



# Odlingsavståndets betydelse för korspollinering i böna (*Phaseolus vulgaris*)

– en nordisk fältstudie baserad på hypokotylfärg som morfologisk markör

---

*Importance of Cultivation Distance for Crosspollination in Bean (Phaseolus vulgaris) – a Nordic field study based on hypocotyl colour as morphological marker*

Anne Schultz

Självständigt arbete • 15 hp

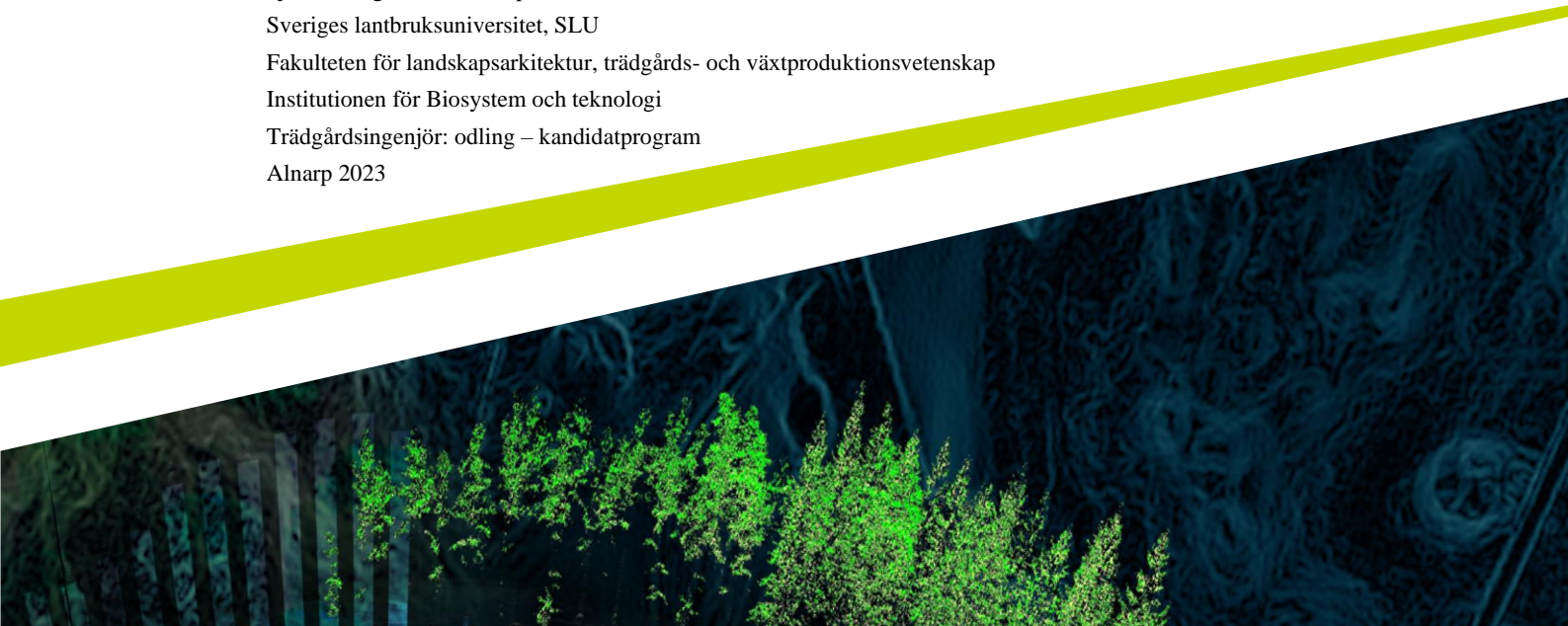
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för Biosystem och teknologi

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2023





# Odlingsavståndets betydelse för korspollinering i böna (*Phaseolus vulgaris*) – en nordisk fältstudie baserad på hypokotylfärg som morfologisk markör

*Importance of Cultivation Distance for Crosspollination in Common Bean (Phaseolus vulgaris) – a Nordic field study based on hypocotyl colour as morphological marker*

Anne Schultz

**Handledare:** Åsa Grimberg, SLU, Institutionen för växtförädling  
**Bitr. handledare:** Ulrika Carlson-Nilsson, Nordiskt genresurscenter (NordGen)  
**Examinator:** Åsa Lankinen, SLU, Institutionen för växtskyddsbiologi

**Omfattning:** 15hp  
**Nivå och fördjupning:** G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i Biologi  
**Kurskod:** EX0855  
**Program/utbildning:** Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för Biosystem och teknologi

**Utgivningsort:** Alnarp  
**Utgivningsår:** 2023

**Nyckelord:** Korsbefruktning, inkorsning, genetisk mångfald, genbank, NordGen, fröuppförökning

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för Biosystem och teknologi

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

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

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

## Sammanfattning

Syftet med denna uppsats är att undersöka hur odlingsavståndet mellan olika accessioner av böna, *Phaseolus vulgaris* påverkar sannolikheten för inkorsningar. *Phaseolus vulgaris* klassas som en i huvudsak självpollinerande gröda men studier har visat att inkorsningar i *P. vulgaris*, kan förekomma i upp till 10% av plantorna vid odling av olika accessioner i närheten av varandra. Rekommendationer kring hur långt avståndet mellan bön-accessioner ska vara skiljer sig emellertid markant åt och tidigare studier har rekommenderat att det bör hållas på allt från 0,5 km till att inget avstånd behöver tillämpas överhuvudtaget. Odlare av *P. vulgaris*, växtförädlare, genbanker och alla som odlar i bevarandesyfte kan dra stor nytta av en mer gedigen kunskap om sannolikheten för inkorsningar i böna och rekommendationer kring säkra odlingsavstånd. Med den kunskapen kan bevarandet av karaktärer och egenskaper i olika accessioner underlättas och i förlängningen bevarandet av genetisk mångfald. Med anledning av denna föreliggande risk för inkorsning mellan bönor utformade Nordiskt Genresurscenter (NordGen) en pilotstudie som innefattade ett odlingsförsök på tre olika platser i Norden: Alnarp, Skåne; Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland. I den här uppsatsen redogörs för och diskuteras de groningsförsök och efterföljande analyser som utfördes på de bönor som skördades i odlingsförsöken. Resultatet av denna pilotstudie visade att det inte förekom några inkorsningar mellan de använda bönsorterna av *P. vulgaris* och att risken för korsbefruktning, enligt denna pilotstudie, var obefintlig vid 0,25 m – 30,5 m odlingsavstånd. Ytterligare studier behövs dock för att utforska odlingsavståndets betydelse vidare och för att kunna fastställa inverkan av andra miljöfaktorer som tros påverka inkorsningsfrekvensen i böna, *P. vulgaris*.

*Nyckelord: korsbefruktning, inkorsning, genetisk mångfald, genbank, NordGen, fröuppförökning*

## Abstract

The aim of this essay is to investigate how cultivation distance between different accessions of common bean (*P. vulgaris*) affect the probability of cross-pollination. *Phaseolus vulgaris* is considered to be a mainly self-pollinated crop, but studies have shown that outcrossing can be found in up to 10% of the plants of different accessions cultivated close to each other. Recommendations regarding the distance kept between accessions of common bean differ from 0,5 km to no distance at all. Growers of *P. vulgaris* as well as plant breeders, genebanks and anyone who grows beans for conservation purposes, can greatly benefit from the knowledge of outcrossing-frequencies in common bean and recommendations regarding safe growing distances. With this knowledge the conservation of typical characteristics in different accessions can be facilitated and with that the conservation of genetic diversity. Because of this prevalent risk of outcrossing between common beans, the Nordic Genetic Resource Center (NordGen) designed a pilot study in three different, Nordic locations: Alnarp, Scania; Landvik, Norway and Gnesta, Sörmland. In this report the germinations and following analysis of the harvested beans from each study site, are explained and discussed. The results of this pilot study showed that no outcrossings occurred between the accessions of *P. vulgaris* used in the study and that the risk of cross-pollination, according to this pilot study, was nonexistent at 0,25 m – 30,5 m distance. However further studies are needed to investigate the importance of cultivation distance and to determine the effect of other environmental factors that are believed to influence the outcrossing-frequency in common bean, *P. vulgaris*.

*Keywords: outcrossing, genetic diversity, genebank, NordGen, pilot study, seed multiplication*

# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning</b> .....	<b>8</b>
<b>Figurförteckning</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Inledning</b> .....	<b>10</b>
1.1. Bakgrund.....	12
1.2. Syfte och frågeställning .....	13
<b>2. Metod och material</b> .....	<b>14</b>
2.1. Litteraturstudie.....	14
2.2. Odlingsförsök.....	14
2.2.1. Växtmaterial.....	16
2.2.2. Tröskning .....	17
2.2.3. Groningar .....	18
2.3. Avgränsningar.....	19
<b>3. Teori</b> .....	<b>20</b>
3.1. Böna, <i>Phaseolus vulgaris</i> .....	20
3.2. Själv- och korspollinering i böna .....	20
3.3. Tidigare studier om avståndets betydelse.....	21
3.2 Hypokotylfärg som morfologisk markör .....	24
<b>4. Resultat</b> .....	<b>25</b>
4.1. Groningar .....	25
<b>5. Diskussion</b> .....	<b>34</b>
5.1. Slutsats .....	38
<b>6. Referenser</b> .....	<b>39</b>
<b>Tack</b> .....	<b>41</b>

# Tabellförteckning

Tabell 1: Sammanställning av tidigare studier som, med hjälp av en morfologisk markör, bestämt en procentuell inkorsningsfrekvens mellan accessioner av *P. vulgaris* på olika avstånd.

Tabell 2: Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Alnarp. Totalt antal skördade och grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor.

Tabell 3: Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Gnesta, Sörmland. Tabellen redogör för det totala antalet skördade bönor, grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor.

Tabell 4: Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Landvik, Norge. Tabellen redogör för det totala antalet skördade bönor, grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor. Arm A = Nord, B = Öst, C = Söder, D = Väst. X = inget växtmaterial kunde skördas.

Alla tabeller i uppsatsen (Tabell 1, Tabell 2, Tabell 3 och Tabell 4) är skapade av Anne Schultz 2023.



# Figurförteckning

Figur 1. Martin & John, N. (1875). Stages in the development in Common Bean seedling. [Illustration].<https://www.flickr.com/photos/internetarchivebookimages/20559970880> (CC0 1.0) [2023-02-22].

Figur 2. och Figur 3. NordGen (2022) Schematiska bilder över odlingsförsöket. Används med upphovspersonens tillstånd.

Figur 4 – 11. Schultz, Anne. (2023). Groningar av bönor [fotografier].

