

de natuurlijke kennisbron

Lupineveredeling voor kalkrijke bodems

*Onderzoek naar
perspectievolle lijnen*

*Edwin Nuijten
Udo Prins*

LOUIS BOLK
I N S T I T U U T

© 2013 Louis Bolk Instituut
Lupineveredeling voor kalkrijke bodems
Onderzoek naar perspectiefvolle lijnen
Dr. ir. Edwin Nuijten, Ir. Udo Prins
33 pagina's
Publicatienummer 2013-012 LbP
www.louisbolk.nl

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van het project 'Lupineveredeling voor kalkrijke bodems: Onderzoek naar perspectiefvolle lijnen', uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut in 2011 en 2012. Het project is gefinancierd uit het programma Groene Veredeling. In 2010 en 2011 zijn eerste verkenningen uitgevoerd met financiering via Bioconnect flexgeld (2010) en Stichting Zaadgoed (2011). Dit project kon gerealiseerd worden door de inhoudelijke bijdrage van veredelaars B. Jørnsgård van de Universiteit van Kopenhagen, Herman van Mierlo van Globe Seeds, Marlijn Helendoorn van VanDijke Semo, Proefboerderij Rusthoeve, de telers Jos Jeuken en Jan van 't Hul, en Carrie Lucassen van LI Frank. Met dit verslag hopen we een bijdrage te leveren aan het mogelijk maken van veredeling van lupine voor kalkrijke bodems in Nederland.

Edwin Nuijten

Udo Prins

Inhoud

Voorwoord	3
Inhoud	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Materiaal en Methoden	11
3 Resultaten	15
3.1 Opkomst	15
3.2 Symptomen kalktolerantie	16
3.3 Bladgezondheid en gewasstand	18
3.4 Planthoogte en bodembedekking	19
3.5 Vroegheid bloei en rijpheid	21
3.6 Aantal etages en rijpheid	22
3.7 Opbrengst	23
3.8 Overige resultaten	25
3.9 Aanpassingsvermogen en erfelijkheid van eigenschappen	26
3.10 Relatie koolzure kalk en plantgroei	27
4 Conclusies	29
4.1 Perspectief voor na 2012	31
Literatuur	33

Samenvatting

Lupine (*Lupinus spp*) trekt belangstelling van zowel biologische als gangbare akkerbouwers die zoeken naar een vlinderbloemig gewas om hun vruchtwisseling te verruimen niet alleen als veevoer, maar ook voor humane voeding. Voor humane consumptie moet de korrel van zoete lupine een alkaloïde gehalte hebben van maximaal 0,02%, wat een goed rendement kan geven. De verwerkende industrie vindt lupine belangrijk als GMO-vrije eiwitbron ter vervanging van soja. De beschikbare rassen kunnen echter alleen op kalkarme (zand-)grond geteeld worden, terwijl de grootste arealen akkerbouw in Nederland op kalkrijke kleigronden liggen. Er is dus behoefte aan kalktolerante rassen. In 2010 en 2011 zijn eerste verkenningen uitgevoerd met lijnen van witte lupine (*L. albus*) van de Deense veredelaar B. Jørnsgård. De resultaten waren positief en gaven aanleiding om de verkenning voort te zetten. In 2012 was het doel een bredere evaluatie van lijnen van witte lupine op hun geschiktheid voor teelt op kalkrijke kleigrond om te beoordelen of er perspectief is voor verdere veredeling voor zowel gangbare als biologische teelt. Op basis van de geselecteerde lijnen kunnen vervolgens rassen ontwikkeld worden. Met de veldproeven kan ook meer duidelijkheid verkregen worden over de mechanismen achter kalkgevoeligheid. In 2012 kon het onderzoek onder het programma Groene Veredeling breder worden opgezet en zijn naast de lijnen van Deense herkomst ook lijnen van de Nederlands veredelaar Van Mierlo meegenomen in vier veldproeven met een hoog gehalte aan kalkzure kalk en hoge pH. Waarnemingen zijn gedaan voor opkomstpercentage, symptomen kalkgevoeligheid, bodembedekking, plantlengte, begin bloei, vroegheid van afrijping en opbrengst. Van perspectiefvolle lijnen zijn alkaloïdegehaltes gemeten. Uit het onderzoek van 2012 bleek dat de twee veredelaars een verschillend idee hebben over het ideale planttype: een niet vertakkend en een vertakkend planttype. Door het relatief koele weer in 2012 rijpte de lupine laat af. Hierdoor waren 8 lijnen niet op tijd rijp. De andere lijnen zijn enkele weken vroeger of net zo vroeg als de referentierassen. Op enkele lijnen na, is de opbrengst van deze lijnen vergelijkbaar of hoger dan de referentierassen, hetgeen duidt op een redelijke aanpassing aan kalkrijke gronden. De meeste lijnen lieten geen zware symptomen van kalkgevoeligheid zien. Lichte symptomen van kalkintolerantie hebben waarschijnlijk wel invloed op opbrengst, maar het mechanisme is nog onduidelijk. Er is een positieve correlatie tussen opbrengst en alkaloïde gehalte. Twee lijnen met een voldoende laag alkaloïde gehalte voor menselijke consumptie zijn qua opbrengst vergelijkbaar met de referentierassen. Wel zijn deze lijnen ongeveer twee weken vroeger dan de referentierassen. Schattingen zijn dat een opbrengst van ongeveer 4 ton/ha op kleigrond mogelijk moet zijn voor een vroeg ras. Uitgaande van €700/ton (meerprijs vanwege regionale teelt) betekent dit voldoende rendement voor telers. De afzetmogelijkheden van lupine voor humane voeding worden geleidelijk steeds groter. De potentie van de twee planttypen en van de individuele lijnen is besproken met de betrokken veredelaars. Verbetering door individuele plantselectie lijkt perspectiefvol te zijn.

1 Inleiding

Zowel biologische als gangbare akkerbouwers zoeken naar een vlinderbloemig gewas om hun vruchtwisseling te verruimen met een stikstofbindend en fosfaatontsluitend gewas met goed financieel rendement. Met name zoete lupine (zogenaamd '4e gewas' voor de gangbare teelt) trekt veel belangstelling. Als veevoer mag zoete lupine een alkaloïde gehalte van maximaal 0.03% hebben voor varkens en 0.06% voor koeien. Voor humane voeding mag zoete lupine een alkaloïde gehalte van maximaal 0,02% in de korrel hebben. Zoete lupine geeft uitzicht op een goed rendement als het voldoet aan de normen voor humane consumptie. Ook de verwerkende industrie (o.a. L.I. FRANK en Vegaterische Slager) vindt lupine belangrijk als GMO-vrije eiwitbron ter vervanging van soja. Zoete lupine kan gebruikt worden als functioneel ingrediënt (bv. in brood en koekjes), maar ook als hoofdbestanddeel zoals in vegetarisch vlees of lupine ijs. LBI heeft met positief resultaat onderzoek gedaan naar rassen op zandgronden (Prins en Van de Vijver, 2010) en zet dit onderzoek momenteel voort samen met o.a. Productschap Akkerbouw, Vandijke Semo en L.I.FRANK in de Veenkoloniën. Echter, de huidige beschikbare rassen kunnen alleen op kalkarme (zand-)grond geteeld worden, terwijl de grootste arealen akkerbouw in Nederland juist op kalkrijke kleigronden liggen (Zeeland, Flevopolders, West-Brabant etc.). Er is dus behoefte aan kalktolerante rassen.

Met financiering via Bioconnect flexgeld (2010) en Stichting Zaadgoed (2011) zijn eerste verkenningen uitgevoerd, met respectievelijk 30 en 57 kalktolerante witte lupinelijnen (*Lupinus albus*) van de Deense veredelaar Bjarne Jømsgård van de Universiteit van Kopenhagen (Jømsgård en Raza, 2008). De eerste resultaten waren positief. Ongeveer 15 lijnen leken geschikt qua kalktolerantie, vroegheid en opbrengst. Dit materiaal lijkt dus perspectief te bieden voor verdere veredeling voor zowel gangbare als biologische teelt op Nederlandse kleibodems. Als hier meer concrete informatie over is, kan een keten opgezet worden van Nederlandse (internationaal opererende) verwerkers en met zaadbedrijven, die geïnteresseerd zijn in veredeling van zoete lupine.

