

---

**VARIATION I FRØVÆGT, FRØSKALSANDEL  
OG PROTEININDHOLD, SAMT FRØPROPOR-  
TIONER I BÆLGE AF SMALBLADET LUPIN**

---

**SPECIALE**  
Hafdís Hauksdóttir L 10155

---

Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Institut for Jordbrugsvidenskab  
Vejleder: Bjarne Jørnsgård

December 2002

# SAMMENDRAG

Formålet med dette projekt var at undersøge variationen i andel af frøskal i smalbladet lupin (*L. angustifolius*, *L. opsianthus*), vurdere mulighederne for at forbedre kvaliteten af frøene ved at mindske frøskalsandelen, samt undersøge hvorvidt bælgstørrelse påvirker frøstørrelse og frøandel i bælg.

Variation af egenskaberne frøvægt, frøskalsandel, frøskalstykkelse og råproteinkoncentration i 27 genotyper af smalbladet lupin blev udforsket. Ligeledes blev forskellige bælgstørrelser (1-7 frøanlæg i bælg) indenfor en genotype undersøgt med hensyn til frøvægt, frøvægtsprocenten i bælg og frøskalsproportioner.

Frøvægten hos de 27 genotyper strakte sig fra 52 mg til 226 mg, frøskalsandelen varierede fra 18,8%-28,5% eller 0,18-0,30 mm i beregnet frøskalstykkelse. Råproteinindhold strakte sig fra 32,3% til 43,1% i hele frø, men 41,2% til 55,7% i kerner og 2,2% til 5,7% i frøskal.

Frøskalsandelen blev mindre når frøene blev større, bortset fra en genotype (*L. opsianthus*-1) som var småfrøet og havde en lav frøskalsandel.

Der var ikke sammenhæng mellem proteinkoncentrationen i kerner og kernevægten, og både små- og storfrøede genotyper med høj proteinkoncentration blev identificeret.

Avl af genotyper med større frø, tynd frøskal og forøget protein indhold ser ud til at være muligt. Kombineres egenskaberne størst frøstørrelse med mindst frøskal og højest proteinindhold, er perspektivet frø med 47% råproteinkoncentration.

Der er sammenhænge mellem bælgstørrelse og frøstørrelse. Frøvægten vokser med frøbælgstørrelsen og frøvægtens andel af bælgens vægt øges også signifikant. I mellem bælg med 3-7 frøanlæg er dog ikke stor forskel på frø/bælg proportionerne ( $R^2=0,03$ ). Frøvægten varierer fra 128 mg i den mindste bælgkategori (1 anlæg) til 154 mg i den næststørste (6 anlæg).

Frøvægtandelen i bælgene varierer fra at være 59,5% i den mindste kategori til 68,8% i den største (7 anlæg) gennemsnitligt. Variationen i frøandelen i frøbælgens vægt i bælg af størrelsen 3-7 frøanlæg er dog lille og rækker fra 67,6%-68,8% i gennemsnit. Bælgens vægt består 50,2% af kerner, den mest værdifulde del af bælgene.

Hvorvidt dyrkning af planter med meget stort antal frø i bælg fører til et reelt højere udbytte, er diskutabelt, men det kunne forbedre høstindekset for hele planten selvom det ikke gør det markant for den enkelte bælg.

## Nøgleord

Smalbladet lupin, blå lupin, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus opsianthus*, frøskalsandel, protein, frøandel i bælg.

## SUMMARY

The aim with this project was to investigate the variation in seed coat proportions in narrow-leafed lupin (*L. angustifolius*, *L. opsianthus*), evaluate the possibilities to improve the seed quality by diminishing the seed coat proportion, and investigate if pod size effects on seed size and seed proportion in pod.

Variation in seed weight, seed coat proportion, seed coat thickness and crude protein content was investigated in 27 genotypes of narrow-leafed lupin. Also pods differing in size (1-7 seeds in pod) from one genotype narrow-leafed lupin, were examined considering seedweight, seed/pod proportions and seed coat proportions.

The seed weight in the 27 genotypes ranged from 52 mg to 226 mg, seed coat proportion ranged from 18.8%-28.5% or 0.18-0.30 mm in calculated seed coat thickness. Crude protein content ranged from 32.3%-43.1% in whole seed, but in nucleus the crude protein ranged from 41.2%-55.7% and 2.2%-5.7% in seed coat. In general seed coat proportion decreased with increasing seed size, apart from one genotype (*L. opsianthus*-1) who was small seeded with low seed coat proportion.

There was no connection between protein concentration in nucleus and the weight of nucleus. Both big and small seeded genotypes with high protein concentration were identified.

Consequent breeding of bigger seeded, thin coated, genotypes with increased protein content seems possible. When the characteristics biggest seed, lightest seed coat and highest protein concentration are combined, the perspective is a seed with 47% crude protein content.

There were connections between seed numbers in pod and seed weight. The seed weight is higher in bigger pods, and the percentage of total seed weight in pod weight is significantly greater in bigger pods. Between the pods with 3-7 seeds there was little difference ( $R^2=0.03$ ) in total seed weight proportions in pod weight.

The seed weight varies from 128 mg in the smallest pods (1 seed), to 154 mg in the second biggest pods (6 seeds). The seed percentage in pod varied from 59.5% in the smallest pod category, to 68.8% in the biggest (7 seeds). Nevertheless the variation in seed percentage, in pod categories with 3-7 seeds was little, 67.6%-68.8%. The nucleus weight was in average 50.2% of the pod weight. Breeding towards plants with very many seeds in pods is criticisable, but might improve the harvest index for the whole plant, in spite of not improving the pods individually.

### Keywords

Narrow-leafed lupin, blue lupin, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus opsianthus*, seed coat proportion, protein, seed proportion in pod.

# YFIRLIT

Markmið verkefnisins voru að kanna breytileikann í hlutfalli fræskurnar hjá lensulúpínu (*L. angustifolius*, *L. opsianthus*), meta möguleikana á að auka gæði fræja við minnkun hlutfalls fræskurnar og kanna hvort belgstærð hafi áhrif á fræstærð og fræhlutfall í belg.

Breytileiki í fræþunga, hlutfalli fræskurnar, þykkt fræskurnar og hrápróteininnihaldi í 27 yrkjum af lensulúpínu var rannsakaður. Einnig voru mismunandi belgstærðir (1-7 fræ í belg) í einu yrki skoðaðir með tilliti til fræþunga, fræprósentu í belg og hlutfalls fræskurnar.

Fræþungi yrkjanna rakti frá 52 mg til 226 mg, hlutfall fræskurnar frá 18,8%-28,5% eða 0,18-0,30 mm í reiknaðri skurnþykkt. Hrápróteininnihald rakti frá 32,3%-43,1% í heilum fræjum, en 41,2-55,7% í frækjörnum og 2,2%-5,7% í fræskurn. Hlutfall fræskurnar minnkaði með stækkun fræja, að einu yrki undanskildu (*L. opsianthus*-1) sem var smáfræótt og með lágt hlutfall fræskurnar.

Ekki var samhengi á milli próteinhlutfalls í fræi og fræþunga.

Kynbætur yrkja í átt að stærri fræjum, þynnri fræskurn og auknu próteininnihaldi virðast mögulegar. Séu sameinaðir eiginleikarnir stærsta fræstærð með léttastri fræskurn og hæsta próteininnihaldi fæst í því samhengi fræ með 47% hrápróteininnihaldi.

Samhengi er milli belgsstærðar og fræstærðar. Fræþungi vex með auknum þunga belgja og fræhlutfallið í belgþunga eykst einnig marktækt með auknum belgþunga. Milli belgja með 3-7 fræ er lítill munur á fræhlutfalli af belgþunga ( $R^2=0,03$ ). Fræþunginn rekur frá 128 mg í minnsta belgflokknum (1 fræ) til 154 mg í þeim næststærsta (6 fræ). Hlutfallslegur fræþungi í belg rekur frá 59,5% í minnsta belgflokk til 68,8% í þeim stærsta (7 fræ) að meðaltali. Breytileiki hlutfallslegs fræþunga í belgjum af stærðinni 3-7 fræ í belg er þó lítill og nær frá 67,6%-68,8% að meðaltali. Frækjarnarnir, verðmætasti hluti fræbelgsins eru að meðaltali 50,2% heildarþunga hans. Vafasamt er að kynbætur með mjög fræríka belgi að markmiði skili auknum afurðum, þó gæti heildar fræhlutfall plöntunnar batnað, þrátt fyrir að fræhlutfall einstakra belgja geri það ekki.

## Lykilorð

Lensulúpína, fódurlúpína, *Lupinus angustifolius*, *Lupinus opsianthus*, fræskurn, frækápa, prótein, hlutfallslegur fræþungi í belg.

## FORORD

Dette er et 48 point speciale. Hensigten med denne rapport er, at tilføje ny viden om frø og bælgens egenskaber hos smalbladet lupin, som vil gavne forskere og fremavlere ved deres valg af sorter til forædling. At kaste et bedre lys på frøets og bælgens kvalitetskarakteristika ved at se på proportioner i bælg og frø og protein i frø.

Rapporten bygger på vejninger af frø, frøskaller og bælg fra høstede avlslinier i markforsøg udført på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles forsøgsgård og nogle enkelte genotyper fra frøfirmaet Bohnhof der ligger i Nordtyskland.

Forsøget blev også udført med henblik på at vise nogle af dens resultater på ILA's (International Lupin Association) 10. internationale lupinkonference som blev holdt i Island 19-24 juni 2002.

Der mødtes de førende forskere i lupinforskning for at fremvise deres resultater, og holdt foredrag om det nyeste i lupindyrkning.

Konferencen var meget lærerig, og ikke mindst udarbejdningen af materiale til fremvisning der. En videnskabelig artikel med en del af rapportens resultater blev godkendt til trykning i lupinkonferencens artikelsamling, der udkommer tidligt år 2003. Rapporten vedlægges og blandt dem den artikel og planche der blev lavet i forbindelse med konferencen.

Jeg vil gerne takke de mange KVL-medarbejdere som har hjulpet mig. Akademikere, teknikere og laboranter har lært mig at bruge de instrumenter, der blev brugt ved undersøgelserne, været en stor hjælp i skrivningsprocessen og har på hver sin måde været uvurderlige støtter i hele denne proces. Jeg vil også takke bestyrelsen af den islandske fond for Agronomer, Blikastaðasjóður, som gav mig et legat, så jeg kunne deltage i lupinkonferencen i sommer, og Jon Clements for at give mig adgang til sin og Miles Dracup's artikel, som ikke er trykt endnu (meget inspirerende og yderst aktuel i forbindelse med mit eget projekt) samt Nikolai Kuptsov for inspiration og faglige forklaringer som i høj grad gjorde arbejdet mere fyldigt.

Sidst men ikke mindst får Mikkel C. Kjærgaard, John Lyng Christensen og Freya Grossmann min specielle tak for hjælpsomheden i forbindelse med skrivningen af projektet.

Frederiksberg d. 19/12 2002

---

Hafðís Hauksdóttir

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1. INDLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1. BAGGRUND .....	1
1.2. PROBLEMFOMULERING .....	3
1.3. AFGRÆNSNING.....	5
<b>2. SMALBLADET LUPIN .....</b>	<b>7</b>
2.1. KLASSIFICERING AF SMALBLADET LUPIN .....	7
2.2. UDBREDELSE OG BRUG AF LUPIN.....	11
2.2.1. <i>Vilde lupiner versus domesticerede lupiner</i> .....	11
2.2.2. <i>Vækstbetingelser</i> .....	11
2.2.3. <i>Brug</i> .....	12
2.2.4. <i>Alkaloider</i> .....	13
2.2.5. <i>Forarbejdning af lupinfrø og lupin som foder</i> .....	14
2.3. DYRKNING I DANMARK.....	16
2.4. DYRKNING OVER VERDEN .....	18
2.5. FORDELE OG ULEMPER VED LUPINER .....	19
2.5.1. <i>Fordele:</i> .....	19
2.5.2. <i>Ulemper:</i> .....	20
<b>3. TEORETISK BAGGRUND .....</b>	<b>21</b>
3.1. FRØETS OG BÆLGENS STRUKTUR.....	21
3.1.1. <i>Beskrivelse og funktion af frødele</i> .....	21
3.1.2. <i>Lupinbælgens beskrivelse og funktion</i> .....	23
3.2. AFGRØDEEGENSKABER HOS PLANTEN LUPINUS ANGUSTIFOLIUS .....	24
3.2.1. <i>Udbytte hos smalbladet lupin</i> .....	24
3.2.2. <i>Antal frø i bælg, frøvægt og deres mulige effekt på udbytte</i> .....	24
3.3. EKSISTERENDE VIDEN OM LUPINENS FRØSTØRRELSE, FRØSKALSANDEL OG PROTEIN.....	25
3.3.1. <i>Karaktererne frøskalsandel, bælgvægsandel og proteinkoncentration i forsøg</i> .....	25
<b>4. MATERIALER OG METODER.....</b>	<b>27</b>
4.1. UNDERSØGELSE AF PROTEINMÆNGDE OG FRØSKALSANDEL I 27 SORTER.....	28
4.1.1. <i>Sorter</i> .....	28
4.1.2. <i>Behandling af frø og bestemmelse af frøskalsandel og tykkelse</i> .....	28
4.1.3. <i>Proteinanalysen (DUMAS)</i> .....	29
4.1.4. <i>Analysering af data</i> .....	30
4.2. UNDERSØGELSE AF BÆLG/FRØ PROPORTIONERNE I BÆLGE .....	30
4.2.1. <i>Genotype og valg af bælg.</i> .....	30

4.2.2. <i>Behandling af kerner frøskaller og bælg</i> .....	30
4.2.3. <i>Analysering af data</i> .....	31
<b>5. RESULTATER</b> .....	<b>32</b>
5.1. RESULTATER FOR FRØPROPORTIONER I 27 SORTER AF SMALBLADET LUPIN .....	32
5.1.1. <i>Vægt, andel frøskal og beregnet frøskalstykkelse</i> .....	32
5.1.2. <i>Proteinkoncentration</i> .....	41
5.1.3. <i>Teoretisk elite frø</i> .....	45
5.2. RESULTATER FOR UNDERSØGELSE AF BÆLG/FRØ/FRØSKALSPROPORTIONER I BÆLGE .....	46
5.2.1. <i>Bælg- og frøvægt samt frø/bælg proportioner</i> .....	46
5.2.2. <i>Frøskalstykkelse i frø på tværs af bælgkategorier</i> .....	50
<b>6. DISKUSSION OG KONKLUSION</b> .....	<b>51</b>
6.1. FRØVÆGT, FRØSKALSANDEL OG PROTEINKONCENTRATION I 27 GENOTYPER SMALBLADET LUPIN, SAMT ET TEORETISK ELITE FRØ .....	51
6.1.1. <i>Genotype/års variation</i> .....	51
6.1.2. <i>Frøvægt og frøskal</i> .....	52
6.1.3. <i>Protein</i> .....	53
6.1.4. <i>Praktisk anvendelse</i> .....	54
6.1.5. <i>Forædling</i> .....	54
6.2. BÆLG/FRØ- OG FRØSKALSPROPORTIONER I BÆLGE AF FORSKELLIG STØRRELSE, FRA EN GENOTYPE SMALBLADET LUPIN .....	55
6.2.1. <i>Frøvægt og frøandel i bælg</i> .....	55
6.2.2. <i>Forædling</i> .....	56
6.2.3. <i>Frøskalstykkelse</i> .....	57
<b>7. PERSPEKTIVERING</b> .....	<b>58</b>
<b>8. LITTERATURLISTE</b> .....	<b>60</b>





# 1. INDLEDNING

## 1.1. Baggrund

Smalbladet lupin (*Lupinus angustifolius*) er i Danmark en relativt ny proteinafgrøde som dyrkes til dyrefoder. Det er en bælgplante som oprindeligt stammer fra middelhavsområdet og som typisk for bælgplanter fikserer kvælstof fra jorden ved hjælp af mikroorganismer, og er derfor ikke en gødningskrævende plante selvom proteinindholdet er højt.

Smalbladet lupin er en af de søde lupiner, der efterhånden er blevet næsten fri for alkaloider, som er bitre og giftige for mennesker og dyr. Mange vilde lupiner besidder stadig denne egenskab, som er en del af plantens naturlige forsvarssystem. De bedst kendte søde lupinarter er: Smalbladede lupiner (blå lupiner) (*Lupinus angustifolius*), gule lupiner (*Lupinus luteus*) og hvide lupiner (*Lupinus albus*), som alle er brugt i landbrug. Disse navne kan virke forvirrende fordi der hentydes til arternes blomsterfarver på trods af at disse kan variere meget indenfor hver art.

En af de mest eftertragtede egenskaber hos de søde lupiner er, at de ikke behøver kvælstofgødning, på grund af deres symbiose med Rhizobiumbakterier, der forsyner dem med kvælstof. En anden højt eftertragtet egenskab er de proteinrige frø, der gør søde lupiner egnet til dyrefoder.

Lupinernes dyrkningshistorie begynder ved dyrkning af hvid lupin i det antikke Grækenland og Egypten 2000 år f.Kr. Den dyrkedes med det formål, at producere kerner som blev brugt som menneske- og dyreføde samt som ingrediens i skønhedsprodukter og medicin. Først omkring 1000 år senere begyndte det antikke Rom, og derefter andre middelhavslande, at udnytte hvid lupin som grøngødning (Kurlovich, 2002 a).

Gul og smalbladet lupin blev dyrket i Middelhavslandene, derefter Tyskland og blev kendt som grøngødning. Da planterne nedpløjedes var det ikke til gene at de var bitre, men de første dyrkede lupiner var bitre, det vil sige med højt indhold alkaloider.

De første sorter af sød lupin dyrkedes i Tyskland (1927-1930) og i Rusland (1929-1932) og det hjalp lupinen til at opnå en fastere status som foderafgrøde (Kurlovich, 2002 a).

Smalbladet lupin dyrkes i dag i mange lande, for eksempel hvor det er dyrt at købe kunstgødning, som i det tidligere Sovjetunionen, og hvor jorden er svær at dyrke som for eksempel i Australien.

I vore dage, fokuseres der ikke kun på udbytter, men også på afgrødemangfoldighed, vigtigheden af selvforsyning og nedsat brug af kunstgødning. Der fokuseres også mere på bælgplanter som frøafgrøder. På grund af forædling, som har givet nye sorter af smalbladet lupin, kan de nu dyrkes i Danmark med større held end før. For økologiske landbrugere er den særligt velegnet som alternativ proteinafgrøde, ikke mindst på grund af kvælstofeffekten.

Smalbladet lupin er interessant, fordi den er en ny værdifuld afgrøde som stadigvæk skønnes at have mange uudforskede egenskaber og stor genetisk variation, og er samtidig ved at blive aktuel som alternativ dyrkningsafgrøde i økologiske sædskifter, og dansk landbrug i øvrigt med indførslen af bedre tilpassede sorter.

Mange af de sorter der blev brugt i forsøget til denne opgave er helt nye, og ikke blevet brugt udenfor forskningsverdenen endnu. Det er derfor spændende at se på hvilke egenskaber de har, for eksempel er der ikke målt frøskalsandel på dem før.

Afskallede lupiner har vist sig i de fleste forsøg at have bedre protein optagelsesgrad til husdyr, end hele frø (Hove, 1974) så en klar fordel ville være at formindske frøskallerne. Ved at gøre det, kan afskalling undgås, og lupinerne gøres til en forbedret foderafgrøde.

Lupinfrø har tyk frøskal sammenlignet med andre frøbælgplanter (grain legumes), Det giver et højere indhold af grove fibre, som reducerer fordøjeligheden af foderet og formindsker metabolisk energi (McDonald et al., 1995; Edwards et al., 1998), hvilket unge énmavede dyr er særligt følsomme overfor (McDonald et al., 1995). Råfibre er kun 17% af tørvægten i smalbladet lupinkerner, men omkring 55% af tørvægten i frøskallerne (Hove, 1974). Afskalling af lupin forbedrer næringsværdien for svin, fjerkræ og adskillige fiskearter (McDonald et al., 1995; Edwards et al., 1998). Forbedret foderudnyttelse kunne derfor være at forvente med at formindske frøskalsproportionen i frøet, eftersom tyndere frøskal resulterer i lavere indhold af grove fibre i frøet (Clements et al., 2001).

Problemet med tyk frøskal i søde lupiner har været kendt længe. Det var et problem i 1974, da bedre dyrkede lupinsorter var ved at dukke frem (Hove, 1974; Cowling et al., 1998 a) og eksisterer stadig (Clements et al., 2002). Dette problem kan sættes i proportioner når frøskalsandelen hos smalbladet lupin er sammenlignet med frøskalsandelen i frø hos mere traditionelle afgrøder såsom sojabønne (*Glycine max*) og markært (*Pisum sativum*). Frøskalsproportionen hos smalbladet lupin er mellem 19% og 29% imens sojabønner har 7% og ært har mellem 7% og 12% (Lush et al., 1980; Ali-Khan, 1993).

Halvdelen af frøbælgvægten hos smalbladet lupin er bundet i bælgvægge og frøskaller (Dracup et al., 1996), så endnu en mulighed for at forbedre smalbladet lupin som foderafgrøde vil være, at formindske bælgvæggenes andel i forhold til frøenes andel i frøbælgen, udover at fokusere på antal frøskal i selve frøet. Dette kan sættes i perspektiv ved at se på andel bælgvæg hos andre kendte afgrøder. Sojabønne har 25% bælgvægge af hele bælgens vægt (Gent, 1983) og hos markært er bælgvæggen i gennemsnit kun 13% af bælgvægten, (Reader et al., 1998). Hos smalbladet lupin anses proportionen at være 32-35% bælgvægge i de nyere dyrkningssorter i Australien (Dracup et al., 1996) og varierer generelt mellem 23-44% (Reader et al., 1998).

Australske økonomiske analyser har antydnet, at selv en lille nedgang i andelen af bælgvægge og/eller frøskaller (ca. 10% af nuværende procentdele) vil kunne føre til øgede indtægter (> \$7/ha) af afgrøden (Reader et al., 1998) og ved at vælge til fordel for tyndvæggede frøbælge, vælges der ikke kun til øget udbytte, men også i retning af mere stabilt frøudbytte (Lagunes-Espinoza et al., 1999 a)

## 1.2. Problemformulering

På grund af den korte tid hvor smalbladet lupin har været en afgrøde i moderne dyrkning og forædling, formodes den stadigvæk at besidde nogle ret primitive uønskede egenskaber (Swiecicki et al., 1995), samt ukendt genetisk variation af eftertragtede egenskaber (Jørnsgård, 2002 personlig meddelelse).

Lupin har forholdsvis højt indhold af sværtfordøjelige fibre i form af frøskal, som er en større del af frøet end hos andre dyrkede bælgplanter såsom ærter og sojabønner (Hove, 1974; Cowling et al., 1998 a; Clements et al., 2002).

Lupiner har også tykkere bælgvægge end sojabønner og ærter (Reader et al., 1998; Dracup et al., 1996; Clements et al., 2002). Der er blevet skønnet, at ved at formindske andelen af bælgvæg så optages der mere næring i frø i udvikling, men der mangler stadigvæk mere oplysning om bælgvæg proportionerne i smalbladet lupin (Lagunes-Espinoza et al., 1999 a).

For at undersøge mulighederne for forbedringer i anvendelsen af lupin til dyrefoder, ønskes de følgende spørgsmål undersøgt. Svarene forventes at kunne bruges til at opsætte forædlingsmål.

Hovedspørgsmål:

*Er der genetisk variation i egenskaberne proteinkoncentration, frøstørrelse og andel frøskal i smalbladet lupin?*

*Er der vekselvirkning mellem parametrene frøstørrelse, frøskalsandel og proteinkoncentration?*

*Afhænger bælg/frø forholdet og frøstørrelse af antallet af frø per bælg?*

De ovenstående spørgsmål forsøges besvaret ved at besvare de efterfølgende delspørgsmål:

Er der forskel på næringsværdien i frøene fra forskellige sorter af smalbladet lupin?

- Er der forskel på næringsindholdet, målt på råproteinkoncentrationen i frøene, sorterne imellem?
- Er der forskel på frøvægten sorterne imellem?
- Er der forskel på andelen af frøskaller, sorterne imellem?

Hvordan er sammenhængen mellem frøkvalitetssegenskaber sorterne imellem?

- Er andel frøskal afhængig af frøvægten, sorterne imellem?
- Er råproteinkoncentrationen i frøene afhængig af frøvægten, sorterne imellem?
- Er høj råproteinkoncentration i kerner og skaller i sammenhænge med hinanden?
- Kan tyk frøskal skjule høj koncentration råprotein i kerne og derved ændre sortens fremtræden i forhold til andre sorter?

Forbedres frøbælgkvaliteten ved større antal frø i bælg?

- Er frøene i store bælg større end i de små?
- Er frøenes andel af frøbælgen direkte proportionalt afhængig af antallet af frøanlæg i bælg?
- Er frøskalstykkelsen den samme i frøene, ved forskellige frø og bælgstørrelser, indenfor en sort?

Der findes typer af smalbladet lupin (*Lupinus opsianthus*) som har mindre frø end standarden. Det undersøges derfor, om disse frø kunne vise sig at have et andet forhold mellem frøskal og kerne.

Der findes flere forskellige bælgstørrelser indenfor en genotype. Der undersøges endvidere om hvorvidt bælgens proportioner med hensyn til fordeling til frø og bælgvægge kunne være forskellige samt frøenes vægt og derfor størrelse, efter antal frøanlæg i bælg.

Rapporten består af tre hoveddele;

- 1) indledende afsnit med præsentation af smalbladet lupin som afgrøde, teoretisk baggrund og metoder, kapitel 2-4
- 2) resultater, kapitel 5
- 3) afsluttende diskussion konklusion og perspektivering, kapitel 6-7

Der medfølger også bilag. Der er nærmere oplysninger om de 27 genotyper brugt i første del af resultaterne, brev og spørgeskema, der blev sendt ud til nogle lupinavlere og en tabel med resultat af denne. Poster der blev vist frem på lupinkonferencen i Island og en artikel "in press" i proceedings fra samme konference.