# 1. Inledning

Fröodling och växtförädling har bedrivits av människan sedan jordbrukssamhällets början för ca. 12 000 år sedan. Växter, med de för människan mest förmånliga egenskaperna, har valts ut och över tid har vilda växter, genom detta urval, mer och mer anpassats efter hennes önskemål och behov (Genetiknämnden 2020).

Vid växtförädling väljer man bort, eller minskar inverkan av egenskaper som för människan och i synnerhet dagens jordbruk av olika anledningar är oönskade eller inte av intresse. Många av de jordbruksgrödor som odlas mest i Sverige och stora delar av världen idag är starkt förädlade och baseras oftast på växtmaterial med en smal genetisk bas. Detta innebär att vissa grödor lättare kan slås ut av svårare klimatförhållanden eller växtsjukdomar. En bredare genetisk bas medför en större anpassningsförmåga hos växter och i förlängningen ett mer resilient och hållbart jordbruk (NordGen 2023). Egenskaper som sjukdomsresistens eller karaktärer som kan vara fördelaktiga vid exempelvis torka eller ökad nederbörd, kan man bland annat hitta hos vilda kulturväxtsläktingar, alltså vildväxande närbesläktade arter till idag kultiverade grödor, men även hos mindre vanligt odlade äldre sorter eller hos lantsorter (ibid.). En lantsort är en population av en gröda som inte genomgått traditionell växtförädling utan anpassat sig genetiskt till en lokal miljö där den odlats under många år. Genom att människan gjort urval har med tiden de bästa individerna selekterats och på så vis har växtmaterialet anpassats till både det geografiska området och människans behov (Gerhardt 2022).

Förutom att lantsorter och kulturväxtsläktingar bidrar till den genetiska och biologiska mångfalden bär de ofta på ett stort kulturellt värde. Genom att bevara dessa bevaras samtidigt deras historia och med den en förståelse och anknytning till exempelvis en plats eller människorna som levde där (Föreningen Sesam 2014). Eftersom dessa äldre sorter och lantsorter oftast inte odlas inom jordbruket i någon större utsträckning idag, och de vilda kulturväxtsläktingarna inte alls, finns det en risk att deras gynnsamma egenskaper och historia går förlorade. För att motverka detta måste de bevaras, något som görs på bland annat genbanker runt om i världen (NordGen 2023). För att beskriva ett distinkt fröprov av olika sorter, distinkta arter och populationer som exempelvis insamlat vilt material eller lantsorter, som förvaras i bevarandesyfte på till exempel en genbank används begreppet accession (FAO 2023). Eftersom frön av olika accessioner i genbanker förlorar sin grobarhet över tid och tappar i antal vid användandet av dem, behöver de uppföras med jämna mellanrum (NordGen 2023). Vid uppföringen är det viktigt att accessionen i fråga behåller sina typiska karaktärer och egenskaper och att det inte sker några inkorsningar. Detta eftersom egenskaperna riskerar att gå förlorade när

olika accessioner korsar sig med varandra genom pollinering (Föreningen Sesam 2014).

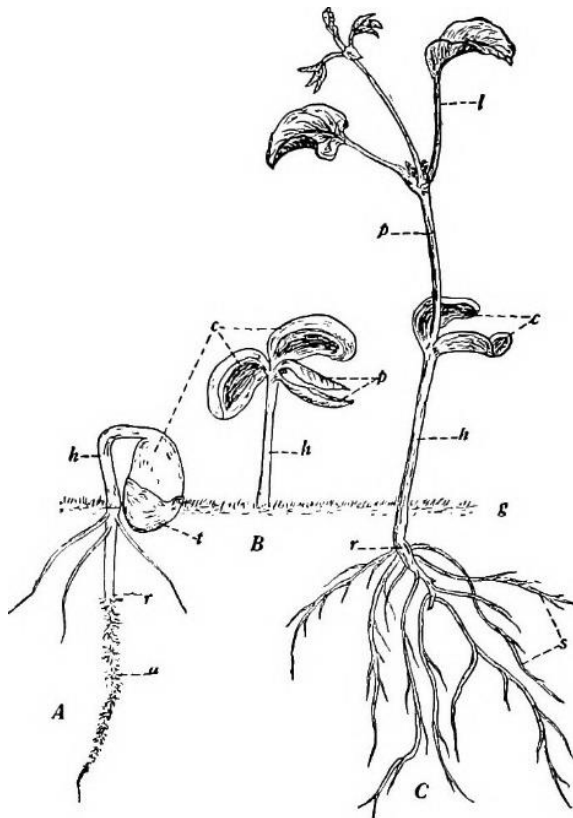
I denna uppsats diskuteras mer specifikt hur karaktärer och egenskaper i olika unika accessioner av böna, *Phaseolus vulgaris*, kan bevaras genom att anpassa avståndet mellan accessionerna vid uppförökning.

*Phaseolus vulgaris* klassas som en i huvudsak självpollinerande gröda men tidigare studier har rapporterat om att korsbefruktning mellan individer kan förekomma i upp till 10% (Ibarra-Perez et al. 1997). En viktig faktor som påverkar sannolikheten för korsbefruktning är odlingsavståndet mellan accessioner (Ferreira et al. 2006). För att förhindra detta och därmed en potentiell risk att för accessionerna typiska egenskaper går förlorade, måste odlingsavståndet anpassas till ett avstånd där man vet att risken för korsbefruktning är försumbar. Kunskapen om risken för korspollinering i bönor är bristfällig och få studier om ämnet har utförts i Norden (Ibarra-Perez et al. 1997). Den senaste skandinaviska studien i ämnet gjordes 1921 av Kristoffersson i Lund. Rekommendationer för avstånden skiljer sig dessutom betydligt åt i olika studier (Ferreira et al. 2006, Delaplane et al. 2000). Det finns därmed ett behov av vidare forskning inom området vilket denna uppsats gör anspråk på.

## 1.1. Bakgrund

Korsbefruktning i böna, *P. vulgaris*, kan förekomma till upp emot 10% men miljöfaktorer samt karaktärer och egenskaper i accessionen är avgörande för sannolikheten för inkorsningar (Ibarra-Perez et al. 1997). Odlingsförsök liknande det som beskrivs i denna uppsats är få till antalet i Norden (ibid.) och kunskapen om sannolikheten för korsbefruktningar mellan specifika bön-accessioner är bristfällig (Ibarra-Perez et al. 1997). Kunskap av denna typ är mycket relevant och av stor vikt för det praktiska arbetet både för växtförädlare och genbanker samt odlare av *P. vulgaris*. Med bättre kännedom om detta kan avstånd mellan bönsorter i framtiden anpassas på ett bättre sätt och väl avvägda beslut kan tas med hänsyn till sannolikheten för korsbefruktning. På så vis kan genbanker lättare säkerställa att karaktärer och egenskaper bibehålls i de bön-accessioner som uppförökas och växtförädlare kan hålla sina förädlingslinjer rena.

Under sommaren 2022 påbörjades ett pilotprojekt på Nordiskt Genresurscenter (NordGen), i syfte att undersöka i hur stor utsträckning böna, *P. vulgaris*, korsbefruktas. Hypokotylfärgen (Se Figur 1.) användes som morfologisk markör för att kunna identifiera om en korsbefruktning mellan olika bön-accessioner förekommit eller inte. Hypokotylfärgen syns inte på ett moget frö utan kan först bestämmas efter en groningen av fröna. Tre olika bönsorter med antocyanfärgad hypokotyl planterades i mitten av ett fyrkantigt fält. Två sorters bönor med grön hypokotyl planterades på olika avstånd från de antocyanfärgade bönorna i mitten. Parcellerna med bönsorterna med grön hypokotyl placerades på varje sida av mitt-parcellen för att täcka upp för fyra olika riktningar. Sorter med varierande blomningstid hade valts för att öka sannolikheten att det samtidigt fanns sorter i blom av både de med färgad hypokotyl och de med ofärgad.



**Figur 1.** Bilden visar *P. vulgaris* morfologi och utveckling under tidigt utvecklingsstadium. Hypokotylen är utmärkt med *h* (Martin & John 1875).

## 1.2. Syfte och frågeställning

Syftet med uppsatsen är att öka kunskapen om avståndets betydelse för korsbefruktning i bönor *P. vulgaris*. En litteraturstudie har också gjorts i syfte att förklara den bakomliggande teorin till det ovan nämnda odlingsförsöket. Genom att studera hur många korsbefruktningar som skett på respektive avstånd kan procentuell inkorsningsrisk beräknas och rekommendationer ges kring säkra avstånd vid odling av olika bön-accessioner.

Frågeställningen lyder: Hur långt ifrån varandra bör två olika bön-accessioner planteras vid en uppförökning för att minimera risken för korsbefruktning?

## 2. Metod och material

Uppsatsens metoder består av en litteraturstudie samt en beskrivning av odlingsförsöket som ligger till grund för uppsatsen och använt växtmaterial. Vidare redogörs även för använda metoder för tröskning och groning av böna (*P. vulgaris*) liksom tillämpade avgränsningar.

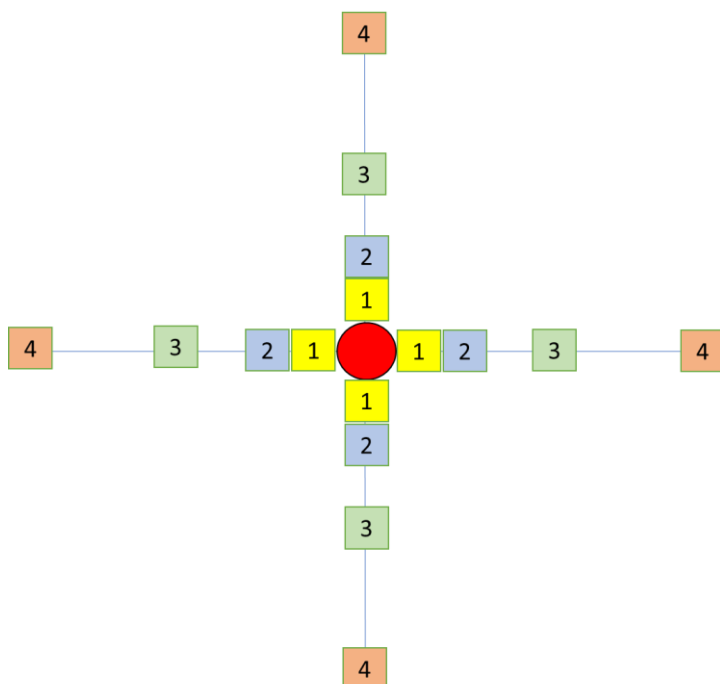
### 2.1. Litteraturstudie

Arbetets teoretiska ramverk har byggts upp genom en litteraturstudie där grundläggande forskning samt tidigare fältstudier om korspollinering i böna (*P. vulgaris*) sammanställts. Syftet med litteraturstudien är att sammanfatta bakgrunden till upplägget av fältstudien. Sökningar gjordes i databaserna Web of science, Google scholar, Primo samt i facklitteratur.

