraceae), a circumboreal species with a stony endocarp. *American Journal of Botany* 89 (3): 486-493
- Baskin, J. M. and Baskin, C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16
- Baskin, J. M. Baskin, C. C. Li, X. 2000 Taxonomy, Anatomy and Evolution of Physical Dormancy in Seeds. *Plant Species Biology* 15: 139-152
- Bazabakana, R. Fauconnier, M. L. Diallo, B. Dupont, J. P. Homes, J. Jaziri, M. 1999. Control of *Dioscorea alata* microtuber dormancy and germination by jasmonic acid. *Plant Growth Regulation* 27: 113-117
- Bewley, J. D. 1997. Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell* 9: 1055-1066
- Bewley, J. D. Hempel, F. D. McCormick, S. Zambryski, P. 2000. Reproductive Development. In: Buchanan, B. B. Gruissem, W. Jones, R. L. (Eds.). *Biochemistry and Molecular biology of plants*. (988) 1040-1043.
- Brandl, F. 2001. Seed Treatment Technologies: evolving to achieve crop genetic potential, BCPC Symposium Proceedings 76: Seed treatments: Challenges and Opportunities: 3-18
- Creelman, R. A. och Mullet, J. E. 1997. Biosynthesis and action of jasmonates in plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.* 8: 355-381
- Debeaujon, I. and Koorneef, M. 2000. Gibberellin requirement for Arabidopsis seed germination is determined both by testa characteristics and embryonic abscisic acid. *Plant Physiology* 122: 415-424
- Devlin, R. M. Kozanski, Z. K. 1985. Effect of paclobutrazol and flurprimidol on the germination and growth of wheat and radish. Proceedings of the Plant Growth Regulator Society of America, twelfth annual meeting: 237-242
- Finch-Savage, W. E. and Leubner-Metzger, G. 2006. Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist* 171 (3): 501-523.
- Gesch, R. W. and Archer, D. W. 2005. Influence of Sowing Date on Emergence Characteristics of Maize Seed Coated with a Temperature-Activated Polymer. *Agronomy Journal* 97: 1543-1550
- Hackländer, Jens. SATEC Handelsges.mbH, Robert-Bosch-Str. 3 D, 25335 Elmshorn
- Halloin, J. M. 1976. Inhibition of cottonseed germination with abscisic acid and its reversal. *Plant Physiology* 57: 454-455
- Halmer, P. 2000. Commercial seed treatment technology. In: Black, M and Bewley, J. D. (Eds.). *Seed Technology and its Biological Basis*. 257-286. Sheffield: Sheffield Academic Press.

- Heydecker, W. och Coolbear, P. 1977. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. *Seed Science and Technology* 5: 353-425.
- Hofer, D. Brandl, F. Druebbisch, B. Doppmann, F. and Zang, L. 2001. Thiamethoxam (CGA 293'343)- a novel insecticide for seed delivered insect control. BCPC Symposium Proceedings no 76: Seed Treatment: Challenges and Opportunities. s. 41-46.
- Johnson, E. N. Miller, P. R. Blackshaw, R. E. Gan, Y. Harker, K. N. Claton, G. W. Kephart, K. D. Wichmann, D. M. Topinka, K. and Kirkland, K. J. 2004. Seeding date and polymer seed coating effects on plant establishment and yield of fall-seeded canola in the Northern Great Plains. *Canadian Journal of Plant science* 84 (4): 955-963.
- Kahn, A. A. 1996. Control and manipulation of seed dormancy. I: Lang, G.A. (Ed.). *Plant dormancy - Physiology, Biochemistry and Molecular Biology*. 29-46. Wallingford: CAB International.
- Körner, S. och Wahlgren, L. 2006. Enkel linjär regression, Mer om regression. I: *Statistisk dataanalys*. Lund: Studentlitteratur
- Leon, R. G. Bassham, D. C. Owen, M. D. K. 2007. Thermal and hormonal regulation of the dormancy-germination transition in *Amaranthus tuberculatus* seeds. *Weed Research* 47, 335-344
- Peltonen-Sainio, P. Känkänen, H. Pahkala, K. Salo, Y. Huusela-Veistola, E. Peltonen, J. 2006. Polymer coated turnip rape seed did not facilitate early broadcast sowing under Finnish growing conditions, *Agricultural and Food science* 15: 152-165.
- Rademacher, W. 2000, Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and other Metabolic Pathways, *Annu. rev. Plant. Physio. Plant. Mol. Biol.* 51:501-531.
- Rasmussen, H. 2004. Cruiser – Et insektbejdsemiddel. I Danske Plantekongres 2004. DJF - rapport 99: 115-125.
- Scott, J. M. 1989. Seed Coating and Treatments and Their Effects on Plant Establishment, *Advances in Agronomy* 42: 44-83.
- Taylor, A. G. 2003. Seed treatments. I: Thomas, B. Murphy, D. och Murray, B. (Eds.) *Encyclopedia of applied plant science*. 1291-1298. San Diego: Academic Press.
- Taylor, A. G. Allen, P. S. Bennett, M. A. Bradford, K. J. Burris, J. S. and Misra, M. K. 1998. Seed enhancements. *Seed Science Research* 8: 245-256.
- Tonkin, J. H. B. 1994. Noted effects of some chemical treatments in germination tests on wheat and barley. BCPC Mono. No. 39 Application to seeds and soil. 113-120.
- Tonko Bruggink, G. 2005. Flower Seed Priming, Pregermination, Pelleting and Coating. I McDonald M. B. och Kwong F. Y. (Eds.). *Flower Seeds: Biology and Technology*. 249-262. Wallingford: CAB International.
- Hemsidor:
- Bayer Crop Science hemsida. 2007-07-19. www.bayercropscience.com
- Eu-footprints hemsida. 2007-08-13. www.eu-footprint.org/ppdb med länk till www.herts.ac.uk/aeru/footprint/en
- Grow Tec- Seed Coatings Inc:s hemsida. 2007-07-23. www.growtec.ca

KemI:s hemsida. 2007-07-19. www.kemi.se

LandecAg:s hemsida. 2007-07-23. www.landecag.com