### **1.3. Afgrænsning**

Med specialet er der sat fokus på frø- og bælgkvalitet. Da ordet kvalitet er et meget vidt begreb og kan være forskelligt efter hvem det angår, forklares der hvordan ordet kvalitet forstås her i opgaven. Kvalitet forstås som høje eller lave værdier af proportioner i frøskal/kerneforhold i frøets vægt samt bælg/frø forhold i frøbælgens vægt samt proteinindhold i frø af smalbladet lupin. God kvalitet her i opgaven er når værdierne viser positive egenskaber der vedkommer brug af smalbladet lupin til dyrefoder.

Det er vigtigt at se på frø- og bælgegenskaber i de nye sorter der eksisterer nu i Danmark og vurdere dem i forhold til hvad frøskallernes tykkelse angår, hvor proportionel frøskalsandel giver et andet billede for store frø end små på grund af deres kugleform.

Der blev af praktiske grunde valgt at fokusere på råproteinkoncentrationen i frøene som den eneste ernæringsfaktor der blev vurderet. Bitterheden, i det materiale der blev brugt, anses ikke for at være relevant, fordi alle sorter der blev brugt er søde, og en mulig kvælstofmængde bundet i alkaloider blev ikke anset for at give et skævt billede af råproteinmængden, der regnes på basis af totalt kvælstofindhold.

## 2. SMALBLADET LUPIN

Efterfølgende kapitel har det formål at give læseren et bedre indblik i; hvordan afgrøden smalbladet lupin hører til i lupinslægten, hvor mange sorter eksisterer indenfor smalbladet lupin, hvor dens dyrkningssteder er og nogle afgrødeegenskaber. Der ses også på smalbladet lupin i økologisk landbrug i Danmark.

### 2.1. Klassificering af smalbladet lupin

Lupin er botanisk set, klassificeret som følger (tabel 2.1):

**Tabel 2.1.** Klassificering af smalbladet lupin (Kurlovich et al., 2002 a; Cowling et al., 1998 b.; Allen et al., 1981)

Orden (Order)	<i>Leguminosae</i>	Bælgplanteordenen
Familie (Family)	<i>Fabaceae</i>	Ærteblomstfamilien
Tribus (Tribe)	<i>Genistae</i>	Vissegruppen
Slægt (Genus)	<i>Lupinus</i>	Lupinslægten
Underslægt (Subgenera)	<i>Eulupinus</i>	
Art (Species)	<i>Lupinus angustifolius</i> - Synonym: <i>Lupinus opsianthus</i>	smalbladet lupin - Synonym: blå lupin

Slægten *Lupinus* L. er delt op efter flere systemer. Det vides i dag ikke med sikkerhed hvor mange lupinarter der eksisterer i naturen (Kurlovich et al., 2002 a). Her forklares kort det todelte system, der bruges af Kurlovich og Stankevich (Kurlovich et al., 2002 a).

*Lupinus angustifolius* tilhører underslægten *Eulupinus*, og er en af de 11 arter som kaldes ”Old world Lupins”.

”Old world lupins” har geografisk center i middelhavsområdet og Afrika. Der under tilhører flere domesticerede (dyrkede/forædlede) arter såsom *L. albus* (hvid lupin) og *L. luteus* (gul lupin).

En anden slægt, *Platycarpus*, også kendt som ”New world Lupins”, har oprindelse på den vestlige side af Atlanterhavet, herunder for eksempel arten *L. mutabilis* også kendt som Andean lupin (Kurlovich et al., 2002 a).

*L. angustifolius* er kendetegnet ved runde, bløde, vand gennemtrængelige frø (billede 2.1).

Den øvre læbe på blomstrets bæger er klart todelte, og farven er sædvanligvis blå. Småbladene er lineære, og nederste læbe på bægeret er helt eller delvist tredelt. Bælgen er lettere behåret (sericeous) (billede 2.2).



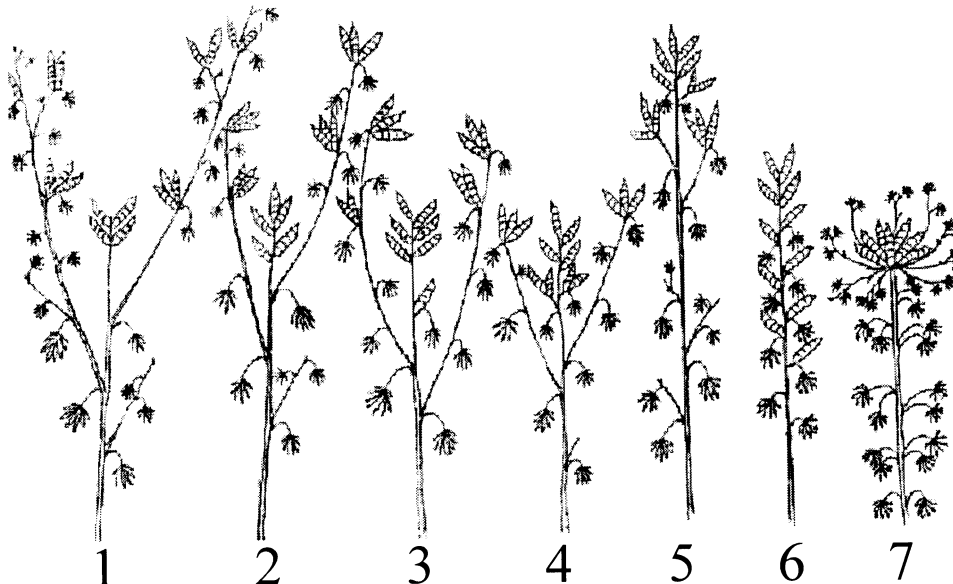
**Billede 2.1.** Frø fra forskellige genotyper *L. angustifolius* (foto: Hafþís Hauksdóttir)



**Billede 2.2.** Bælg fra *L. angustifolius* (foto: Hafþís Hauksdóttir)

*L. opsianthus* er en omdiskuteret art, som ifølge Gladstones (1998) er synonym med *L. angustifolius* (Gladstones, 1998; Kurlovich et al., 2002 b). Arvemæssigt er de ens (Jørnsgård, 2002 personlig meddelelse), men *L. opsianthus* anses for at have mindre frø end *L. angustifolius*. Nogle mener, at den er en underart af *L. angustifolius* (Stepanova et al., 2002).

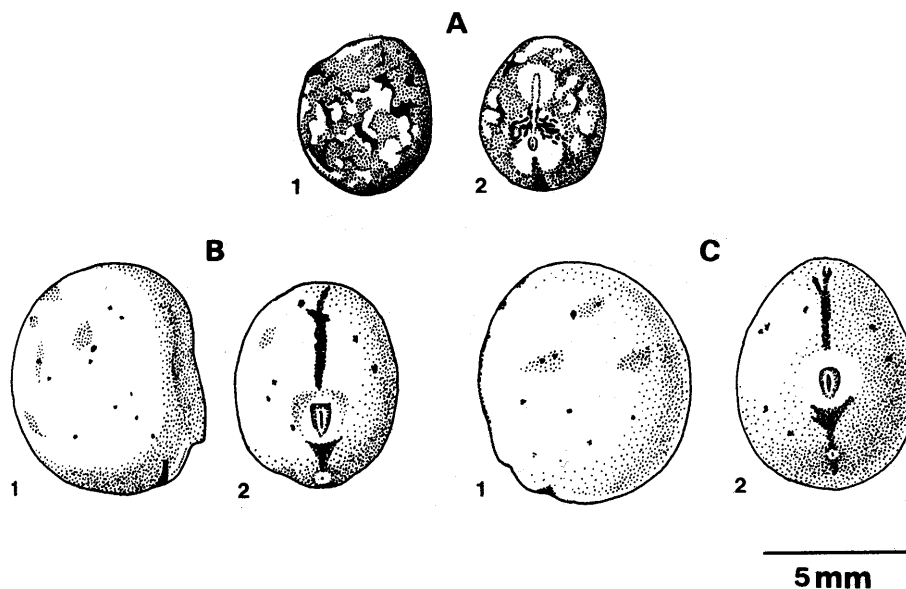
Sorterne af *L. angustifolius* er meget forskellige. For eksempel i frøfarve og plantens bygningsform. Forgreningen kan være vidt forskellig (Billede 2.3), (Joernsgaard et al., 2002) og stængelhøjden varierer mellem 35-122 cm (Ageeva, 2002).



**Billede 2.3.** Forgreningsstruktur; 1 vild, 2 pseudo-vild, 3 kvasi-vild, 4 corymbose, 5 panicular, 6 spikelike, 7 palm (Joernsgaard et al., 2002)



Der er også forskel i frøegenskaber mellem sorter af smalbladet lupin, såsom proteinindhold, frøstørrelse (Billede 2.4) og andel af frøskal som det fremgår af rapporten.



**Billede 2.4.** Frø af tre forskellige genotyper *L. angustifolius*. (Serrato Valenti et al., 1988)

Hoveddyrkningsområder af smalbladet lupin er i Australien, Europa, Sydafrika, Chile, New Zealand, tidligere Sovjetunionen og Nordamerika (Waldroup et al., 1989). Dens mangfoldighed er bred, hvilket skyldes både de forskellige lokaliteter hvor den er dyrket, men også længden af det tidsrum hvor sorterne har været i dyrkning.

De typer som stadigvæk har vilde træk, er småfrøede og blade samt bælg er smallere. Disse forekommer oftest i svære agronomiske omgivelser som bjergområder og på upløjet land (Kurlovich, 2002 b). Det er blevet iagttaget, at der vokser vilde smalbladede lupiner mange steder tæt på dyrkede områder i middelhavsområdet. Der er nogle spekulationer om, at disse måske har været dyrket før i tiden, og der er blevet udført noget selektivt arbejde med disse varianter, specielt fordi der er ikke nogen betydende forskel mellem dyrkede og vilde former der. Der er ikke stor nok forskel på *L. opsianthus* som er småfrøet og *L. angustifolius* som er storfrøet, til at der kan med sikkerhed tales om to selvstændige arter. Selvom dette har været gjort nogle gange er det nu anset at hybrider mellem *opsianthus* og *angustifolius* ikke er interspecifikke, fordi *L. opsianthus* har vist sig ikke at være andet end separat sort eller økotype af *L. angustifolius* (Kurlovich et al., 2002 b). Kurlovich (2002 b) mener, at for at dele *L. angustifolius* i de rigtige grupper, er det nødvendigt at underopdele i sorter, undersorter og form efter morfologisk variation, og endvidere i geotyper, økotyper, økogeografiske grupper af økotyper og linier bygget på fysiologiske, biokemiske og

andre faktorer. Er dette system brugt må man dele *L. angustifolius* op i 12 geotyper og agrogeotyper, 16 adskilte økotyper, 3 ecogeografiske grupper af økotyper og 13 linier, jævnføre tabel 2.2.

**Tabel 2.2.** *L. angustifolius* biodiversitet (bygget på tabel fra Kurlovich, 2002 b.)

Geotyper (agrogeotyper)	Økotyper, linier	Status	Vækstform
Iberisk geotype	4	2 vilde, 1 blevet vild, 1 lokal	3 vinter og 1 mellemliggende
Marokkansk geotype	3	2 vilde, 1 blevet vild	mellemliggende, vinter og forår
Algerisk geotype		vild	mellemliggende
Apenninsk geotype	3	vild, blevet vild, lokal	”
Balkansk-Asisk geot.	4	2 vilde, 1 blevet vild 1 lokal	”
Palæstinensisk geotype	2	vild, lokal	”
Sydafrikansk geotype		vild	”
Australsk agrogeotype	3	lokale primitive sorter, moderne linier	vinter, mellemliggende
Nordamerikansk geot.	2	avlslinier	vinter
Tysk agrogeotype	2	primitive sorter, avlslinier	forår
Polsk agrogeotype	3	primitive sorter, avlslinier, moderne linier	”
Østeuropæisk agrog.	4	primitive sorter, avlslinier, 2 moderne linier	”

Her ses det tydeligt, at trods den komplekse opdeling er der adskillige muligheder for, at hente genetisk materiale fra de forskellige steder i verden, og at der ikke er mangel af forskellige typer smalbladet lupin. Når oplysninger samles fra de mange landes plantesamlinger og institutioner som arbejder med lupiner, findes der over 200 lupinarter. Af arten *Lupinus angustifolius* eksisterer der så 5684 slags domesticerede, vilde, lokale (landrace), mutante, avlslinier og sorter samt andet genetisk materiale (Cowling et al., 1998 b).

Fordi *L. angustifolius*, *L. albus* og *L. luteus* kun har været domesticerede i ganske kort tid har de stadigvæk nogle træk som ikke er fordelagtige, for eksempel tyk frøskal. Genpuljen af domesticerede lupiner er ganske lille, sammenlignet med de største landbrugsafgrøder, såsom hvede (*Triticum aestivum*) og majs (*Zea mays*). Krydsninger med vilde eller landrace typer er afgørende for at udvide denne genpulje. Landbrugslupiner er stadigvæk genetisk tæt på sine vilde slægtninge, og store forbedringer kunne være at forvente med primære krydsninger (Cowling et al., 1998 b)

Biodiversiteten i *Lupinus angustifolius* er omfattende og vilde varianter er vidt spredt over hele middelhavsområdet (Cowling et al., 1998 b).

## 2.2. Udbredelse og brug af lupin

Bælgplanter af slægten *Lupinus* (her kaldet lupiner) kan man finde stort set over hele kloden, fra det kolde Alaska til Australien. Disse planter har etableret sig under meget forskellige forhold, og har et stort antal underarter og sorter, som nævnt.

### 2.2.1. Vilde lupiner versus domesticerede lupiner

I grove træk kan man skelne mellem vilde lupiner og dyrkede, på den måde at vilde lupiner indeholder alkaloider og har tendens til at smide frøene på jorden (Serrato Valenti et al., 1989). Dette er for eksempel tilfældet med Alaska lupinen (*Lupinus Nootkatensis*), som er meget effektiv til genvinding af eroderet land i Island (Arnalds et al., 2002).

Der bliver i dag flere og flere kendte karakteristika i sorterne af smalbladede lupiner, som gør at de bliver attraktive som dyrkningsplanter. Disse karakteristika er; nedsat forgrening, tidlighed uden risiko for lejesæd, termoneutralitet, lavt alkaloidindhold og bælg som ikke taber frøene eller falder af (Swiecicki et al., 1995).

Dyrkede lupiner er som regel søde, det vil sige med lavt indhold af alkaloider, og deres bælg har ikke længere den egenskab at springe op ved modning og smide frøene. Vilde lupiner har også den kendte ukrudts egenskab at have hård frøskal, som er svært gennemtrængelig for vand, mens de domesticerede lupiner har noget blødere frøskal som ikke er nødvendigt at ridse (scarificere) før såning for at gøre imbiberingen hurtigere og bryde frøhvilen. Af dyrkede lupiner som smalbladet lupin findes der dog stadigvæk vilde varianter, som har vilde karakterer som hård frøskal (Serrato Valenti et al., 1989).

### 2.2.2. Vækstbetingelser

Lupiner trives generelt på dårlig sandjord i deres naturlige vækstområder, de dyrkes blandt andet som afgrøder på golde og dybe sande i syd og sydvest Australien. Generelt kræver lupiner veldrænet jord. *L. angustifolius* bør dyrkes på jord ved pH 4-7,5 (Longnecker et al., 1998 efter Baylis et al., 1986).

I dyb løs jord er det blevet registreret, at *L. angustifolius* kan danne rødder helt ned til 2,2 m. sammenlignet med 1,3 m for hvede og 0,5 m for ærter. Rodlængde under de øverste 20 cm jordlag kan også være tydelig større (60%) end hos de andre arter (<30%). *L. angustifolius* vandrette rodsystem, er til gengæld ikke stort, (sammenlignet med 12 andre lupinarter). *L. angustifolius* rod består mest af dominerende pælerod med mange primære vandrette rødder, men få sekundære og tertiære vandrette rødder, hvilket kan forklare dårlig vækst i finere jord, hvor fint vandret rodsystem kunne være af større betydning. *L. angustifolius* reagerer meget positivt overfor øget fosfor i jorden, hvor vandret rodsystem øges (Longnecker et al., 1998).

### 2.2.3. Brug

Lupinens mest brugte egenskaber er dens proteinholdige frø der anvendes til dyrefoder, desuden er den også velegnet som grøngødning, da de kvælstofholdige lupinsorter kan anvendes til jordforbedring. Ved anvendelse som grøngødning er alkaloidindhold ikke et problem.

Der har ikke været fokuseret på lupiner i avl i nær så lang tid som andre velkendte proteinafgrøder, såsom markært og sojabønne der har været dyrket i tusinder af år, selvom lupiner også har været dyrket for tusinder af år siden. Der er derfor et stort potentiale i forædlingsarbejdet, da lupinens tid som moderne afgrøde kun lige er startet.

Lupinen har specielt fået plads i dyrkningssystemer hvor jorden har lav fertilitet, enten hvor andre frøbælgplanter giver for lavt udbytte, eller som sædskifteplante med kornafgrøder, hvor forbedret jordkvalitet og kvælstofforsyning efter lupindyrkningen er en fordel (Dovrat, 1989).

Udbredelsen af smalbladet lupin som dyrkningsplante er stadigvæk ikke stor på verdensplan, men er en vigtig del af landbruget i Australien, Tyskland, Polen og Rusland.

Det vigtigste fremskridt i dyrkning af smalbladet lupin skete efter 1. verdenskrig og den følgende mangel på proteinkilder i Tyskland. Der opstod derfor en voksende interesse for dyrkning af lupiner, og i 1928-29 blev de første skridt i moderne lupinforædling taget ved valg af de første lavalkaloidsorter (søde) af *Lupinus angustifolius* og *Lupinus luteus* (Cowling et al., 1998 a).

Selvom lupinen har været samlet lejlighedsvis i præhistorisk tid og senere dyrket i lavt tal som sekundær afgrøde (Plitmann, 1989), er det kun indenfor de sidste 40, år at den er blevet anvendelig som afgrøde i moderne landbrug (Dovrat, 1989).

Det interessante ved smalbladet lupin er at der er blevet lavet nye sorter som har større dyrkningsinteresse for danske og andre nordiske avlere (Kuptsov, 1997; Joernsgaard et al., 2002). Disse sorter er både tidligere og mere proteinholdige, end de sorter der fandtes før. For økologiske avlere er der særlig interesse for den proteinholdige lupin, fordi det er planen at økologiske landmænd fra 2005 kun skal bruge økologisk foder (Maribo, 2002). I dag kommer proteindelen af foderet i nogen grad fra uøkologiske kilder. Der er også nogle problemer på grund af forbud mod brug af animalsk proteinmel derunder fiskemel pga. BSE smittefaren og etikken (fodring af køer til køer), derfor er en ny højproteinafgrøde en kærkommen tilføjelse til økologisk fodring i Danmark.

#### 2.2.4. Alkaloider

En stor ulempe fodringsmæssigt, for mange lupin sorter er deres høje alkaloidindhold. Bitre lupiner indeholder quinolizidine alkaloider som kan påvirke centralnervesystemet og forårsage symptomer som nedtrykthed, anstrengt vejrtrækning, krampetrækninger, og død på grund af vejrtrækningssvigt (Waldroup et al., 1989). Bitre lupiner indeholder 10-20 g/kg (1-2%) af de giftige alkaloider lupanin og angustifolin og burde ikke bruges som føde. Søde sorter kan godt indeholde lave værdier af alkaloider men for sikkerhedsskyld burde alkaloidindholdet ikke overskride 0,6 g/kg (0,06%) (McDonald et al., 1995).

Til trods for at den Australske fødevarestandard ligger ved 0,002% alkaloidindhold må søde *L. angustifolius* anvendes til menneskeføde der (Cowling et al., 1998 a). Alkaloidindholdet er som sagt højere hos sød smalbladet lupin end de grænser der nævntes, og niveauet varierer også betydeligt indenfor arten (tabel 2.3).

**Tabel 2.3.** Alkaloider i nogle *L. angustifolius* sorter

Smalbladet lupin (sortsnavn)	Andel alkaloider (%)	Kilde (Forfatter og år)
Yorrel	0,006	(Cowling et al., 1998 a)
Unicrop	0,009	(Waldroup et al., 1989)
Astra	0,009	(Waldroup et al., 1989)
Uniharvest	0,010	(Waldroup et al., 1989)
Danja	0,016	(Cowling et al., 1998 a)
Wandoo	0,095	(Beirao da Costa, 1989)
Chittick	0,111	(Beirao da Costa, 1989)
Maresa	0,168	(Beirao da Costa, 1989)

### 2.2.5. Forarbejdning af lupinfrø og lupin som foder

Før der fodres med lupinfrø er det nødvendigt at knuse frøskallen, da denne beskytter lupinfrøene mod nedbrydning i fordøjelsessystemet. Lupinmel, der er lavet ved at formale hele frø, er en nyttig proteinkilde i Europa (McDonald et al., 1995), og lupiner er billige at forarbejde til foder da de kun kræver en formaling eller valsning (Edwards et al., 1998). Den teknologi der bruges til forarbejdning af lupiner ligner meget teknologien til forarbejdningen af andre kendte proteinafgrøder såsom sojabønner (Chajuss, 1989). Sojabønner kræver dog en varmebehandling, hvilket lupiner ikke gør (McDonald et al., 1995).

Søde lupiner kan forarbejdes til efterfølgende handelsprodukter, til blandt andet foder og menneskeføde.

1. Fedtholdigt lupinmel, af olierige søde lupinsorter der er afskallede og finmalede.
2. Fedtudtrukket lupinmel, hvor olien er delvist blevet udtrukket fra det fedtholdige mel.
3. Mediumfed og fedtfattig lupinmel, af oliefattige søde lupinsorter der er afskallede og finmalede.

(Chajuss, 1989)

*L. angustifolius* tilhører de fedtfattige lupinarter og det gør *L. luteus* også, men *L. albus* og *L. mutabilis* tilhører de olierige lupinarter (Pettersen, 1998).

Afskalling af lupiner anses generelt for at være vigtigere for én-mavede dyr end for drøvtyggere på grund af deres forskellige mikrobielle nedbrydning af polysakkarider.

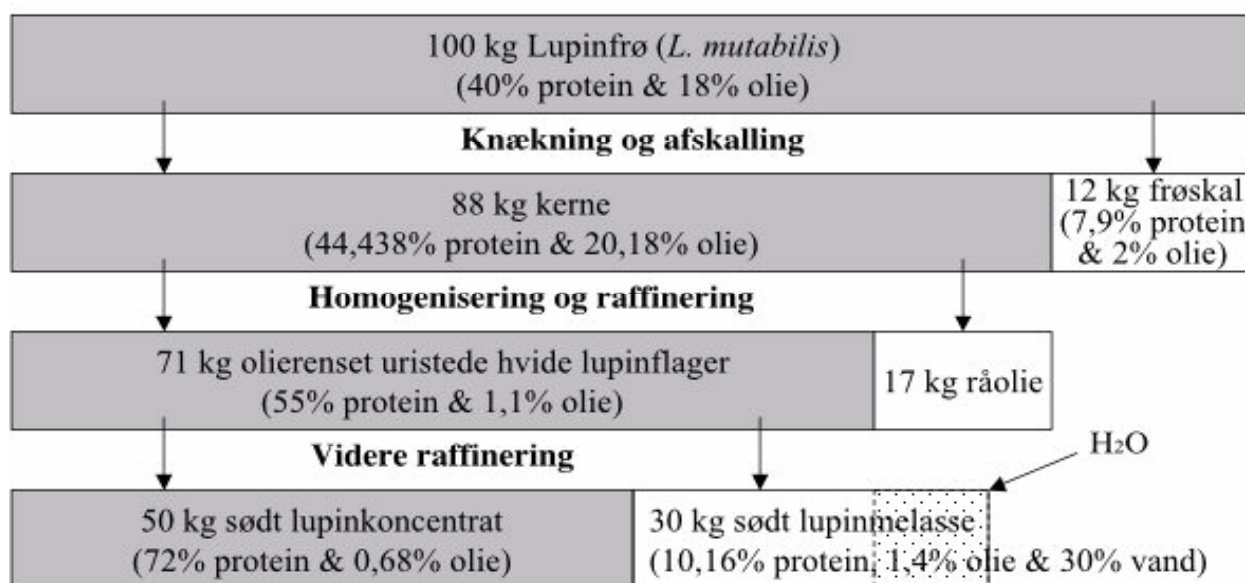
Det er dog ikke tilfældet med svin, som har forholdsvist høj mikrobiel fermentering i tyndtarmen (Gdala, 1998). Hele lupinfrø kan godt bruges til foder for grise ifølge forsøg (Fernández et al., 1995) og for dem vil afskalling af frøene formindske det næringsmæssige indhold (Fernández et al., 1995).

Blandt én-mavede dyr har svin mere intens mikrobiel nedbrydning af ”non sugar” polysakkarider i tyndtarmen end for eksempel fjerkræ (Gdala, 1998), og lupinfibre har en høj fermentbarhed, som resulterer i en betragtelig del energi, når de kommer i foder til grise (Fernández et al., 1995).

Der er blevet lavet forslag om at det kunne være muligt at bruge lupinskallerne til foder for drøvtyggere eller som fiberkilde til mennesker (Chajuss, 1989). Uden denne mulighed er afskalling af lupiner ikke anset for at være rentabelt (Edwards et al., 1998).

Lupinfrøets forarbejdning (100 kg. *L. mutabilis*, 12% frøskal) som eksempel på opdelingen af lupinfrøene i forskellige ingredienser er placeret efter forskellige udarbejdningstrin i et oversigtsdiagram (Chajuss, 1989) (diagram 2.1).

**Diagram 2.1.** Forarbejdning af *L. mutabilis* frø med skaller. Bygger på tabel fra Chajuss (1989).



*Lupinus angustifolius* og *lupinus albus* indeholder ikke trypsininhibitor, som for eksempel er tilfældet med sojabønner. Derfor behøver smalbladet lupin ikke varmebehandling (Waldroup et al., 1989). Trypsin er inaktiv i tyndtarmen, indtil den aktiveres til protein og peptidasefordøjelse. Trypsininhibitor som forhindrer proteinfordøjelsen ødelægges derfor med varmebehandling i flere foderprodukter (McDonald et al., 1995).