Projectdoel

Het doel van dit project was de evaluatie en selectie op geschiktheid voor de teelt op kalkrijke gronden uitgaande van circa 20 lupine lijnen (*L. albus*). Uit de geselecteerde lijnen kunnen rassen ontwikkeld worden. Met deze veldproeven kan ook meer duidelijkheid verkregen worden over het optreden van kalkchlorose en intolerantie.

2 Materiaal en Methoden

Proefopzet

In 2012 zijn 4 veldproeven opgezet, 1 op een biologische locatie, en 3 op gangbare locaties. Twee proeven lagen bij een gangbare en een biologische teler te liggen. De andere twee proeven lagen bij de Rusthoeve en Vandijke Semo. Op de gangbare locaties zijn behalve bodemherbicides na zaai geen chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest gebruikt. Twee veldproeven zijn begin april ingezaaid, een medio april, en de 4^e begin mei. Deze 4^e veldproef was laat ingezaaid omdat dit door de vele regen niet eerder mogelijk was.

Van twee veredelaars is materiaal gezaaid. Van Jørmsgård is in alle proeven het materiaal, 17 F8-lijnen, zo veel mogelijk in 4 herhalingen gezaaid (Tabel 1). Van genotypen 11 t/m 41 had Jørmsgård onvoldoende zaad beschikbaar en daarom is hiervan de oogst van het proefveld in de Flevopolder van 2011 gebruikt. De veldgrootte was 2.25 m². Van het materiaal van Van Mierlo (6 lijnen) was

Tabel 1: Aantal herhalingen per genotype witte lupine per locatie in 2012.

Genotype	Oorsprong zaad	Planttype	Vroegheid klasse	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen
1	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
2	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
3	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
4	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
5	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
6	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
7	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
8	Jørmsgård	vertakkend	Vroeg	4	4	4	4
9	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
10	Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
11	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Vroeg	4	4	4	4
12	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Vroeg	4	3	3	3
13	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Vroeg	4	4	3	4
14	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Vroeg	3	2	2	2
17	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	2	2	2	3
30	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	2	1	2	-
41	Nateelt Jørmsgård	vertakkend	Middel vroeg	2	2	1	-
42	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	2	-
43	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	2	-
44	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	1	-
45	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	1	-
46	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	2	-
47	Van Mierlo	hoofdstengel	Vroeg	2	2	1	-
15	Commercieel zaad	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4
16	Commercieel zaad	vertakkend	Middel vroeg	4	4	4	4

beperkt zaad beschikbaar. Dit is op drie locaties gezaaid, in 1 à 2 herhalingen (zie tabel 1), met veldgrootte van 1.1 m². De plantdichtheid was 40 planten per vierkante meter. Twee referentierassen, Dieta en Volos, zijn meegenomen ter vergelijking. Deze rassen zijn voor Nederlandse omstandigheden echter te laat in afrijping, en hebben een te lage opbrengst op kalkrijke kleigronden.

Tabel 2: Gemeten eigenschappen, methode en aantal maanden na zaai voor witte lupine op 4 locaties in 2012.

Eigenschap	Methode	Tijdstip (maanden na zaai)	Zeeland	Haar- lemmer- meer	Flevo- polder	Groningen
Zaaidatum	-	-	14-5	8-7	7-4	18-4
Opkomst	In %	1	-	7-5	7-5	5-6
Zware symptomen kalkchlorose (geel / geknepen blad)	aantal planten / veldje	1	-	7-5	7-5	-
Zware symptomen kalkchlorose (geel / geknepen blad)	aantal planten / veldje	2	-	11-6	11-6	19-6
Zware symptomen kalkchlorose (geel / geknepen blad)	aantal planten / veldje	3.5	-	-	-	2-8
Lichte symptomen kalkchlorose (slap / fluwelig blad)	aantal planten / veldje	2 - 3.5	5-7	11-6	11-6	2-8
Gewasstand	Schaal van 1-9	2 - 3	16-8	11-6	11-6	3-7
Bladkleur	Schaal van 1-9	3 - 3.5	16-8	17-7	17-7	-
Vroegheid	Schaal van 1-9	2	5-7	11-6	11-6	19-6
Aantal etages met bloemen	Aantal etages	3 - 3.5	16-8	17-7	17-7	-
Einde bloei	0/1	3 - 3.5	16-8	17-7	17-7	-
Bodembedekking	In %	2 - 3.5	5-7	17-7	17-7	-
Planthoogte	In cm	3.5	4-9	17-7	17-7	2-8
Legering	Schaal van 1-9	4	4-9	-	-	-
Vroegrijpheid	Schaal van 1-9	4.5 - 5	14-9	1-9	26-8	11-9
Opbrengst	in ton / ha	5 - 5.5	20-9 / 12-10	7-9	10-9	11-9 / 21 -9

Waarnemingen

Waarnemingen zijn gedaan met betrekking tot opkomstpercentage, symptomen kalkchlorose, bodembedekking, plantlengte, begin bloei, legeringsgevoeligheid, en vroegheid afrijping (Tabel 2). De proefvelden zijn in september-oktober geoogst. De alkaloiidegehaltenes zijn in december gemeten. De opbrengstgegevens van de Rusthoeve waren pas in januari beschikbaar. Vandijke Semo heeft de

evaluaties uit gevoerd op hun eigen proefveld, en LBI de evaluaties op de andere drie proefvelden, op de Rusthoeve in samenwerking met de Rusthoeve.

Proefveldlocaties

Alle proefvelden hebben een hoog gehalte aan kalkzure kalk en hoge pH. De zwaarte van de grond varieerde, van lichte zavel in Zeeland tot zware zeeklei in Groningen (zie tabel 3). Het hoge percentage organische stof van het proefveld in de Flevopolder is veroorzaakt doordat veen dat is uitgegraven bij de aanleg van een naburige spoorlijn is uitgespreid over het land. Hierdoor is ook het percentage koolzure kalk gedaald van ruim 8% naar 6.9% wat gemeten is in het najaar van 2012. Het percentage afslibbaar in Groningen is een schatting.

Tabel 3: Bodemeigenschappen van de vier proefvelden met witte lupine in 2012.

	Koolzure kalk (%)	pH	Organische stof (%)	% afslibbaar	% lutum	K
Zeeland	6.6	7.5	1.5	20	13	15
Haarlemmermeer	6.4	7.4	3.8	29	19	19
Flevopolder	6.9	7.1	5.8	37	20	27
Groningen	8.6	7.3	-	50-60	-	-

Statistische analyse

Voor alle eigenschappen zijn gemiddelde waarden berekend per proefveldlocatie en over alle proefveldlocaties. Omdat het in dit project vooral om een beschrijvend onderzoek gaat, en relatief veel lijnen op een beperkt aantal locaties gezaaid konden worden, moeten de gemiddelde waarden over alle proefvelden slechts als indicatief gezien worden. Voor de berekening van erfelijkheidsgraden is een ANOVA uitgevoerd met een beperkt aantal lijnen (6 lijnen) dat in alle locaties gezaaid was.

Onderzoek opzet keten

LBI heeft, als procesbegeleider, in een aantal bijeenkomsten onderzocht wat de perspectieven zijn voor het opzetten van een consortium dat een veredelingsprogramma in Nederland kan ondersteunen. Dit is uitgevoerd met VanDijke Semo en LI Frank als meest direct belanghebbenden.

3 Resultaten

3.1 Opkomst

De opkomst was over het algemeen goed en vergelijkbaar met dat van twee referentie rassen (Tabel 4). De opkomst van het materiaal van Jømsgård was gemiddeld het beste. Dit materiaal komt uit Egypte waar de omstandigheden voor zaadteelt zeer gunstig zijn. Qua kieming is de nateelt van het materiaal van Jømsgård vergelijkbaar met het materiaal van Van Mierlo en de twee commerciële rassen.

Tabel 4: Opkomstpercentages van witte lupine genotypen, op een aantal locatie in 2012.

