

de natuurlijke kennisbron

Witte lupine voor kalkrijke bodems

Onderzoek over
twee jaar naar
perspectievolle lijnen

Edwin Nuijten
Udo Prins

LOUIS BOLK
I N S T I T U U T



© 2014 Louis Bolk Instituut

Witte lupine voor kalkrijke bodems - Onderzoek
over twee jaar naar perspectievolle lijnen

Dr. Ir. Edwin Nuijten, Ir. Udo Prins

Publicatienummer 2014-024 LbP

40 pagina's

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 van 2011 tot en met 2013. 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 Bjarne Jørnsgård van de Universiteit van Kopenhagen, Herman van Mierlo van Globe Seeds, Marlijn Helendoorn en Eibert Tigchelaar van VanDinter 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

Samenvatting	7
Summary	9
1 Inleiding	11
2 Materiaal en Methoden	13
2.1 Proefopzet	13
2.2 Waarnemingen	13
2.3 Analyse	15
3 Resultaten	17
3.1 Opkomst	17
3.2 Symptomen kalktolerantie	17
3.3 Planthoogte	18
3.4 Vroegheid bloei	23
3.5 Vroegheid in afrijping	25
3.6 Legering	27
3.7 Opbrengst	27
3.8 Glyco-alkaloïde niveau	30
3.9 Potentie van plantselectie	31
4 Conclusies	33
Literatuur	35
Bijlage 1: REML variantie componenten analyse	37

Samenvatting

Lupine (*Lupinus spp*) kan interessant zijn voor 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%, waarmee een goed rendement gehaald kan worden. Lupine is voor de verwerkende industrie interessant 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 Jørnsgård. De resultaten waren positief en gaven aanleiding om de verkenning voort te zetten.

Het doel van dit project was een brede 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 en 2013 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 perspectievolle lijnen zijn alkaloïdegehaltes gemeten.

In dit rapport worden de meest perspectief lijkende lijnen vergeleken over 2012 en 2013 over vier locaties (Zeeland, Haarlemmermeer, Flevopolder, Groningen), 14 lijnen van een vertakkend type, en 4 lijnen van een kaarstype (niet vertakkend). Het vertakkende type is van een Deense veredelaar (Jørnsgård), en het niet-vertakkende type van een Nederlandse veredelaar (Van Mierlo). De twee veredelaars hebben verschillende ideeën over het ideale planttype. Het Nederlandse type heeft slechts een bloeiwijze (de hoofdtak). Het idee hierachter is dat het hierdoor eerder af kan rijpen en vroeger oogstbaar is. Het Deense type heeft meerdere etages (hoofd en zijtakken) waardoor het bij een lage plantdichtheid (slechte kieming, late nachtvorst) kan corrigeren en het veld dicht kan groeien, maar zou hierdoor wel wat later zijn omdat de zijtakken later in bloei komen dan de hoofdtak. Echter, het blijkt dat sommige, met name zoete, vertakkende types vroeger zijn dan de kaarstypes. Deze vroege lijnen hebben echter ook een lagere opbrengstpotentie. Uit een vergelijking van 4 proefvelden blijkt over twee jaar, blijkt duidelijk dat bodemkwaliteit en klimaat grote invloed hebben op de groei. Dit was het meest duidelijk bij de proefvelden in Zeeland en Groningen. De vertakkende types lijken wat stabiel in groei dan de kaarstypes. Er lijkt geen duidelijk verschil in opbrengstpotentie tussen de twee types.

Op het proefveld in de Flevopolder waren in 2013 alleen zoete lijnen en 10 lijnen geselecteerd op laag alkaloïde gehalte gezaaid, allen met een vertakkend type. Het idee hierachter was dat er dan geen kruisbestuiving mogelijk zou zijn van bittere naar zoete lijnen. Uit de alkaloïde analyse blijkt nu dat van de 10 lijnen er bij drie lijnen een duidelijk lager alkaloïde gehalte gemeten is (net boven of onder de norm van 0,02%) en bij zes lijnen lijkt de selectie geen effect gehad te hebben. Deze selectie op alkaloïdegehalte was dus gedeeltelijk succesvol.