Frøene af smalbladede lupiner er en rig kilde til arginin og indeholder en forholdsvis godt balanceret koncentration af essentielle aminosyrer med høj fordøjelighedsgrad (Fernández, 2000). Sammenlignet med soja har lupiner dog et lavere indhold af nogle essentielle aminosyrer (Waldroup et al., 1989). For eksempel de svovlholdige aminosyrer methionin og cystin, som er meget vigtige for fjerkræ (McDonald et al., 1995). De er også lavere i lysinindhold som er meget

vigtigt for voksende grise (McDonald et al., 1995), og tryptophan der også er en essentiel aminosyre for én-mavede dyr (McDonald et al., 1995).

Ved sammenligning af næringsstoffernes fordøjelighed hos *lupinus angustifolius* (Prima) og sojaskrå, fremgår det at fordøjeligheden af næringsstofferne i lupin er meget høje sammenlignet med dem i sojaskrå (tabel 2.4) (Fernández, 2000).

**Tabel 2.4.** Næringsstoffernes fordøjelighed (Fernández, 2000; Fernández, 2000 efter Just et al., 1983)

	Lupin E 101	Sojaskrå
Tørstof (%)	83 +/- 2	84
Organisk stof (%)	84 +/- 2	88
Energi (%)	85 +/- 3	86
Protein, fækal, (%)	87 +/- 3	85
Omsættelig energi Mj/kg ts.	15,44 +/- 0,47	15,34
Fes/kg tørstof	1,26	1,25

Ifølge Fernández (2000) er fordøjeligheden hos svin for råprotein høj eller 88% af *L. angustifolius* indeholdende 32,6% råprotein.

De høje værdier i fordøjelsen af lupin hos svin i forhold til sojaskrå forklarer Fernández med den før nævnte mikrobielle nedbrydning hos svinene.

### 2.3. Dyrkning i Danmark

I dagens Danmark er der igen plads til lupiner. Efter mange års pause i avl af nye danske lupinsorter er der nu igen interesse for afgrøden. Før 1935 blev der kun fokuseret på brugen af lupiner som grøngødning, men derefter begyndte søde lupiner at komme frem og det startede med *L. luteus* sorten Sweet lupin (Heick, 1947). Det er hovedsagelig de økologiske landmænd, der interesserer sig for lupiner, på grund af proteinindhold og rodknoldenes kvælstoffikserende evner. I år 2002 har der vist sig, at foderfirmaerne har sænket prisen på økologisk korn (Nielsen, 2002 a), og det er endnu en grund til at økologiske planteavlere er interesserede i nye og eventuelt risikable afgrøder. I år 1940-1942 blev bl.a. sød *L. angustifolius* afprøvet i forsøg i Danmark hvor den gav 1,6 t/ha i frøudbytte (Anonym, 1943). I 1994 gav *L. angustifolius* sorten Ernani 3 t/ha (Jørnsgård et al., 1995), så meget er sket i mellemtiden.



Danske forhold til lupindyrkning er ikke optimale for søde lupiner. Men med nye sorter fra Rusland, Hviderusland og øget avlsarbejde i Danmark, er der kommet sorter der godt kan dyrkes her i landet med godt resultat (Joernsgaard et al., 2002). Det er hovedsagelig økologiske landmænd der dyrker sød lupin og i 2001 dyrkedes lupin på 218 ha økologisk land som var 0,14% af økologisk dyrket areal i Danmark på det tidspunkt (Tersbøl, 2002 a).

Hos frøfirmaet DLF-Trifolium var der 13 økologiske lupinavlere i år 2001. To på Sjælland og elleve i Jylland. Deres erfaring med lupiner ifølge ti af dem er mest fra 2001 (se bilag tabel B), Kun en af dem der besvarede et spørgeskema (se bilag) havde dyrket lupiner i 2 år. De dyrkede Prima (E-101) som stammer fra en krydsning mellem Lanadex fra Hviderusland og Orłowski fra Rusland (Joernsgaard et al., 2002).

Deres lupindyrkningsareal var 15,2 – 2,5 ha i 2001 og sammenlagt var der 70 ha med lupin hos landmændene det år.

Udbytte var 2 - 4 t/ha, med et gennemsnit 2,9 t/ha.

Disse tal er lave (Jørnsgård 2002 personlig meddelelse). Under danske forhold er 3 t/ha i orden, men ikke godt. Generelt ligger udbyttet mellem 2,5 - 4,5 t/ha. I Storbritannien ligger udbytte af *L. angustifolius* ifølge afgrødeinformationswebsider mellem 2,5 og 3,25 t/ha (Anonym, 2002).

De problemer som landmændene løb ind i var mest ukrudtsproblemer, hvor syv ud af ni nævnte det som problem. Andre nævnte begynderproblemer, fordi det var deres første år med afgrøden. Der kan nævnes: For lidt udsæd, såning ikke dyb nok og marken meget ukrudtsbefængt før etablering. Én nævnte gråskimmelproblemer.

Det ukrudt som landmændene havde problemer med var alle forskellige bortset fra at der nævntes pileurt (*Polygonum* ssp) som problem på tre gårde, ellers var det forskelligt. Nælder (*Urticaceae*), agerkål (*Brassica campestris* ssp *campestris*), tidsler (*Cirsium* ssp), fuglegræs (*Stellaria media*), agersennep (*Sinapsis arvensis*), småblomstret gulurt (*Amsinckia micrantha*), gråbynke (*Artemisia vulgaris*) og kvik (*Agropyron repens*) blev nævnt.

De tre som ikke fik deres udbytte godkendt til fremavl nævnte for lav spiringsprocent som årsagen til dette. En af de tre havde haft så store ukrudtsproblemer, at han høstede en stor del af sit areal som helsæd.

De fleste var positive overfor afgrøden, og nogle nævnte at de ville ændre ukrudtsstrategien til kommende år for at formindske ukrudtsproblemerne.

I år 2002 har ukrudt også været det største problem i lupiner i økologisk dyrkning (Nielsen, 2002 b). De sorter som var forgrenede kunne dog bedre konkurrere med ukrudtet. På grund af det vækststop der forekom tidligt på vækstsæsonen i lupinerne blev ukrudtet en stærkere konkurrent med lavt udbytte som følge i de spinkle sorter med nedsat forgrening ("spike like"). De sorter som har nedsat forgrening plejer at være 75-80 cm høje men blev mange steder i år kun 40-50 cm (Priesholm, 2002).

Fordi lupiner ikke har været dyrket i en årrække i Danmark, er det endnu ikke mange sygdomme der angriber dem. Rodbrand kan forekomme i lupiner, ligesom lupiner som nævnt også kan angribes af gråskimmel. Den værste sygdom lupiner kan angribes af er anthracnose (*Colletotrichum*). Sygdommen er frøbåren og er tydelig genkendelig ved, at planten udviser misdannelser ved at stænglen krøller og bøjer, samt at plantens frøsætning nedsættes væsentlig (Jensen, 2001).

## 2.4. Dyrkning over verden

Der er øget interesse for lupiner verden over, dette ses måske bedst på, at der over en årrække, er blevet holdt 10 internationale konferencer om lupiner, hvor forskere fra forskellige verdensdele, mødes.

Lupiner er dyrket hovedsagelig som foder frøbælgplanter i det tidligere USSR, Polen, Tyskland, Middelhavsområdet og som eksport afgrøde i Australien, hvor betydelige mængder sælges til Europa som foder. Som hos de fleste afgrøder af mindre betydning er efterspørgslen af lupin uforudsigelig (Putnam et al., 1989). Det afspejles for eksempel i EU's mindskede selvforsyning af proteinafgrøder på grund af BSE problematikken (Anonym, 2001). Produktionsomkostningerne er de samme som for sojabønner, bortset fra at udsæden er nævneværdig dyrere for lupin (Putnam et

al., 1989). Prisen for lupinafgrøden er 80-90% af sojaprisen, som betyder ligeledes meget for produktionen (Putnam et al., 1989).

Australien er det største dyrkningsland af lupin (Dracup, et al., 1996). Hovedlupinarten i Australien er *L. angustifolius* (Hawthorne, 1995), og selvom den er ny som dyrkningsplante har den vokset sig stor de sidste tre årtier på grund af intensive anstrengelser i forædling og landbrugsteknik (Cowling et al., 1998 a; Perry et al., 1998). Vestaustralien er hovedområdet for lupindyrkning i Australien. Denne delstat havde 87% af Australiens samlede lupindyrkningsareal i 1998, hvor 1,1 million ha var blevet sået (Anonym, 1998). 1999/2000 sæsonen gav over 1,4 million tons lupinfrø i Vestaustralien hvor lupin er vigtigere end hvededyrkning. Eksport indtægten på hvede i Vestaustralien i 1999/2000 blev estimeret til 100 millioner dollars, mens eksport indtjeningen på lupiner var 200 millioner dollars og var en stor bidragyder til Vestaustralsk økonomi. Lupiner er den største bælgplanteafgrøde i Vestaustralien og nu vokset så meget, at dyrkningsarealet ikke bliver større fra år til år, og produktionsforøgelsen forventes kun at ske med stigninger i udbytte (O'Neill, 2000).

## **2.5. Fordele og ulemper ved lupiner**

### **2.5.1. Fordele:**

Til forskel fra andre alternative afgrøder har lupiner en bred anvendelsesmulighed. Den kan bruges til dyrefoder for drøvtyggere og én-mavede dyr. Nogle lupiner kan også bruges til menneskeføde (Putnam, 1993).

Søde lupinsorter kan nemt bearbejdes til foder, menneskeføde og industrielle produkter med stort set samme teknik som bruges til bearbejdning af sojabønner (Chajuss, 1989).

Lupinernes fibre er også nemmere at fordøje end sojafibre når der gælder grise (Fernández et al., 1995).

Smalbladet lupin har et højere proteinindhold end ærter og indeholder ikke stoffet tannin, som findes i både ærter og hestebønner, og som hæmmer nedbrydningen og fordøjelsen af protein hos én-mavede dyr (Tersbøl, 2002 b)

Lupiner er en god proteinafgrøde og et godt alternativ for dem som vil være selvforsynende med protein. Ved at være selvforsynende skal der også indkøbes mindre foder og et negativ cashflow bliver mindre sandsynligt (Putnam, 1993).

Lupiner er gode til at etablere sig i dårligere jord med højt sandindhold. Der er *L. angustifolius* særlig god og den er dyrket på store arealer i Australien (Putnam, 1993).

### **2.5.2. Ulemper:**

Udsæden er dyr, dyrere end sojaudsæd i USA (Putnam, 1993).

Afstødning af bestøvede blomster er en betydelig forhindring for produktionsevnen i smalbladet lupin (Atkins et al., 2002).

Ukrudtsbekæmpelse er svær i de sorter som har reduceret forgrening, hvis afgrøden er for åben, med øget risiko af dårlige udbytter som følge (Tersbøl, 2002 b).

De forgrenede sorter er konkurrencesterke overfor ukrudt, men modner sent og har behov for skårlægning for at få en nemmere høst og lavere vandprocent i frøene (Tersbøl, 2002 b)

I Danmark mangler der stadigvæk bedre tilpassede sorter som giver tryggere udbytte på over 3 t/ha, smalbladet lupin anses derfor endnu for at være risikabel afgrøde i økologisk landbrug, som i år 2002 har skuffet med lave udbytter i de nyeste sorter med reduceret forgrening (Priesholm, 2002).

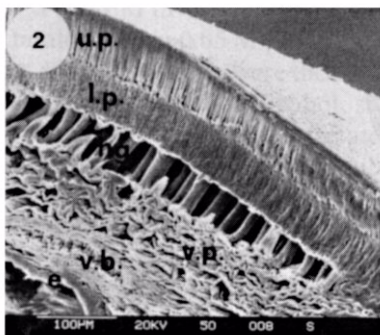
## 3. TEORETISK BAGGRUND

### 3.1. Frøets og bælgens struktur

#### 3.1.1. Beskrivelse og funktion af frødele

Frøskallen består af palisade epidermis (billede 3.1) dækket med cuticle. Tykkelsen af palisade epidermis varierer fra den ene lupin art til den anden, men palisade epidermis er den tykkeste del i frøskallen, og består af lange celler på række. Der er arter hvor nogle af cellerne i palisadelaget mangler og tragtformede kanaler formes (Petrova, 2002).

Hypodermis celler er timeglasformede celler, der ligger med regelmæssige mellemrum under palisadelaget (billede 3.1). Tykke hypodermis og store celler har været observeret i frø hos blandt andet lupinarterne *L. angustifolius* og *L. mutabilis* (Petrova, 2002).



**Billede 3.1.** Frøskal af *L. angustifolius*; u.p og l.p = palisade epidermis (upper and lower portion of palisade), h.g. = hypodermis celler (hourglass cells), v.p, v.b og e = 3 parenchyma lag (vascular parenchyma, vascular bundle og endothelium) (fotomikrograf: Serrato Valenti et al., 1988)

Der er blevet observeret tykkere frøskal hos vilde varianter af lupiner end domesticerede (Lush et al, 1980), men generelt har lupinerne været delt i tre grupper efter frøskalstykkelse. Første gruppe har tynd frøskal (7-11% af frøvægten) og dækker hovedsageligt lupiner af den amerikanske oprindelse såsom *L. mutabilis*. Den anden gruppe med middelandel frøskal (12-14% af frøvægten), dækker mestendels gule lupiner såsom *L. luteus*. Tredje gruppe er en stor gruppe lupiner med høj andel frøskal (18-23% af frøvægten). Til denne gruppe tilhører *L. albus* og *L. angustifolius*. Der findes endnu tykkere frøskal hos *L. pilosus* som har 32% frøskal (Brillouet et al., 1983).

Der kan også være forskel i frøskalshårdheden på grund af miljøeffekt, men det er ikke blevet påvist at lave alkaloidindhold i frøet afgør blød frøskal i domesticerede lupiner, selvom nogle mener at dette er tilfældet (Swiecicki et al., 1995).

Under hypodermis er der tre cellelag. Det første er et parenchymalag med tykke cellevægge og cellerne er fyldt af næringsstoffer når frøet er i umodent stadie. Det andet lag er et tyndvægget parenchymalag og det tredje lag formes af stærkt sammenpressede celler af tykvæggede parenchyma (billede 3.1). Der er delte meninger om betydningen af disse tre lags forskellige tykkelse mellem arter og deres betydning for taxonomi diagnosticeringen i lupinslægten (Petrova, 2002).

Hilum området på frøskallen hvor frøet sad fast på bælggen (navlen) er forskelligt i tykkelsen mellem arter og det er forholdsvis tykt i *L. angustifolius*, hvor der er flere hule områder i vævet mellem palisadelag i hilum end andre steder på frøskallen. De to palisadelag er brudt op i en kløfte med kanaler hvorigennem frøets vandsugende egenskaber reguleres og hvor forskellen mellem hårde og letvandgennemtrængelige frø ligger (Petrova, 2002) (Serrato Valenti et al., 1989). Der er fragmenter af udvidede skrå celler mellem frøskal og kerne som er rester af næringslag som adskilte kerne og frøskal (Petrova, 2002).

I frøskallen findes der 24% pentose sukker (general formular  $C_5H_{10}O_5$ ) hvor der kun er 10% i hele frø. Pentose kan holde op til ti gange sin egen vægt i vand og deltager derfor i optagelsen af vand for frøet (Beirao da Costa, 1989). De såkaldte "non-sugars" polysakkarider, cellulose, hemicellulose og pektiske polymerer er dog hovedsubstansen i frøskallen (Brillouet et al., 1983). Frøene af *L. angustifolius* indeholder større mængde "non-sugars" end frø af *L. luteus* og *L. albus* (Gdala, 1998) og lignin indholdet er generelt lavt i lupinfrøskal (Brillouet et al., 1983).

Hårde frø er sandsynligvis vigtigst for vilde planter og planter som lever i våde områder på grund af at det holder embryoet tørt og formindsker risikoen af at drukne det (Lush et al., 1980). Det er palisadecellernes struktur som udgør forskellen mellem hårde og let gennemtrængelige frø (Serrato Valenti et al., 1989) (Lush et al., 1980). Frøskalstykkelsen har sandsynligvis indflydelse på hvor godt frøet overlever sygdomme i starten af vækstperioden (Hill, 2002 personlig meddelelse) Eksempler fra forsøg med majs indikerer at tykkere perikarplag følges ad med resistance eller intermediate resistance overfor *Fusarium moniliforme* (Hoenisch et al., 1994).

Det er vigtigt for hårde frø med lang levetid at være tykskallede, men i dyrkede frø er det ikke ønsket at have lang levetid, og derfor avles der for tynd frøskal til bl.a. at hindre ujævn fremspiring (Lush et al., 1980), og til fordel for foderudnyttelsen (Clements et al., 2002).

### 3.1.2. Lupinbælgens beskrivelse og funktion

Lupinbælgen er lavet af et frugtblad og sidder på en kort stilk. Bælgen hos *L. angustifolius* er normalt ca. 5,5 cm lange (Bélteky et al., 1984), lysebrune og dækkede med hår. Hårløse eller korthårede typer findes (Bélteky et al., 1984). Korthårede eller hårløse bælg tørre hurtigere ud ved modning. Bælgens to halvdele er sammengroede på toppen og undersiden af bælgen. Klapperne består af to lag: Lange parenchyma celler former det ydre lag og kortere celler det indre fiberlag. De lupinsorter som stadig kaster frøene har tykkere fiberlagvæg end de som ikke gør. Ved tørring vrider dette fiberlag sig og bælgen sprætter op og frøene kastes ud. De dyrkede sorter har ikke denne egenskab mere, da der er blevet avlet for lukkede bælg til at forhindre frøtab. En nem indikator som viser om bælgene åbnes af sig selv eller ikke i *L. angustifolius* er farven af det fibrøse lag. Denne er hvid i bælg som kaster frø og gul til nærmest orange i bælg som er lukkede (Swiecicki et al., 1995). Det er blevet opdaget, at i *L. albus* er frøbælgens tykkelse et udmærket indirekte avlskriterie for at opnå stabilt frøudbytte (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b). Det blev ligeledes opdaget, at der er forholdsvis lavere proportion bælgvæg hvis bælgen er fuldt sat og også hvis bælgen havde mange frø. Der er lav men signifikant negativ korrelation mellem tykkelse af bælgvæg og antal frø i bælg på 0,25. Tykvæggede bælg optager muligvis en større del næring end tynde, på bekostning af frøstørrelsen (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b).

Bælgvæggenes andel i bælgens vægt er omkring 47% i *L. mutabilis* (Hardy et al., 1997), 33% i *L. angustifolius* og 32% i *L. albus* (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b; Dracup et al., 1996).

Genotypen styrer tykkelsen af bælgvæggene. Omgivelserne styrer mere bælgvæggenes andel i bælgen pga. reguleringen af antal frø i bælg ved forskellige ernæringsmængder tilgængelige under frøvæksten (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b). Der er dog blevet identificeret negativ genetisk korrelation mellem andel bælgvæg og frøudbytte hos *L. albus* (Lagunes-Espinoza et al., 1999 a). Valg af lupin genotyper med lav andel bælgvæg er derfor en mulig karakter at gå efter i søgningen efter genotyper med højt udbytte (Lagunes-Espinoza et al., 1999 a).

Det er de frø som er tættest på hinanden i en bælg, som både plads- og næringsmæssigt er de største konkurrenter. Det er dog blevet målt i aspargesbønner (cowpea, *Vigna sinensis*), at de største frø

forekommer, hvor der er frø på begge sider i bælg, og des flere frø der er i bælg, des større er frøene (Lush et al., 1980).

Frøene er ikke lige tunge på hovedstammen og sidegrenene. Det er omkring 20-30 g forskel på tusindkornsvægten fra frø i bælg på hovedstamme og frø i bælg på første sideskud hvor de sidstnævnte er mindre (Bélteky et al., 1984 (efter Barbacki (mangler år)). Nyere forsøg giver det indtryk, at planterne regulerer væksthastigheden således, at frø som dannedes senere i vækstsæsonen voksede hurtigere og kompenserede dermed den kortere frøfyldningsfase som resulterede i jævn bælg- og frøvægt på de fleste grene (Dracup et al., 1996). Der findes i dag sorter som hovedsagelig sætter bælg på et hovedskud, de såkaldte oprette ”spike like” lupiner som ikke har sidegrendannelse af betydning (billede 2.3).

Hvis der dannes mange blade på hovedskud og hvis der dannes mange primære grene i *L. albus* er der fare for større afstødning af bælg pga. skygge effekt (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b).

## **3.2. Afgrødeegenskaber hos planten *Lupinus angustifolius***

### **3.2.1. Udbytte hos smalbladet lupin**

Et højt frøudbytte per plante anses at være 20-26 g per plante (Kurlovich et al., 2002 b) i *L. angustifolius*. Der er dog fundet variationer helt fra 1,5 g til 30,6 g (Kurlovich et al., 2002 b). Grønmasseproduktiviteten i *L. angustifolius* er også meget varierende, 5-120 g per plante i blomstringsfasen. Høj produktion anses at være over 100 g/plante (Kurlovich et al., 2002 b).

Udbyttet af smalbladede lupiner er øget 2,4% om året fra 1973-1991, i Australien, og det er højere stigning end hos de fleste andre afgrøder der dyrkes i verden (Cowling et al., 1998 a). Dette menes at være fordi *L. angustifolius* har været dyrket som afgrøde i så kort tid, og der endnu er stor variation af genmateriale til stede (Cowling et al., 1998 a).

### **3.2.2. Antal frø i bælg, frøvægt og deres mulige effekt på udbytte**

Arveligheden af egenskaben frøantal i bælg var 0,692 i vinter typer af *L. albus* og sammenhængen positivt korreleret mellem øget mængde frø i bælg og øget udbytte er signifikant ( $P < 0,05$ ) : 0,208 (Huyghe, 1989).

Tusindkornsvægten er højt arvelig hos *L. albus*: 0,782. Korrelationen ved udbytte mængden er højsignifikant ( $P < 0,001$ ) : 0,227. Ulemperne ved høj tusindkornsvægt er øgede omkostninger til



udsæd, frøfyldningsfasen i hver bælg vil også tage længere tid og pga. øget sensitivitet for klimatisk stress i denne fase er der større risiko for afstødelse. (Huyghe, 1989).

Det er blevet fundet lavere fertilitet (færre frø i bælg) hos meget storfrøede sorter, både i vinter og vårtypene af *L. albus* (Huyghe, 1989).

Forøgelse i frøvægt i bælgene giver planten større tilpasningsevne. Hvis der er få bælg på planten så kan planten jævne det ud med at lave større frø, i højere grad end de småfrøede planter kan øge sin frøstørrelse. Denne bufferegenskaber kan føre til bedre udbyttestabilitet hos storfrøede sorter (Huyghe, 1989).

### **3.3. Eksisterende viden om lupinens frøstørrelse, frøskalsandel og protein.**

Sammenligning af forskellige lupinarter før i tiden har vist at *L. angustifolius* har lavere protein indhold i frøet og tørstof i kernen end *L. albus*, *L. luteus* og *L. cosentini* (Withers, 1975). I 1975 målte Withers (1975) forskellige egenskaber i *L. angustifolius*. Frøvægten målt til 172 mg, kerneandel 76,4%, proteinandel i frøet 28,8 %, og tørstof i kerne 37%. I dag findes der i Danmark sorter som har frøvægt over 200 mg og proteinindhold i hele frø på over 37% (Joernsgaard et al., 2002).

#### **3.3.1. Karaktererne frøskalsandel, bælgvægsandel og proteinkoncentration i forsøg**

Bælgvægstykkelse har ikke signifikant forbindelse med frøskallens tykkelse (Clements et al., 2002). Frøskallen i de forskellige *L. angustifolius* sorter er blevet fundet fra at være 20% af frøvægten hos Unicrop, 22% i Uniharvest og 23% i Uniwhite (mellemværdi) (Hove, 1974), til at være 30% og 33% i to vilde sorter (Lush, et al., 1980).

Hvad proteinandelen i frøet vedkommer nævnes der til sammenligning høje og lave værdier i hele frø fra forskellige kendte domesticerede sorter af *L. angustifolius* (tabel 3.1).

**Tabel 3.1.** Proteinkoncentration i nogle sorter *L. angustifolius*

Sort af smalbladet lupin	Andel protein (%)	Kilde
Uniharvest	36,4	(Hove, 1974)
Myallie	35,5	(Cowling et al., 1998 a)
Danja	33,5	(Cowling et al., 1998 a)
Prima E 101	32,6	(Fernández, 2000)
Unicrop	32,4	(Hove, 1974)
Uniwhite	28,6 (2,1 i frøskal)	(Hove, 1974)

Variationen i proteinindholdet i frøet er blevet fundet at være 18-39,2% (Kurlovich et al., 2002 b). Men nye linier af smalbladet lupin giver 39–40% proteinindhold i Rusland og Danmark (Ageeva, 2002; Joernsgaard et al., 2002).

Olieindhold i frø er også en vigtig parameter i lupinfrøenes sammensætning til foder, og der er blevet fundet negative sammenhænge mellem olie og proteinindhold i frø af smalbladet lupin. For eksempel har Danja 7,0% olie indhold på tør basis og Myallie 6,4% olie indhold på tør basis men Danja er lavere end Myallie i protein (tabel 3.1) (Cowling et al., 1998 a). Variationen i olieindhold i frø ligger fra 3,2-8,5% (Kurlovich et al., 2002 b).

## 4. MATERIALER OG METODER

Proteinanalyse, og vejninger af frøskaller og kerner i 27 genotyper af smalbladet lupin samt vejninger af bælg, frø, frøskaller og kerner i en genotype af smalbladet lupin, med op til 7 frø i bælg, blev udført i forbindelse med dette projekt. Resultaterne i rapporten er tolket med vægt på sortsforskelle i frøproportioner, samt forskelle på frøstørrelse og frø/bælgproportioner på grund af ulige antal frøanlæg i bælg.

Det er valgt at finde vægten af frøskallen og at kalkulere den teoretiske frøskalstykkelse. Der kunne have været farvet og målt frøskaller under et mikroskop, men det ville have været uoverskueligt for hvert eneste frø, der er med i databasen for specialet, og man ville desuden kun kunne sige noget om frøskalstykkelsen på det punkt man målte på, og ikke om frøskallens gennemsnits tykkelse. Derfor blev der valgt at regne det ud i stedet for, for at danne et billede af frøskallen ud fra de vægtdata som blev indsamlet for hvert enkelt frø.