Genotype	Oorsprong zaad	Zeeland	Haar- lemmer- meer	Flevo- polder	Groningen	gemiddeld
1	Jømsgård	*	93	96	93	94
2	Jømsgård	*	84	96	98	93
3	Jømsgård	*	88	98	94	93
4	Jømsgård	*	80	95	90	88
5	Jømsgård	*	84	81	84	83
6	Jømsgård	*	90	90	97	92
7	Jømsgård	*	75	78	81	78
8	Jømsgård	*	86	93	88	89
9	Jømsgård	*	92	95	99	95
10	Jømsgård	*	84	97	90	90
11	Nateelt Jømsgård	*	79	82	76	79
12	Nateelt Jømsgård	*	72	77	59	69
13	Nateelt Jømsgård	*	89	87	86	87
14	Nateelt Jømsgård	*	69	73	66	69
17	Nateelt Jømsgård	*	76	80	67	74
30	Nateelt Jømsgård	*	80	93	-	87
41	Nateelt Jømsgård	*	87	98	-	93
42	Van Mierlo	*	73	82	-	78
43	Van Mierlo	*	70	80	-	75
44	Van Mierlo	*	74	88	-	81
45	Van Mierlo	*	81	93	-	87
46	Van Mierlo	*	69	72	-	71
47	Van Mierlo	*	86	85	-	86
Dieta	Commercieel ras	*	80	94	90	88
Volos	Commercieel ras	*	73	75	70	73
Gemiddeld	Jømsgård	*	86	92	91	90
Gemiddeld	Nateelt Jømsgård	*	79	84	71	78
Gemiddeld	Van Mierlo	*	76	83	-	79
Gemiddeld	Totaal	*	81	87	84	84

* niet gemeten

3.2 Symptomen kalktolerantie

Duidelijke symptomen van kalkchlorose zijn geel of gelig blad. Lichtere vormen van kalkintolerantie kunnen leiden tot een gebrekkige groei, dat zich uit in kortere stengels, minder zijtakken en kortere wortels in latere groeistadia, en uiteindelijk leidt tot een lagere opbrengst (Jessop et al., 1990). Ons onderzoek richtte zich specifiek op witte lupine (*L. albus*). Blauwe lupine staat meer bekend als kalkintolerant (Jessop et al., 1990). Een verklaring hiervoor is dat witte lupine clusterwortels maakt, die de directe omgeving van de wortel kunnen verzuren, waardoor witte lupine kan groeien bij een hoger gehalte aan koolzure kalk (Kerley, 2000). Een andere factor is dat witte lupine minder gevoelig voor ijzerdeficiëntie lijkt dan blauwe lupine. Bladchlorose ontstaat waarschijnlijk door een onbalans in de verhouding van Fe^{2+} en Fe^{3+} concentraties in het blad (Mengel, 1994; in Kerley et al., 2002).

De groei van commercieel beschikbare rassen zou meer door hoge pH en/of een hoog gehalte aan koolzure kalk gelimiteerd worden dan door bodemtextuur (Tang et al., 1995). Uit onze observaties blijkt dat bodemtextuur een rol speelt bij het optreden van kalkintolerantie, en dat ook factoren zoals bodemtemperatuur en waterverzadiging van de bodem een rol spelen. Deze factoren, in combinatie met luchttoevoer beïnvloeden de gevoeligheid voor ijzerdeficiëntie (White, 1990). Na een tijdelijke verzadiging van de bodem kunnen planten uit een ijzerdeficiëntie groeien als er voldoende lucht in de bodem komt. Een goede nodulering met *Rhizobium* kan er ook voor zorgen dat ijzerdeficiëntie minder voorkomt. (White, 1990). Een andere belangrijke factor voor de reductie in groei is dat in bodems met veel koolzure kalk een disbalans ontstaat in de calcium huishouding in de plant, waardoor het openen van huidmondjes onderdrukt wordt (Kerley, 2000). Door een gereduceerde opname van CO_2 is er vervolgens minder assimilatie, met als gevolg een lagere opbrengst.

Zware symptomen

Typische zware symptomen voor kalkintolerantie zijn een geel en/of geknepen blad in combinatie met een zeer kleine plant in de eerste maanden na zaai. Voor alle locaties zijn de percentages laag (Tabel 5). Het hoogst zijn ze voor Groningen voor een drietal genotypen (3, 4 en 5). In Groningen waren de omstandigheden het zwaarst. Na 3 maanden is in Groningen nogmaals een telling gedaan waarbij de verschillen tussen genotypen verdwenen zijn. Uit verschillende studies bleek dat planten na een initiële bladchlorose geen chlorose meer lieten zien in latere groeistadia (Tang et al., 1995; Kerley, 2000). In Zeeland zijn geen tellingen gedaan omdat geen planten met duidelijke symptomen gevonden waren. Een verklaring hiervoor is dat het proefveld vrij laat gezaaid is, in een relatief warme bodem, op een perceel met goede bodemstructuur en dat na de eerste 6 weken na zaai de hoeveelheid regenval normaal was.

Het materiaal van Van Mierlo liet op geen van de locaties duidelijke symptomen liet zien van kalkintolerantie maar een aantal genotypen had op de locaties in de Flevopolder en Haarlemmermeer wel een duidelijk kleinere plant dan wat was verwacht. Dit geeft aan dat deze lijnen minder goed lijken te zijn aangepast aan zwaardere kleigronden.

Tabel 5: Het percentage planten met zware symptomen voor kalkchlorose van verschillende genotypen van witte lupine, gemeten op verschillende momenten na zaai op 4 locaties in 2012.

Genotype	1 maand na zaai		2 maand na zaai			3 maand na zaai
	Haarlemmermeer	Flevo-polder	Haarlemmermeer	Flevo-polder	Groningen	Groningen
1	0,0	0,0	1,9	0,3	0,0	4,2
2	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	3,3
4	0,9	0,0	0,6	0,8	8,7	4,9
5	0,0	0,0	0,0	0,0	7,7	3,8
6	1,4	0,6	0,0	0,0	0,3	2,4
7	0,4	0,0	1,1	0,4	1,2	5,8
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,8
9	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	3,0
10	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	4,5
11	0,0	0,0	1,0	0,0	1,1	1,6
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2
13	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	4,4
14	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	1,5
17	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	5,2
30	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
41	0,6	0,0	1,7	0,0	-	-
42	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
43	0,7	0,0	2,1	0,0	-	-
44	0,0	0,0	0,0	1,1	-	-
45	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
46	0,0	0,0	0,7	0,0	-	-
47	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
Dieta	0,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,1
Volos	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	4,4

Lichte symptomen

Lichte symptomen zijn een wat lichtgroen slappig blad wat meestal pas rond of na bloei gevormd wordt. De percentages slappig blad waren het hoogst voor accesssies 3, 4, 5 en 30 (Tabel 6). Bij genotypen 3, 4 en 5 was ook zichtbaar dat veel planten alleen bij de eerste etage peulen zetten, maar niet meer bij de tweede en derde etage. Dit was in mindere mate ook zichtbaar bij genotype 6 in de Flevopolder. Bij andere genotypen was dit soms zichtbaar bij individuele planten, of bij enkele herhalingen.

Tabel 6: Het aantal planten met lichte symptomen van kalkchlorose van verschillende witte lupine genotypen per locatie in 2012.

Genotype	Zeeland	Haarlemmer- meer	Flevo-polder	Groningen	Gemiddeld
1	7	0	1	2	2,5
2	4	0	0	3	1,8
3	5	6	12	3	6,5
4	10	10	16	7	10,8
5	10	13	14	8	11,3
6	2	0	2	2	1,5
7	3	1	2	4	2,5
8	4	1	1	4	2,5
9	2	0	0	3	1,3
10	3	3	0	3	2,3
11	0	0	1	1	0,5
12	3	0	0	2	1,3
13	3	0	0	2	1,3
14	4	0	1	1	1,5
17	3	0	0	1	1,0
30	6	8	10	-	8,0
41	6	0	0	-	2,0
42	1	0	0	-	0,3
43	3	0	0	-	1,0
44	1	0	2	-	1,0
45	2	0	0	-	0,7
46	2	0	0	-	0,7
47	1	0	0	-	0,3
Dieta	1	0	0	2	0,8
Volos	3	0	0	3	1,5

3.3 Bladgezondheid en gewasstand

Ter indicatie van de gezondheid van het gewas is gekeken naar bladgezondheid en gewasstand. De verschillen in bladgezondheid zijn groot, tussen genotypen en per genotype tussen locaties (Tabel 7). Dit heeft onder andere met symptomen voor kalkintolerantie te maken (genotypen 3,4,5 en 30). Andere factoren zijn schimmelziekten. Met name in de Flevopolder was veel regen gevallen waardoor veel accessies hadden last van bodemschimmels en daardoor lage waarden hebben. Opvallend was de slechte score van genotype 13 in Zeeland waarvan 2 herhalingen flink waren aangetast door een schimmelziekte, waarschijnlijk *Pleiocheta*. Het perceel in Zeeland heeft over het geheel vrij hoge scores, waarschijnlijk omdat het op vrij lichte grond was gezaaid en omdat het later gezaaid was, kreeg het over het algemeen ook minder en later last van schimmelziekten. Een andere factor is vroegheid. Tot de bloei heeft lupine over het algemeen een goede bladgezondheid. De vroegere genotypen hebben hierdoor over het algemeen een slechtere score dan de latere genotypen. Met gewasstand wordt een algehele indruk van het gewas bedoeld, inclusief groei-kracht, bladgezondheid, planthoogte en bodembedekking. Over het algemeen hebben laat-afrijpende genotypen een hogere waarde voor gewasstand. Echter deze late genotypen rijpen te laat af onder Nederlandse omstandigheden.