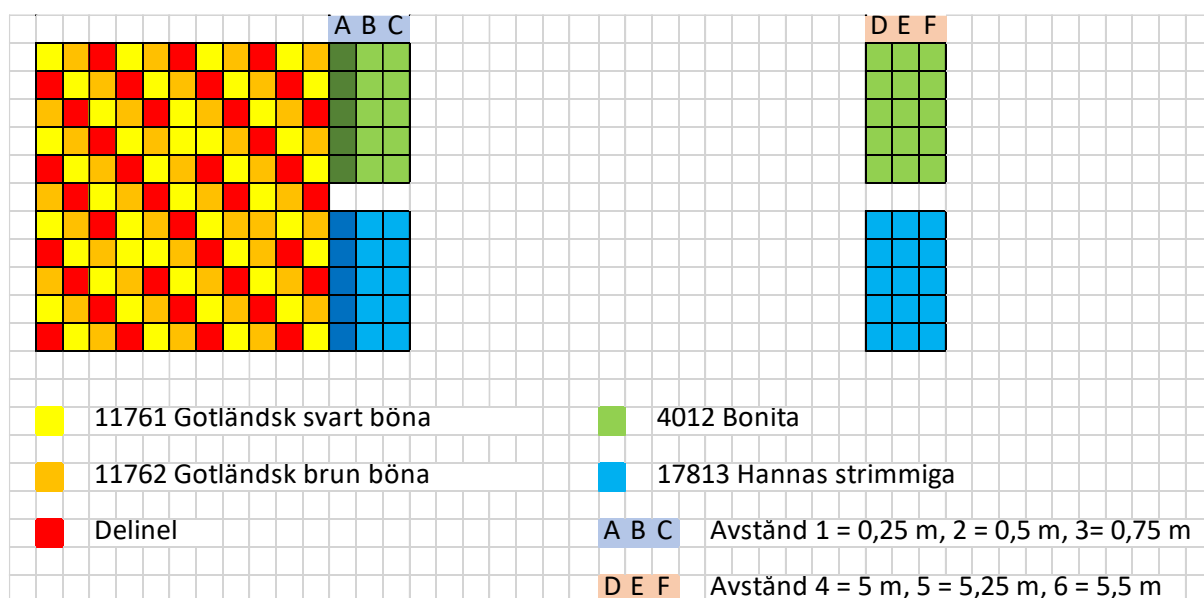
### 2.2. Odlingsförsök

Under sommaren 2022 påbörjades ett pilotprojekt på NordGen, Alnarp i syfte att undersöka i hur stor utsträckning böna (*P. vulgaris*) korsbefruktas på olika avstånd. Försöket utfördes även på två andra platser, i Landvik, Norge och i Gnesta, Sörmland.

Inför odlingsförsöket på Alnarp såddes bönorna i växthus den 1 juni och planterades ut i fält den 21 juni 2022. Sådden försenades något på de två andra lokalerna där bönorna såddes under den tidigare halvan av juni. Tilläggas bör att bönorna i fältförsöket i Landvik, Norge direktsåddes på fält. I samtliga tre försök ingick samma tre bönsorter med antocyanfärgad hypokotyl som placerades i en ruta i mitten av försöksfältet där de fungerade som tänkbara pollengivare. Sorterna var 'Delinel', 'Gotländsk brun böna' och 'Gotländsk svart böna'. Bönsorterna utan antocyanfärgad hypokotyl, 'Hannahs strimmiga' och 'Bonita', planterades i parceller på följande avstånd från mittparcellen: 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, 5m, 5,25 m, 5,5 m, 15 m, 15,25 m, 15,5 m, 24 m, 24,25 m och 24,5 m i fyra olika riktningar (Se Figur 2 och 3). I fältförsöken i Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland planterades bönorna på samma avstånd förutom att parcellerna med 24 – 24,5 m avstånd från mitt-parcellen var belägna på 30 m - 30,5 m avstånd från mitt-parcellen i stället.



**Figur 2.** Schematisk ritning över försöksfältet. Mittparcellen med sorter med antocyanfärgad hypokotyl illustreras här av den röda cirkeln i mitten. De numrerade rutorna föreställer parcellerna med bönsorterna utan antocyanfärgad hypokotyl som placerades på varje sida av pollengivar-parcellen i fyra olika riktningar. Ruta 1 visar avstånden 0,25 – 0,75 m, ruta 2 = 5 – 5,5 m, ruta 3 = 15 – 15,5 m och ruta 4 = 24 – 24,5 m alternativt 30 – 30,5 m (Landvik och Gnesta).



**Figur 3.** Fältupplägget vid försöket i Alnarp. Bilden visar hur bönor med antocyanfärgad hypokotyl, 'Gotländsk svart böna', 'Gotländsk brun böna' och 'Delinel' placerades i mittparcellen. Varje ruta representerar en planta. Parcellerna där bönsorterna med grön hypokotyl, 'Hannas strimmiga' och 'Bonita', placerades illustreras här genom en av de fyra riktningarna och de sex första avstånden: 0,25 m, 0,5 m, 0,75 m, 5 m, 5,25 m och 5,5 m.

Marken runtom parcellerna hölls bar under odlingsförsöket i Alnarp och försöksfältet låg i närheten av ett fält med honungsfacelia, *Phacelia tanacetifolia*. I Landvik såddes bönorna i en förstaårsfröäng för gräsfröproduktion där vårvede användes som sekundär gröda. I försöket i Gnesta omgavs bönorna av olika grönsaker, framför allt morötter och sallat. Samtliga odlingsförsök kontrollerades regelbundet under säsongen och vattnades samt ogräsrensades vid behov.

Kort efter planteringen av bönplantorna angreps odlingen av en hare som skadade och åt upp bönplantor från ett fåtal parceller. På grund av detta tilltogs säkerhetsåtgärder och nät sattes upp runt parcellerna för att undvika ytterligare skadegörelse i odlingen. Näten runtom parcellerna var av sorten elstängselnät med en höjd på 90 cm och 130 x 175 mm i maskstorlek. Efter ett ytterligare angrepp sattes även fågelnät med en maskstorlek på 50 x 50 mm upp för att täcka parcellernas ovsida.

I september 2022 påbörjades skörden av de mogna bönorna och samtliga bönplantor skördades från varje parcell. Bönorna skördades dock på något olika sätt på de tre olika försöksorterna. I Gnesta, Sörmland skördades bönorna tillsammans från samtliga riktningar men med varje avstånd och sort för sig. Till skillnad från odlingsförsöket i Gnesta skördades bönorna från försöken i Alnarp, Skåne och Landvik, Norge med varje riktning, avstånd och sort för sig. I odlingsförsöken i Gnesta och Landvik skördades däremot alla bönor från samma parcell utan att särskilja mellan avstånden i den. Till exempel så skördades bönorna från avstånden 5 m, 5,25 m och 5,5 m tillsammans i en påse i stället för att varje avstånd skördades separat. Under skörden av bönorna i Alnarp hölls dessa avstånd isär. Bönplantor från mittparcellen, dvs pollengivarna, skördades däremot tillsammans oberoende av sort.

### 2.2.1. Växtmaterial

Bönsorterna till odlingsförsöket valdes baserat på karaktärerna hypokotylfärg och blomningstid. En förutsättning var också att det fanns tillräckligt med frö i genbanken att tillgå av respektive sort. Information om sorternas karaktärer hittades i databasen Nordic Baltic Genbanks Information Systems (GENBIS).

Tidigare morfologiska bedömningar, som registrerats i GENBIS, av sorterna 'Bonita' och 'Hannas strimmiga' visade att sorternas hypokotyl helt saknade antocyanfärg. Sorterna tillhör Kokböna-Gruppen och är lågväxande buskbönor (SKUD 2023, GENBIS 2023). Bönsorten 'Bonita' är en korsning mellan en brun böna (spontaneous cross) och brytbönan Flageolete och kom ut på marknaden som



namnsort 1964. Sortens frön är små och ljusbruna i färgen. Blomningstiden för sorten 'Bonita' är klassad som medium (GENBIS 2023). Sorten 'Hannas strimmiga' är en kulturväxt som donerades till NordGen 2007. Den hade dessförinnan odlats sedan 1938 av fritidsodlaren Hanna Biljer som även gett sitt namn åt sorten. Blommor och baljor är rosa och efter en period av mognad blir baljorna strimmiga. Fröna är avlånga med ett rött och spräckligt mönster varav vissa bönor är helt röda. Blomningstiden för 'Hannas strimmiga' är klassad som tidig (GENBIS 2023). Frön av sorten 'Bonita' är betydligt mindre än de av sorten 'Hannas strimmiga'.

Tre sorter med antocyanfärgad hypokotyl behövdes som potentiella pollengivare i försöket. Två sorter, 'Gotländsk brun böna' och 'Gotländsk svart böna' fanns tillgängliga på NordGen och hittades med hjälp av sökresultat från tidigare morfologiska bedömningar dokumenterade i GENBIS. Blomningstiden för sorten 'Gotländsk brun böna' är klassad som sen medan blomningstiden för 'Gotländsk svart böna' är klassad som medium (GENBIS 2023). Den tredje bönsorten, 'Delinel', med antocyanfärgad hypokotyl hittades i den tjeckiska genbanken efter sökning i deras databas (GRIN Czech). Frön av denna sort beställdes från den tjeckiska genbanken. Blomningstiden för sorten 'Delinel' är klassad som medeltidig (GENBIS 2023).

Innan odlingsförsökets början i juni 2022 utfördes testgroningar i början av maj, för att säkerställa sorternas hypokotylfärg. Testgroningarna gjordes enligt NordGens standardmetod (Metod 1) för groningar av böna (*P. vulgaris*) och sorternas hypokotylfärg analyserades. En tydlig antocyanfärg i hypokotylen påträffades efter 10 dagar av groning i sorterna 'Delinel', 'Gotländsk brun böna' och 'Gotländsk svart böna'. Inga tecken på antocyanfärgad hypokotyl upptäcktes i sorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita'.

### 2.2.2. Tröskning

Tröskningen av bönor utfördes i NordGens tröskrum. Bönorna tröskades för hand i en plastbalja och blåstes sedan i en frörensare för att avlägsna smuts. Därefter räknades bönorna med hjälp av en partikelräknare. Bönorna lades i påsar markerade med tillhörande sortnummer och parcellbeteckning, och förvarades i rumstemperatur tills groningsstudier påbörjades. Antalet bönor för varje parcell dokumenterades.