For at få flere sorter med til frøskal/kerne/råprotein delen af rapporten blev der samlet materiale fra to år og nogle få af dem fra andre lokaliteter. Traditionel fremgang for sådanne forsøg ville have været at dyrke alle sorter på flere lokaliteter for at eliminere effekten af lokalitet og år, men af praktiske grunde var det ikke muligt. Denne metode, som her blev brugt, anses dog for at være brugbar, fordi genotypeeffekter dominerer variansen for frøskal og bælgvægandelen i frøet hos smalbladet lupin, samt frøvægten, som indikerer en stærk arvelighed for disse karakterer. Effekten af lokalitet og år er minimale og giver anledning til at kun lav spredning af steder og antal år kræves til at estimere genotypernes rangorden efter frøskalstykkelse (Clements et al., 2002).

Totalvægten af frø blev defineret som vægten af hele tørrede frø, ligesom der er tradition for. Hvis der til gengæld summeres på vægten på tørrede afskallede kerner og tørrede frøskaller fra samme frø bagefter, så er de en lille anelse lettere, som kunne anses for at være på grund af at frøskallen har en ekstrem stærk egenskab til at holde fugt i frøet selvom de er tørrede ved traditionelle varmegrader og i traditionel tidslængde.

Frøbælgene fra én sort med forskellige størrelser bælg, blev indsamlet på samme lokalitet men forskellige steder på planterne og der er mulighed for skævhed på grund af planternes forskellige næringsfordeling til sine sidegrene. Der ansås dog for at være vigtigt at se på frøbælgenes

egenskaber hos kun en genotype så genetiske forskelle ikke ville forstyrre resultatet som bygger på forskellige proportioner indenfor frø og bælg i bælg med forskelligt antal frøanlæg.

## 4.1. Undersøgelse af proteinmængde og frøskalsandel i 27 sorter

### 4.1.1. Sorter

Femogtyve sorter af *Lupinus angustifolius* og to sorter af *Lupinus opsianthus* som er synonym med *L. angustifolius* (Gladstones, 1998) men forskellige i frøstørrelsen, blev undersøgt i dette forsøg. De analyserede frø blev høstet på Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles forsøgsmarker på Højbakkegård i 1999 og 2000, undtagen Bordako og Borweta, som blev modtaget fra frøfirmaet Bohnhof der ligger i Nordtyskland.

For elleve af disse sorter, blev prøver fra begge år undersøgt, se tabel 5.1 i resultatafsnittet. Tredive frø fra hver prøve blev analyseret, bortset fra to genotyper, hvor der var færre frø til rådighed.

Otte af de prøvede sorter er registrerede sorter (Tanjil, Wonga, Bordako, Borweta, Danja, Illyarie, Mirtan og Kalya), mens de nitten andre er forsøgslinier som er i avlsforsøg i Danmark.

### 4.1.2. Behandling af frø og bestemmelse af frøskalsandel og tykkelse

Frøene blev imbiberede natten over, og frøskallen forsigtigt fjernet med skalpel. Hver kerne og frøskal blev lagt i glasflaske og tørret i 24 timer ved 70°C. Frøskaller og kerner blev herefter vejet individuelt (billede 4.1). Frøskalsandelen blev beregnet i % af frøets vægt.



**Billede 4.1.** Prøver vejes på Mettlervægt (foto: Hafðís Hauksdóttir)

Der vurderedes at blive en for stor fejlrisiko ved direkte måling af frøskallerne på grund af at skallens tykkelse ikke er helt uniform på de enkelte frø. En simpel metode blev lavet, til at vurdere frøskallernes tykkelse og rette for kugleeffekter, uden at måle frøskalstykkelsen på frøene direkte. Metoden kaldes teoretisk frøskalstykkelse, se formularen nedenfor.

Ved udregninger af teoretisk frøskalstykkelse blev kernevægten og frøets totalvægt brugt.

Den teoretiske frøskalstykkelse beregnedes under de forudsætninger, at frøet er kugleformet og at frøskallen og frøkernen har samme vægtfylde, hvorfor vægten kan bruges som udtryk for volumen. Frøskallens tykkelse beregnes som forskellen mellem hele frøets radius og radius af kun kernen, bygget på Arkimedes' formel for en kugles rumfang.

$$\text{Radius} = \sqrt[3]{(V \times 3) / 4\pi}$$

$$V = \text{volumen} = (\text{vægt} \text{ hvis vægtfylde} \equiv 1)$$

#### 4.1.3. Proteinanalysen (DUMAS)

Frøskaller og kerner fra hver sort i hvert år blev formalet i en elektrisk kaffemølle og tørret i 24 timer ved 70°C. Derefter blev 14 mg kernepulver, og 50 mg frøskalspulver fra hver sort kvælstofanalyseret.

Nitrogenmængden blev bestemt med Dumas metoden. Denne består i forbrænding af prøven for at producere nitrogen som måles volumetrisk, hvilket er en hyppigt anvendt metode til proteinbestemmelse af foderstoffer (Pettersen et al., 1999; Jensen, 1991). Analysen blev gentaget tre gange for kernematerialet og en gang for frøskalsmaterialet. Derefter blev råprotein mængden beregnet ved at multiplicere målt total N indhold med koefficienten 6,25 som det kendes fra Kjeldahlsanalysemetoden.

Der bruges en grundstof analysator (billede 4.2) som forbrænder prøver i en stærkt oxiderende kolonne (cylinder). Gassen passerer derefter igennem en reducerende kolonne hvor kvælstofgasser kommer på N<sub>2</sub> form. Der bruges en lineær standardkurve som dannes ved at indlægge en række standarder før start af N analysen. Efter kørslen kontrolleres at den er lineær før resultatet beregnes. Acetanilid som har 10,36% N bruges som standard, men hver standard starter med en blank. Prøverne afvejes og kommer i tinkapsler som lukkes tæt til. Forbrændingen foregår uden adgang til atmosfære således at atmosfærisk N ikke forstyrrer resultatet. Analysatoren er i forbindelse med computer hvor fra den læser prøvens vægt, og standardens vægt og type. Derefter leverer analysatoren en procent antal N som resultat for hver prøve og hver standard.



Billede 4.2.. Grundstof analysator (foto: Hafþís Hauksdóttir)

#### 4.1.4. Analysering af data

Oplysningerne blev samlet i en database i Microsoft Excel, samt en database i statistik programmet SAS. Derefter blev det bearbejdet som det fremgår af afsnit 5.1. Sikkerhedsgrænserne er 95% i al analyse.

## 4.2. Undersøgelse af bælg/frø proportionerne i bælg

### 4.2.1. Genotype og valg af bælg.

Den genotype som blev valgt var Laf8-8 som er en linie i avlsforsøg på Højbakkegård. De analyserede frø blev høstet fra Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskoles forsøgsmarker på Højbakkegård i år 2000. De forskellige størrelser af bælg blev valgt fra samme bulk samtidig. De kommer fra hele planten, ikke kun hovedstamme. 84 bælg af Laf8-8 blev plukket. Bælgene havde 1-7 frøanlæg og der blev plukket 12 bælg indenfor hver kategori.

### 4.2.2. Behandling af kerner frøskaller og bælg

Bælgene der blev brugt til rapporten blev alle klippet på samme måde, lige efter stilken som ses på billede 4.3.

Ved åbning af bælgene under forsøget blev nogle få bælg fjernet som havde færre frø i bælg end frøanlæg på grund af dets skæve effekt på bælgvægandelen (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b).

Bælg og frø blev lagt i glasflaske, tørret i 24 timer ved 70°C, og derefter vejet, og registreret. Antallet af tomme frøanlæg blev også registreret. Hver bælg og dens frø blev holdt adskilt i processen og nummereret og vejet individuelt. Derefter blev frøene lagt i blød natten over (12-14 timer), individuelt i glasflasker i kølerum, og afskallet med skalpel den følgende morgen. Kerner og skaller blev dernæst tørret i endnu 24 timer ved 70°C, vejet, og registreret. Syv bælghalvdele blev fotograferet sammen med lineal for at vise visuelt længdeforholdene mellem bælg med 1-7 frøanlæg. Bælgene blev blødt op før fotografering for at undgå den vridning som forekommer i tørrede bælg (billede 4.3).



**Billede 4.3.** Bælg af *L. angustifolius*, 7 til 1 frøanlæg (foto: Hafþís Hauksdóttir)

#### 4.2.3. Analysering af data

Oplysningerne blev samlet i en database i Microsoft Excel og SAS til statistik analyse, jvf. afsnit 5.2. Sikkerhedsgrænser er 95% i al analyse.

## 5. RESULTATER

I efterfølgende to afsnit (5.1 og 5.2) præsenteres resultaterne fra de 27 genotyper og 7 bælgklasser som blev samlet, vejet og målt til dette projekt.

### 5.1. Resultater for frøproportioner i 27 sorter af smalbladet lupin

De 27 genotyper af smalbladet lupin der blev testet for forskellige proportioner i frø, har betydelige variationer. Vægten, og dermed størrelsen, samt proportioner, af frøskaller, kerner og proteinindhold er forskellige fra genotype til genotype ( $P < 0,001$ ) og genotypernes rangorden for samme egenskaber ændres ikke mellem år. Egenskaber som frøskalsandel afhænger af frøstørrelsen ( $P < 0,001$ ), men det gør proteinkoncentrationen til gengæld ikke ( $P < 0,001$ ).

#### 5.1.1. Vægt, andel frøskal og beregnet frøskalstykkelse

Frøstørrelse og andel frøskal varierede mellem genotyper.

I de 27 genotyper målt en gennemsnitlig frøvægt varierende fra 52 mg til 226 mg.

Frøskalsandelen i genotyperne varierer fra 19% til 29% eller 0,18 mm-0,30 mm i beregnet teoretisk frøskalstykkelse (tabel 5.1). Forskellen på genotyper i frøvægt frøskalsandel og frøskalstykkelse var signifikant ( $P < 0,001$ ). Den gennemsnitlige frøvægt var 154 mg, frøskalsproportionen 22,6% og teoretisk frøskalstykkelse 0,27 mm. De to genotyper af den såkaldte *Lupinus opsianthus* har de letteste frø. Den letteste genotype (*L. opsianthus*-1) har også en ekstra let frøskal som er lettere end andre genotypers frøskal proportionelt (tabel 5.1).



**Tabel 5.1.** Gennemsnitlig frøvægt, procentdel frøskal, teoretisk frøskalstykkelse og råproteinindhold i 27 genotyper af smalbladet lupin

Genotyper	N	Høst- år	Frø- Teoretisk			Råprotein			
			Hele frø vægt mg	skal vægt %	frøskals- tykkelse mm	i kerne		i frøskal	i hele frø
						%	+/- SE	%	%
1	30	1999	219	22.2	0.30	53.8	0.67	5.74	43.1
1	30	2000	226	18.8	0.25	50.2	0.39	3.10	41.3
Illyarie	30	2000	219	21.5	0.29	47.3	0.11	2.80	37.7
Danja	30	2000	217	20.6	0.28	46.5	0.05	3.57	37.7
2	30	1999	195	21.6	0.28	46.1	0.92	2.93	36.8
2	30	2000	206	22.1	0.29	44.7	0.65	3.05	35.5
3	30	1999	182	20.9	0.27	44.8	1.65	2.82	36.0
3	30	2000	213	20.3	0.27	45.7	1.46	2.91	37.0
4	30	2000	194	23.2	0.30	49.3	1.03	3.72	38.7
Tanjil	30	2000	190	23.0	0.30	47.2	1.10	4.13	37.3
Kalya	30	2000	188	22.0	0.28	45.9	0.50	2.83	36.4
Wonga	30	2000	187	22.2	0.26	46.4	0.40	3.14	36.8
5	30	1999	175	22.3	0.28	46.4	0.24	2.78	36.7
5	30	2000	195	20.8	0.27	47.2	0.55	2.70	37.9
6	30	1999	183	21.1	0.27	47.5	0.20	2.59	38.0
6	29	2000	184	21.3	0.27	47.2	0.41	2.59	37.7
7	30	1999	183	21.1	0.27	46.0	0.53	2.41	36.8
8	30	2000	169	21.8	0.27	46.3	0.54	2.53	36.8
9	30	1999	134	23.8	0.28	45.7	1.09	2.28	35.4
9	30	2000	161	22.7	0.28	45.9	0.35	2.43	36.0
10	30	1999	111	23.7	0.26	49.3	0.33	3.07	38.3
10	30	2000	169	20.5	0.25	47.0	1.65	2.86	37.9
11	30	1999	119	22.4	0.25	47.8	0.03	3.00	37.8
11	30	2000	154	20.9	0.25	46.4	0.23	2.98	37.4
12	30	1999	136	22.5	0.26	43.2	0.75	2.52	34.1
Bordako	30	2000	136	22.9	0.27	41.2	0.69	2.38	32.3
13	30	2000	129	21.2	0.24	50.4	0.46	3.33	40.4
Borweta	30	2000	126	22.4	0.25	45.0	1.01	2.35	35.4
14	30	1999	113	21.5	0.23	49.5	0.07	2.81	39.5
15	30	1999	98	23.5	0.24	46.9	0.22	2.97	36.6
15	30	2000	115	22.5	0.25	50.3	0.41	3.14	39.7
Mirtan	30	2000	103	25.9	0.28	48.5	0.95	3.84	36.9
16	30	1999	94	28.5	0.30	55.7	1.00	5.05	41.3
16	30	2000	109	27.1	0.30	52.8	0.14	4.62	39.7
17	30	1999	90	26.6	0.27	44.6	0.23	2.43	33.3
17	30	2000	108	25.4	0.28	44.1	1.12	2.24	33.5
L.opsianthus-2	14	2000	88	24.7	0.25	41.7	0.99	5.05	32.6
L.opsianthus-1	9	1999	52	21.9	0.18	46.6	0.39	4.70	37.3
Gennemsnit			154	22.6	0.27	47.1		3.17	37.2
LSD 0,05			9.02	0.65	0.001				

Frøskalsandelen formindskes signifikant ( $P < 0,001$ ) med forøget frøvægt. Alligevel er der blevet identificeret afvigere, med små frø og lav frøskalsandel, genotypen *L. opsianthus-1*. Trods dens lave gennemsnitlige frøvægt på 52 mg er frøskalsandelen kun 21,9 % og den beregnede frøskalstykkelser 0,18 mm. Havde den fulgt ligningen i graf 5.2 havde frøskalsandelen været på 31,8-34,3 %. Denne ligning har den bedste linie, et tredjegrads polynomium, da den har højere  $R^2$  end et andengrads polynomium og tredjegrads-koefficienten er signifikant i en regressionsanalyse (tabel 5.3). Da frø ikke kun kan bestå af frøskal eller være helt uden, så drejer punktsværmen i begge ender (graf 5.1, graf 5.2).

Dog gør afvigerens tilstedeværelse forskel på hvorvidt andengrads ligningen eller tredjegrads-ligningen bedst beskriver punktsværmen (tabel 5.2 og tabel 5.3). Tredjegrads polynomiet passer bedst hvis afvigeren ekskluderes (tabel 5.3).

**Tabel 5.2.** Variansanalyse af frøskalsandel mod frøvægt med afvigeren *L. opsianthus-1* inkluderet

Parameter	df	ms	P
Frøvægt (FV)	1	2691,3	<0,001
FV*FV	1	124,88	<0,001
FV*FV*FV	1	5,9074	0,1608
Error	1097	3,0001	

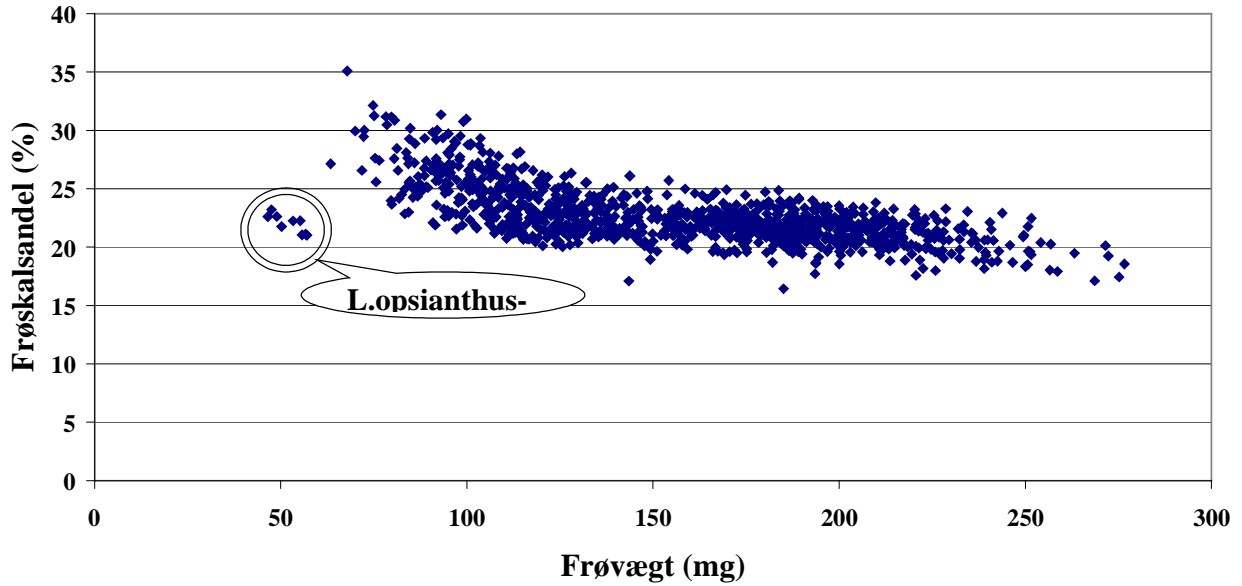
Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$

**Tabel 5.3.** Variansanalyse af frøskalsandel mod frøvægt med afvigeren *L. opsianthus-1* ekskluderet

Parameter	df	ms	P
Frøvægt (FV)	1	2854,2	<0,001
FV*FV	1	301,84	<0,001
FV*FV*FV	1	257,87	<0,001
Error	1088	2,4728	

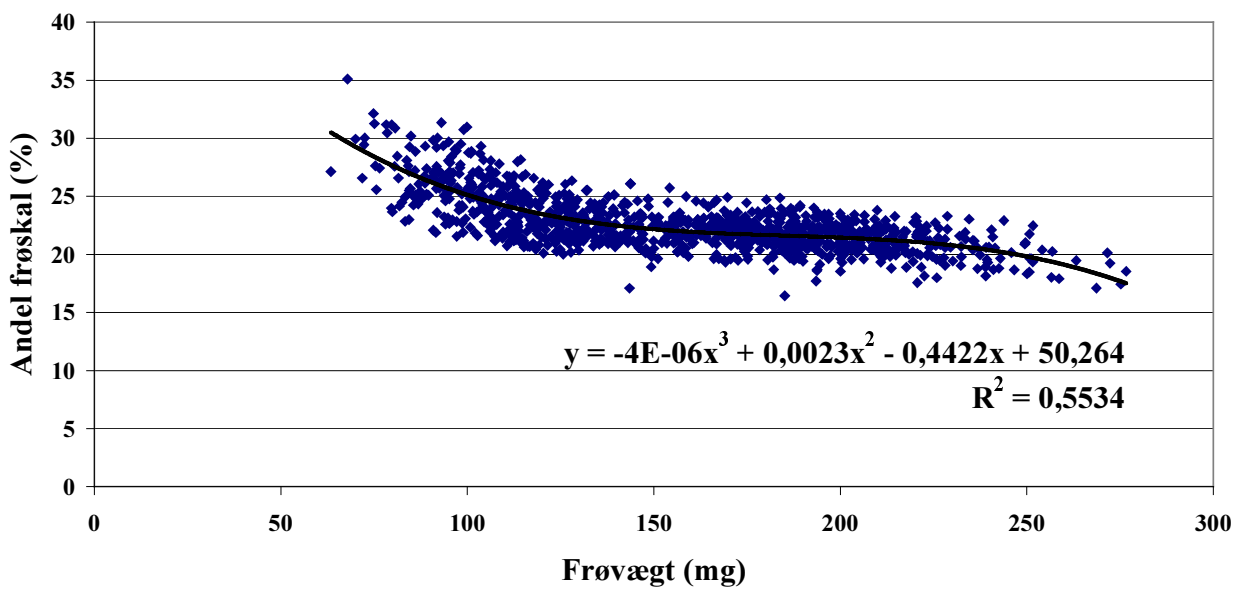
Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$

### Frøskalsandel i sammenheng med frøvægt hos 27 genotyper smalbladet lupin



Graf 5.1.

### Frøskalsandel i sammenheng med frøvægt hos 26 genotyper smalbladet lupin



Graf 5.2.

Frøskalstykkelse er beregnet ved at antage at der er den samme massedensitet i frøskal og kerne, og at frøene er kugleformede. Ved at se på den teoretiske frøskalstykkelse kan frøskallen vurderes uden at frøets størrelse har så stor effekt som den har når det angår frøskalsandelen.

Hvis der ses på resultatet rettet for kugleeffekten (større volumen proportionelt inde i en stor kugle, end i en lille kugle), er teoretisk frøskal mere stabil mellem forskellige frøstørrelser i genotyper når der ses på den bedste linie for resultaterne, men dog svagt tendens til øget frøskalstykkelse når frøene er større. Hvis afvigelsen *L. opsianthus*-1 ekskluderes gælder tredjegradsligningen for resultatet, men hvis den er inkluderet så er det en lige linie som er den bedste. Liniens stigning er meget svag  $R^2=0,14$ , når tredjegradsligningen tages i betragtning (tabel 5.4, tabel 5.5, graf 5.3 og graf 5.4).

**Tabel 5.4.** Variansanalyse af teoretisk frøskalstykkelse mod frøvægt med afvigelsen *L. opsianthus*-1 inkluderet

Parameter	df	ms	P
Frøvægt (FV)	1	0,0650	<0,001
FV*FV	1	0,0003	0,3684
FV*FV*FV	1	<0,0001	0,7559
Error	1097	<0,0001	

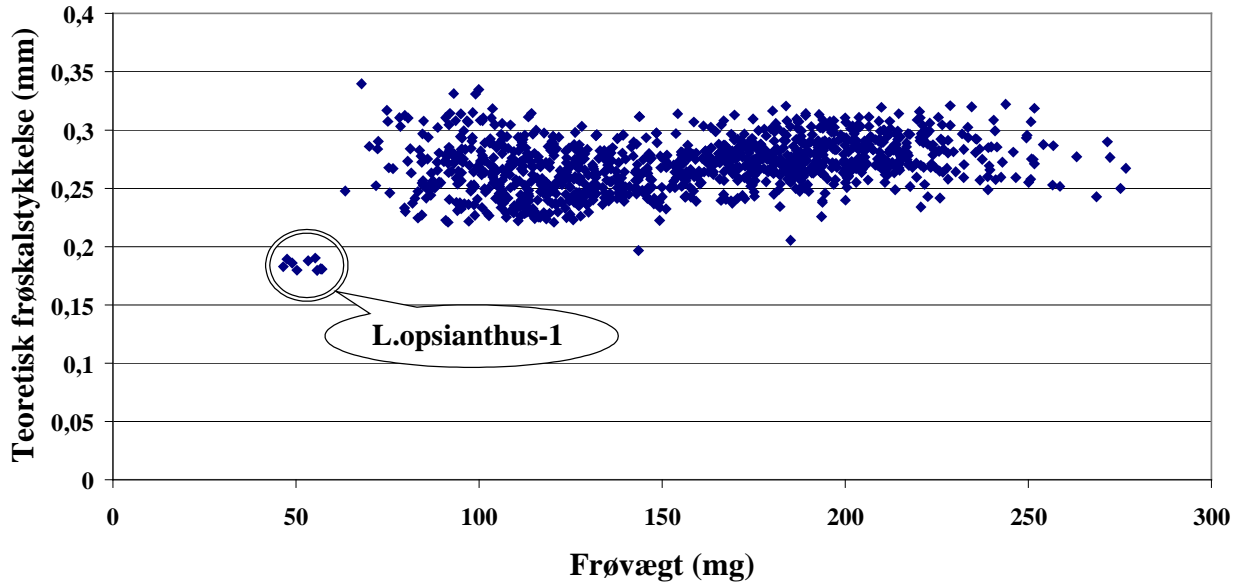
Ikke signifikant =  $P>0,05$  Højt signifikant =  $P<0,001$

**Tabel 5.5.** Variansanalyse af teoretisk frøskalstykkelse mod frøvægt med afvigelsen *L. opsianthus*-1 ekskluderet

Parameter	df	ms	P
Frøvægt (FV)	1	0,0424	<0,001
FV*FV	1	0,0042	<0,001
FV*FV*FV	1	0,0265	<0,001
Error	1088	0,0004	

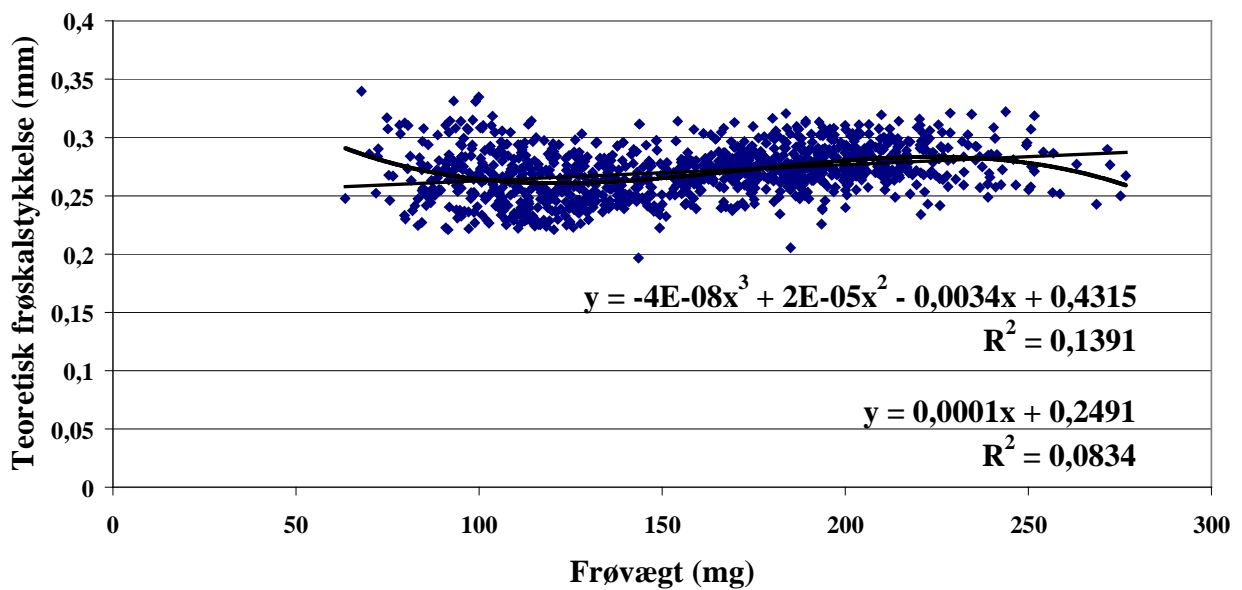
Ikke signifikant =  $P>0,05$  Højt signifikant =  $P<0,001$

### Teoretisk frøskalstykkelse for 27 genotyper sat i sammenhænge med frøvægten



Graf 5.3.