Tabel 7: Scores voor bladgezondheid en gewasstand, van 1 tot 9 (1 = slecht, 9 = gezond / goed) van witte lupine genotypen in 4 locaties in 2012.

Genotype	Blad gezondheid				Gewasstand			
	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Gemiddeld	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen	Gemiddeld
1	8,3	5,3	4,3	6,0	6,7	8,0	5,9	6,9
2	8,7	8,5	5,5	7,6	7,8	8,4	7,8	8,0
3	6,3	4,3	1,3	4,0	5,3	6,5	4,1	5,3
4	5,8	1,7	1,0	2,8	6,0	6,3	5,6	6,0
5	5,5	1,8	1,0	2,8	6,0	5,5	4,8	5,4
6	8,0	9,0	3,8	6,9	7,7	6,9	5,8	6,8
7	7,5	8,0	5,5	7,0	6,8	6,9	6,9	6,9
8	8,0	7,8	5,5	7,1	7,3	8,5	5,7	7,2
9	8,3	8,0	4,5	6,9	7,5	8,0	7,4	7,6
10	7,8	9,0	6,0	7,6	8,0	8,5	7,4	8,0
11	8,5	7,8	4,8	7,0	7,0	7,1	5,1	6,4
12	8,3	8,3	7,0	7,9	4,7	7,8	4,7	5,7
13	4,8	8,0	5,0	5,9	7,8	7,3	5,3	6,8
14	7,3	7,5	5,0	6,6	7,0	6,8	3,9	5,9
17	8,3	9,0	8,0	8,4	6,5	8,0	4,0	6,2
30	6,0	5,0	5,0	5,3	8,0	5,0	-	6,5
41	6,5	8,0	7,0	7,2	7,0	8,0	-	7,5
42	9,0	7,0	5,5	7,2	7,8	6,5	-	7,2
43	8,5	5,5	5,0	6,3	7,0	5,0	-	6,0
44	8,5	6,0	6,0	6,8	8,0	4,0	-	6,0
45	9,0	7,5	9,0	8,5	8,0	7,5	-	7,8
46	8,0	8,0	8,0	8,0	7,8	6,3	-	7,1
47	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	-	8,5
Dieta	7,8	8,5	6,0	7,4	7,0	6,9	3,7	5,9
Volos	7,0	8,0	6,3	7,1	6,0	7,9	3,7	5,9
Gemiddeld Jømsgård	7,3	6,9	4,7	6,3	6,9	7,3	5,6	6,6
Gemiddeld Van Mierlo	8,7	7,2	7,1	7,6	7,8	6,4	-	7,1
Gemiddeld totaal	7,6	7,0	5,3	6,6	7,1	7,0	5,6	6,8

3.4 Planthoogte en bodembedekking

Een te hoge plant heeft als nadeel legering. Met name een aantal late genotypen zijn te lang (genotype 2, 8, 9 en 10). Een mooie plantlengte is ongeveer 50-70 cm. Een te lage plant is een teken dat de plant niet goed gedijt en weinig kalktolerant is. Dit is duidelijk te zien in het proefveld in Groningen, waar het percentage afslibbaar veel hoger (Tabel 2) was dan bij de andere percelen (Tabel 8). Ook in de Haarlemmermeer zijn de planten lager dan in de andere twee proefvelden in Flevopolder en Zeeland. Genotypen 11 t/m 17 en de controles hebben een redelijke tot goede lengte in alle proefvelden behalve in Groningen. De genotypen met een goede lengte in Groningen zijn te lang in de andere locaties. Een aantal nummers van Van Mierlo is wat aan de korte kant. Waarschijnlijk is dit materiaal niet geschikt voor zware kleigrond met hoge percentages koolzure kalk.

Tabel 8: Planthoogte en bodembedekking van witte lupine genotypen op vier locaties in 2012.

Genotype	Planthoogte (in cm)					Bodembedekking (in %)			
	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen	Gemiddeld	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Gemiddeld
1	88	61	78	53	70,0	89	88	90	89,0
2	117	98	123	84	105,5	89	100	100	96,3
3	62	46	66	44	54,5	91	66	84	80,3
4	81	74	98	54	76,8	90	86	94	90,0
5	73	71	95	49	72,0	83	86	89	86,0
6	71	58	71	45	61,3	85	80	93	86,0
7	79	78	93	60	77,5	82	98	96	92,0
8	76	84	104	51	78,8	85	100	100	95,0
9	81	86	100	68	83,8	93	100	94	95,7
10	93	75	103	73	86,0	94	83	99	92,0
11	46	49	58	40	48,3	79	66	73	72,7
12	68	57	68	50	60,8	89	65	73	75,7
13	57	56	63	40	54,0	89	88	83	86,7
14	58	48	58	40	51,0	89	68	71	76,0
27	57	40	60	33	47,5	89	59	75	74,3
30	63	75	45	-	61,0	92	80	58	76,7
41	71	53	70	-	64,7	92	85	85	87,3
42	67	53	50	-	56,7	75	75	65	71,7
43	63	33	45	-	47,0	81	38	50	56,3
44	64	50	55	-	56,3	75	70	60	68,3
45	60	43	70	-	57,7	86	48	70	68,0
46	78	55	53	-	62,0	78	75	70	74,3
47	72	50	65	-	62,3	78	65	68	70,3
Dieta	64	51	71	36	55,5	83	69	83	78,3
Volos	71	51	73	36	57,8	82	74	90	82,0
Gemiddeld Jømsgård	73,0	65,2	79,6	52,3	67,8	88,2	82,2	85,7	85,4
Gemiddeld Van Mierlo	67,3	47,3	56,3	-	57,0	78,8	61,8	63,8	68,2
Gemiddeld	71,2	59,8	73,4	50,4	64,3	85,5	76,5	80,5	80,8

Hoe beter de bodembedekking, hoe beter het onkruid onderdrukkend vermogen. Hiervoor geldt ook: hoe later het materiaal, hoe beter de bodembedekking. Een van de vroegere nummers, nummer 13, heeft een opvallend goede bodembedekking, terwijl het geen hogere plant heeft vergeleken met de andere vroege nummers (11 t/m 14). Dit omdat de zijtakken van nummer 13 relatief breed uitgroeien. Ook is er verschil tussen het materiaal van Jømsgård en Van Mierlo. Het materiaal van Van Mierlo maakt een grote hoofdtak en een beperkt aantal kleine zijtakken, terwijl het materiaal van Jømsgård een wat kleinere hoofdtak maakt met vele zijtakken die ook weer zijtakken maken. Hierdoor is de bodembedekking van het materiaal van Jømsgård beter. De bodembedekking is niet gemeten in Groningen, vanwege vraatschade, maar was minder goed dan in de andere 3 velden, met name van nummers 11 t/m 41 en de controles.

3.5 Vroegheid bloei en rijpheid

Vroegheid en rijpheid zijn heel belangrijke eigenschappen voor een zekere teelt. Idealiter moet de lupine begin september oogstbaar zijn, maar liever in augustus. Vroegheid wordt bepaald door het begin van de bloei, idealiter begin juni en het eind van de bloei. Hoe eerder de lupine stopt met bloeien, hoe eerder geoogst kan worden. Bij de vroegst afrijpende genotypen zit ongeveer 3 maanden tussen begin bloei en de afrijping. Er zijn kleine verschillen in het begin van de bloei (Tabel 9). Nummers 12 t/m 17 zijn het vroegst, en iets vroeger dan de controles. Qua begin bloei is nummer 2 duidelijk later. Nummers 12 t/m 17 staan 2 maanden na zaaien volop in bloei, terwijl dan nummer 2 net bloeit. Qua begin bloei zijn de verschillen tussen het materiaal van Jømsgård en Van Mierlo klein.