### 2.2.3. Groningar

Groningar av böterna utfördes på NordGens frölaboratorium enligt två metoder för groning av *P. vulgaris*. Samtliga böter från varje parcell groningstestades. Antalet böter per parcell varierade med avstånd, sort och odlingslokal men låg mellan 0 – 400 böter.

Två groningsmetoder användes för groningar av böterna. Den första metoden, Metod 1, utfördes på följande sätt: 50 böter i taget placerades på fuktat ärt-papper av sorten Munktell Ahlstrom, 4b, 110x580 mm. Böterna täcktes sedan med ytterligare fuktat ärt-papper, etiketterades, viktes ihop och placerades på högkant i en plastlåda med lock. I botten på plastlådan placerades ett galler för att möjliggöra avrinning samt förhindra att böterna stod för blött under groningstiden. Då ärt-pappret av ovan nämnda sort tog slut användes för resterande böter en annan groningsmetod, Metod 2, som utfördes på följande sätt: 50 böter placerades på ett fuktat filterpapper av sorten Munktell Ahlstrom 44017, 220x400mm, täcktes sedan med ett torrt groningspapper av sorten Munktell Ahlstrom 146000, 400x190mm, etiketterades, rullades ihop och placerades i en plastpåse som även den etiketterades. Några av dessa plastpåsar med groningsrullar förberedda enligt Metod 2 lades i plastlådor medan andra stod lutade mot fönstret i groningsrummet eller mot plastlådan.

Böter från parceller med böterterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' analyserades ett avstånd i taget. Detta innebar alltså att groningarna av böterna från de fyra parcellerna på 0,25 m, gjordes först och därefter de som planterats på 0,5 m avstånd och så vidare. Groningar gjordes och analyserades under en period på tre veckor. Eftersom tidsramen för detta arbete var begränsad analyserades böterna fram till 15 meters avstånd från mittparcellen i försöket som utfördes på Alnarp. Från fältförsöken i Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland analyserades dock böter från samtliga avstånd räknat från mittparcellen (t.o.m. 30,5 m). Böterna från odlingsförsöken i Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland skickades till NordGen och groddades enligt Metod 2 och analyserades efter 12 dagar.

Vid varje groningsomgång lades 50 frön av pollengivar-sorterna 'Delinel', 'Gotländsk brun böna' och 'Gotländsk svart böna', på groning som referens för att kunna säkerställa att antocyanfärgen i hypokotylen i dessa blivit tillräckligt framträdande för att kunna identifiera en eventuell förekomst av samma karaktär i böterterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' i fallet att en inkorsning skett. En tydlig antocyanfärg i hypokotylen utvecklades efter nio dagar efter groningsstart i frön från pollengivarna som beretts enligt Metod 1, således kunde även böterterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' som grots enligt samma metod analyseras efter denna tidsperiod. Groningar som beretts enligt Metod 2 utvecklade en tydlig

antocyanfärg i hypokotylen i pollengivarna efter 11 dagar, men hypokotylen utvecklades tillräckligt för avläsning först efter 11–13 dagar för 'Hannas strimmiga' och 'Bonita'. För att säkerställa att en potentiell korsbefruktning kunde identifieras analyserades därför 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' vid 11 – 13 dagar.

Groningarna vattnades efter behov för att säkerställa att de skulle behålla fukten under groningstiden. Groningarna som beretts enligt Metod 2 torkade ut fortare och behövde därför vattnas oftare än de som beretts enligt Metod 1. Några groningar öppnades efter sju dagar för att kontrollera hur mycket börnorna grott. Under en kontroll av grodda frön från pollengivarna upptäcktes att antocyanfärgen av hypokotylen var mindre framträdande än vid den tidigare testgroningen. Detta härleddes till att groningarna hade stått för mörkt och att antocyanfärgen därför inte utvecklats tillräckligt. En studie av Su et al. (2016) visade att ansamlingen av antocyaner i hypokotyl av sojaböna, *Glycine max*, ökade vid exponering av UV-A strålning. Detta är en tänkbar förklaring till varför antocyanfärgen i hypokotylen hos *P. vulgaris* i detta försök utvecklades senare i groningarna av frön från pollengivarna, då de under den första groningsperioden inte var särskilt ljusexponerade. Groningarna placerades därefter i ett läge med mer ljus genom att sätta upp två bygglampor som ytterligare belysning. Bygglamporna var tända under dagen mellan ca. kl. 06 – 17, fem dagar i veckan. Efter att bygglamporna sattes upp steg temperaturen i groningsrummet till 23°C under dagtid, vilket var ett par grader högre än tidigare i rummet.

Böngroddarna analyserades en och en för att identifiera en potentiell antocyanfärgning av hypokotylen. Antalet möjliga bönor, icke-grodda bönor samt antalet bönor med antocyanfärgad hypokotyl dokumenterades.

### 2.3. Avgränsningar

Det förekommer en rad olika faktorer som kan påverka att en korsbefruktning inträffar mellan accessioner. Miljöfaktorer som väderlek, plats, tid för plantering, förekomst av pollinatörer men även kompatibiliteten mellan accessioner kan spela in (Ibarra-Perez et al., 1997). Utifrån den data som insamlades vid försöket är det omöjligt att utläsa alla miljöfaktorer som kan ha påverkat potentiella inkorsningar under försökets gång. Arbetet är därför avgränsat till att undersöka i vilken mån avståndet från parcellen i mitten påverkar sannolikheten för korsbefruktning.

Detta försök rör ett begränsat antal sorter av arten *P. vulgaris* och är även avgränsat i den mån att endast en morfologisk markör, hypokotylfärgen, används för att fastställa potentiell korsbefruktning. Molekylära markörer används exempelvis inte.

## 3. Teori

### 3.1. Böna, *Phaseolus vulgaris*

Böna, *Phaseolus vulgaris*, även kallad trädgårdsböna är en genom historien välanvänd och uppskattad gröda. Den anses idag vara den näst viktigaste baljväxten i världen efter sojabönan, *Glycine max* (Kavas et al. 2022). Arten tillhör familjen *Fabaceae* och har sitt ursprung i Mesoamerika där domesticeringen tros ha börjat för ca. 8000 år sedan ((POM 2006). Troligtvis härstammar den från den vilda baljväxten *Phaseolus aborigineus* som fortfarande kan hittas vildväxande i Brasilien och Argentina. Bönan kom till Europa i början på 1500-talet och användes då som högväxande prydnadsväxt innan den i huvudsak började användas som livsmedel (POM 2006). Emellertid odlas *P. vulgaris* i hela världen, med Indien som största producentland (Wikipedia 2022).

Inom arten *P. vulgaris* ryms en rad välkända böngrupper och sorter som exempelvis Brytböna-Gruppen, Kokböna-Gruppen, där bland annat den öländska bruna bönan ingår, Skärböna-Gruppen och Vaxböna-Gruppen (SKUD 2023). Några av dessa, närmare bestämt 144 olika sorter av *P. vulgaris* är bevarade hos NordGen i Alnarp (personlig kommunikation, Carlson-Nilsson 2023). I Sverige finns en lång tradition av bönodling, inte minst på Öland där odlingen av bruna bönor började för mer än hundra år sedan (Fogelberg 2008). Många sorter av *P. vulgaris* har en lång odlingstradition och bär på ett stort kulturellt värde. Förutom att bevara accessionerna på grund av deras historiska och kulturella värden, bevaras också den genetiska mångfalden vilket gör att de egenskaper och karaktärer som accessionerna besitter, i framtiden kan bli användbara inom växtförädling (Svensson 2004). Detta innebär att det ligger i både växtförädlarens och genbankens intresse att behålla värdefulla böns-accessioner karaktärstypiska.

### 3.2. Själv- och korspollinering i böna

*Phaseolus vulgaris* är i huvudsak en självpollinerande gröda. Tidigare studier har dock påvisat att korsbefruktnings i böna kan förekomma via insektspollinering (Delaplane et al. 2000). Graden av inkorsningar som redovisas i litteraturen varierar däremot avsevärt, med värden från mindre än 1% upp till 10% (Ferreira et al. 1999). Den stora variationen mellan rapporterade värden (Se 3.3, Tabell 1) indikerar att vidare studier behövs för att undersöka sannolikheten för inkorsningar i böna.

Korsningar mellan olika accessioner av *P. vulgaris* kan förekomma eftersom de tillhör samma art och kan ge en livskraftig och fertil avkomma (Ferreira et al. 2006).

För att ett genflöde ska kunna ske förutsätter det dock att blomningstiderna för respektive bönaccession överlappar samt att avstånden mellan accessionerna är inom räckhåll för pollinatörer (ibid.). Ett genflöde mellan accessioner kan orsaka en förändring i grödans genuppsättning vilket kan leda till en svårighet att bevara typiska karaktärer och egenskaper av dessa (Ferreira et al. 2006).

För att en lyckad pollinering ska kunna inträffa i en blomma behöver pistillen vara mottaglig för pollen. Om ett mottagligt pistillmärke kommer i kontakt med pollen så växer pollenslangen ned till embryosäcken där den sedan befruktar äggcellen (Taiz et al. 2014). I vanliga fall inträffar pollineringen i *P. vulgaris* när blomman fortfarande är slutet, men en kort tid innan den öppnas. På så vis kan en självpollinering och påföljande befruktning i de flesta fallen säkerställas (Delaplane et al. 2000). Om det mottagliga pistillmärket kommer i kontakt med pollen från en annan accession av *P. vulgaris* så finns det dock en risk att en korsbefruktning inträffar. Det tar mellan 8 – 9 timmar för pollenslangen att växa ned och befrukta fröämnet i böna (ibid.). Under det tidsfönstret är det möjligt för pollinatörer att besöka blomman och korspollinera den. Pistillen och pistillmärket i en bönblomma kan dessutom i vissa fall sticka fram ur blomman, exempelvis på grund av tyngden av en pollinatör, vilket gör den tillgänglig för pollinering. Det är även möjligt att blomman öppnas innan en självbefruktning ägt rum (Delaplane et al. 2000). Sådana morfologiska karaktärer i blommans reproduktiva strukturer har delvis visat sig bero på miljö och klimatfaktorer och dessa kan därmed påverka sannolikheten för korsningar (Ibarra-Perez et al. 1997). Om blomman blivit befruktad, med för den främmande pollen, växer pollenslangen oftast snabbare än med det egna pollenet. Följaktligen är en korsning sannolik när en bönplanta av arten *P. vulgaris* korspollinerats (Delaplane et al. 2000).