### Teoretisk frøskalstykkelse sat i sammenhæng med frøvægt hos 26 genotyper smalbladet lupin



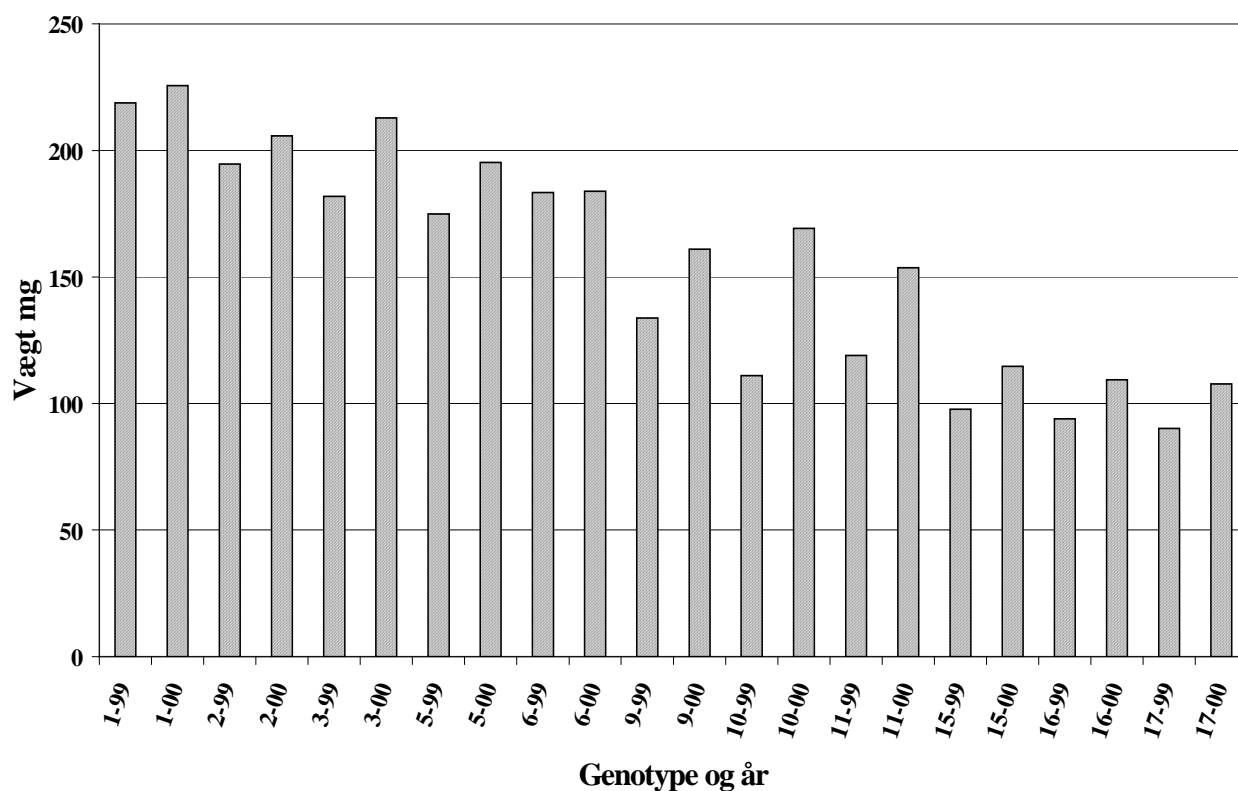
Graf 5.4.

Afvigeren *L. opsianthus*-1 ville have en beregnet teoretisk frøskalstykkelse på 0,33 mm i stedet for 0,18 mm (graf 5.3, tabel 5.1) hvis den havde fulgt tredjegrads ligningen på graf 5.4.

Når resultater for to år sammenlignes, viser det sig at egenskaberne bliver ved med at være forskellige mellem genotyper. Frøegenskaberne rangorden er stadigvæk stort set den samme selvom årenes vækstbetingelser har været forskellige.

For 11 genotyper ud af de 27 testede blev der samlet materiale både fra høståret 1999 og 2000. Der er i alle tilfælde høstet tungere frø i gennemsnit i høstår 2000, hvilket antyder at forholdene ved dyrkning i det år har været bedre end i det foregående (graf 5.5).

### Gennemsnitlig frøvægt (mg) hos 11 genotyper der blev høstet i år 1999 og 2000



Graf 5.5.

Resultater fra disse to år giver et billede af at frøvægten indenfor genotype mellem år er signifikant forskellig hos 9 af 11 genotyper med 95% sikkerhed (tabel 5.6).

**Tabel 5.6.** Gennemsnitlig frøvægt\* i år 1999 og 2000 af 11 genotyper

Genotype (linie nummer)	*1999 (mg)	*2000 (mg)	Forskel (mg)	Signifikans (P)
1	218,8	225,6	+6,82	0,263
2	194,7	205,8	+11,15	0,044
3	181,8	212,9	+31,06	<0,001
5	174,9	195,3	+20,30	<0,001
6	183,4	183,9	+0,51	0,875
9	133,8	161,0	+27,22	<0,001
10	110,9	169,3	+58,27	<0,001
11	118,9	153,6	+34,61	<0,001
15	97,8	114,7	+16,95	<0,001
16	93,9	109,3	+15,44	<0,001
17	90,1	107,8	+17,65	<0,001

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt sign.  $P < 0,001$

Af de 11 genotypers procentvis frøskalsandel er der signifikant forskel indenfor genotype mellem år hos ni genotyper, med 95% sikkerhed (tabel 5.7).

**Tabel 5.7.** Gennemsnitlig frøskalsandel (%)\* i år 1999 og 2000 fra 11 genotyper

Genotype (linie nummer)	*1999 (%)	*2000 (%)	Forskel (%)	Signifikans (P)
1	22,2	18,9	-3,30	<0,001
2	21,6	22,1	+0,50	0,051
3	21,1	20,4	-0,70	0,034
5	22,5	20,8	-1,70	<0,001
6	21,2	21,3	+0,10	0,501
9	23,8	22,7	-1,10	<0,001
10	23,8	20,6	-3,20	<0,001
11	22,5	20,9	-1,60	<0,001
15	23,6	22,5	-1,10	0,002
16	28,7	27,2	-1,50	0,008
17	26,8	25,4	-1,40	<0,001

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$

Udregnes variansanalyse på teoretisk frøskalstykkelse i millimeter viser resultaterne med 95% sikkerhed, at der ikke er nogen signifikant forskel mellem år (tabel 5.8).

Når der analyseres for varians indenfor genotyper mellem år, så er der ikke nogen signifikant forskel i otte ud af 11 genotyper (tabel 5.9)

**Tabel 5.8.** Gennemsnitlig teoretisk frøskalstykkelse (mm)\* af 11 genotyper i år 1999 og 2000

Genotype (linie nummer)	*1999 (mm)	*2000 (mm)	Forskel (mm)	Signifikans (P)
1	0,300	0,254	-0,046	0,642
2	0,280	0,292	+0,012	
3	0,265	0,270	+0,005	
5	0,281	0,269	-0,012	
6	0,268	0,270	+0,002	
9	0,275	0,278	+0,003	
10	0,258	0,254	-0,004	
11	0,248	0,250	+0,002	
15	0,244	0,245	+0,001	
16	0,300	0,298	-0,002	
17	0,273	0,275	+0,002	

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$ **Tabel 5.9.** Gennemsnitlig teoretisk frøskalstykkelse år (mm)\* af 11 genotyper i år 1999 og 2000 testet for signifikans mellem år indenfor genotyper

Genotype (linie nummer)	*1999 (mm)	*2000 (mm)	Forskel (mm)	Signifikans (P)
1	0,300	0,254	-0,046	<0,001
2	0,280	0,292	+0,012	<0,001
3	0,265	0,270	+0,005	0,135
5	0,281	0,269	-0,012	<0,001
6	0,268	0,270	+0,002	0,344
9	0,275	0,278	+0,003	0,256
10	0,258	0,254	-0,004	0,261
11	0,248	0,250	+0,002	0,474
15	0,244	0,245	+0,001	0,727
16	0,300	0,298	-0,002	0,595
17	0,273	0,275	+0,002	0,660

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$ 

Ved at se på de 11 genotypers resultater fra år 1999 og 2000, og hvordan disse egenskaber rangeres fra højværdi til lavværdi, genotyperne imellem, ser det ud som om der i hovedtræk er en ensartet rangorden mellem år i egenskaberne frøvægt, andel frøskal og teoretisk frøskalstykkelse (Tabel 5.10)



**Tabel 5.10.** Rangorden af 11 genotyper smalbladet lupin i årene 1999 og 2000, hvor nummer 1 har det højeste gennemsnits værdi og nummer 11 det laveste

Frøvægt			Frøskalsandel			Teoretisk frøskalstykkelse		
Gennemsnit	99	00	Gennemsnit	99	00	Gennemsnit	99	00
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	3	2	2	2	2	4	2
3	5	2	3	3	3	3	2	3
4	3	4	4	5	4	4	3	6
5	4	5	5	4	6	5	5	5
6	6	7	6	7	9	6	6	7
7	8	6	7	8	7	7	7	8
8	7	8	8	11	8	8	8	4
9	9	9	9	6	5	9	9	9
10	10	10	10	9	10	10	10	10
11	11	11	11	10	11	11	11	11

### 5.1.2. Proteinkoncentration

Proteinkoncentration i frøene, er meget varierende mellem genotyper ( $P < 0,001$ ). Den er også forskellig mellem frødele, kernen er meget proteinrig og skallerne proteinfattige.

Proteinindholdet i hele frø varierer fra 31% til 44%. Råproteinindholdet i frøskallen er lavt og varierer fra 2,2% til 5,7%, og i kernen varierer den fra 41% til 56% (tabel 5.1).

Gennemsnitsværdierne er 37,2% råprotein i hele frø, 47,1% i kerne og 3,17% i frøskallerne.

Genotype 16 har den højeste råproteinkoncentration i frøkernen og genotype 1 har det højeste råproteinværdi i hele frø (tabel 5.1).

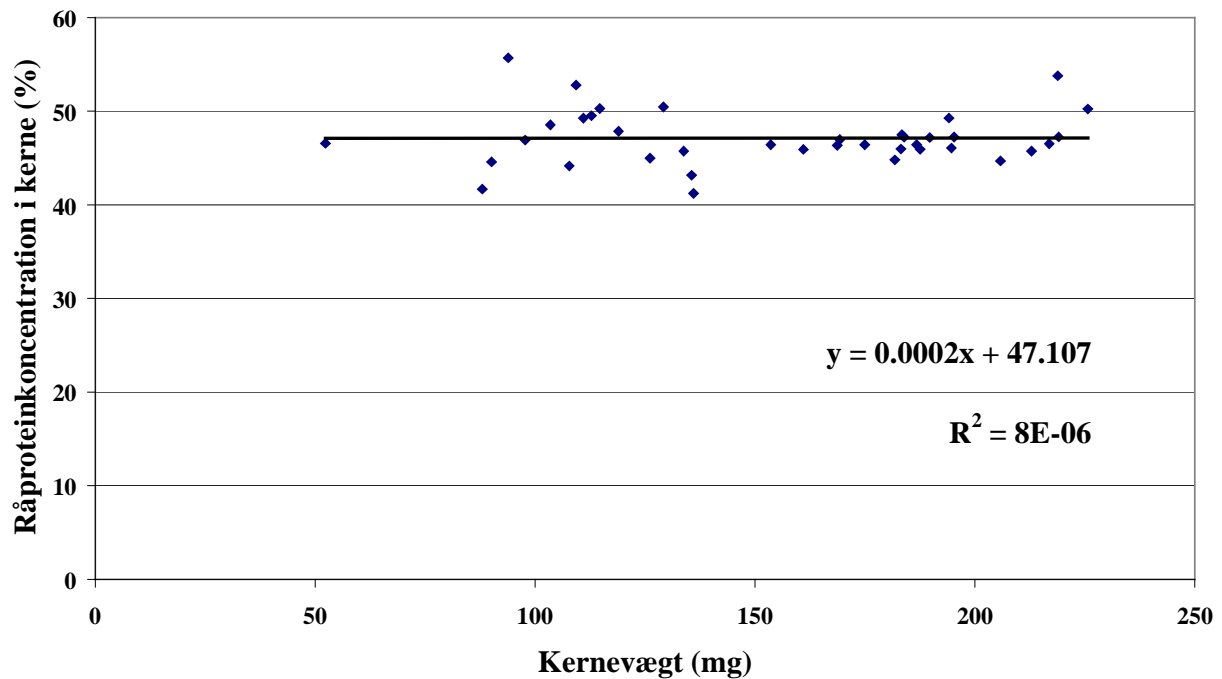
Resultater fra tre gentagelser af råproteinanalysen for kerner fra de 27 genotyper blev undersøgt. Der var ikke stor forskel på standard error målt i proteinkoncentration mellem gentagelser (tabel 5.1), og høj signifikant forskel mellem genotyper ( $P < 0,001$ ).

Proteinkoncentrationen i kernen ser ikke ud til at være forbundet med frøstørrelse, da både små- og storfrøede genotyper med høj andel råprotein i kernen blev identificeret (graf 5.6).

Korrelationen er negativ på  $-0,01$ , eller nærmest 0

Regressionsanalyse viser at ligningen ved en lige linie bedst beskriver resultaterne ( $P < 0,001$ ).

## Råproteinindhold i kerne i sammenhæng med kernevægten



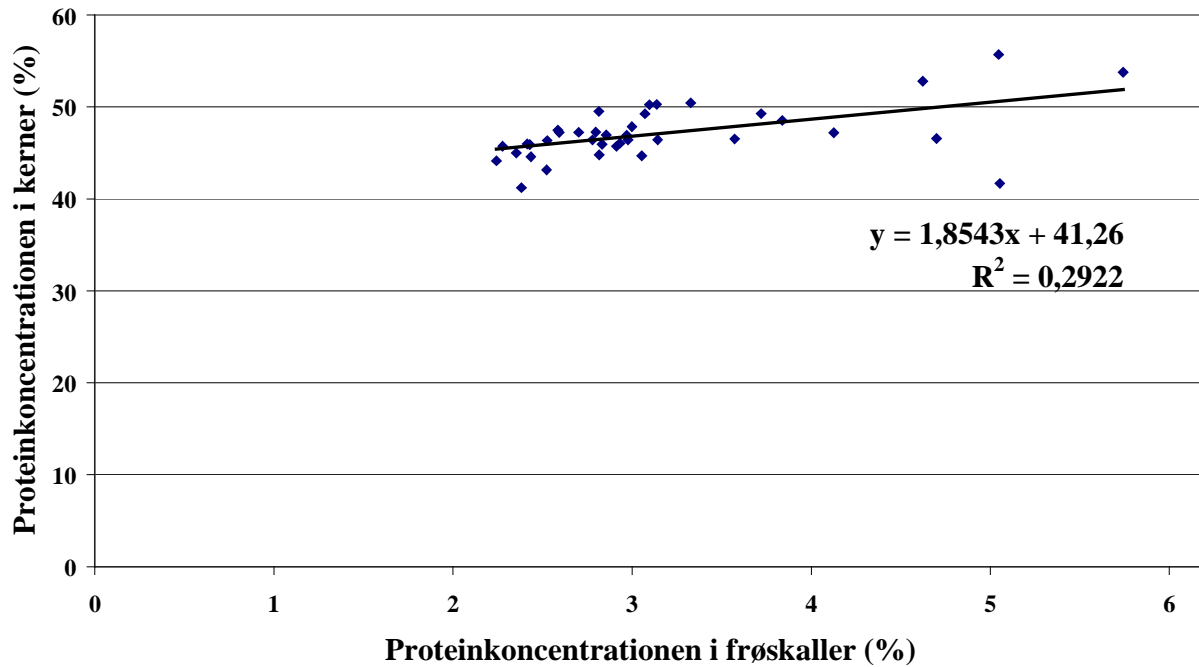
Graf 5.6.

Genotyper som har høj andel råprotein i skaller har også høj andel råprotein i kernen (graf 5.7).

Korrelationen mellem de to egenskaber viser sig at være positiv på 0,54.

Regressionsanalyse viser at ligningen ved en lige linie gælder for resultaterne.  $P < 0,001$  signifikant ved 95% sikkerhed og  $R^2$  er 0,29.

### Råproteinkoncentration i kerner i sammenhæng med råproteinkoncentrationen i frøskaller

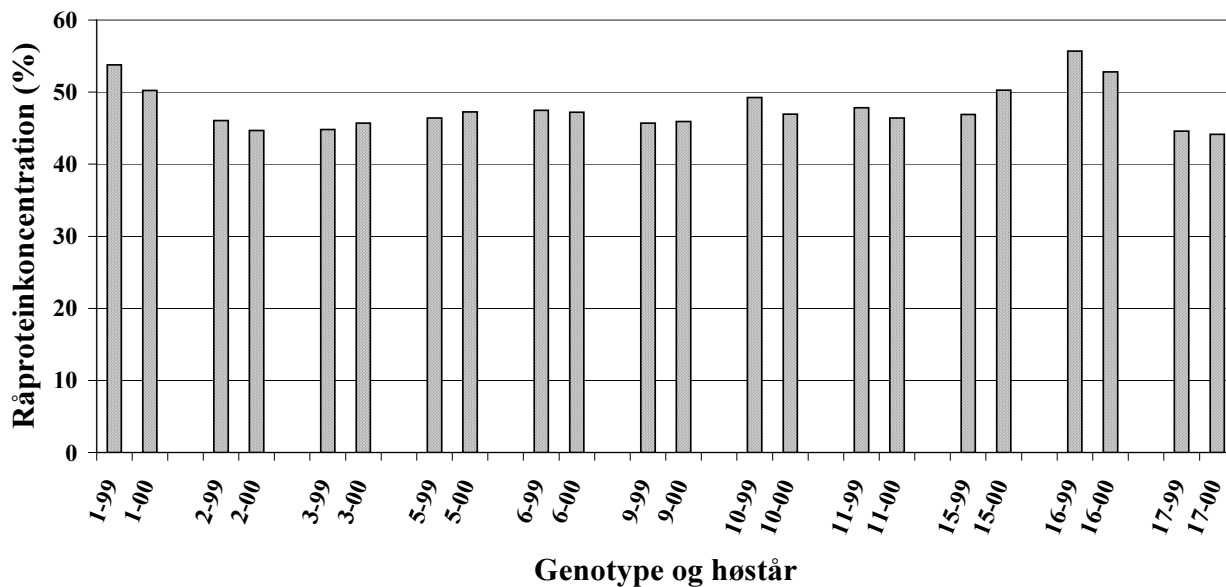


Graf 5.7.

Når der ses på proteinkoncentrationen i de genotyper der blev analyseret for proteinindhold i to forskellige år, giver det ikke en betydelig forskel mellem årene (graf 5.8).

Forskellen i gennemsnitlig råproteinandel i kerne var ikke signifikant hos syv ud af 11 genotyper mellem årene 1999 og 2000 (tabel 5.11)

### Gennemsnitlig råproteinkoncentration i kerner fra 11 genotyper smalbladet lupin, høstår 1999 og 2000



Graf 5.8.

**Tabel 5.11.** Råproteinkoncentration (%) af 11 genotyper i år 1999 og 2000

Genotype (linie nummer)	*1999 (%)	*2000 (%)	Forskel (%)	Signifikans (P)
1	53,78	50,24	-3,54	0,0014
2	46,06	44,68	-1,38	0,10
3	44,80	45,72	+0,92	0,51
5	46,42	47,24	+0,82	0,074
6	47,47	47,22	-0,25	0,39
9	45,72	45,91	+0,19	0,79
10	49,25	46,96	-2,29	0,076
11	47,85	46,41	-1,44	<0,001
15	46,92	50,28	+3,36	<0,001
16	55,70	52,79	-2,91	0,0077
17	44,58	44,15	-0,43	0,55

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt sign.  $P < 0,001$

Rangordenen mellem genotyperne holdes ligeledes stort set ens mellem år, når der ses på gennemsnitlige proteinkoncentrationer i kerner, i de 11 genotyper hvor der er data fra høstårene 1999 og 2000 (tabel 5.12).

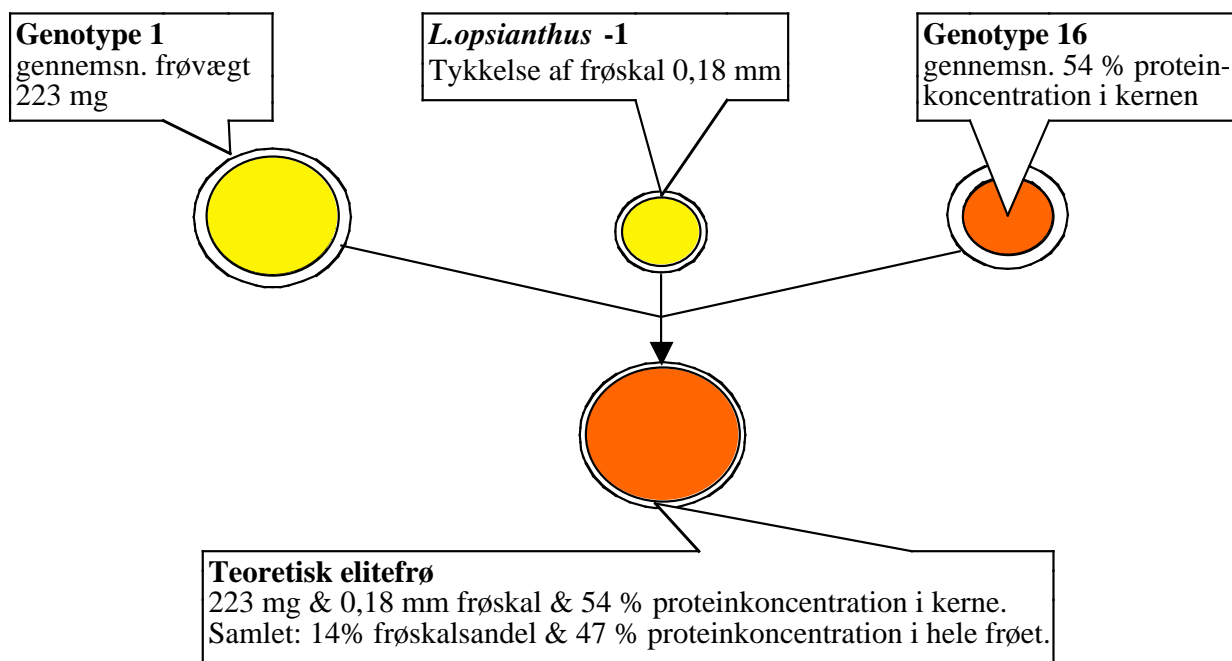
**Tabel 5.12.** Rangorden af proteinkoncentration i kerne hos 11 genotyper smalbladet lupin i årene 1999 og 2000 (nummer et har den højeste koncentration i gennemsnit og nummer 11 den laveste)

Gennemsnit	1999	2000
1	1	1
2	2	3
3	4	2
4	6	7
5	5	5
6	3	4
7	7	6
8	9	8
9	8	10
10	10	9
11	11	11

### 5.1.3. Teoretisk elite frø

Når eftertragtede egenskaber fra genotyper 1, 16 og *L. opsianthus*-1 kombineres i en teoretisk genotype, fås et bedre billede af de muligheder der ligger i genotyperne end når man ser dem hver for sig. Egenskaberne stort frø som genotype 1, høj proteinkoncentration i kerne som genotype 16 og tynd frøskal som *L. opsianthus*-1 giver samlet et teoretisk elite frø som vejer 223 mg, har 14% frøskal, 54% råprotein i kerne og 47% råprotein i helt frø (Diagram 5.1).

**Diagram 5.1.** Eftertragtede egenskaber kombineret i en teoretisk elite genotype



## 5.2. Resultater for undersøgelse af bælg/frø/frøskalsproportioner i bælg

I en genotype af smalbladet lupin med 1-7 frøanlæg i bælg, er der sammenhæng mellem antal frøanlæg og frøstørrelse ( $P < 0,001$ ). Til gengæld er forskellen mellem bælg med forskelligt antal frøanlæg ikke stor, når frøvægtens procentdel af bælgvægten undersøges. Frøskalstykkelsen har lignende gennemsnit på tværs af frøvægt, men er dog meget svagt stigende når frøvægten er højere.

### 5.2.1. Bælg- og frøvægt samt frø/bælg proportioner

I en genotype blev bælg med forskelligt frøantal undersøgt for frøvægt, frøskalstykkelse og frøandel i bælg. Den gennemsnitlige frøvægt varierer fra 127 til 153,7 mg mellem størrelseskategorier af bælg. Frøvægten stiger med antallet af frø per bælg. Frøandelen af bælgen varierer fra at være 59,5% i de mindste bælg, til at være 68,8% i de største med 7 frøanlæg. Den første kategori med ét frøanlæg i bælg skiller sig dog tydeligt ud hvad dette angår, forskellen mellem de større bælg med flere anlæg er ikke stor og afviger kun begrænset fra 68% (67,7% - 68,8% i frøbælgskategorierne hvor der er 3-7 frøanlæg i bælg). Kerneandelen af bælgen totale vægt, i forhold til skaller og bælgvægge varierer fra 45,5% i den mindste kategori til 52,3% i den største, som det ses i en tabel med grundoplysninger (Tabel 5.13).