Tabel 9: Vroegheid (van 1 tot 9, 1 = laat en 9 = vroeg) en einde bloei (in percentage van totaal aantal planten) op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012.

Genotype	Begin bloei					Einde bloei, 3 maanden na zaai			
	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen	Gemiddeld	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Gemiddeld
1	3,0	4,0	4,3	5,5	4,2	0	0	80	27
2	2,8	3,8	4,0	3,5	3,5	30	0	0	10
3	4,0	4,5	5,0	7,0	5,1	80	100	100	93
4	4,0	4,3	4,8	6,0	4,8	50	0	0	17
5	3,3	4,0	4,0	5,0	4,1	0	40	0	13
6	4,3	4,3	4,0	4,0	4,2	50	90	100	80
7	3,5	4,0	4,0	4,3	4,0	0	0	0	0
8	3,3	4,0	4,0	5,8	4,3	0	0	0	0
9	3,0	4,3	4,8	6,3	4,6	0	0	0	0
10	3,0	4,0	4,5	5,8	4,3	0	0	30	10
11	6,3	4,5	4,8	6,0	5,4	100	100	100	100
12	6,5	5,7	6,0	6,0	6,1	100	100	100	100
13	6,0	5,5	7,0	7,0	6,4	100	100	100	100
14	5,7	6,0	7,0	6,5	6,3	100	100	100	100
17	5,3	4,5	6,5	7,0	5,8	100	100	100	100
30	6,0	5,0	5,0	-	5,3	100	0	100	67
41	4,0	5,0	7,0	-	5,3	50	50	100	67
42	6,0	4,0	6,0	-	5,3	100	100	100	100
43	6,0	4,0	5,5	-	5,2	100	100	100	100
44	5,0	3,5	4,0	-	4,2	50	100	100	83
45	4,0	4,5	7,0	-	5,2	0	100	100	67
46	6,0	4,0	5,0	-	5,0	100	100	100	100
47	6,0	4,0	4,0	-	4,7	100	100	100	100
Dieta	4,0	5,0	6,0	6,8	5,5	0	60	80	47
Volos	4,0	4,3	5,0	5,8	4,8	30	40	10	27
Gemiddeld Jømsgård	4,4	4,6	5,1	5,7	4,9	51	46	59	52
Gemiddeld Van Mierlo	5,5	4,0	5,3	-	4,9	75	100	100	92
Gemiddeld totaal	4,6	4,4	5,2	5,8	4,9	54	59	68	60

Wat betreft het einde van de bloei is er wel een duidelijk verschil (Tabel 9). Drie maanden na zaai is ongeveer al het materiaal van Van Mierlo uitgebloeid. Dit komt omdat zijn materiaal een hoofdtak maakt met enkele kleine zijtakken. Het vroege materiaal van Jømsgård in 2013 (nummers 3 en 11 t/m17) is 3 maanden na bloei ook uitgebloeid, wat eerder dan de controles. Opvallend is dat nummer 8, in 2011 ook vroeg, in 2012 een van de laatste nummers is.

3.6 Aantal etages en rijpheid

Het aantal etages (aantal bloeiwijzen per plant: hoofdstengel, primaire zijstengels, secundaire zijstengels, etc) is mede bepalend voor de snelheid van afrijping. Het materiaal van Jømsgård heeft een vergelijkbare groeiwijze als de twee controles. Na de bloei van de hoofdstengel en primaire zijstengels (tweede etage), volgen bijna altijd secundaire zijstengels (de derde etage). Soms bloeit ook een 4^e etage en bij hele late nummers een 5^e etage. Hierdoor wordt de afrijping verlaat omdat de etages niet tegelijkertijd afrijpen. De meeste nummers van Jømsgård hebben 3 etages. In Zeeland hebben sommige nummers minder etages, waarschijnlijk omdat ze laat gezaaid zijn en deze nummers daglengte gevoelig zijn en daardoor eerder stopten met bloeien. Het materiaal van Van Mierlo maakt naast een grote hoofdstengel maximaal een tweede etage van kleine zijstengels. Opvallend is dat in Zeeland deze zijtakken relatief groot waren ten opzichte van dezelfde nummers in de Haarlemmermeer en Flevopolder. Misschien kwam dit door de relatief lichte bodem.

Gemiddeld rijpt het materiaal van Van Mierlo sneller af dan dat van Jømsgård (Tabel 10). Opvallend is echter wel dat de nummers 46 en 47 in Zeeland heel laat geoogst konden worden. Deze nummers bleven veel langer groen dan de andere nummers van Van Mierlo. De vroege nummers van Jømsgård rijpen ook vroeger af dan de controles. In totaal zijn er 8 nummers van Jømsgård die even vroeg of vroeger afrijpen dan de twee controles. Nummer 14 lijkt het vroegst, maar dit kan eventueel ook deels komen door gevoeligheid voor voetziekten. Nummer 13 was noodrijp in Zeeland, waarschijnlijk door de schimmelziekte *Pleiocheta*. Nummer 4 lijkt redelijk vroeg qua afrijping in Groningen (Tabel 10), maar was laat qua oogst (Tabel 11). Dit misschien vanwege het hoge 1000 korrel gewicht, waardoor de rijping vertraagd wordt. Het omgekeerde is misschien het geval met nummer 7 in Zeeland, dat niet heel vroeg was qua afrijping, maar wel op tijd geoogst kon worden. Verder valt op dat het proefveld in de Haarlemmermeer relatief snel afrijpte, terwijl het qua bloei later was dan het proefveld in de Flevopolder dat een dag eerder gezaaid was.

Tabel 10: Aantal etages en snelheid van afrijping (1 = laat, nog groen na 5 maanden, 5 = middel vroeg, rijp na 5 maanden, 9 = vroeg, rijp na 4,5 maanden) op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012.

Genotype	Aantal etages				Afrijping (1-9)				
	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Gemiddeld	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen	Gemiddeld
1	*	3,1	3,0	3,1	2,3	1,8	2,5	4,0	2,7
2	*	3,0	3,0	3,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
3	2,8	3,0	3,1	3,0	6,0	8,3	8,3	9,0	7,9
4	*	3,5	3,0	3,3	2,8	1,8	1,0	6,7	3,1
5	*	3,1	3,0	3,1	2,8	1,0	1,0	2,5	1,8
6	3,5	3,1	3,1	3,3	4,0	3,8	4,5	6,3	4,7
7	*	3,6	3,5	3,6	2,8	1,0	1,0	3,7	2,1
8	*	3,1	3,0	3,1	2,0	1,0	1,0	1,4	1,4
9	*	3,5	3,8	3,6	2,3	1,0	1,0	4,0	2,1
10	2,0	3,3	3,3	2,9	2,3	1,0	1,0	3,5	2,0
11	2,0	2,9	3,0	2,6	7,3	8,0	4,5	8,5	7,1
12	2,9	3,0	3,0	3,0	5,8	7,3	4,7	7,8	6,4
13	2,9	3,0	3,0	3,0	8,5	7,8	6,3	8,9	7,9
14	3,0	3,0	3,0	3,0	7,3	9,0	9,0	9,0	8,6
17	2,5	3,0	3,0	2,8	5,7	8,0	7,5	7,6	7,2
30	3,0	3,5	1,5	2,7	5,0	8,0	8,5	-	7,2
41	3,0	3,0	4,0	3,3	4,0	7,0	5,0	-	5,3
42	2,0	1,8	1,8	1,8	3,5	8,5	8,0	-	6,7
43	2,0	1,3	1,3	1,5	6,5	9,0	9,0	-	8,2
44	2,0	1,8	2,0	1,9	4,5	9,0	9,0	-	7,5
45	2,0	1,5	1,5	1,7	4,5	8,5	7,0	-	6,7
46	2,0	1,5	2,0	1,8	3,0	8,0	7,0	-	6,0
47	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	9,0	7,0	-	6,3
Dieta	3,0	2,9	3,3	3,0	5	6,8	4,5	8,8	6,3
Volos	2,8	3,3	3,6	3,2	5,3	7,8	4,5	8,7	6,6
Gemiddeld Jømsgård	2,8	3,2	3,1	3,0	4,2	4,5	4,0	5,6	4,6
Gemiddeld Van Mierlo	2,0	1,6	1,8	1,8	4,2	8,7	7,8	-	6,9
Gemiddeld totaal	2,5	2,8	2,8	2,7	4,3	5,7	5,0	6,0	5,3

* nog niet uitgebloeid bij waarneming

3.7 Opbrengst

Begin september zijn drie van de vier proefvelden geoogst. Dit tijdstip was aangehouden omdat in de praktijk de weersomstandigheden na half september steeds slechter worden om te dorsen.