### 3.3. Tidigare studier om avståndets betydelse

*Phaseolus vulgaris* reproduktion har studerats sedan länge. Att korsbefruktning förekom i böna blev dokumenterat redan 1858 av Darwin som fastställde att *P. vulgaris* i de flesta fallen är en självbefruktande växt men att spontana korsningar kan förekomma (Ibarra-Perez et al. 1997). Yttre omständigheter som klimat, plats, samt förekomsten av pollinatörer är bidragande faktorer för att en naturlig korsbefruktning inträffar (ibid.) Tidigare studier har även behandlat hur faktorer som planteringsdatum, kompatibiliteten mellan bön-accessioner, avståndet mellan bönplantor samt storleken på frön påverkar sannolikheten för inkorsningar i *P. vulgaris* (Ibarra-Perez et al. 1997).

Många av de studier som utförts inom ämnet har redogjort för vitt skilda frekvenser av inkorsningar och det verkar vara svårt att dra några generella slutsatser från

många av de publicerade forskningsresultaten. Enligt Ibarra-Perez et al. (1997) kan detta bero på att många studier endast bedrivits under en odlingssäsong och, eller på en plats. Vidare har i flertalet studier endast få stickprov av en stor population utvärderats för inkorsningar, något som enligt författarna kan ha påverkat resultaten och minskat deras trovärdighet. Ett stort antal potentiella inkorsningar kan då ha förbisetts och resulterat i felaktiga slutsatser. Författarna rekommenderar därför att färre bönplantor analyseras men att all dess avkomma evalueras (ibid.). De flesta studier som utförts påvisar dock en inkorsningsfrekvens på lite under 2% vid 0,5 m avstånd och mindre (Ferreira et al. 2006).

I odling av olika bön-accessioner tros avståndet mellan dem spela en viktig roll i frekvensen av inkorsningar (Ibarra-Perez et al. 1997, Ferreira et al. 2006). Däremot råder det inte konsensus kring hur långt avståndet ska vara mellan accessioner under odling i bevarandesyfte, dvs. då man vill bevara för accessionen typiska egenskaper och karaktärer, eller under vilka förutsättningar som inkorsningar sker mer frekvent. Nedan redogörs därför resultat och rekommendationer, från tidigare studier och litteratur, för avståndet mellan sorter i bönodling. En sammanställning av denna redogörelse finns i Tabell 1.

Som tidigare nämnts innebär korsbefruktning mellan olika accessioner av *P. vulgaris* en risk för bevarandet av dessa och kan därmed bli ett problem för såväl växtförädlare som genbanker (Ibarra-Perez et al. 1997). För att minska risken för oönskade korsningar rekommenderas i boken *Crosspollination by bees*, skriven av Delaplane och Mayer (2000), att olika accessioner och varieteter av *P. vulgaris* ska hållas på minst 2–4 m avstånd och separeras av en skiljevägg som exempelvis en lähäck. Vidare beskrivs hur vissa yrkesodlare väljer att separera särskilt värdefulla accessioner med upp till 0,5 km.

Eftersom ett flertal yttre faktorer påverkar sannolikheten för inkorsningar i böna anser Ibarra Perez et al. (1997) att *P. vulgaris* inte bör ses som en övervägande självpollinerande gröda. I studien uppdagades att korspollinering kan förekomma frekvent, särskilt i miljöer med mycket pollinatörer, i synnerhet humlor. Författarna menar därför att *P. vulgaris* snarare kan ses som en växt med en kombination av reproduktionssätt i specifika odlingssituationer och att avståndet mellan accessioner av *P. vulgaris* måste anpassas därefter.

I många av de tidigare genomförda studierna återfinns de högsta värdena av korsbefruktning i bönplantor som planterats mindre än en meter från pollengivaren med en inkorsningsfrekvens på ca. 2% (Ferreira et al. 2006). I en studie av Ferreira et al. från 2006 var till exempel värdena för inkorsningar högre vid avstånd mellan 0 - 1 m mellan accessionerna men sjönk markant efter 3,25 m. Värdena vid kortare

avstånd än 3,25 m påvisade inkorsningar i lite mer än 1% av de analyserade bönorna och påvisade därmed att risken för inkorsningar är låg i *P. vulgaris* (Se Tabell 1) (Ferreira et al. 2006). I andra studier med erhållna resultat som indikerar en låg risk för korspollinering varierar rekommendationerna för vilka åtgärder som ska tilltas. Ferreira et al. (1999) hävdar att inga särskilda försiktighetsåtgärder måste tilltas för att undvika korsbefruktningar. Det framgår dock inte ifall studien riktar sig till bönodling i bevarandesyfte. Royer et al. (2002) menar i stället att fröodlare bör vidta försiktighetsåtgärder i form av avstånd, pollenburar eller lähäckar mellan bön-accessioner. Vidare rekommenderar Chaves-Barrantes et al. (2014) ungefär 5 m avstånd mellan bön-accessioner för att garantera att oönskade korsningar uteblir, men menar även att 3 m i de flesta fall är tillräckligt. I studien av Chaves-Barrantes et al. (2014) påvisades en inkorsningsfrekvens på ca. 1% där bönorna var belägna 1 m från pollenkällan. Efter 4 m avstånd påträffades inga tecken på korsbefruktning i bönorna (Se Tabell 1)

Andra studier har påvisat att korsbefruktning är mer frekvent förekommande än ovan nämnda studier indikerat. Barrons et al. (1939) fann att korspollinering förekom i 8% av de analyserade bönorna som planterats 1 m från pollengivaren. I bönplantor belägna 8 m från pollenkällan förekom inkorsningar i ca. 3% av bönorna (Se Tabell 1). Studien utfördes på en plats med mycket pollinatörer, som enligt författarna kan vara en bidragande faktor till den höga inkorsningsfrekvensen. Vidare undersökte Sarajevos genbank i Bosnien och Hercegovina i vilken utsträckning lantsorter av *P. vulgaris* behövde isoleras för att förhindra korsningar. Resultaten uppgav att korspollinering förekom i ca 5% av de analyserade bönorna och författarna rekommenderade användandet av pollenburar vid odlingen av olika bön-accessioner (Se Tabell 1) (Grahic et al. 2013).

**Tabell 1.** Sammanställning av tidigare studier som, med hjälp av en morfologisk markör, bestämt en procentuell inkorsningsfrekvens mellan accessioner av *P. vulgaris* på olika avstånd

Morfologisk markör	Plats	Avstånd	Inkorsningsfrekvens	Källa
Blomfärg	Vicosa, Brasilien	<3,25 m	ca. 1%	Ferreira et al. 2006
Hypokotylfärg	Alabama, USA	1 m	8%	Barrons et al. 1939
”_”	”_”	8 m	3%	”_”
Fröskalsfärg	Sarajevo, Bosnien och Hercegovina	0 – 2m	5%	Grahic et al. 2013

Hypokotylfärg	California, USA	Anges* inte	4 – 10%	Ibarra-Perez et al. 1997
Hypokotylfärg	Valle Central, Costa Rica	1 m	1%	Chaves-Barrantes et al. 2014
” _ ”	” _ ”	4 m	0%	” _ ”

\*I studien av Ibarra-Perez et al. 1997 undersöktes inte avståndets betydelse utan varierande genetik och miljöfaktorers inverkan på inkorsningsfrekvens i *P. vulgaris*.

## 3.2 Hypokotylfärg som morfologisk markör

I odlingsförsöket som beskrivs i denna uppsats och i många liknande odlingsförsök har hypokotylfärgen använts som morfologisk markör för att kunna identifiera att en korspollinering inträffat. Även karaktärer som blommans och fröskalets färg har använts som morfologiska markörer i andra studier. Fröskalets färg nedärvs från maternell vävnad. Detta gör att en eventuell inkorsning inte kommer till uttryck i de bönor som skördas från de plantor där korsningen skett. Därför måste böorna odlas i två generationer om fröskalets karaktär ska utgöra en morfologisk markör i ett odlingsförsök där korsbefruktning undersöks (Ferreira et al. 1999).

Hypokotylfärgen lämpar sig bra som markör då hypokotylen härstammar från embryonell vävnad, och identifiering av en korspollinering kan göras i ett tidigt stadie genom att gro de skördade böorna direkt efter odlingen. Inga nya plantor behöver dras upp för skörd av andra generationens bönor (Ibarra-Perez et al. 1997). Dessutom är karaktären tydlig, dominant och stabil och påverkas inte av miljöfaktorer (Royer et al. 2002). Ett genetiskt locus, *Pip*, kontrollerar hypokotylfärgen i böna. Förutom färgen i hypokotylen kontrollerar det även pigmenteringen i bladnerv och kotyledoner (Ibarra-Perez et al. 1996). Den homozygota recessiva genotypen (*pp*) är grön eller ofärgad medan den homozygota dominant (PP) och heterozygoter (*Pp*) har antocyanfärgade hypokotylor (Ibarra-Perez et al. 1996). Antocyaner är vattenlösliga pigment som ger hypokotylen och andra växtdelar en lila-aktig och ibland röd färg (Su et al. 2016). Ett flertal gener är involverade i syntesen och ackumuleringen av antocyaner i hypokotylen som ger upphov till fenotypen. Dessa gener kontrollerar också antocyaninhalten i fröskal, kotyledoner och blommor i *P. vulgaris* (Gantet et al. 1992).



## 4. Resultat

För att besvara frågeställningen i hur stor utsträckning inkorsningar förekommit mellan bönsorterna och i så fall på vilket avstånd, utfördes fältförsök på tre orter där sorter utan antocyanfärgad hypokotyl planterades på olika avstånd till sorter med antocyanfärgad hypokotyl. Därefter genomfördes groningstester av de skördade börnorna och genom att granska den nya plantans hypokotylfärg kunde man utläsa om en korsbefruktning ägt rum eller inte. Genom att börnorna från varje avstånd undersöktes separat kunde man få en uppfattning om betydelsen av avståndet mellan pollengivare och pollenmottagare.

### 4.1. Groningar

Under groningsanalyserna dokumenterades det totala antalet skördade bönor, antalet grodda bönor utan angrepp och andelen bönor som grodde samt andelen bönor som blivit angripna av mögel eller som inte hade grott alls vid analystillfället. Samtliga data, samt fördelningen av analyserade frön mellan de olika sorterna kan ses i Tabell 2 för försöket i Alnarp, Tabell 3 för försöket i Gnesta och Tabell 4 för försöket i Landvik. Skörden blev dessvärre mycket låg från försöken i Gnesta och Landvik. Detta berodde till största del på att börnorna inte hann mogna i tid på grund av sen sådd. Från vissa parceller saknas skördade bönor helt (Se Tabell 3 och Tabell 4). Ett mycket större antal bönor analyserades därför från försöket i Alnarp (11 363 st) än från försöken i Landvik (132 st) och Gnesta (96 st). En stor andel av börnorna från Landvik och Gnesta angreps av mögel och kunde av den anledningen inte analyseras (Se Tabell 3 och Tabell 4). Till skillnad från groningarna av bönor från fältförsöken i Landvik och Gnesta angreps endast en liten andel av börnorna från Alnarp av mögel och en större andel grodde (Tabell 2).