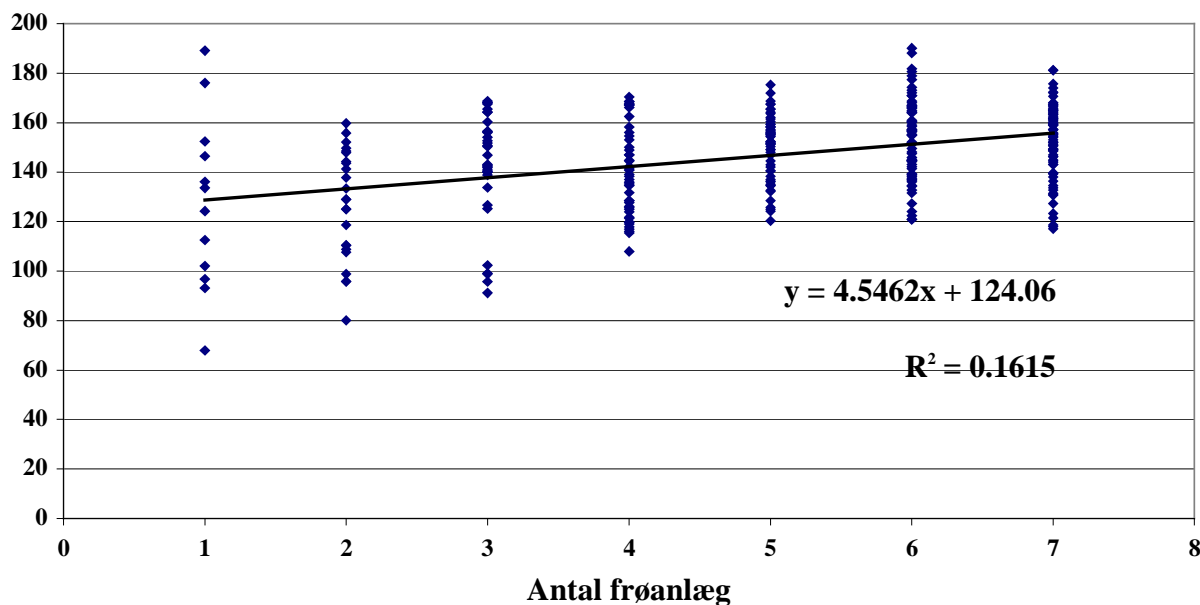
**Tabel 5.13.** Grundoplysninger fra bælgundersøgelse i 1 genotype med 1-7 frøanlæg i bælg

Antal frøanlæg	Frøvægt (hele frø)		Bælgvægt		Frøvægt andel af total bælgvægt (%)		Kernevægt andel af total bælgvægt %	
	(mg)	SE	(mg)	SE		SE		SE
1	128	38.9	86	21.8	59.5	4.51	54.5	4.17
2	127	22.0	133	16.8	65.4	2.63	51.3	2.93
3	142	22.9	201	39.2	68.0	1.96	48.1	1.93
4	140	17.9	264	28.1	67.8	2.14	49.3	2.35
5	150	13.0	349	38.7	67.7	1.64	50.2	1.61
6	154	16.3	428	82.8	68.1	2.86	50.1	2.86
7	153	14.7	479	48.8	68.8	2.19	47.7	2.16
Gennemsnit	142		277		66.5		50.2	

Frøene er tungere, og dermed større, når bælgene har flere frøanlæg. Variansanalyse af frøvægt mod antal frøanlæg i frøbælgen antyder at der med 95% sikkerhed er en signifikant ( $P < 0,001$ ) men svag stigning i frøvægt, i de bælg hvor der er flere frøanlæg og der med flere frø ( $R^2 = 0,19$ ).

Den mindste kategori, hvor der kun er et frø i bælgen, ser forskellig ud i forhold til de andre kategorier, hvad spredning i størrelse angår (graf 5.9).

### Frøvægt (mg) spredning indenfor hver bælgklasse (1-7 frøanlæg)



Graf 5.9.

Der er signifikant forskel ( $P < 0,001$ ) på frøandelen i mellem bælg med forskelligt antal frøanlæg i bælgene, og det skyldes ikke den højere frøvægt i de større bælg, da der blev korrigeret for dette (tabel 5.14).

**Tabel 5.14.** Variansanalyse af frøandel i bælg, hvor frøvægtens del af forklaringen er elimineret.

Parameter	df	ms	P
Kovariat (frøvægt)	1	252	<0,001
Frø/Bælg (FB)	1	251,8	<0,001
FB*FB	1	177,6	<0,001
Error	74	8,01	

Ikke signifikant =  $P > 0,05$  Højt signifikant =  $P < 0,001$

Frøvægtandel af bælgvægt, hvor alle bælgkategorier er med, viser en krum stigende linie beskriver resultaterne bedst  $R^2 = 0,501$  ( $P < 0,001$ ) (graf 5.10).

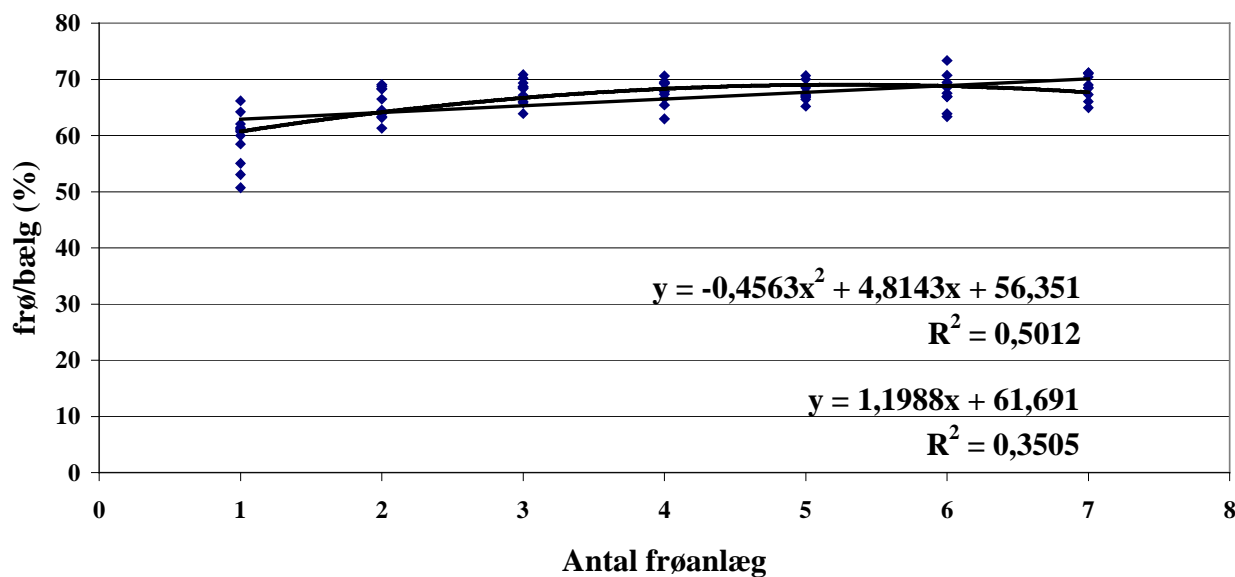
I betragtning af at bælgene i den første kategori blev observeret til at have strukturforskelle i bælgene, blev frøbælgkategorien med ét frøanlæg fjernet, og en ny linie tegnet (graf 5.11).

Regression af de resterende bælgkategorier, med 2-7 frøanlæg i bælg, viser at linien nu er ret.

Regressionsanalyse viser at en ret linie kan beskrive resultaterne ( $P = 0,004$ , 95% sikkerhed,  $R^2 = 0,11$ ), og at frøandelsstigningen nu er meget svag med stigende antal frø per bælg.

Hvis man vælger at fjerne den næste kategori, så bælgkategorier med 3-7 frøanlæg i bælg er tilbage (med det argument at frøbælg med kun to frø i bælg ikke er en ønsket egenskab hos smalbladet lupin) bliver linien nærmest lige ( $R^2=0,03$ ), det vil sige uden at beskrive en stigning i frøandelen i frøbælgen (graf 5.12). Der er ikke en signifikant linie der beskriver resultaterne, hverken krum ( $P=0,331$ , 95% sikkerhed) eller lige ( $P=0,401$ , 95% sikkerhed).

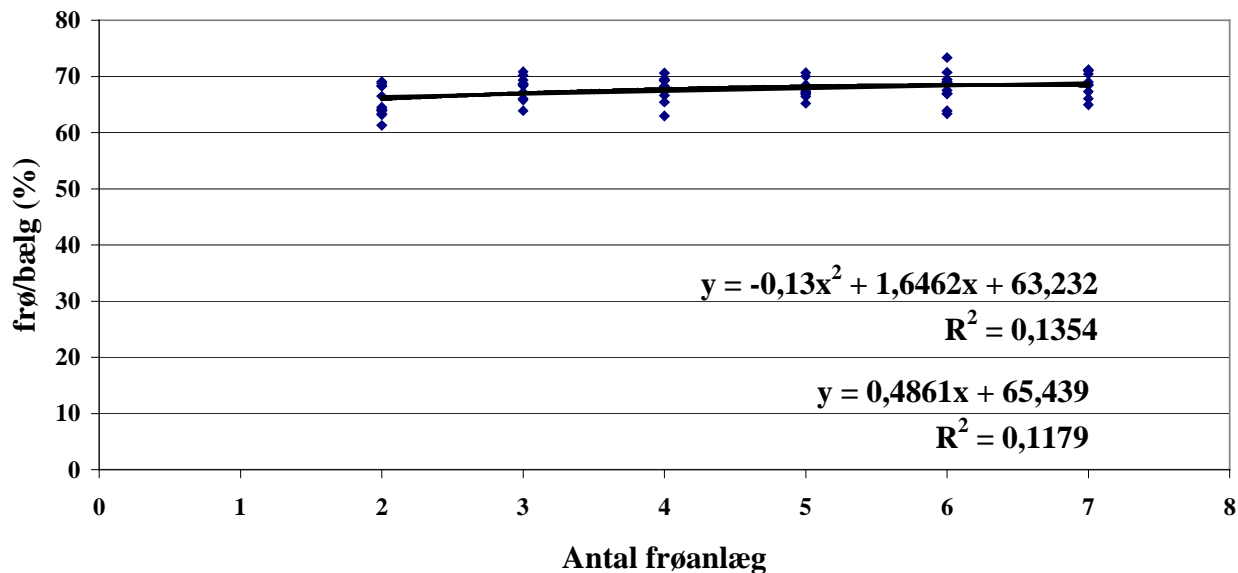
### Andel frø af bælg (%) spredning indenfor hver bælgklasse (1-7 frøanlæg)



Graf 5.10.

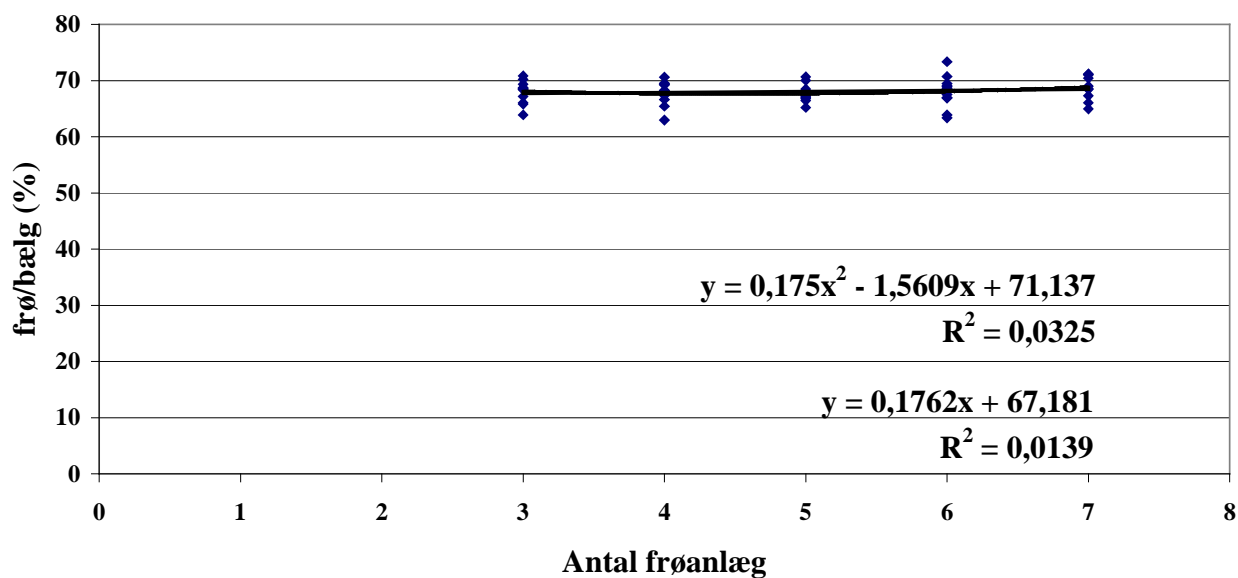


### Andel frø af bælg (%) spredning indenfor hver bælgklasse (2-7 frøanlæg)



Graf 5.11.

### Andel frø af bælg (%) spredning indenfor hver bælgklasse (3-7 frøanlæg)

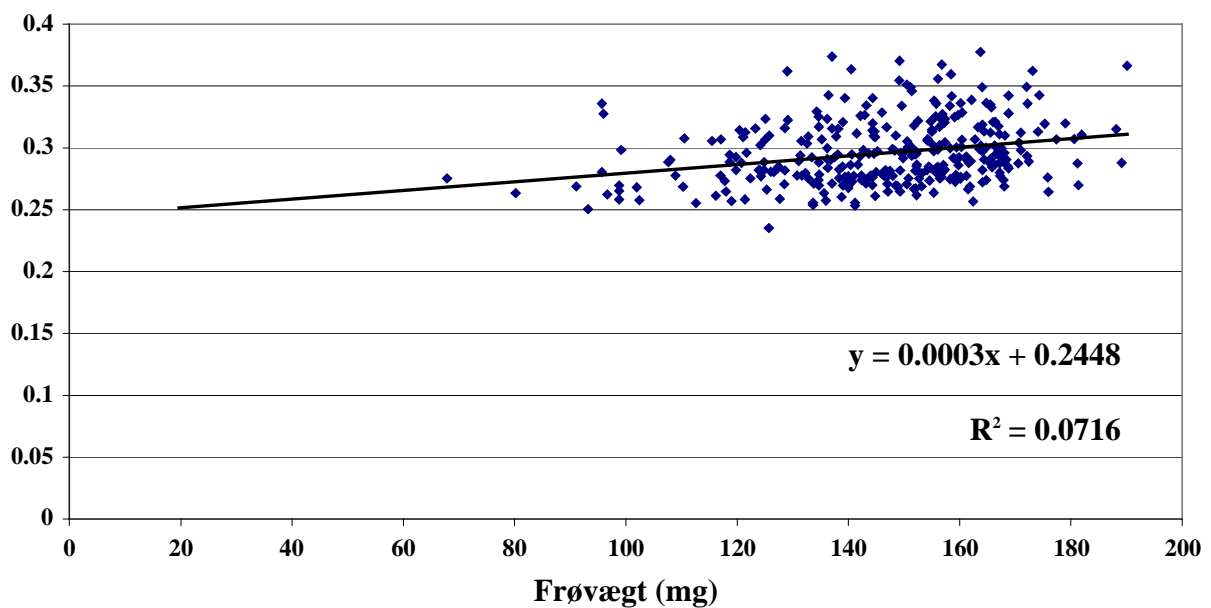


Graf 5.12.

### 5.2.2. Frøskalstykkelse i frø på tværs af bælgkategorier

Der ser ud til at være stort set den samme gennemsnitlige frøskalstykkelse i de tunge frø som de lette, indenfor denne genotype, når der ses på teoretisk frøskalstykkelse. Der er kun meget svagt stigende teoretisk frøskalstykkelse når frøene er større. Den bedste linie hælder 0,071 ( $R^2$ ) eller er næsten 0 (graf 5.13). Denne linie er signifikant med 95% sikkerhed ( $P < 0,001$ ).

#### Teoretisk frøskalstykkelse (mm) efter frøvægt (mg) i en genotype *L. angustifolius* med 1-7 frøanlæg i bælg



Graf 5.13.

## 6. DISKUSSION OG KONKLUSION

Frøskalsandel, proteinkoncentration og frøvægt i 27 genotyper smalbladet lupin blev vejet, målt og beregnet for dette projekt, samt frøskalsandel og frøvægts proportioner i frøbælg af forskellige størrelser i én genotype af smalbladet lupin. I det nedenstående bliver de vigtigste resultater diskuteret i to hovedafsnit, i henhold til problemformuleringen (kapitel 1) og litteratur (kapitel 2 og 3). Første hovedafsnit, er for de 27 genotypers frøskals/kerne forhold, proteinindhold og et beregnet elite frø. Det andet hovedafsnit er for de frø/bælg og frøskal/kerne proportioner der eksisterer i 7 forskellige bælgstørrelser indenfor en genotype smalbladet lupin.

### 6.1. Frøvægt, frøskalsandel og proteinkoncentration i 27 genotyper smalbladet lupin, samt et teoretisk elite frø.

Ud fra dette forsøg kan man sige at der er forskel på frøvægten og proteinkoncentrationen genotyperne imellem og der er forskel mellem genotyper hvad frøskalsandelen og tykkelse angår. Frøskalsandelen er afhængig af frøvægten i høj grad, men den teoretiske frøskalstykkelse er kun meget svagt afhængig af frøvægten sorterne imellem og indenfor en sort.

Råproteinkoncentrationen i kerner er ikke afhængig af frøvægten og egenskaben høj proteinkoncentration i kerne kan skjules af en tyk frøskal når proteinkoncentrationen udregnes for hele frø.

Der er stort set ingen årsforskel på frøstørrelse frøskalsandel og proteinkoncentration i genotyperne når der fokuseres på rangordenen af genotyperne indenfor disse egenskaber.

Ved en teoretisk kombineret af nogle top egenskaber der allerede eksisterer i genotyper af smalbladet lupin, kan der laves et frø som er bedre end de sorter som eksisterer på nuværende tidspunkt.

#### 6.1.1. Genotype/års variation

Når de data som blev samlet fra to år bliver undersøgt, så kan man se, at der var forskel på vækstsæsoner, eller en anden påvirkning, som gør at frø fra år 2000 i alle tilfælde er tungere end dem fra samme genotyper i år 1999 (graf 5.5). Dog er det i hovedtræk muligt at se på egenskaberne frøvægt, frøskalsandel og frøskalstykkelse, og man kan se, at med få undtagelser er rangordenen den samme (tabel 5.10). Store frø er store og små frø små, selvom året generelt har givet større frø, som betyder at egenskaben er genetisk men at der er årsforskel (tabel 5.6) på hvor meget den præsenteres på grund af ydre effekter dvs. hvor tunge frøene er fra år til år for eksempel.

Den teoretiske frøskalstykkelse er, til forskel fra frøskalsandelen som er afhængig af vægten, ikke signifikant forskellig mellem år 2000 og 1999 (tabel 5.7, tabel 5.8 og tabel 5.9), som indikerer at frøskalstykkelse er en stærk genetisk forklaret egenskab, som omgivelserne ikke påvirker så meget som de påvirker frøvægten. Denne egenskab kan derfor være god at beregne for de genotyper som man har interesse for i avl, således at der kunne opnås hurtigere fremskridt da der muligvis ikke behøves data fra flere års gentagelser, når egenskaben vurderes.

Proteinkoncentrationen var ikke forskellig mellem år hos de fleste genotyper (graf 5.8, tabel 5.11). Denne egenskab er så sandsynligvis i mindre grad påvirkelig af omgivelserne end for eksempel frøvægten. Det samme må siges om rangordenen mellem genotyperne, den ændres i det store ikke mellem årene. Genotyper med høj proteinkoncentration har det også året efter, og samme kan man sige om dem med lav proteinkoncentration (tabel 5.12).

Resultaterne understøtter den påstand at effekten af lokalitet og år er minimale og giver anledning til at kun lav spredning af steder og antal år kræves til at estimere genotypernes rangorden efter frøskalstykkelse (Clements et al., 2002) og udvider samtidigt denne påstand til at gælde for rangordenen af egenskaberne frøvægt og frøskalsandel, samt proteinindhold.

### 6.1.2. Frøvægt og frøskal

I de 27 genotypers kvalitetsegenskaber frøvægt og andel frøskal er der en betydelig variation over genotyperne, som forventet (Cowling et al., 1998 a). Variationen over genotyperne er også betydelig når der gælder den beregnede teoretiske frøskalstykkelse (tabel 5.1).

Forskellen på frøvægt, frøskalsandel og teoretisk frøskalstykkelse, mellem genotyper er også signifikant tilstede.

En genotype viste sig at skille sig ud fra de andre på to forskellige måder, i frøstørrelsen og frøskalsandelen. Denne genotype *L. opsianthus*-1 burde ifølge en ligning lavet på basis af de øvrige 26 genotyper have haft en af de største frøskalsandele, men ser ud til at have en af de mindste (graf 5.1, 5.2). Der bør tages i betragtning at på grund af mangel af materiale af denne genotype bygger resultaterne af den på kun ni individuelle frø mens de fleste andre genotyper har N=30. De ni frø er dog meget ens, og forskellene frøene imellem indenfor genotyper er lille sammenlignet med mellem genotyper (graf 5.1).

Det lille materiale, der ligger bag resultatet gør konklusionen svagere, men giver alligevel den forestilling at der er stærke sandsynligheder for at finde genotyper blandt de mindre traditionelle, der har interessante egenskaber som kunne være af fordel for brug i krydsninger med andre sorter, for eksempel storfrøede sorter i *L. opsianthus*-1 tilfælde.

Man kan teoretisk forstille sig at den lette frøskal på afvigeren *L. opsianthus*-1, kunne være anderledes opbygget end hos de øvrige genotyper i projektet. Der er andre der har observeret, at der kan være forskel på tykkelsen af palisadelaget i frøskallen, samt antal parenchyma lag (Petrova, 2002).

Frøskalstykkelsen, set over alle genotyper, beregnet på basis af frøvægten og kernevægten, stiger kun meget svagt som frøene bliver større (graf 5.3 og graf 5.4; tabel 5.4 og tabel 5.5), hvorimod frøskalsandelen falder betydeligt (graf 5.1 og graf 5.2; tabel 5.2 og 5.3). Det at frøskalstykkelsen stiger svagt, kunne forklares ved at frøenes kugleform, som er brugt til grundlag for udregningen, ikke er helt kuglerund i virkeligheden, og de større frø måske lidt fladere end de små frø. Men det kunne også faktisk være at frøskallen er tykkere i de store frø. Denne svage forskel i beregnet frøskalstykkelse gælder også indenfor en genotype som fremkommer i afsnittet om bælgkvalitet her forneden. Det er alligevel sådan at frøskallen har en tykkelse som karakteriserer genotypen, som ses meget godt på hvordan tykkelsen holder samme rangorden mellem genotyper mellem år (tabel 5.10) foruden at være signifikant forskellig mellem genotyper.

En teoretisk frøskalstykkelse kan efter min mening hjælpe til at få øje på egenskaber der kunne være skjult af frøenes størrelse. Tynd frøskal i en småfrøet genotype kan muligvis overses på grund af frøskallens proportionelle vægt ved frøvægten. For det modsatte, tyk frøskal, så kunne den også skjules, når det gælder en storfrøet genotype, hvor frøskallens vægt er proportionelt let i forhold til frøvægten.

### 6.1.3. Protein

Proteinkoncentrationen i frøkerner har en stor variation fra 41-56% (tabel 5.1), den ser ikke ud til at følge med frøvægten (graf 5.6). Dette er vigtigt, da der kunne have været et tegn på en udtynding i de større kerner, men det ser ikke ud til at være tilfældet udfra det materiale der her blev undersøgt. Hvad proteinkoncentration i hele frø gælder, er den også stor og giver i nogle tilfælde over 40% proteinindhold (tabel 5.1) som er i overensstemmelse med hvad forskere har fundet i nye linier i Rusland (Ageeva, 2002).

Frøskallerne har meget lavt proteinindhold (tabel 5.1), men skallerne fra de genotyper som har høj proteinkoncentration i kerne, har også en højere proteinkoncentration i frøskal sammenlignet med de andre (tabel 5.11). Det kunne dog skyldes måden man afskaller frøene på, at en lille fraktion af frøkernenes protein smittede af til skallerne. Men her synes det dog sandsynligt at der er højere proteinkoncentration i skaller af kerner med høj proteinkoncentration, fordi man kun ser de højere værdier i de frøskaller der kommer fra de proteinrige kerner (tabel 5.1). Hvis det skyldtes metoden, ville man forstille sig at der ville være mere uregelmæssighed og nogen gange høj proteinkoncentration i skaller hvor der er lavt værdi i kerne, men det ser ikke ud til at være tilfældet. Der kunne også tænkes at de fragmenter af udvidede skrå celler mellem frøskal og kerne, rester af næringslag der adskilte kerne og frøskal, som nævnt af Petrova (2002), har højere proteinkoncentration i frø med højt kerneprotein og resulterer derfor i højere proteinindhold i frøskallerne af disse genotyper.

#### **6.1.4. Praktisk anvendelse**

For landmanden er det stadigvæk vigtigst at få lupinernes frøskalsandel procentvis efter vægt og proteinkoncentrationen procentvis af hele frø.

De sædvanlige måder at præsentere frøskal og proteinkoncentration gælder derfor stadigvæk, når lupinerne vurderes som foderafgrøde direkte, da de individuelle genotypers egenskaber ikke er vigtige i den sammenhænge. Det er kun planteforædlere som kunne få gavn af at få genotyperne vurderet med teoretisk frøskalstykkelse og proteinkoncentration i kerne og skaller separat.