Vergeleken met eerdere jaren viel de oogst relatief laat, waarschijnlijk door een relatief koud voorjaar en koude zomer. Oogst begin september was niet mogelijk voor het proefveld in Zeeland omdat dit pas 14 mei gezaaid was. Alle proefvelden zijn ongeveer 5 maanden na zaai geoogst. In Groningen en Zeeland is een tweede keer geoogst, ongeveer 5,5 maanden na zaai, respectievelijk

21 september en 12 oktober. In de praktijk is een dergelijke late oogst te onzeker. De nummers die de tweede keer zijn geoogst zijn gemarkeerd met een * in Tabel 11.

Tabel 11: Gemiddelde opbrengst en maximale opbrengst op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012.

Genotype	Gemiddelde opbrengst					Maximale opbrengst				
	Zee-land	Haar-lemmermeer	Flevo-polder	Groningen	Gemiddeld	Haar-lemmermeer	Flevo-polder	Groningen	Gemiddeld	
1	*	*	*	4,0 ¹	*	*	*	6,7 ¹	*	
2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
3	3,2	2,1	2,5	1,5	2,3	3,2	2,7	3,1	3,0	
4	2,9	*	*	2,5 ¹	2,7	*	*	4,6 ¹	*	
5	2,1	*	*	*	*	*	*	*	*	
6	3,5 ¹	*	4,5	4,3 ¹	4,1	*	5,0	6,9 ¹	6,0	
7	3,0	*	*	*	*	*	*	*	*	
8	4,0 ¹	*	*	*	*	*	*	*	*	
9	5,2 ¹	*	*	4,7 ¹	5,0	*	*	8,0 ¹	*	
10	4,4	*	*	5,5 ¹	5,0	*	*	5,9 ¹	*	
11	3,0	2,5	2,6	2,1	2,6	3,6	3,4	4,1	3,7	
12	4,2	2,0	3,0	2,4	2,9	3,6	4,1	4,5	4,1	
13	3,0	3,2	3,5	1,9	2,9	4,4	4,0	3,4	3,9	
14	3,2	1,9	2,2	0,8	2,0	4,4	2,9	2,4	3,2	
17	3,1	2,3	2,5	2,0	2,5	3,6	3,3	5,6	4,2	
30	2,6	-	2,1	-	2,4	-	2,5	-	2,5	
41	2,2	2,9	3,5	-	2,9	4,2	3,9	-	4,1	
42	4,3	2,2	1,8	-	2,8	3,1	2,2	-	2,7	
43	2,3	0,6	1,2	-	1,4	1,2	1,6	-	1,4	
44	3,0	1,4	0,6	-	1,7	2,4	0,8	-	1,6	
45	2,8	1,7	2,1	-	2,2	2,8	2,4	-	2,6	
46	5,1 ¹	2,6	2,2	-	3,3	3,4 ¹	2,5	-	3,0	
47	4,7 ¹	3,1	2,2	-	3,3	3,7 ¹	2,6	-	3,2	
Dieta	2,0	2,3	3,6	1,1	2,3	4,1	4,1	2,2	3,5	
Volos	2,2	2,2	3,5	0,7	2,2	4,4	5,2	1,9	3,8	
Gemiddeld Jømsgård	3,1	2,4	2,9	1,8	2,6	4,1	3,5	4,3	4,0	
Gem. Jømsgård incl. late lijnen	3,3	*	*	2,9	3,1	*	*	5,0	*	
Gemiddeld Van Mierlo	3,1	1,9	1,7	*	2,2	2,8	2,0	*	2,4	
Gem. Van Mierlo incl. late lijnen	3,7	*	*	*	3,7	*	*	*	*	

¹ opbrengsten zijn bij een tweede oogst verkregen, en eigenlijk te laat voor standaard mechanische oogst.
* genotype was niet bij rijp bij de oogst.

De acht vroege lijnen van Jømsgård in 2013 (nummers 3, 11 t/m 17, 30 en 41) hebben een opbrengst die vergelijkbaar is of hoger (30%) dan de referentierassen (varierend van 2.0 t/m 2,9

ton/ha). De late nummers geven een duidelijk hogere opbrengst, maar zijn voor de praktijk te laat qua afrijping. Nummer 2 is helemaal niet geoogst.

Het materiaal van Van Mierlo was heel variabel in opbrengst en rijping. Een nummer was vroeg in alle locaties en gaf een hogere opbrengst dan de controles. Twee lijnen gaven een hogere opbrengst dan de referentierassen, maar rijpten in Zeeland te laat af. In de twee locaties waar de lupine begin april gezaaid waren (Haarlemmermeer en Flevopolder), bleven 2 lijnen klein en gaven een lage opbrengst. Bij een hogere plantdichtheid zal de opbrengst mogelijk 50% hoger zijn.

3.8 Overige resultaten

Glyco-alkaloïde niveau

De norm voor glyco-alkaloïde is 0.02% voor humane voeding en 0.03% voor diervoeder. Van het materiaal van Jømsgård hadden 2 lijnen een voldoende laag glyco-alkaloïde niveau. Al het materiaal van Van Mierlo had echter een te hoog glyco-alkaloïde gehalte (Tabel 12). Er lijkt een positieve correlatie tussen opbrengst en glyco-alkaloïde gehalte, dus de lijnen met een hogere opbrengst hebben een hoger glyco-alkaloïde gehalte. Twee lijnen met een voldoende laag gehalte voor menselijke consumptie (lager dan 0.02%), nummers 3 en 14 (Tabel 12), zijn qua opbrengst vergelijkbaar met de referentierassen. Wel zijn deze lijnen ongeveer twee weken vroeger qua afrijping dan de referentierassen.

Legering

Tolerantie van legering is belangrijk. Op de proefvelden in Haarlemmermeer en Flevopolder hadden de vroege lijnen een goede tolerantie voor legering, vanwege hun lengte. De late lijnen legerden wel, en omdat deze lijnen te laat zijn voor praktische teelt, is hiervan geen score genomen. In het proefveld in Groningen hadden alle lijnen een korte plantlengte en geen lijst van legering. In Zeeland zijn wel scores genomen. Over het algemeen hebben de vroege nummers (11 t/m 17 en 41 t/m 44 en 46) weinig last van legering. Hierbij valt op dat het lijn 3, interessant qua vroegheid en glyco-alkaloïd gehalte, een neiging heeft tot legeren, vergelijkbaar met de referentierassen.

Tabel 12: Eigenschappen van witte lupine die niet op alle locaties gemeten zijn: alkaloïde gehalte en legering.

Genotype	Alkaloïde gehalte			Legering	
	2012	Flevopolder 2012 herhaling	2011	Haarlemmer -meer 2012	Rusthoeve
1	-	-	-	-	4,5
2	-	-	-	-	6,8
3	0.011	-	0,185	0.019	5,3
4	-	-	-	-	4,0
5	-	-	-	-	4,5
6	0.484	-	0,519	-	5,8
7	-	-	-	-	5,5
8	-	-	-	-	5,5
9	-	-	-	-	5,5
10	-	-	-	-	4,5
11	0.634	-	0,556	-	8,8
12	0.449	-	0,329	-	6,8
13	0.697	0.573	0,593	-	7,8
14	0.011	-	0,0031	0.008	7,0
17	0.641	-	0,531	-	6,7
30	0.289	-	0,138	-	4,0
41	0.412	-	0,217	-	7,0
42	0.744	-	-	-	8,5
43	0.128	-	-	0.066	7,0
44	0.456	-	-	0.361	6,5
45	0.752	-	-	-	3,5
46	0.785	-	-	0.853	7,5
47	1.453	-	-	-	7,7
Dieta	0.0076	0.011	0,0043	0.017	5,5
Volos	0.066	0.0076	-	0.010	5,8

3.9 Aanpassingsvermogen en erfelijkheid van eigenschappen

Voor de eigenschappen die op alle vier locaties zijn gemeten zijn ANOVA uitgevoerd en daarmee erfelijkheidsgraden in brede zin berekend (Tabel 13). Behalve voor gewasstand zijn er voor alle eigenschappen significantie interacties tussen genotype en locatie. Dit betekent dat het moeilijk zal zijn om een ras te ontwikkelen dat zich goed aanpast aan zeer verschillende bodems, met name een ras dat op lichte zavel, zoals in Zeeland en de zware klei, zoals in Groningen, het goed doet.