**Tabell 2.** Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Alnarp. Totalt antal skördade och grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor

Plats: Alnarp, SE	Arm*	Avstånd (m)	Totalt antal skördade bönor (st)	Antal grodda bönor utan angrepp (st)	Andel bönor som grodde (%)	Andel angripna/ej grodda bönor (%)
Sort: 'Bonita'	A	0,25	237	230	97	3
	A	0,5	392	379	97	3
	A	0,75	283	281	99	1
	A	5	33	31	94	6
	A	5,25	113	104	92	8

	A	5,5	186	173	93	7
	A	15	165	159	96	4
	B	0,25	95	90	95	5
	B	0,5	156	139	89	11
	B	0,75	401	397	99	1
	B	5	233	220	94	6
	B	5,25	218	215	99	1
	B	5,5	335	311	93	7
	B	15	146	136	93	7
	C	0,25	197	195	99	1
	C	0,5	347	340	98	2
	C	0,75	284	283	100	0
	C	5	351	318	91	9
	C	5,25	206	201	98	2
	C	5,5	261	251	96	4
	C	15	204	186	91	9
	D	0,25	351	344	98	2
	D	0,5	367	365	99	1
	D	0,75	316	315	100	0
	D	5	210	205	98	2
	D	5,25	210	200	95	5
	D	5,5	254	251	99	1
	D	15	336	319	95	5
<b>Sort: 'Hannas strimmiga'</b>	A	0,25	69	64	93	7
	A	0,5	217	212	98	2
	A	0,75	244	243	100	0
	A	5	69	69	100	0
	A	5,25	134	134	100	0
	A	5,5	124	122	98	2
	A	15	86	86	100	0
	B	0,25	86	82	95	5
	B	0,5	172	169	98	2
	B	0,75	218	216	99	1
	B	5	138	138	100	0
	B	5,25	211	208	99	1
	B	5,5	196	192	98	2
	B	15	110	110	100	0
	C	0,25	117	114	97	3
	C	0,5	300	169	56	44
	C	0,75	228	216	95	5

	C	5	152	138	91	9
	C	5,25	201	197	98	2
	C	5,5	256	192	75	25
	C	15	75	75	100	0
	D	0,25	111	111	100	0
	D	0,5	307	302	98	2
	D	0,75	264	230	87	13
	D	5	189	185	98	2
	D	5,25	241	240	100	0
	D	5,5	167	167	100	0
	D	15	135	135	100	0

\*Fyra ”armar” (A, B, C och D) utgick från varje sida av mitt-parcellen i fyra olika riktningar (Se Figur 2).

**Tabell 3.** Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Gnesta, Sörmland. Tabellen redogör för det totala antalet skördade bönor, grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor

Plats: Gnesta, SE	Avstånd (m)	Totalt antal skördade bönor (st)	Antal grodda bönor utan angrepp (st)	Andel bönor som grodde (%)	Andel angripna/ej grodda bönor (%)
Sort: 'Bonita'	0,25 – 0,75	12	5	42	58
	5 – 5,5	6	2	33	67
	15 – 15,5	24	19	79	21
	30 – 30,5	57	29	51	49
Sort: 'Hannas strimmiga'	0,25 – 0,75	7	7	100	0
	5 – 5,5	3	0	0	100
	15 – 15,5	15	10	67	33
	30 – 30,5	38	24	63	37

**Tabell 4.** Sammanställning av erhållna data från odlingsförsöket i Landvik, Norge. Tabellen redogör för det totala antalet skördade bönor, grodda bönor utan angrepp samt andelen grodda och angripna/icke grodda bönor. Arm A = Nord, B = Öst, C = Söder, D = Väst. X = inget växtmaterial kunde sköras.

Plats: Landvik, NO	Arm*	Avstånd (m)	Totalt antal skördade bönor (st)	Antal grodda bönor utan angrepp (st)	Andel bönor som grodde (%)	Andel angripna/ej grodda bönor (%)
Sort: 'Bonita'	A	0,25-0,75	2	1	50	50
	A	5 - 5,5	1	1	100	0
	A	15 - 15,5	4	4	100	0
	A	30 - 30,5	1	0	0	100
	B	15 - 15,5	2	1	50	50
	B	5 - 5,5	15	11	73	27

	B	15 - 15,5	x	x	x	x
	B	30 - 30,5	2	1	50	50
	C	0,25-0,75	x	x	x	x
	C	5 - 5,5	2	1	50	50
	C	15 - 15,5	1	1	100	0
	C	30 - 30,5	x	x	x	x
	D	0,25-0,75	x	x	x	x
	D	5 - 5,5	2	2	100	0
	D	15 - 15,5	10	10	100	0
	D	30 - 30,5	11	8	73	27
<b>Sort: 'Hannas strimmiga'</b>	A	0,25-0,75	8	4	50	50
	A	5 - 5,5	8	8	100	0
	A	15 - 15,5	9	7	78	22
	A	30 - 30,5	x	x	x	x
	B	0,25-0,75	x	x	x	x
	B	5 - 5,5	3	3	100	0
	B	15 - 15,5	1	0	0	100
	B	30 - 30,5	4	4	100	0
	C	0,25-0,75	2	2	100	0
	C	5 - 5,5	3	3	100	0
	C	15 - 15,5	8	0	0	100
	C	30 - 30,5	4	4	100	0
	D	0,25-0,75	5	4	80	20
	D	5 - 5,5	7	4	57	43
	D	15 - 15,5	11	10	91	9
	D	30 - 30,5	30	28	93	7

\*Fyra "armar" (A, B, C och D) utgick från varje sida av mitt-parcellen i fyra olika väderstreck (Se Figur 2).

Groningarna av börnorna fick varierande resultat beroende på använd groningsteknik. En del av börnorna groddades enligt Metod 1 (Se Figur 4). Groningarna som lades enligt denna metod var redo för analys efter nio dagar och efter vattning vid behov (Se Figur 5).



**Figur 4.** Bilden visar 50 bönor av sorten 'Bonita' vid groningsanalysens start utströdda på ärt-papper av typen Munktell Ahlstrom, 4b, 110x580 mm.



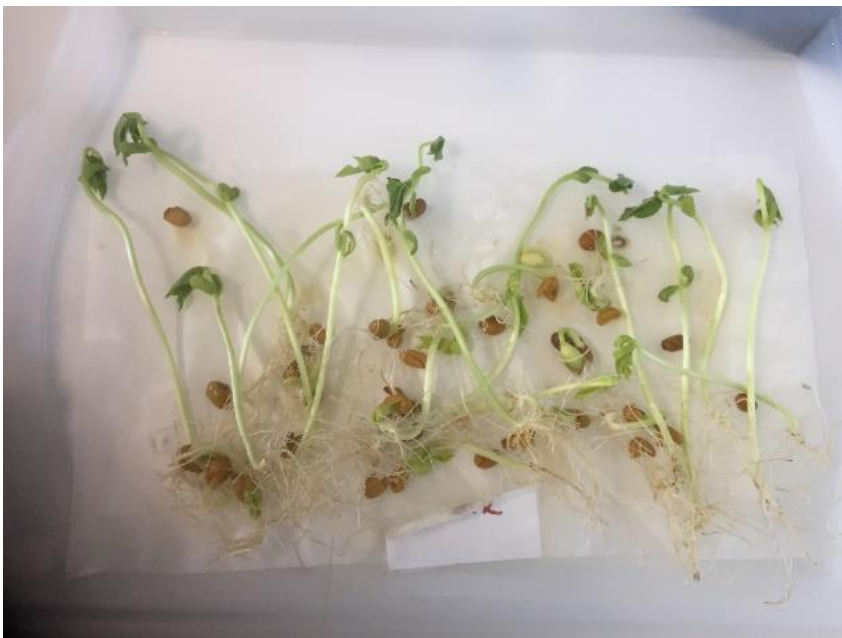
**Figur 5.** Plastlåda med groningspaket av ärt-papper innehållande bönsorten 'Bonita' och 'Hannas strimmiga' efter nio dagars groningstid.

Resterande bönor groddades enligt Metod 2. Bönorna som groddades enligt denna metod behövde vattnas oftare och grodde långsammare. Efter nio dagar hade många av bönorna ännu inte utvecklat en hypokotyl och kunde därför inte analyseras (Se Figur 6). Först efter 11 dagar kunde bönor av sorten 'Bonita' och som beretts enligt den andra groningsmetoden analyseras (Se Figur 7). Bönor av sorten 'Hannas

strimmiga' behövde däremot en längre groningsperiod för att majoriteten av bönorna i groningsrullarna skulle utveckla en hypokotyl och analyserades först efter 13 dagar (Se Figur 8).



**Figur 6.** Bönor av sorten 'Hannas strimmiga' som efter nio dagar börjat gro men ännu inte utvecklat en hypokotyl.



**Figur 7.** Grodda bönor av sorten 'Bonita' efter 11 dagars groning.



**Figur 8.** Bilden visar bönor av sorten 'Hannas strimmiga' efter 13 dagar av groning.

Ingen antocyanfärgad hypokotyl påträffades under analysen av sorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita'. För att kunna säkerställa att eventuell antocyanfärg i hypokotylen hunnit utvecklas tillräckligt för att kunna identifieras i bönsorterna med ursprungligt grön hypokotyl så groddades frön från pollengivare i samband med varje groningsstart. Dessa groningar visade tydligt antocyanfärgade hypokotylar i pollengivarsorterna, och fungerade som er för att konfirmera att utvecklingstiden var tillräckligt lång i den använda groningsmetoden (Se Figur 9). En tydlig skillnad kan även ses mellan pollengivare med antocyanfärgad hypokotyl och hypokotylen av sorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' (Se Figur 10).



**Figur 9.** Bilden visar två pollengivare med antocyanfärgad hypokotyl.



**Figur 10.** Bilden visar två böngroddar. I nedre delen av bilden syns en böngrodd med grön hypokotyl och i övre delen syns en pollengivare med antocyanfärgad hypokotyl.

I vissa fall misstänktes en antocyanfärgning av hypokotylen i sorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita'. Jämförelser gjordes därför under mikroskop och det som misstänktes vara tillstymmelse av antocyanfärg visade sig vara skador eller tecken på sjukdomsangrepp (Se Figur 11).



**Figur 11.** Jämförelse mellan en pollengivare (utmarkerad med svart pil i mitten av bilden), en böngrodd med grön hypokotyl (övre högra hörnet) och två bönor av sorten 'Bonita' (till vänster). Hypokotylen på de två bönorna till vänster visar tecken på skador i form av bruna prickar och roten är även märkbart skadad.