#### **6.1.5. Forædling**

Der ser ud til at være den bredde mellem genotyper i de målte egenskaber frøvægt, frøskalsandel og proteinkoncentration, at der burde være mange udviklingsmuligheder ved krydsninger af de forskellige genotyper. Et forsøg på at antyde, hvor meget det kunne være muligt at ændre frøene hos smalbladet lupin ved fremavl, blev lavet ved at beregne et teoretisk elite frø hvor nogle genotypers egenskaber af høj kvalitet blev sat sammen (diagram 5.1). På den måde kunne man sætte et fremtidsmål at gå efter. De forskelle i egenskaberne der allerede eksisterer i genotyperne separat (tabel 5.1), ser ud til at kunne give en genotype, der er bedre end de genotyper som typisk eksisterer nu, så der kunne være meget at komme efter. Dog kan man ikke med sikkerhed sige at ved at lave større frø for eksempel, ville det give en bedre høstindeks, da planterne af storfrøede genotyper, ifølge Huyghe (1989), har øget tendens til at smide flere bælg end de som har lettere frø.

Landmanden kunne også blive nødt til at give højere pris for såsæd når hvert enkelt frø vejer mere. En tyndskallet mellemstørrelse kunne derfor måske være at fortrække.

Genotyper med stor frøskalsandel og tyk teoretisk frøskalstykkelse kan besidde egenskaben høj proteinkoncentration i kernen, uden at det detekteres. Der vil sige, hvis der kun ses på proteinkoncentration i hele frø, som traditionen byder, kan der skjules et godt krydsningsmateriale på grund af frøskallens fortyndende effekt på proteinkoncentrationen. Dette kunne være til gene når der til avl søges efter genotyper med den specifikke egenskab høj proteinkoncentration.

Genotype 16 har en gennemsnitlig proteinkoncentration på 38,5% i hele frøet. Alligevel, er proteinkoncentrationen i kernen den højeste blandt de undersøgte genotyper, 54,3% i gennemsnit. Dette skyldes den høje frøskalsandel i denne genotype, 27,8%, som skjuler dens høje proteinindhold i kernen, når proteinindholdet angives for hele frø (Tabel 5.1).

## **6.2. Bælg/frø- og frøskalsproportioner i bælg af forskellig størrelse, fra en genotype smalbladet lupin**

Frøvægt procenten i hele bælgvægten ser ud til at øges når frøbælgen har flere frøanlæg.

Frøene i de store bælg ser ud til at være større.

Frøandelen i frøbælgens vægt er voksende under alle omstændigheder, mellem bælgkategorier, men i mellem de større bælgkategorier (3-7 frøanlæg) er der betydelig mindre forskel end når de mindre bælgkategorier tages med i betragtning.

Frøskalstykkelsen er meget svagt stigende når frøene er større indenfor denne sort på tværs af frøbælgskategorier.

### **6.2.1. Frøvægt og frøandel i bælg**

Når grundoplysningerne fra denne del af projektet observeres, ser det ud til at frøene i de større bælgkategorier er tungere end frøene i de kategorier hvor der er få frø i bælg (tabel 5.13). Dette er i overensstemmelse med hvad har været observeret før (Lush et al., 1980; Lagunes-Espinoza et al., 1999 b), da de mindre frøbælg er tungere i forhold til frøene (tabel 5.13, tabel 5.14) og derved tykkere, og tykke bælgvægge tager mere næring til sig på bekostning af frøstørrelsen (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b).

Det kan tydeligt ses at den første kategori bælg, hvor der kun er et frø i bælgene, er anderledes end de andre kategorier. Der er betydelig mere variation i frøvægt indenfor den gruppe og

standarddeviation er 21,8 mg, hvor den næste kategori har mere end ti gram lavere deviation. Der er også en forholdsvis stor spredning indenfor de to næste grupper, hvor der er to og tre frø i bælg (tabel 5.13 og graf 5.9).

De vægtresultater der forekommer i de større bælgklasser var i overensstemmelse med de forhold fundet før, hvor 33% i frøbælgvægten bestod af bælgvægge og halvdelen af frøbælgvægten hos smalbladet lupin er bundet i bælgvægge og frøskaller (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b, Dracup et al., 1996). Forklaringen på hvorfor de mindre bælgkategorier har så stor bælgvægandel kunne være at de bælg har siddet på planter dårligere stillet næringsmæssigt for eksempel, da planterne regulerer frøene i bælgene under frøvæksten (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b). De små bælg med lav frøprocent der blev fundet er også i overensstemmelse med at der er blevet fundet negativt sammenhænge mellem andel frøbælgvæg og frøudbytte (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b).

### 6.2.2. Forædling

Hvis man ser bort fra de mindste frøbælgstørrelser, på grund af en formodning om at der er opbygningsmæssig forskel på bælgene, og på grund af det at der vil sandsynligvis ikke fokuseres på bælg af så små størrelser i avl, så ser frøvægtsforholdene anderledes ud i forhold til frøbælgsvægten (graf 5.10, graf 5.11 og graf 5.12).

Der er ikke stor forskel på frøenes andel i bælg fra kategori 4-7 frøanlæg i bælg. Dette er interessant, fordi så kan man forstille sig, at der kan opnås større frø ved at dyrke genotyper med frørige bælg. Men hvorvidt planterne så har 5 eller 7 frø i bælg for eksempel, ikke gjorde den store forskel i høstindeks. Planter med lidt mindre frø og bælg kunne vise sig at have et større antal bælg tilbage ved høst end planter med mange store frø i bælg, på grund af øget afstødningfare hos de storfrøede (Huyghe, 1989).

Frøhøsten af marken kunne således være lignende selvom frøene er færre i bælgene. Det er muligvis ikke så vigtigt at avle efter meget store frøbælg. Man skulle måske hellere fokusere på at lave planter med flere bælg, dog med mindst fire eller flere frø i bælg. Men der ind i kommer også diskussionen om de sorter der kun har bælg på en hovedstamme ("spike like"). Der er en forskel på bælg der sidder på sidegrene og på hovedstamme (Bélteky et al., 1984 (efter Barbacki (årtalsangivelse savnes))) selvom ikke alle er enige om hvor stor denne forskel er (Dracup et al., 1996). Og planter med sidegrene har på grund af skyggeeffekter, øget risiko for afstødning af bælg end de planter som ikke danner sidegrene (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b). Vil høstindeks så måske øges i "spike like" former af smalbladet lupin hvis der er flere frø i bælg da frøbælgene



sidder på bladhjørnerne og der ikke er plads til mange bælg, men der er ikke øget fare for afstødning?

### **6.2.3. Frøskalstykkelse**

Teoretisk frøskalstykkelse indenfor genotypen i dette afsnit, på tværs af bælgkategorier, ser ud til at være meget ens ( $R^2$  0,07, graf 5.13). Der er dog en meget svag stigning i den når frøene er større, enten på grund af at større frø faktisk har en tykkere frøskal, eller en mulig skævhed i beregningerne på grund af at frøene er ikke helt kugleformet som nævnt. Dette resultat giver dog en anledning til at formode at frøskalstykkelsen sandsynligvis er meget stabil indenfor genotyper, selvom bælgene er i forskellige størrelser. Ligeledes at den svage stigning i frøskalstykkelse ved øget frøvægt er relateret med frøstørrelse indenfor genotype og det derfor forventes ikke nødvendigvis egenskaben, tyk frøskal, hos en storfrøet genotype.

## 7. PERSPEKTIVERING.

Efter at have lavet dette projekt, kan man med sikkerhed sige at der er meget arbejde at lave indenfor forædling af lupiner, selvom meget har ændret sig siden tresserne (Dovrat, 1989). Der er stadigvæk stor risiko ved dyrkning af de sorter som bruges her i Danmark i økologisk landbrug, og man kan derfor med glæde se på de muligheder, der ligger i sorter som ikke er ude på markedet endnu. Der er meget "byggemateriale" men arbejdet må forsættes og krydsninger laves. Forskelle indenfor en art er af det gode fordi de giver valgmuligheder til at lave planter til forskellige formål og dyrkningsområder. Hvis genotyperne havde mindre variation i mellem sig ville det betyde meget længere tid som det vil tage for at opnå de ønskede fremskridt da "byggemateriale" til nye sorter ville være meget begrænset. Det er også nødvendigt at måle egenskaberne på en måde så en egenskab ikke kan skjule en anden, og derved forsinke avlsarbejdet. Tyk frøskal kan for eksempel skjule en høj råproteinkoncentration i kernen, som nævnt.

Det næste skridt med dette forsøg ville være at lave flere observationer af de 27 genotyper for at få fjernet mere af omgivelseeffekterne. En mikroskopisk millimetermåling af den aktuelle frøskalstykkelse er også nødvendighed. Så kunne man sammenligne den, med den metode der her blev brugt ved udregning af teoretisk frøskalstykkelse, og få en parameter for hvor præcis den metode er, og måske et svar på, hvorfor der er en svag stigning i frøskalstykkelse i større frø indenfor en genotype.

Afvigeren *L. opsianthus*-1 bør klart undersøges nærmere og måske flere sorter af *L. opsianthus*, og dyrkes i større parceller, således at der kunne høstes flere frø og derved opnås mere sikkerhed i resultaterne. Ved at dyrke *L. opsianthus*-1 i flere gentagelser kunne man også finde ud af, hvorvidt den holder egenskaben tynd frøskal. Cellebygningen i frøskallen på *L. opsianthus*-1 er vigtigt at undersøge under mikroskop og se om den på nogen måde er anderledes end hos de øvrige genotyper.

Det bør også undersøges hvorvidt en tynd frøskal på nogen måde nedsætter plantens overlevelsessevne i marken ved starten af vækstsæsonen (Hill, 2002 personlig meddelelse). Der må ikke glemmes, at der er to sider af sagen, den tykke frøskal som smalbladet lupin har i dag, har måske vigtigere rolle i plantens levetid, end man har forstillet sig, og ved store ændringer på dens anatomi kunne den være mere modtagelig for sygdomme.

Der er også grundlag for at undersøge i hvilken grad tynd frøskal påvirker fremspiring, (Lush et al., 1980).

Der burde laves nye krydsninger med de genotyper som blev brugt i det beregnede elite frø, og der skulle sættes en større fokus på høstindeksen i kommende forsøg, hvor man kunne lede efter sammenhænge mellem frøstørrelser, kvalitet og procentdel frøvægt af hele plantens vægt, samt protein og olie forhold i bælg som kunne være negativt korrelerede (Cowling et al., 1998 a). Det ville også være interessant, at undersøge hvordan genotyper med store bælg holder på bælgene, i forhold til genotyper med mere moderate bælgstørrelser, og om hvorvidt der, som hos *L. albus* kunne være øget udbytte eftersom der er flere frø i bælg (Huyghe, 1989) eller om udbyttet i genotyper med tyndvæggede bælg er større (Lagunes-Espinoza et al., 1999 b), eller om der opnås større udbyttesikkerhed med storfrøede sorter, på grund af planternes egenskab til at lave større frø, hvis der dannes små bælg (som det ikke så ud til at være tilfældet i dette forsøg) (Huyghe, 1989). Desuden er det interessant at se på de samme genotyper med forskellige bælgstørrelser, under nærings- og lysmæssige konkurrenceforhold, enten med andre lupiner eller et normalt til stort ukrudtstryk.

Den bælgundersøgelse der blev lavet her kunne udvides med at tilføje til bælgkategorierne hvor de sad på planten, som kovariat, eller kun at vælge bælg fra hovedstamme eller ”spike like” planter, til så vidt som muligt at eliminere denne forskel på bælgvægte.

At se på ”spike like” sorter med flere frøanlæg i bælg og dets effekter på høstindeksen i forhold til høstindeksen af forgrenede sorter med mange frøanlæg i bælg er absolut nødvendigt.

Lige som det i dag er muligt at købe lupinsorter med forskellig forgrening til de forskellige dyrkningsformål og omgivelser, kunne man forstille sig at det i fremtiden vil være muligt at købe sorter med ekstra tynd frøskal til fodring af énmavede dyr såsom fjerkræ og fisk, hvor der kunne dyrkes anderledes sammensatte sorter til svin og drøvtyggere.



## 8. LITTERATURLISTE

- Ageeva, P.A.** 2002. Genotype diversity of collection narrow-leafed lupin breeding lines. Abstractbook. 10<sup>th</sup> International Lupin Conference. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Laugarvatn, Iceland.
- Ali-Khan, S.T.** 1993. Seed hull content in field pea. Canadian Journal of Plant Science 73:611-613
- Allen, O.N., & E.K. Allen.** 1981. *Lupinus* L. pp 406-410. I: The Leguminosae, a Source Book of Characteristics, Uses and Nodulation. The University of Wisconsin Press. Madison, Wisconsin, USA.
- Anonym.** 2002. Lupins a new crop in the UK. The facts & figures. 3 p. www. Agriknowledge.co.uk/Arable/Techinfo/lupins1.htm
- Anonym.** 2001. Arbejdsdokument om Kommissionens meddelelse til Rådet og Europa-Parlamentet om muligheder for at fremme dyrkningen af vegetabiliske proteiner i EU. (KOM(2001) 148-C5-0260/2001/2116(COS)). Udvalget om Landbrug og Udvikling af Landdistrikter.
- Anonym.** 1998. Lupin Diseases Threaten Significant Yield Losses in 1998. A document from STAT Publishing's Stat Project. Statpub.com Agricultural Commodity Market News
- Anonym.** 1943. Foreløbig meddelelse om sortsforsøg med lupiner. Statens forsøgsvirksomhed i Plantekultur, meddelelse 353. DK
- Arnalds, A. & S. Runólfsson.** 2002. The role of Nootka lupine (*Lupinus nootkatensis*) for revegetation in Iceland. Abstract book. 10<sup>th</sup> International Lupin Conference. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Laugarvatn, Iceland.
- Atkins, C.A. & P.M.C. Smith.** 2002. Regulation of Podset and Seed Development in Lupin. Abstract book. 10<sup>th</sup> International Lupin Conference. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Laugarvatn, Iceland.

- Beirao da Costa, M.L.D.M.** 1989. Aspects of lupin composition as food. pp 94-105. I: Y. Birk, A. Dovrat, M. Waldman and C. Uzureau (eds.). Lupin production and bio-processing for feed, food and other by-products. Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop, Ginozar Kibbutz, Israel. Commission of the European communities. Luxembourg. 1990.
- Bélteky B.** & I. Kovács. 1984. Lupin the new break. 139 p. Edwards J.G. (Eds.). Panagri, Bradford on Avon. UK.
- Brillouet, J.M.** & D. Riochet. 1983. Cell wall polysaccharides and lignin in cotyledons and hulls of seeds from various lupin (*Lupinus L.*) species. Journal of the Science of Food and Agriculture 34:861-868
- Chajuss, D.** 1989. Some technological aspects of lupin versus soybean processing. pp. 106-114. I:Y. Birk, A. Dovrat, M. Waldman and C. Uzureau (eds.). Lupin production and bio-processing for feed, food and other by-products. Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop, Ginozar Kibbutz, Israel. Commission of the European communities. Luxembourg. 1990.
- Clements, J.** & M. Dracup. 2002. Research on proportion of seed hull and pod wall for lupin improvement. I: Variation in germplasm and mutant populations and G x E effects. Artikkel fra The 10<sup>th</sup> International Lupin Conference. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Laugarvatn. Island. "in press". 8 p.
- Clements, J.** & M. Dracup. 2001. Lowering the seed hull proportion in narrow leafed lupin (*L. angustifolius*) p 293. I: AEP (European Association for Grain Legume Research) (eds). Towards the sustainable production of healthy food, feed and novel products. Proc. of the 4<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes, Cracow/Poland, 8-12 July, 2001. AEP, Paris, France. 2001.
- Cowling, W.A.,** C. Huyghe & W. Swiecicki. 1998 a. Lupin Breeding. pp 93-120. I: J.S. Gladstones, C. Atkins and J. Hamblin (eds.). I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization. CAB International. Oxon, UK.

- Cowling, W.A.,** Buirchell, B.J., Tapia, M.E. 1998 b. Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 105 pp.
- Dovrat, A.** 1989. Aspects of grain lupin cultivation: an overview. pp 5-9 I: Y. Birk, A. Dovrat, M. Waldman and C. Uzureau (eds.). Lupin production and bio-processing for feed, food and other by-products. Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop, Ginozar Kibbutz, Israel. Commission of the European communities. Luxembourg. 1990.
- Dracup M.** & E.J.M. Kirby. 1996. Pod and seed growth and development of narrow-leaved lupin in a water limited mediterranean-type environment. *Field Crops Research* 48:209-222
- Edwards, A.C.** & R.J. Barneveld. 1998. Lupins for livestock and fish. p. 385-410. I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). *Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization.* CAB International. Oxon, UK.
- Fernández J.A.** 2000. Rapport vedrørende Fordøjelighedsforsøg med Lupin E 101 til voksende svin. Forsøgsnr. 15-15-1023. Afd. for Husdyrernæring og Fysiologi, Foulum. DK
- Fernández J.A.** & E.S. Batterham, 1995. The nutritive-value of lupin-seed and dehulled lupin-seed meals as protein-sources for growing pigs as evaluated by different techniques. *Animal Feed Science and Technology.* 53:279-296
- Gdala, J.** 1998. Composition, properties, and nutritive value of dietary fibre of legume seeds. A review. *Journal of Animal and Feed Sciences.* 7(2):131-150
- Gent, M.P.N.** 1983. Rate of increase in size and dry weight of individual pods of field grown soybean plants. *Annals of Botany.* 51:317-329
- Gladstones, J.S.** 1998. Distribution, Origin, Taxonomy, History and Importance. pp 1-39. I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). *Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization.* CAB International. Oxon, UK.

- Hardy, A.,** C. Huyghe & J. Papineau. 1997. Dry matter accumulation and partitioning, and seed yield in indeterminate Andean lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet.). Australian Journal of Agricultural Research 48:91-101
- Hawthorne, W.** 1995. Evaluation of Alternative Pulses in South Australia. The Australian New Crops Newsletter. 4: 2 p. AU
- Heick, F.** 1947. Forsøg med lupiner. Forsøg med lupiner, Tidsskrift for Planteavl 51: 558-579. DK
- Hill, G.D.** 2002. Professor ved Lincoln University, Canterbury, N.Z. Personlig meddelelse.
- Hoenisch, R.W.** & R.M. Davis. 1994. Relationship between kernel pericarp thickness and susceptibility to Fusarium ear rot in-field Corn. Plant disease. 78(5):517-519
- Hove, L.E.** 1974. Composition and Protein Quality of Sweet Lupin Seed. Journal of the Science of Food and Agriculture 25: 851-859
- Huyghe, C.** 1989. Discussion of selection criteria for grain yield in Lupin breeding. pp 21-30. I: Y. Birk, A. Dovrat, M. Waldman and C. Uzureau (eds.). Lupin production and bio-processing for feed, food and other by-products. Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop, Ginozar Kibbutz, Israel. Commission of the European communities. Luxembourg. 1990.
- Jensen, E.S.** 1991. Evaluation of automated analysis of <sup>15</sup>N and total N in plant material and soil. Plant and Soil 133:82-92
- Jensen, R.K.** 2001. Lupiner som proteinafgrøde.  
[www.okologienshus.dk/proteiner/dokumenter/lupin.html](http://www.okologienshus.dk/proteiner/dokumenter/lupin.html) Århus. DK
- Joernsgaard, B.,** J.L. Christiansen & N. Kuptsov. 2002. Adaption of lupins for Northern European maritime conditions. Artikkell fra The 10<sup>th</sup> International Lupin Conference. Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Laugarvatn. Island. "in press". 11 p.

- Jørnsgård, B.** 2002. Assistant Professor and Lupin Researcher at The Royal Veterinary and Agricultural University, Agrovej 10, DK-2630 Taastrup, Copenhagen DK. Personlig meddelelse
- Jørnsgård, B.,** J.L. Christiansen & T. Hastrup. 1995. Development of lupins as protein crop for animal, human and industrial use in Denmark. pp. 285. Second European Conference on Grain Legumes, Copenhagen. DK.
- Kuptsov, N.S.** 1997. Strategy and tactics of lupine breeding. Proc. Academy of Agrarian Sciences of the Republic of Belarus. Vol. 2. pp. 36-41, Minsk, Hviderusland
- Kurlovich, B.S.** 2002. a. The history of lupin domestication. pp. 147-164. I: Kurlovich, B.S. (eds.). Lupins, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Kurlovich, B.S.** 2002. b. Eco-geographic classification of lupins (*L. albus L.*, *L. angustifolius L.* And *L. luteus L.*). pp. 89-145. I: Kurlovich, B.S. (eds.). Lupins, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Kurlovich, B.S.** & A.K. Stankevich. 2002 a. Classification of Lupins. pp. 39-87. I: Kurlovich, B.S. (eds.). Lupins, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Kurlovich, B.S.** & L.T. Kartuzova. 2002 b. Lupin Breeding. pp. 351-374. I: Kurlovich, B.S. (eds.). Lupins, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Lagunes-Espinoza, L.C.,** C. Huyghe, J. Papineau & D. Pacault. 1999 a. Effect of genotype and environment on pod wall proportion in white lupin. Consequences to seed yield. Australian Journal of Agricultural Research 50:575-582



- Lagunes-Espinoza, L.C.**, C. Huyghe & J. Papineau. 1999 b. Relationship between pod wall proportion and seed yield in white lupin. pp. 333-338. I: Van Santen, E., M. Wink, S. Weissmann & P. Roemer (eds.). Lupin, an Ancient Crop for the New Millenium. Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Lupin Conference. Klink/Müriz, Tyskland.
- Longnecker, N.**, R. Brennan & A. Robson. 1998. Lupin Nutrition. p. 121-148. I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization. CAB International. Oxon, UK.
- Lush, W.M.** & L.T. Evans. 1980. The Seed Coats of Cowpeas and other Grain Legumes, Structure in relation to Function. Field Crops Research 3: 267-286
- Maribo, H.** 2002. Anvendelsen af lupin Prima som proteinkilde til økologiske slagtesvin. Datasamlingen Proteiner i økologisk jordbrug. Økologisk Landsforening og Landbrugets Rådgivningscenter. <http://proteiner.okoland.dk>.
- McDonald, P.**, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh & C.A. Morgan. 1995. Protein concentrates. pp 511-543 I: Animal Nutrition, Fifth Edition. Longman Scientific & Technical. Essex, UK
- Nielsen, K.M.** 2002 a. Landmænd villige til at løbe en risiko. Økologisk jordbrug, nr. 270. årg. 22. Økologisk Landsforening. Århus. DK.
- Nielsen, K.M.** 2002 b. Lupiner driller. Økologisk jordbrug, nr. 269. årg. 22. Økologisk Landsforening. Århus. DK.
- O'Neill, B.** 2000. 1999 Lupin Production Highlights. Crop Updates 2000. Perth, Western Australia. Department of Agriculture Western Australia, 2000
- Perry, M.W.**, M. Dracup, P. Nelson, R. Jarvis, I. Rowland & R.J. French. 1998. Agronomy and farming systems. p. 291-338. I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization. CAB International. Oxon, UK.

- Petrova, M.V.** 2002. Anatomic Structure. pp. 183-201. I: Kurlovich, B.S. (eds.). Lupins, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Petterson, D.S.,** D.J. Harris, C.J. Rayner, A.B. Blakeney & M. Choct. 1999. Methods for the analysis of premium livestock grains. Australian Journal of Agricultural Research 50:775-787
- Petterson, D.S.** 1998. Composition and Food Uses of Lupins. pp 353-384. I: Gladstones, J.S., C.A. Atkins & J. Hamblin (eds). Lupins as Crop Plants. Biology, Production and Utilization. CAB International. Oxon, UK.
- Plitmann, U.** 1989. Variation and relationships among the Old World lupins. p. 31. I: Y. Birk, A. Dovrat, M. Waldman and C. Uzureau (eds.). Lupin production and bio-processing for feed, food and other by-products. Proceedings of the Joint CEC-NCRD Workshop, Ginozar Kibbutz, Israel. Commission of the European communities. Luxembourg. 1990.
- Priesholm, M.** 2002 . Nye lupin-sorter skuffede. Økologisk jordbrug, nr. 276. årg. 22. Økologisk Landsforening. Århus. DK.
- Putnam, D.H.** 1993. An interdisciplinary approach to the development of lupin as an alternative crop. pp. 266-277. I: Janick J. & J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York. USA
- Putnam, D.H.,** E.S. Oplinger, L.L. Hardman & J.D. Doll. 1989. Lupine. Alternative Field Crops Manual. p. 8. [www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/lupine.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/lupine.html) University of Wisconsin-Extension, Cooperative Extension University of Minesota. USA
- Reader, M.,** R. Carpender & M. Dracup. 1998. Increasing the yield and value of lupin grain by decreasing the amounts of pod wall and hull. Crop Updates 1998. Perth, Western Australia. Department of Agriculture Western Australia, 1998

- Serrato Valenti, G.,** L. Melone, M. Ferro & A. Bozzini. 1989. Comparative studies on testa structure of “hard-seeded” and “soft-seeded” varieties of *Lupinus angustifolius* L. (Leguminosae) and on mechanisms of water entry. *Seed Science & Technology* 17:563-581
- Stepanova, S.I.** & B.S. Kurlovich. 2002. Appendix – 2. pp. 433-468. I: Kurlovich, B.S. (eds.). *Lupinus, Geography, Classification, Genetic Resources and Breeding*. OY International North Express. St. Petersburg, Russia – Pellosniemi, Finland
- Swiecicki, W.** & W.K. Swiecicki. 1995. Domestication and breeding improvement of narrow-leaved lupin (*L. angustifolius* L.). *Journal of Applied Genetics (formerly Genetica Polonica)*. 36(2):155-167
- Tersbøl, M.** 2002 a. Dyrkning af markært, smalbladet lupin, hestebønner og raps. Datasamlingen Proteiner i økologisk jordbrug. Økologisk Landsforening og Landbrugets Rådgivningscenter. <http://proteiner.okoland.dk>.
- Tersbøl, M.** 2002 b. Fordele og ulemper ved forskellige proteinafgrøder. Datasamlingen Proteiner i økologisk jordbrug. Økologisk Landsforening og Landbrugets Rådgivningscenter. <http://proteiner.okoland.dk>.
- Waldroup, P.W.** & K.J. Smith. 1989. Animal Feed Uses of Legumes. pp. 245-337. I: Matthews, R.M. (eds.). *Legumes, Chemistry, Technology and Human Nutrition*. Marcel Dekker, inc. New York, USA.
- Withers, N.J.** 1975. Seed weight, proportion of seed coat, and nitrogen content of several species of sweet lupin: a note. I: Baker M.J. & I.M. Balfour (eds.). *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 3:331-332



**Tabel A** Genotyper, nærmere oplysninger om linier brugt i opgaven

---

Genotype	Genotype (detaljer)
1	lag-32
Illyarie	illyarie-101-488
Danja	danja-9101984
2	law-21
3	lag-28
4	lag-6-10
Tanjil	tanjil-9101487
Kalya	kalya-910/485
Wonga	wonga-9101486
5	lag-16
6	gw-lag-12-law-12
7	lag-10
8	lap-12
9	law-12-ws
10	laf-8-8
11	laf-8
12	cap-12
Bordako	Bordako
13	hpa-39-1
Borweta	Borweta-biendori
14	hpa-39-1-wild
15	hpa-40-1wild
Mirtan	mirtan-sko-100161
16	lag-6
17	laf-17
L.Opsianthus-2	L.opsiantus
L.Opsianthus-1	opsiantus-437.01

---



# Variation in seed size, seed coat proportion and protein content in *L. angustifolius*

Hafþís Hauksdóttir, Nikolai Kuptsov and Bjarne Joernsgaard  
The Royal Veterinary and Agricultural University, Agrovvej 10, DK-2630 Taastrup, Copenhagen Denmark



## Introduction

Lupin has a thick seed coat compared to other grain legumes, which increases the fiber content and reduces the digestibility. Improved nutritional value could be expected by lower seed coat proportion. The seed coat proportion in *L. angustifolius* is between 19% and 29%. The perspectives for further reductions in the seed coat proportion can be perspektivated by the examples of wild and domesticated peas. In wild pea a seed coat proportion up to 27 % is found while the proportion in domesticated pea is around 10%.