Van alle interacties is met name de F-waarde voor de interactie tussen genotype en locatie voor kalkchlorose (zware symptomen) relatief groot. Hierdoor is de erfelijkheidsgraad laag wat betekent dat voor deze eigenschap moeilijk te selecteren is. De erfelijkheidsgraad voor lichte symptomen blijkt

wel hoog te zijn, en dus goed tegen te selecteren. Daarnaast blijkt kalktolerantie is een complexe eigenschap, die zich niet alleen uit in bladchlorose, maar ook in het aantal etages per plant en algehele groei. Het is belangrijk om te selecteren tegen lichte symptomen van kalkchlorose zoals lichtgroen en slappig blad, het niet peul zetten in de zijtakken en soms het te beperkte aantal etages per plant. Met name Volos zette in 2011 slechts 1 à 2 etages, terwijl 3 à 4 normaal is voor dit ras op zandgrond.

Tabel 13: Op basis van ANOVA F en p-waarden voor genotype, locatie en genotype x locatie en h_w^2 waarden per eigenschap berekend voor 15 accessies van witte lupine over 4 locaties in 2012.

	Genotype		Locatie		Genotype x Locatie		h_w^2
	F	p	F	p	F	p	
Opbrengst*	4,02	0,003	24,23	<0,001	2,78	0,003	0.31
Planthoogte	63.32	<0.001	178.93	<0.001	2.43	<0.001	0.96
Gewasstand	7.95	<0.001	8.67	0.004	1.71	0.069	0.78
Kalkchlorose, zware symptomen	14.55	<0.001	33.41	<0.001	10.08	<0.001	0.31
Kalkchlorose, lichte symptomen	52.08	<0.001	6.00	<0.001	4.46	<0.001	0.91
Bodembedekking	14.00	<0.001	6.13	0.003	2.84	<0.001	0.80

* op basis van 6 genotypen

De F-waarde van locatie voor planthoogte is opvallend groot. Planthoogte blijkt behoorlijk beïnvloed door de bodemkwaliteit en is op een niet lineaire manier gerelateerd aan vroegheid. In Groningen had lijn 6 een redelijk mooie planthoogte en was redelijk vroeg, maar op andere locaties bleek lijn 6 eigenlijk te laat. Het lijkt niet eenvoudig een ras te ontwikkelen met eenzelfde hoogte en vroegheid op verschillende bodemtypen.

Voor opbrengst en bodembedekking zijn ook duidelijke interacties gevonden. Opbrengst wordt vooral door locatie beïnvloed en bodembedekking door genotype.

3.10 Relatie koolzure kalk en plantgroei

In tabel 14 zijn een aantal bodemeigenschappen en gemiddelde plantmetingen bij elkaar gezet. De gemiddelde plantmetingen zijn op basis van de genotypen die in alle 4 de proefvelden stonden. Het percentage koolzure kalk als enige factor kan de verschillen in opbrengst en groei niet verklaren. Factoren zoals pH en % afslibbaar en hoeveelheid lucht in de bodem beïnvloeden de kalkgevoeligheid (Kerley, 2000; White 1990). Bijvoorbeeld de opbrengst in de Haarlemmermeer is lager dan verwacht. Waarschijnlijk had een slechte bodemstructuur een negatief effect in de Haarlemmermeer: er was een gradiënt zichtbaar in planthoogte van de ene naar de andere kant van het veld. Structuur zou dan ook het lage percentage bodembedekking in de Haarlemmermeer kunnen verklaren. In Groningen lijkt de plantgroei met name beïnvloed door percentage koolzure kalk en de zwaarte van de grond. Daarnaast is het waarschijnlijk dat de koude wind van de Waddenzee ook de groei beïnvloed heeft. Vroegheid in bloei lijkt het meest gecorreleerd met % afslibbaar en minder met % koolzure kalk. De vroegheid in afrijping wijkt echter af van dit patroon. De Flevopolder was relatief het laatst, wat misschien te verklaren is door de relatief lage pH, of het hoge

% organische stof, waardoor de bodem, ondanks het relatief hoge % afslibbaar, toch een goede luchtvoorziening in de bodem had.

Tabel 14: Overzicht van bodemeigenschappen en planteigenschappen van 17 witte lupine lijnen in 4 locaties.

bodemeigenschappen	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen
Koolzure kalk (%)	6.6	6.4	6.9	8.6
pH	7.5	7.4	7.1	7.3
Organische stof (%)	1.5	3.8	5.8	-
% afslibbaar	20	29	37	50-60
Planteigenschappen				
Opbrengst*	3,0	2,3	2,9	1,6
plant hoogte	73,1	63,7	81,3	50,4
bodembedekking	87,1	80,9	87,5	-
lichte symptomen	3,9	2,0	2,9	3,0
zware symptomen	-	0,6	0,1	1,5
Vroegheid	4,2	4,5	5,0	5,8
Afrijping	4,3	4,5	3,7	6,0

* Op basis van 8 lijnen.

4 Conclusies

Het materiaal komt van twee veredelaars met verschillende ideeën over het ideale planttype. Het ene type heeft slechts één bloeiwijze (de hoofdtak) waardoor het eerder af kan rijpen en vroeger oogstbaar is. Het andere type heeft meerder etages (hoofd en zijtakken) waardoor het bij een lage plantdichtheid (slechte kieming, late nachtvorst) kan corrigeren en het veld dicht kan groeien, maar is hierdoor wel wat later omdat de zijtakken later in bloei komen dan de hoofdtak.

Het is duidelijk dat bodemkwaliteit en klimaat grote invloed hebben op de groei. Zo zijn de planten in het proefveld in Noord Groningen beduidend kleiner in vergelijking met de andere proefvelden. De opbrengsten waren in Groningen ook lager dan de andere drie velden. Bovendien was deze zomer behoorlijk nat, met name het proefveld in Swifterbant waar in een week 120 mm regen is gevallen. Sommige lupine lijnen kunnen duidelijk slechter omgaan met een natte bodem, en bodemziekten, dan andere lijnen. In het proefveld in Zeeland was een lijn, als enige, aangetast door de schimmelziekte *Pleiocheta*. In andere proefvelden waren bladziekten geen probleem.

Op basis van een kleine veldproef in 2011 was van Jømsgård de meest potentiële lijnen geselecteerd. Door het relatief koele weer in 2012 waren alle lijnen later rijp dan in 2011. Dit was ook het geval voor de commerciële teelt op zandgronden. Hierdoor is de helft (8 lijnen) van de lijnen te laat in 2012 (Tabel 15). Er is een late lijn die het in Groningen goed deed, die iets vroeger gemaakt kan worden door individuele plant selectie. De andere 8 lijnen zijn enkele weken vroeger of vergelijkbaar in vroegheid met de bestaande rassen. De opbrengst van deze lijnen is vergelijkbaar of hoger (30%) dan de referentierassen (variërend van 2,0 t/m 2,9 ton/ha). Er lijkt echter een positieve correlatie tussen opbrengst en glyco-alkaloïde gehalte. Twee lijnen met een voldoende laag gehalte voor menselijke consumptie (lager dan 0.02%) zijn qua opbrengst vergelijkbaar met de referentierassen. Wel zijn deze lijnen ongeveer twee weken vroeger dan de referentierassen. Verdere individuele plantselectie bij deze twee lijnen lijkt het meest perspectiefvol te zijn. Een andere optie zou zijn om te kijken of bij de andere lijnen selectie voor laag alkaloïdegehalte mogelijk is.