Utifrån de data som erhållits efter odlingsförsöken som genomfördes i Alnarp, i Gnesta och Landvik och efter groddandet och analys av bönorna från respektive



odlingsförsök kunde sammantaget inga antocyanfärgade hypokotylar hittas i sorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita'. Således upptäcktes inga tecken på korsbefruktning. Studien visar därmed på en inkorsningsfrekvens på 0% och enligt denna pilotstudie är risken för korsbefruktning obefintlig vid 0,25 m – 30,5 m odlingsavstånd.

## 5. Diskussion

Syftet med denna uppsats var att öka kunskapen om avståndets betydelse för korsbefruktning i bönor, *P. vulgaris*. Med hjälp av NordGens pilotstudie som beskrivs i uppsatsen och de odlingsförsök som i denna utfördes på tre platser i Norden, var målsättningen att kunna ge tydligare rekommendationer om säkra odlingsavstånd till växtförädlare, genbanker och odlare av *P. vulgaris*. Dessa rekommendationer skulle på så vis underlätta arbetet med att bevara typiska karaktärer och egenskaper i olika bön-accessioner och i förlängningen den genetiska mångfalden. Som tidigare nämnts så visade funna studier att inkorsningar mellan bön-accessioner kunde förekomma i upp till 10% (Ibarra-Perez et al. 1997). I detta arbete presenteras resultat från gröningsstudier av de skördade börnorna från NordGens pilotstudie. I motsats till studierna gjorda av Ibarra-Perez (1997) påvisade resultatet av detta arbete att det inte förekom några inkorsningar mellan bönsorterna med antocyanfärgad hypokotyl ('Delinel', 'Gotländsk brun böna', 'Gotländsk svart böna') och de med grön hypokotyl ('Hannas strimmiga', 'Bonita'). I förhållande till tidigare forskning och kunskap om sannolikheten för korsbefruktning i *P. vulgaris* är resultatet något förvånande. De flesta tidigare studier, där liknande avstånd mellan bönsorter använts i fältförsök, har rapporterat om en inkorsningsfrekvensen på runt 2% vid avstånd på 0,5 m eller mindre (Ferreira et al. 2006). Lägre värden har också inrapporterats bland annat i en studie av Ferreira et al. (2006) där olika bön-accessioner planterades på 1 meters avstånd från varandra och visade på en inkorsningsfrekvens på ca. 1%. Ingen tidigare studie har hittats som gett total avsaknad av inkorsningar mellan bön-accessioner.

Det är onekligen så att miljöfaktorer som temperatur, väderlek, förekomst av pollinatörer och odlingsplats med mera spelar in i sannolikheten för korsbefruktning mellan accessioner av *P. vulgaris* (Ibarra-Perez et al. 1997). Under pilotstudien på NordGen i Alnarp förekom en rad miljöfaktorer som kan ha påverkat resultatet. Till att börja med var det avsedda fältet för odlingsförsöket beläget så att en del av det var mer skuggat på grund av omkringliggande vegetation och väderstreck. Detta resulterade i att odlingsförutsättningarna på fältet varierade något. I förlängningen innebar detta att bönplantorna på ena sidan av fältet, i två av de fyra riktningarna, var mer skuggade än i resterande parceller. I synnerhet börnorna i parcellerna mellan 15 m och 24,5 m var skuggade. En längre tid av skuggning kan innebära att blomningstiden försenas (Hadi et al. 2006) och kan på så vis ha resulterat i att bönor i dessa parceller inte hade en samtidig blomningstid som pollengivarna i mittparcellen och på så vis förhindrat risken för en korsbefruktning mellan dessa. Å andra sidan noterades ingen inkorsning i de parceller som låg i det mindre skuggade området heller. Tilläggas bör att sorterna som användes under odlingsförsöket valdes delvis på grund av en överlappande

blomningstid, dock dokumenterades inte om eller hur länge dessa blommade samtidigt under odlingsförsöket. En dokumentation av bönsorternas blomningstid i mitt- och omkringliggande parceller skulle gett en bättre uppfattning om under vilket tidsfönster som en korspollinering var möjlig mellan sorterna, något som skulle kunna vara till hjälp i liknande, framtida odlingsförsök.

Tidigare studier har visat att vissa bön-accessioner är mer benägna att korsas med varandra och att karaktärer som fröstorlek påverkar kompatibiliteten i accessioner (Ibarra-Perez et al. 1997). Desto mer lik fröstorlek mellan accessioner desto högre inkorsningsfrekvens har dokumenterats (Ibarra-Perez et al. 1997). Innan odlingsförsöket utfördes gjordes inte något test för att se om sorterna med antocyanfärgad hypokotyl som användes verkligen kunde korsas med sorterna med grön hypokotyl. Fröstorleken varierade också mellan sorterna och sorten 'Hannas strimmiga' med grön hypokotyl hade en större fröstorlek än samtliga pollengivare. Sorten 'Bonita' hade däremot en liknande fröstorlek jämfört med pollengivar-sorternas. Mot den bakgrunden skulle det valda växtmaterialet ha kunnat påverka det erhållna resultatet. I kommande studier kan det vara en fördel att undersöka kompatibiliteten mellan bönsorterna innan utförandet av ett odlingsförsök.

I denna studie användes hypokotylfärgen som morfologisk markör. Karaktären är dominant och stabil (Royer et al. 2002) och har använts som morfologisk markör i ett flertal tidigare studier (Chaves Barrantes et al. 2012, Barrons et al. 1939, Ibarra-Perez et al. 1997) (Se Tabell 1). Eftersom karaktären är dominant innebär det att homozygota dominanta (PP) samt heterozygota (Pp) genotyper har en antocyanfärgad hypokotyl medan den homozygota recessiva genotypen (pp) har en grön hypokotyl (Ibarra-Perez et al. 1996). I denna studie undersöktes inte ifall bönsorterna 'Delinel', 'Gotländsk brun böna' och 'Gotländsk svart böna' som agerade pollengivare var homozygota eller heterozygota för karaktären. En korsning mellan en heterozygot och en homozygot recessiv genotyp kan resultera i 50% avkomma med homozygot recessiv genotyp (pp) (Genetiknämnden u.å.). Detta innebär att det finns en möjlighet att korsningar trots allt har förekommit mellan pollengivar-sorterna och bönsorterna 'Hannas strimmiga' och 'Bonita' med grön hypokotyl, men att de inte har varit identifierbara med hjälp av hypokotylfärgen. Inför framtida studier bör denna faktor undersökas för att säkerställa att endast homozygota dominant genotyper används bland pollengivar-sorterna.

En ytterligare faktor som kan ha påverkat studiens resultat är att samtliga parceller täcktes med nät såväl runt om som över på grund av ett harangrepp. Maskstorleken på båda typer av nät som användes bör ha varit mer än tillräcklig för att tillåta pollinatörer att kunna flyga igenom och möjliggöra en potentiell pollinering. Däremot så kan det diskuteras ifall näten gjorde bönsorterna något mer svåråtkomliga

och bönblommorna mindre synliga än om de inte använts och att man i framtiden i stället kan finna en annan lösning för att undvika angrepp. Kanske hade det till exempel varit bättre att inhägna hela försöksfältet än samtliga enskilda parceller.

Även omgivningarna runt försöksfältet på Alnarp kan ha varit en bidragande faktor till studiens erhållna resultat. Marken runt samtliga parceller hölls bar och försöksfältet angränsade till ett fält med honungsfacelia, *Phacelia tanacetifolia*. Marken hölls medvetet bar runt parcellerna då man befarade att en annan blommande gröda hade kunnat konkurrera med bönblommorna om pollinatörer. Med det erhållna resultatet i åtanke kan frågan ställas om detta beslut hade motsatt effekt och om en blommande gröda, åtminstone på delar av ytan mellan bönparcellerna, hade lockat fler pollinatörer till platsen och i stället ökat pollineringen av bönblommorna. Det angränsande fältet med honungsfacelia, *P. tanacetifolia* kan också ha bidragit till att antingen locka pollinatörer närmare försöksfältet eller haft en motsatt effekt genom att det varit mer inbjudande för pollinatörer än bönfältet. I liknande, framtida studier kan det därför vara intressant att använda sig av en passande blommande gröda mellan parcellerna, som kan locka till sig pollinatörer som exempelvis humlor, som är de huvudsakliga pollinatörerna av böna (Delaplane et al. 2000). Omgivningarna vid de två andra försöken skiljde sig från de i Alnarp. I Landvik såddes börnorna i en förstaårsfröäng för gräsfröproduktion där vårvete användes som sekundär gröda. I försöket i Gnesta omgavs börnorna av olika grönsaker, framför allt morötter och sallat. Då skörden från dessa två försök, som tidigare nämnts, blev mycket låg och flera av börnorna dessutom angreps av mögel vid groningen och inte kunde analyseras kan dessvärre inga slutsatser dras kring hur dessa andra typer av omgivningar kan ha inverkat på antalet pollinatörer.

Under groningen av börnorna användes två olika groningsmetoder. Metod 2 innebar att ett gronings- och filterpapper rullades ihop och resulterade i en långsammare groning av börnorna. Detta ledde till att många av börnorna inte utvecklade en hypokotyl eller endast en del av en sådan efter nio dagar. Analysen av hypokotylfärgen kunde därmed inte genomföras och börnorna som lagts på groning på detta sätt fick ligga under en längre tidsperiod, mellan 11 – 13 dagar, i stället för nio dagar som de böror som groddats enligt Metod 1. Med anledning av en längre groningsperiod fanns också en större risk för mögel eller annan smitta att spridas i börnorna och därmed reducerades förmodligen antalet analyserade böror. Vidare resulterade groningen enligt Metod 2 i en ojämnare utveckling av börnorna då fukten i gronings- och filterpapper bevarades sämre än i ärt-papper. En lärdom som kan dras av detta försök är därför att Metod 1 är att föredra framför Metod 2 vid groningen av *P. vulgaris*.