## Objectives

- Identifying genotypes with a thin seedcoat
- Estimating genetic variation in seedcoat thickness
- Evaluating protein contents in nucleus and seed coat

## Methods

Twenty-five genotypes of *Lupinus angustifolius* and two genotypes of *Lupinus opsianthus* a synonym of *L. angustifolius* varying in seed size were investigated in this experiment.

The analysed seeds were harvested at The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen in 1999 and 2000, except seeds of Bordako and Borweta, which were received from Germany.

For eleven of the genotypes, samples from the two years were investigated separately.

Thirty seeds from each sample were analysed, except for two genotypes where less seeds were available.

Eight of the genotypes are registered varieties; Tanjil, Wonga, Bordako, Borweta, Danja, Illyarie, Mirtan and Kalya, nineteen are lines in breeding research in Denmark.

Seeds were imbibed over night, the seed coat cut with a scalpel, and carefully removed. Each nucleus and seed coat was placed in a glass flask, dried 24 hours at 70°C, weighed, and seed coat proportion calculated. A theoretical seed coat thickness is calculated under the assumptions of equal mass density of seed coat and nucleus and a spherical shaped seed. The seed coat thickness is calculated as the difference between the radius of the whole seed and the radius of the nucleus.

The coats and nucleus from each genotype in each year were grinded in a coffee mill, dried 24 hours at 70°C. Then 14 mg of each nucleus, and 50 mg of seed coat material was taken for N analysis.

Nitrogen content was determined by the Dumas method. Thereafter crude protein content was calculated by multiplying total N with 6.25 as known from the Kjeldahl method.

## Conclusions

- The general picture of constant seed coat thickness and nucleus protein concentration at various seed sizes, and the identification of genotypes with small seed and thin seed coat could allow for breeding of new big seeded, thin-coated varieties with increased protein content.
- When looking at seed coat thickness in genotypes with different seed sizes, the calculated theoretical seedcoat is very useful to evaluate the seeds actual seedcoat thickness, without favoring the big seeded genotypes.
- If positive characteristics like the big seed of genotype 1, the protein content of genotype 16 and the thin seed coat of *L. opsianthus*-1 (table 1) could be combined in one, the theoretical seed produced would be a 225 mg seed with 14% seed coat, 54% crude protein in nucleus and 47% crude protein in whole seed.

## Results

The seed weight ranged from 52 mg to 226 mg. (table 1, figure 1). In general seed coat proportion decreased with increasing seed size (figure 1) however, one small seeded genotype with low seed coat proportion was identified. (Genotype *L. Opsianthus*-1 (table 1, figure 1 and figure 2)). Calculated seed coat thickness was from 0.18 mm to 0.30 with a weak tendency to be thicker in big seeded genotypes (table 1, figure 2).

Protein content ranged from 31% to 44% in whole seed, from 41% to 56% in nucleus and from 2.2% to 5.7% in seed coat (table 1). Protein concentration in seed does not seem to follow nucleus weight, and both small and big seeded genotypes with high protein concentration were identified (table 1).

Figure 1. Seed coat plotted against whole seed weight for individuals of 25 genotypes *L. angustifolius* and 2 genotypes *L. opsianthus*

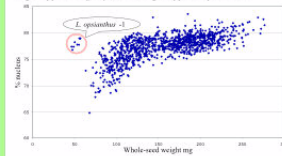


Figure 2. Calculated seed coat thickness (µm) in perspective with whole seed weight of 25 genotypes *L. angustifolius* and 2 genotypes *L. opsianthus*

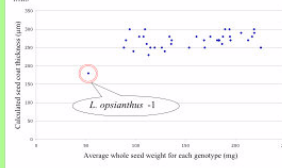


Table 1. Average seed weight, proportion of seed-coat, Nucleus seed coat thickness and crude protein contents in 25 genotypes of *Lupinus angustifolius* and 2 genotypes of *Lupinus opsianthus*.

Genotypes	Year	Seed weight (mg)	Seed coat		Nucleus		Crude protein	
			Proportion (%)	Thickness (µm)	Protein (%)	Protein (%)		
1	1999	226	22.2	0.29	55.6	5.7	44	
1	2000	226	19.8	0.21	50.2	3.1	42	
Borweta	2000	219	13.5	0.16	47.6	2.9	37	
Ornax	2000	212	20.6	0.24	46.3	3.6	37	
2	1999	191	21.6	0.28	46.1	2.9	38	
2	2000	200	15.1	0.19	44.7	3.1	35	
3	1999	182	18.9	0.27	44.8	2.9	35	
3	2000	212	20.3	0.27	46.7	2.9	37	
4	2000	144	13.1	0.16	40.1	3.7	35	
Tanjil	2000	199	21.0	0.29	47.2	4.1	38	
Andis	2000	189	23.0	0.29	45.9	2.9	37	
Wonga	2000	187	23.2	0.26	46.4	3.1	37	
2	1999	175	22.2	0.25	46.4	2.9	37	
8	2000	185	20.9	0.27	47.2	2.7	38	
6	1999	183	13.1	0.17	47.2	2.9	38	
6	2000	184	21.3	0.27	47.2	2.9	37	
7	1999	181	21.1	0.27	46.0	2.9	37	
9	2000	149	13.8	0.17	46.1	3.5	36	
9	1999	174	21.9	0.29	45.7	3.1	36	
9	2000	181	21.1	0.23	45.9	2.4	37	
10	1999	131	17.7	0.26	49.3	3.1	38	
10	2000	195	20.2	0.23	47.9	2.9	38	
11	1999	139	22.4	0.25	47.6	3.8	38	
11	2000	154	18.0	0.21	46.4	3.9	38	
12	1999	139	22.9	0.26	45.2	2.9	37	
Bordako	2000	140	22.9	0.27	42.2	2.4	31	
13	2000	129	11.3	0.14	36.4	3.3	41	
Borweta	2000	120	22.4	0.23	46.9	2.9	37	
14	1999	113	21.3	0.23	46.5	2.4	40	
15	1999	96	13.5	0.14	46.9	3.9	37	
16	2000	113	23.2	0.23	49.5	3.1	40	
Mean	2000	185	20.9	0.26	46.5	3.9	37	
17	1999	94	20.0	0.19	51.7	3.9	39	
16	2000	109	27.3	0.39	52.4	4.9	39	
17	1999	96	20.6	0.27	46.6	2.9	34	
17	2000	109	19.4	0.19	48.1	3.2	34	
<i>L. Opsianthus</i> -1	2000	66	24.7	0.23	44.1	3.1	32	
<i>L. Opsianthus</i> -1	1999	52	11.3	0.15	46.0	6.7	39	
Average	194	21.8	0.25	47.1	3.2	37		

## Variation in seed size, seed coat proportion and protein content in narrow leafed lupin

Hafdis Hauksdottir, Nikolai Kuptsov and Bjarne Joernsgaard

The Royal Veterinary and Agricultural University,  
Agrovej 10, DK-2630 Taastrup, Copenhagen Denmark

[hafdis@dsr.kvl.dk](mailto:hafdis@dsr.kvl.dk), [bj@kvl.dk](mailto:bj@kvl.dk)

### Abstract

Differences in seed coat proportions and protein content were studied in 27 genotypes of narrow leafed lupin, varying in seed size.

The seed weight ranged from 52 mg to 226 mg. Protein content ranged from 31% to 44% in whole seed, 41% to 56% in nucleus and from 2.2% to 5.7% in seed coat. In general seed coat proportion decreased with increasing seed size, however, one small seeded genotype with low seed coat proportion was identified.

Protein concentration in seed does not seem to follow nucleus weight, and both small and big seeded genotypes with high protein concentration were identified.

Consequent breeding of bigger seeded, thin coated, genotypes with increased protein content seems possible.

### Keywords

*Lupinus angustifolius*, *Lupinus opsianthus*, seed coat proportion, protein.

### Introduction

Lupins have a thick seed coat compared to other grain legumes. This results in higher fibre content, which reduces the digestibility (McDonald et al 1995). Young mono gastric animals are especially affected by this (McDonald et al 1995). Improved nutritional value could therefore be expected by lowering seed coat proportion, as thinner seed coat results in lower crude fibre content of whole seed (Clements et al 2001).

The problem of thick seed coat in sweet lupin has been an identified issue at least since 1974, as better domesticated sweet lupins were emerging (Hove 1974; Cowling et al 1998). This problem is still relevant when seed coat proportion in narrow leaved lupin (*Lupinus angustifolius*, *Lupinus opsianthus*) is compared with seed coat proportion in other more traditional crops for example soya bean (*Glycine max*) and pea (*Pisum sativum*). The seed coat proportion in narrow leaved lupin is between 19% and 29%, while domesticated soya bean has 7% and pea has 10% (Lush et al 1980).

This study was carried out to investigate the variation in seed coat proportion and protein content in relation to seed size in narrow leaved lupins.

## Methods

Twenty-five genotypes of *Lupinus angustifolius* and two genotypes of *Lupinus opsianthus* a synonym of *L. angustifolius* (Gladstones 1998) varying in seed size were investigated in this experiment.

The analysed seeds were harvested at The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen in 1999 and 2000, except seeds of Bordako and Borweta, which were received from Germany.

For eleven of the genotypes, samples from the two years were investigated separately.

Thirty seeds from each sample were analysed, except for two genotypes where less seeds were available.

Eight of the genotypes are registered varieties; Tanjil, Wonga, Bordako, Borweta, Danja, Illyarie, Mirtan and Kalya, nineteen are lines in breeding research in Denmark.

Seeds were imbibed over night, the seed coat cut with a scalpel, and carefully removed. Each nucleus and seed coat was placed in a glass flask, dried 24 hours at 70°C, weighed, and seed coat proportion calculated.

A theoretical seed coat thickness is calculated under the assumptions of equal mass density of seed coat and nucleus and a spherical shaped seed. The seed coat thickness is calculated as the difference between the radius of the whole seed and the radius of the nucleus.



The coats and nucleus from each genotype in each year were grinded in a coffee mill, dried 24 hours at 70°C. Then 14 mg of each nucleus, and 50 mg of seed coat material was taken for N analysis.

Nitrogen content was determined by the Dumas method (Jensen 1991). The analysis was repeated three times for the nucleus, and done once for the seed coat. Thereafter crude protein content was calculated by multiplying total N with 6.25 as known from the Kjeldahl method.

## **Results and discussion**

The seed weight ranges from 52 mg to 226 mg, and seed coat proportion from 19% to 29% in the investigated material. Average seed weight and seed coat proportion are 154 mg and 22.6%.

Seed coat proportion decreases with increasing seed size (table 1). Under the assumptions of equal mass density of seed coat and, nucleus, a spherical shaped seed and constant seed coat proportion will decrease inverse hyperbolically with increased seed size.

In the investigated material the observed reduction in seed coat proportion with increased size in average over genotypes is slightly less than expected under the above mentioned assumptions. Thus there appears to be a general but weak tendency for increased seed coat thickness with increasing seed size in the investigated material.

However, outliers with small seed and a low seed coat proportion are identified, e.g. the genotype *L. opsianthus-1* (figure 1; table 1). Despite its low seed weight of 52 mg the seed coat proportion is only 21.9% and the calculated seed coat thickness 0.18 mm.

Protein content in whole seed ranges from 31% to 44%. The crude protein content in the seed coat is low and varies from 2.2% to 5.7%, and in the nucleus from 41% to 56%. Genotypes which have high seed coat protein concentrations also have high protein concentrations in nucleus (Table 1).

The protein concentration in the nucleus is not related to seed size and consequently both small and large seeded genotypes with high nucleus protein concentration are identified.

Genotype 16 has an average protein concentration of 38.5% in whole seed; however, the concentration in the nucleus is the highest among the investigated genotypes 54.3%. This is due to the very high seed coat proportion in this genotype 27.8%, which masks its high protein content when the protein analyses are performed on whole seeds (table 1).

Significant variation in seed size, protein concentration in nucelus and seed coat thickness is identified, for example the big sed of genotype 1, the protein content of genotype 16 and the thin seed coat of *L. opsianthus*-1 (table 1).

If their positive characteristics could be combined the theoretical seed produced could be a 225 mg seed with only 14% seed coat, 54% crude protein in nucleus and 47% crude protein in whole seed.

In comparison to the narrow leafed lupins acutally grown in practical farming this would be a significant improvement in quality.

The perspectives for further reductions in the seed coat proportion can be perspectivated by the excamples of wild and domesticated peas. In wild pea a seed coat proportion up to 27 % is found while the proportion in domesticated pea is around 10% (Lush et al 1980).

## Literature Cited

Clements, J. and M. Dracup. 2001. Lowering the seed hull proportion in narrow leafed lupin (*L. angustifolius*) p 293. IN: AEP (European Association for Grain Legume Research) (eds). Towards the sustainable production of healthy food, feed and novel products. Proc. of the 4<sup>th</sup> European Conference on Grain Legumes, Cracow/Poland, 8-12 July, 2001. AEP, Paris, France. 2001.

Cowling, W.A., C. Huyghe and W. Swiecicki. 1998. Lupin Breeding. pp 93-120. IN: J.S. Gladstones, C. Atkins and J. Hamblin (eds.). Lupins as Crop plants, Biology, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK, New York, USA.

Gladstones, J.S. 1998. Distribution, Origin, Taxonomy, History and Importance. pp 1-39. IN: J.S. Gladstones, C. Atkins and J. Hamblin (eds.). Lupins as Crop plants, Biology, Production and Utilization. CAB International, Wallingford, UK, New York, USA.

Hove, L.E. 1974. Composition and Protein Quality of Sweet Lupin Seed. Journal of the Science of Food and Agriculture 25: 851-859

Jensen, E.S. 1991 Evaluation of automated analysis of <sup>15</sup>N and total N in plant material and soil. Plant and Soil 133:82-92

Lush, W.M. and L.T. Evans. 1980. The Seed Coats of Cowpeas and other Grain Legumes, Structure in relation to Function. *Field Crops Research* 3: 267-286

McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh and C.A. Morgan. 1995. *Animal Nutrition*, Fifth Edition. 605 p. Ch. 23. Protein concentrates. pp 511-543. Longman Scientific & Technical. Essex, UK

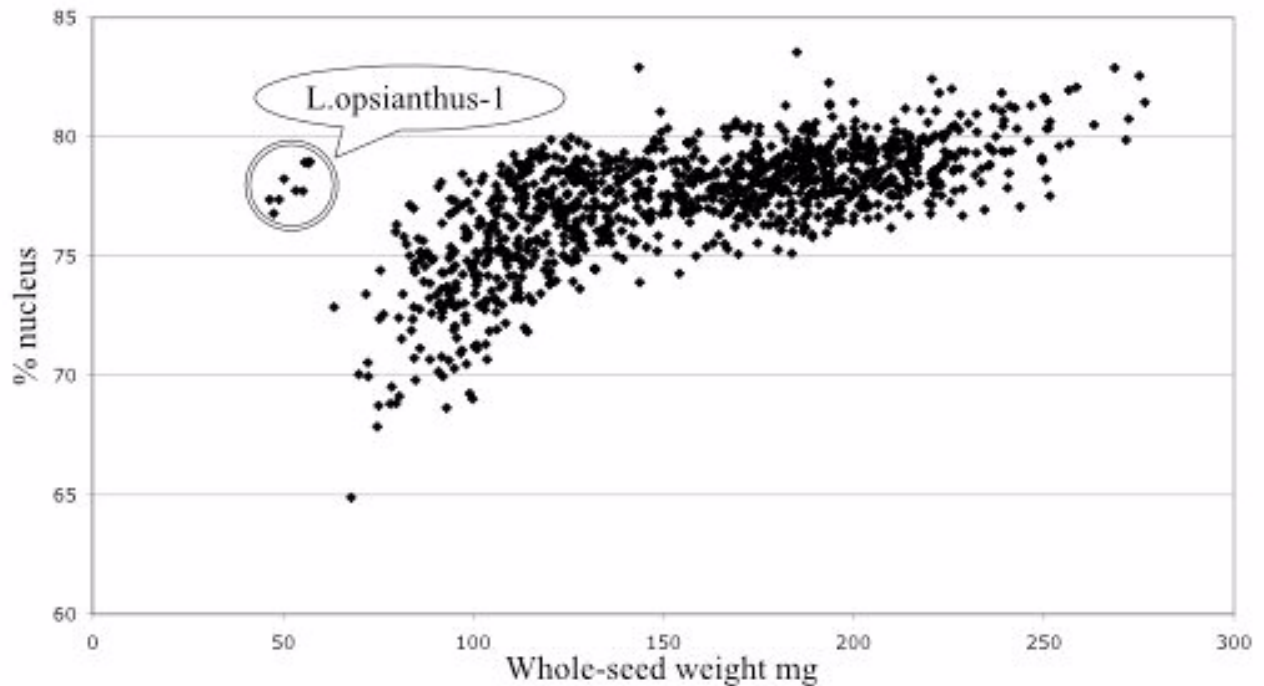


Figure 1. Seed coat proportion plotted against whole seed weight for individuals of 25 genotypes *L. Angustifolius* and 2 genotypes *L. opsianthus*

**Table 1.** Average seed weight, proportion of seed coat, theoretical seed coat thickness and crude protein contents in 25 genotypes of *Lupinus angustifolius* and 2 genotypes of *Lupinus opsianthus*

Genotypes	Harvest-year	Weight (whole seed) mg	Seed coat %	Theoretical Seed coat thickness mm	Crude protein			
					Nucleus %	Seed coat %	Whole seed %	
1	1999	219	22.2	0.30	53.8	0.67	5.7	44
1	2000	226	18.8	0.25	50.2	0.39	3.1	42
Illyarie	2000	219	21.5	0.29	47.3	0.11	2.8	37
Danja	2000	217	20.6	0.28	46.5	0.05	3.6	37
2	1999	195	21.6	0.28	46.1	0.92	2.9	38
2	2000	206	22.1	0.29	44.7	0.65	3.1	35
3	1999	182	20.9	0.27	44.8	1.65	2.8	35
3	2000	213	20.3	0.27	45.7	1.46	2.9	37
4	2000	194	23.2	0.30	49.3	1.03	3.7	39
Tanjil	2000	190	23.0	0.30	47.2	1.10	4.1	38
Kalya	2000	188	22.0	0.28	45.9	0.50	2.8	37
Wonga	2000	187	22.2	0.26	46.4	0.40	3.1	37
5	1999	175	22.3	0.28	46.4	0.24	2.8	37
5	2000	195	20.8	0.27	47.2	0.55	2.7	38
6	1999	183	21.1	0.27	47.5	0.20	2.6	38
6	2000	184	21.3	0.27	47.2	0.41	2.6	37
7	1999	183	21.1	0.27	46.0	0.53	2.4	37
8	2000	169	21.8	0.27	46.3	0.54	2.5	36
9	1999	134	23.8	0.28	45.7	1.09	2.3	35
9	2000	161	22.7	0.28	45.9	0.35	2.4	37
10	1999	111	23.7	0.26	49.3	0.33	3.1	38
10	2000	169	20.5	0.25	47.0	1.65	2.9	38
11	1999	119	22.4	0.25	47.8	0.03	3.0	38
11	2000	154	20.9	0.25	46.4	0.23	3.0	38
12	1999	136	22.5	0.26	43.2	0.75	2.5	35
Bordako	2000	136	22.9	0.27	41.2	0.69	2.4	31
13	2000	129	21.2	0.24	50.4	0.46	3.3	41
Borweta	2000	126	22.4	0.25	45.0	1.01	2.4	37
14	1999	113	21.5	0.23	49.5	0.07	2.8	40
15	1999	98	23.5	0.24	46.9	0.22	3.0	37
15	2000	115	22.5	0.25	50.3	0.41	3.1	40
Mirtan	2000	103	25.9	0.28	48.5	0.95	3.8	37
16	1999	94	28.5	0.30	55.7	1.00	5.0	38
16	2000	109	27.1	0.30	52.8	0.14	4.6	39
17	1999	90	26.6	0.27	44.6	0.23	2.4	34
17	2000	108	25.4	0.28	44.1	1.12	2.2	34
L.Opsianthus-2	2000	88	24.7	0.25	41.7	0.99	5.1	32
L.Opsianthus-1	1999	52	21.9	0.18	46.6	0.39	4.7	38
	<b>Average</b>	154	22.6	0.27	47.1		3.2	37
	<b>LSD</b>	9.02	0.65	0.001				

DEN KGL. VETERINÆR- OG LANDBOHØJSKOLE  
Institut for Jordbrugsvidenskab



Planteforædling og  
Plantekultur  
Agrovej 10  
2630 Tåstrup

Til lupinavlere hos firmaet DLF

Goddag, mit navn er Hafdis, og jeg studerer agronomi ved KVL.

Jeg skal til at skrive speciale om smalbladet lupin (*Lupinus angustifolius*), og jeg vil i den forbindelse spørge om De kan afse 1 minut til at hjælpe mig med lidt baggrundsinformation.

Jeg er meget interesseret i den praktiske erfaring som I har opnået ved dyrkning af lupiner i jeres marker, og har derfor fået jeres adresser hos Ole Grønbæk DLF.

Det vil glæde mig, hvis De kan svare på vedlagte spørgsmål, og returnere svarene til mig enten i det medfølgende konvolut (porto er betalt), eller via e-post: [hafdis@dsr.kvl.dk](mailto:hafdis@dsr.kvl.dk).

Mit speciale kommer til at dreje sig om smalbladet lupin *Lupinus angustifolius*.

Med venlig hilsen og på forhånd tak.

---

Stud. Hafdis Hauksdóttir

PS. Svarene ønskes retur før den **1. marts**.

Tak igen. HH.

**Hafþís Hauksdóttir**  
specialestuderende

**KVL**  
institut for jordbrugsvidenskab

### Spørgeskema

1. Hvor længe har du dyrket smalbladede lupiner? \_\_\_\_\_ år

2. Hvor stort var lupinarealet i år 2001? \_\_\_\_\_ ha

3. Hvilken sort af smalbladede lupiner dyrker du? \_\_\_\_\_

4. Hvor meget lupinudbytte var der i 2001? \_\_\_\_\_ t / ha.

5. Hvornår blev lupinerne sået og høstet?      Sådato: \_\_\_\_\_      Høstdato: \_\_\_\_\_

6. Hvilken udsædsmængde brugte du? \_\_\_\_\_ kg / ha

7. Var udbyttet godkendt til fremavl? \_\_\_\_\_

Hvis nej: hvad var problemet? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8. Har ukrudt været et problem i lupinerne? Hvis ja, hvilket ukrudt? \_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

9. Hvilke ukrudtsbekæmpelses metoder blev der brugt i lupinmarken og hvor tit? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Vend venligst bladet 

**Hafdís Hauksdóttir**  
specialestuderende

**KVL**  
institut for jordbrugsvidenskab

10. Har der været problemer på grund af sygdomme i lupinafgrøden? Hvis ja, hvilke sygdomme? \_\_\_\_\_

---

---

11. Har der været problemer på grund af skadedyr i lupinafgrøden? Hvis ja, hvilke skadedyr? \_\_\_\_\_

---

---

12. Har du haft problemer på grund af lejesæd i lupinerne? \_\_\_\_\_

---

---

13. Er forholdene i din lupinmark velegnede for lupiner efter din mening? \_\_\_\_\_

---

---

Yderligere kommentarer er meget velkomne:

Navn: \_\_\_\_\_ Telefon: \_\_\_\_\_

(Hvis jeg må kontakte dig senere, hvis der opstår behov for uddybende spørgsmål)

**Tabel B.** Oversigt over arealstørrelse, sort, udbytte, sådatoer, høstdatoer, udsædsmængde, kvalitet (godkendelse) og ukrudtsbekæmpeshyppighed hos nogle økologiske avlere af smalbladet lupin, i Danmark  
Kilde: (ti økologiske lupinavlere hos frøfirmaet DLF)

Lupin areal 2001 (ha)	Sort	Udbytte			uds. kg/ha	God-	Strigling/
		t/ha	sådato	høstdato		kendt	Blindh./
					til fremavl	(+/-)	Radræns
5.5	Prima (E101)	3.744	12.04.01	30.08.01	-	+	-
4	Prima (E101)	2.5	01.04.01	03.09.01	180	+	1
2.5	Prima (E101)	3	10.04.01	15.10.01	170	-	3
12	Prima (E101)	3.1	13.04.01	30.08.01	183.64	+	2-3
7	Prima (E101)	2.5	03.04.01	05.09.01	-	+	2
7.8	Prima (E101)	2.9	12.04.01	20.08.01	160	+	1
6.52	Prima (E101)	2.7	04.04.01	30.08.01	140	+	1
3.1	Prima (E101)	2	10.04.01	05.09.01	215	+	3
6.5	Prima (E101)	2.6	03.04.01	28.08.01	200	-	3
15.2	Prima (E101)	4	15.04.01	15.09.01	150	-	2