Het materiaal van Van Mierlo was op vroegheid geselecteerd. In de twee velden die begin april gezaaid waren, waren deze lijnen vroeg. In het veld dat midden mei gezaaid was, waren enkele lijnen echter juist zeer laat. Bovendien lieten enkele lijnen behoorlijke variatie zien, waarschijnlijk door de andere bodemomstandigheden dan waarop door Van Mierlo is geselecteerd. In de twee locaties waar de lupine begin april gezaaid waren, bleven 2 lijnen klein en gaven een lage opbrengst. Twee lijnen, 46 en 47, gaven een hogere opbrengst dan de referentierassen. Bij een hogere plantdichtheid zal de opbrengst mogelijk 50% hoger zijn. Al het materiaal van Van Mierlo had echter een te hoog glyco-alkaloïde gehalte. Mogelijk dat door middel van individuele plantselectie het alkaloïde gehalte te verlagen is.

De gemiddelde opbrengst van de referentierassen en lijnen met een laag alkaloïdegehalte was 2,2 ton/ha. De hoogst opbrengende, vroege, lijnen hadden een opbrengst van 2,9 ton/ha. Schattingen

zijn een opbrengst van ongeveer 4 ton/ha mogelijk moet zijn voor een vroeg ras. Uitgaande van € 700 / ton (meerprijs voor regionale keten) betekent dit voldoende rendement voor telers.

Tabel 15: Overzicht van de gemiddelde scores van de witte lupine genotype per eigenschap over 2012.

Lijn	Veredelaar	Kalkchlorose	Bladgezondheid	Planthoogte	Bodembedekking	Vroegheid	Afrijping	Opbrengst	glycoalkaloïde
1	Jømsgård	+	+/-	+	++	--	--	*	nb
2	Jømsgård	+	+	--	++	--	--	*	nb
3	Jømsgård	+/-	-	+	+	++	+	2,3	+
4	Jømsgård	-	--	-	++	--	--	2,7	nb
5	Jømsgård	-	--	--	++	--	--	*	nb
6	Jømsgård	+	+/-	+	++	+	-	4,1	-
7	Jømsgård	+	+/-	-	++	--	--	*	nb
8	Jømsgård	+	+/-	-	++	--	--	*	nb
9	Jømsgård	+	+/-	-	++	--	--	5,0	nb
10	Jømsgård	+	+	--	++	--	--	5,0	nb
11	Jømsgård	+	+/-	-	+/-	++	+/-	2,6	-
12	Jømsgård	+	+	++	+	++	+/-	2,9	-
13	Jømsgård	+	+/-	+	++	++	+	2,9	-
14	Jømsgård	+	+/-	+	+	++	++	2,0	+
17	Jømsgård	+	+	+/-	+/-	++	+/-	2,5	-
30	Jømsgård	+/-	-	+	+	+/-	+/-	2,4	-
41	Jømsgård	+	+/-	+	++	+/-	-	2,9	-
42	Van Mierlo	+	+/-	++	+/-	++	+/-	2,8	-
43	Van Mierlo	+	+/-	-	+/-	++	+	1,4	-
44	Van Mierlo	+	+/-	++	+/-	+	+	1,7	-
45	Van Mierlo	+	++	+	+/-	+/-	+/-	2,2	-
46	Van Mierlo	+	+	+	+/-	++	+/-	3,3	-
47	Van Mierlo	+	++	+	+/-	++	+/-	3,3	-
15	Dieta	+	+/-	+	+	-	+/-	2,3	+
16	Volos	+	+/-	+	+	--	+/-	2,2	+/-

++ score hoger dan 8,5 of 85%

+ score tussen 7,5 of 75% en 8,5 of 85%

+/- score tussen 5,5 of 55% en 7,5 of 75%

- score tussen 4,5 of 45% en 5,5 of 55%

-- score lager dan 4,5 of 45%

Voor kalkchlorose geldt:

+ minder dan 5% (zwarte symptomen) of 5 van de 90 planten (lichte symptomen)

+/- tussen 5 en 10% (zwarte symptomen) of tussen 5 en 10 van de 90 planten (lichte symptomen)

- meer dan 10% (zwarte symptomen) of 10 van de 90 planten (lichte symptomen)

Voor planthoogte geldt:

++ een gemiddelde lengte van 50 tot 70 cm en tevens bij vier proefvelden

+ een gemiddelde lengte van 50 tot 70 cm en tevens bij 2 of 3 proefvelden

+/- een gemiddelde lengte van 50 tot 70 cm en tevens bij 1 proefveld, of bij 2 proefvelden

- een gemiddelde lengte van 50 tot 70 cm bij 1 proefveld

-- een gemiddelde lengte van 50 tot 70 cm bij 0 proefvelden

nb = niet beschikbaar op moment van analyse

* = genotype was niet rijp bij oogst

4.1 *Perspectief voor na 2012*

Op 3 augustus is een veldbijeenkomst geweest met de betrokken veredelaars. Op deze dag is de potentie van de twee planttypen en van de individuele lijnen besproken. De perspectieven voor de teelt van witte lupine is in februari 2013 besproken met LI Frank en Vandijke Semo toen alle opbrengstgegevens en een aantal gegevens van de glyco-alkaloïde gehalten bekend waren. De afzetmogelijkheden van lupine voor humane voeding worden geleidelijk steeds groter. Naast het gebruik als broodverbeteraar in brood en koekjes en als vleesvervanger zijn er concreet de volgende productmogelijkheden;

- Snack
- Vervanger van melk in ijs en andere producten met melk

Een literatuurstudie gaf aan dat er geen duidelijk verschil is in allergeniteit tussen blauwe lupine en witte lupine. Volgens LI Frank zijn er indicaties dat witte lupine wat meer allergene reacties geeft dan blauwe lupine. Ongeveer 5% van de mensen met een pinda-allergie zijn allergisch voor lupine. Duidelijke etikettering is dus belangrijk. In hoeverre het mogelijk is om tegen allergene stoffen te selecteren is niet bekend. Bij veel studies naar allergeniteit is vaak niet duidelijk om welke soort het gaat, laat staan dat er informatie bekend is over verschillen tussen rassen.

Voor veredeling zijn de volgende opties besproken voor onderzoek in 2013:

- Evaluatie van de zoete lupine genotype en individuele plantselecties op opbrengst.
- Mogelijkheid voor selecteren op zoetheid bij bittere genotypen en kijken of met deze selectie de opbrengstpotentie niet is verloren gegaan.
- Het testen van de vroege zoete lijnen op zandgrond.

Verwacht wordt dat met dit onderzoek eind 2013 voldoende informatie verkregen wordt over de potentie van deze lijnen zodat het veredelingsbedrijfsleven hiermee, samen met verwerkers, een keten op kan zetten.

Literatuur

- Jømsgård B, Raza S (2008) **Breeding new white lupin for Egypt.** In: **Palta JA, Berger JB (eds). Lupins for health and wealth.** Proceedings of the 12th International Lupin Conference, 14-18 September, Fremantle, Western Australia. International Lupin Association, Canterbury, New Zealand.
- Jessop RS, Roth G, Sale P (1990) **Effects of increased levels of soil CaCO₃ on Lupin (*Lupinus angustifolius*).** Australian journal of soil research, 28, 955-62
- Kerley SJ (2000) **The effect of soil liming on shoot development, root growth, and cluster root activity of white lupin.** Biology and fertility of soils 32: 94–101.
- Kerley SJ, Norgaard C, Leach JE, Christiansen JL, Huyghe C, Römer P. (2002) **The development of potential screens based on shoot calcium and iron concentrations for the evaluation of tolerance in Egyptian genotypes of white lupin (*Lupinus albus* L.) to limed soils.** Annals of Botany 89, 341-9.
- Mengel K (1994) **Iron availability on plant tissues –iron chlorosis on calcareous soils.** Plant and soil 165: 275-283.
- Prins U, Van de Vijver L (2010) **Lupine: een gezond alternatief voor boer en burger.** LBI 2010 BbP. Louis Bolk Instituut, Driebergen, Nederland
- Tang C, Robson AD, Longnecker NE, Buirchell BJ (1995) **The growth of Lupinus species on alkaline soils.** Australian Journal of Agricultural research 46, 255-68.
- White PF (1990) **Soil and plant factors relating to the poor growth of Lupinus species on fine-textured, alkaline soils - a review.** Australian Journal of Agricultural research 41; 871-90.