Under en kontroll av grodda frön från pollengivare upptäcktes att antocyanfärgen av hypokotylen var mindre framträdande än vid den tidigare testgroningen som utfördes i maj 2022. Detta härleddes till att groningarna hade stått för mörkt och de placerades därför i ett ljusare läge. Antocyanfärgen i de grodda pollengivarnas hypokotyls blev därefter mer framträdande. Denna upptäckt var oväntad då hypokotylfärgen enligt tidigare forskning är en dominant och stabil karaktär som inte påverkas av miljöfaktorer som till exempel ljusexponering (Royer et al. 2002). I en studie av sojaböna, *Glycine max*, upptäcktes däremot att ansamlingen av antocyaner i hypokotylen ökade vid en exponering av UV-A strålning (Su et al. 2016). Inga liknande studier kunde dock hittas för ljusets inverkan på hypokotylfärgen i böna, *P. vulgaris*. Testgroningarna utfördes under maj månad, en tid på året då dagarna är längre och UV-strålningen starkare än i februari (Strålsäkerhetsmyndigheten 2021), då groningarna av bönorna utfördes. Troligtvis var alltså groningarna mer ljusexponerade under testgroningen i maj än under groningarna i februari, vilket skulle kunna vara en möjlig förklaring till varför antocyanfärgen i pollengivarnas hypokotyls inte var lika framträdande då. Studier om miljöfaktorers inverkan på *P. vulgaris* hypokotylfärg behövs för att karaktären, med större säkerhet, ska kunna användas som morfologisk markör i liknande studier som denna i framtiden.

Bönor som skickades från odlingsförsöken i Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland var betydligt färre i antalet än de som skördats efter odlingsförsöket på NordGen, Alnarp. En förklaring till detta kan vara att sådden i båda odlingslokalerna, av olika anledningar, blev försenad. Gnesta och Landvik ligger i nordligare områden där odlingssäsongen är kortare än i Alnarp vilket med stor sannolikhet kan ha bidragit till en minskning i skörd, då bönorna inte hann mogna. En del av dessa bönor kunde dessutom inte analyseras på grund av mögel och sjukdomsangrepp som dessvärre spridits i groningsrullarna. Data från odlingsförsöken i Landvik, Norge och Gnesta, Sörmland bör därför tolkas med försiktighet på grund av den begränsade mängden material som analyserats. Antalet analyserade bönor från odlingsförsöket på NordGen, Alnarp var betydligt högre och resultatet på så vis mycket mer tillförlitligt.

De erhållna resultaten av denna pilotstudie tyder på att sannolikheten för inkorsningar mellan accessioner av *P. vulgaris* är låg och att inga särskilda försiktighetsåtgärder gällande odlingsavstånd mellan dem skulle behöva tilltas. Detta utgör ett betydelsefullt tillägg till forskningen om avståndets betydelse för sannolikheten för korsbefruktning i böna. Med hänsyn till de yttre faktorer som påverkar sannolikheten för korsbefruktning mellan bön-accessioner (Ibarra-Perez et al. 1997) och de potentiella felkällor som förekom under odlingsförsök och groningar ger dock dessa resultat, som helhet betraktat, inte tillräckligt stöd för att

rekommendera specifika odlingsavstånd mellan bön-accessioner för att säkert undvika korsbefruktning. Ytterligare studier är nödvändiga för att med säkerhet fastslå avståndets betydelse för sannolikheten av korsbefruktning i böna. Tidigare studiers varierande resultat antyder även att sannolikheten för korsbefruktning mellan accessioner av *P. vulgaris* ännu är oförutsägbar och föränderlig beroende på en rad miljöfaktorer. Det är, förutom avståndets betydelse, även väsentligt att i framtida studier undersöka miljöfaktorer som till exempel väderlek, förekomst av pollinatörer och plats och dess inverkan på inkorsningsfrekvensen i böna. På så vis kan ytterligare pusselbitar läggas och bilden för vad som påverkar inkorsningsfrekvensen i *P. vulgaris* kan bli tydligare.

## 5.1. Slutsats

Syftet med denna uppsats var att undersöka hur avståndet mellan accessioner av böna, *P. vulgaris*, påverkar inkorsningar. En pilotstudie utfördes där två bönsorter med grön hypokotyl planterades på olika avstånd från en mittparcell där tre bönsorter med antocyanfärgad hypokotyl planterades. Hypokotylfärgen användes som morfologisk markör för att identifiera om en korsbefruktning ägt rum eller inte. De i studien framkomna resultaten visade att inga inkorsningar förekom mellan bönsorterna för avstånden 0,25 – 30,5 m och att risken för korsbefruktning, enligt denna pilotstudie, var obefintlig vid 0,25 m. Det bör dock belysas att man i denna studie inte analyserade övriga miljöfaktorer än avståndets betydelse för korsbefruktning i böna och att de i diskussionen nämnda felkällorna kan ha påverkat studiens resultat. Nya studier av detta slag behövs för att utforska avståndets betydelse ytterligare och även för att fastställa inverkan av andra miljöfaktorer som tros påverka inkorsningsfrekvensen. Medan denna studie inte kunde konstatera säkra odlingsavstånd för att förhindra risken för korsbefruktning av *P. vulgaris*, bekräftade den dock delvis tidigare studiers resultat om att inkorsningsfrekvensen mellan bön-accessioner är låg.

## 6. Referenser

- Barrons, K. C. (1939) Natural crossing in beans at different degrees of isolation. American Society for Horticultural Science.
- Chaves-Barrantes, Néstor Felipe; Araya-Villalobos, Rodolfo; Debouck Daniel G. (2014). Cruzamiento natural en frijol común en Costa Rica. *AGRONOMÍA MESOAMERICANA* 25(1):23-33. Cali, Colombia.
- Delaplane K.S., Mayer D.F., (2000), *Crop pollination by bees*. New York: Oxon (CABI- publishing).
- Ferreira J.J, Alvarez E., Fueyo M.A, Roca A. & Giraldez R. (1999). Determination of the outcrossing rate of *Phaseolus vulgaris* L. using seed protein markers, Departamento de Biología Funcional, Universidad de Oviedo, Spain.
- Ferreira, Juliano Lino; Eusta´quio de Souza Carneiro, Jose´; Lara Teixeira, Alexsandro de Lanes; Fortunata, Fabie´li; Cecon, Paulo Roberto & Bore´m, Alui´zio (2006). Gene flow in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Federal University of Vicosa, Brazil.
- , Fredrik (2008). Svenska bönor inte bara bruna – klimat och jordmån passar även exotiska bönor. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik forskar för bättre mat och miljö. JTI infomerar Nr. 21.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), World Information and Early Warning System on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture (WIEWS) (2023). Glossary – Accession.
- Föreningen Sesam (Sällskap för fröodling och beskydd av kulturväxter i Sverige.). (2014). *Frö för framtiden – småskalig odling av köksväxtfrö*. Klippan: Ljungbergs tryckeri.
- Gantet, Pascal; Brangeon, Judy; Grisvard, Jeanine; Dron, Michel (1992). Anp, a genetic locus controlling organ-specific accumulation of anthocyanins in *Phaseolus vulgaris* L. Apartement de Biologic Moléculaire Vegetalé, Université Paris Sud, Orsay Cedex, France
- Genetiknämnden, The Swedish Gene Technology Advisory Board (2020). Växtförädling. <https://www.genteknik.se/genetik-och-genteknik/genmodifierade-organismer-gmo/vaxter/vaxtforadling/> [2023-03-09]
- Genetiknämnden, The Swedish Gene Technology Advisory Board (u.å.) Ärftlighet och replikation. <https://www.genteknik.se/genetik-och-genteknik/genetik/arftlighet-och-dna-replikation/> [2023-03-17]
- Gerhardt, Karin (2022). Vad är kulturspannmål? Institutionen för stad och land, Sveriges Lantbruksuniversitet, Centrum för biologisk mångfald.
- Grahic, J., Gasi, F., Kurtovic, M., Karic, L., Djikic, M., Gadzo, D., Podrug, A. (2013). Level of cross-pollination among common bean (*Phaseolus vulgaris*) landraces from Bosnia and Herzegovina examined through seed coat colour. International Scientific-Expert-Conference of Agriculture and Food Industry, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 25-28 September 2013

- Hadi, Hashem; Ghassemi-Golezani, Kazem; Farrokh, Rahimzadeh Khoei; Valizadeh, Mostafa och Reza Shakiba, Mohammad (2006). Response of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to Different Levels of Shade. Departement for Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
- Ibarra-Perez Francisco J., Ehdai Bahman & Waines Giles (1997). Estimation of Outcrossing Rate in Common Bean. *Crop Science* 37.
- Ibarra-Perez Francisco J., Ellstrand, Norman C., Waines Giles (1996).
- Kavas, Musa; Abdulla, Mohamed Farah; Mostafa, Karam; Seçgin, Zafer; Yerlikaya, Baram Ali; Gökdemir, Gökhan, Kızıldoğan, Aslihan Kurt; Al-Khayri, Jameel Mohammed and Jain, Shri Mohain. (2022). Investigation and Expression Analysis of R2R3-MYBs and Anthocyanin Biosynthesis-Related Genes during Seed Color Development of Common Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plants* 2022, 11.
- Kristofferson, K.B. (1921). Spontaneous crossing in Common Bean, *Phaseolus vulgaris*. *Hereditas* 2:395-400. Lund.
- Nordic Baltic Genebanks Information Systems (GENBIS) (2023). 17813; 4012 <https://www.nordic-baltic-genebanks.org/gringlobal/search.aspx> [2023-03-09]
- Nordiskt Genresurscenter (NordGen) (2023). NordGen Växter. <https://www.nordgen.org/vart-arbete/om-nordgen-vaxter/> [2023-03-09]
- Programmet för odlad mångfald, POM (2006). Trädgårdsböna *Phaseolus vulgaris* L.
- Royer M.R., Gonçalves-Vidigal M., Scapim C.A., Soares S., Filho V and Yoko Terada Y. (2002). Outcrossing in common bean. Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Agronomia, Brazil.
- Strålsäkerhetsmyndigheten (2021). UV-index. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/sol-och-solarier/om-uv-stralning/uv-index/> [2023-03-09]
- Svensson, Karin (2004). Trädgårdsört och trädgårdsböna – kartläggning av de i Sverige marknadsförda sorterna 1850 – 1970. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. Institutionen för växtvetenskap.
- Svensk kulturväxtdatabas (SKUD) (2023). *Phaseolus vulgaris*, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Su, N., Wu, Q., Qi, N., Liu, Y., Cui, J. (2016) Effect of Partial Shading Treatments on Anthocyanin Synthesis in the Hypocotyls of Soybean Sprouts Under UV-A irradiation. *J Plant Growth Regul* 36, 50–59.
- Taiz, Lincoln; Zeiger, Eduardo; Möller, I.M. & Murphy, Angus (2014). *Plant Physiology and Development*. 6: e uppl., Sunderland CT: Sinauer Associates, Inc.
- Wikipedia (2022). Böna. <https://sv.wikipedia.org/wiki/B%C3%B6na> [2023-03-09]



# Tack

Jag vill rikta ett stort tack till personalen på NordGens frölaboratorium som var till stor hjälp vid de groningar och analyser som legat till grund för detta arbete och till mina handledare Åsa Grimberg och Ulrika Carlson-Nilsson som väglett mig genom uppsatsen.