In 2013 waren van een aantal lijnen plantselecties gezaaid om te zien in hoeverre vooruitgang te boeken is door individuele plantselectie. Uit de evaluatie van individuele plantselecties blijkt dat verbetering van opbrengst en andere eigenschappen mogelijk is op basis van individuele plantselectie. Ondanks dat de lijnen behoorlijk uniform zijn, zit er toch nog enige variatie in, en is vooruitgang via plantselectie mogelijk.

Op basis van deze resultaten moet het mogelijk zijn om met enige selectie een ras te ontwikkelen wat een stabiele opbrengst geeft van minimaal 4 ton/ha. Uitgaande van € 700 / ton betekent een opbrengst van 4 ton/ha voldoende rendement voor telers. Uiteraard zou een hogere opbrengst beter zijn. VanDinter Semo is momenteel geïnteresseerd om de zaadverkoop te doen en verschillende regionale partijen zoals de Konsequente Biobakker en LI FRANK hebben concrete interesse qua afzet. Ook in het buitenland is interesse in witte lupine. De afzetmogelijkheden van lupine voor humane voeding worden geleidelijk steeds groter. Op basis van dit onderzoek is er nog geen concrete keten op gezet. Echter, voor de toekomst zien we mogelijkheden voor veredelingsbedrijfsleven om samen met verwerkers een keten op te zetten.

Summary

Lupin (*Lupinus spp.*) can be an interesting crop for both organic and conventional farmers who are looking for leguminous crops to broaden their crop rotation scheme, not just for animal feed, but also for human consumption. For human consumption, the grain of sweet lupin needs to have alkaloid levels lower than 0.02%. Lupin is of interest for processors as a guaranteed GMO-free protein source for the replacement of soy. However, in the Netherlands the available suitable varieties can only be grown on calcareous low (sandy) soils, while the largest areas suitable for arable farming are calcareous rich clayey soils. So, there is a need for calcium tolerant varieties. In 2010 and 2011, exploratory studies have been conducted with lines of white lupine (*Lupinus albus*) of the Danish breeder Jørnsgård. The results were positive and it was decided to deepen the research.

The goal of this project was a broad evaluation of lines of white lupin for suitability for cultivation on clayey soils high in calcium content, in order to determine whether there is sufficient perspective for further breeder for both conventional and organic farming. The best performing lines can be used for further breeding of varieties. The field experiments also provide insights about the mechanisms related to susceptibility to high calcium levels in the soil. In 2012 and 2013 the research was set up with funding from the research program Green Breeding. In these years also lines from Dutch breeder, Van Mierlo from Globes Seeds, were included in the field trials. In both years field trials were conducted in four locations, mostly on clay soils with high levels of calcium in the soil and high pH. Measurements in both years include germination percentage, symptoms for calcium intolerance, soil coverage, plant length, earliness in flowering, earliness in ripening and yield. From potential lines alkaloid levels were measured.

In this report the most interesting lines were compared across four locations (Zeeland, Haarlemmermeer, Flevopolder and Groningen) over two seasons, 2012 and 2013, meaning 14 lines of a branching type, and 4 lines of a candle shape type (non-branching). The branching type came from the Danish breeder (Jørnsgård) and the candle shape type from the Dutch breeder (Van Mierlo). The two breeders have different ideas about the ideal plant type. The non-branching type only has one main branch with flowers. The logic is that it can ripen earlier and thus can be harvested earlier. The branching type has several stories (main and side branches), that allows it to produce more side branches and close the canopy, when plant density in the field is too low (because of harrowing or late night frost). Its disadvantage would be delayed ripening because of the difference in flowering between main and side branches. However, some early branching lines appeared earlier in ripening than the tested non-branching lines. These early lines also appear to have lower yield potential. The comparison over four locations and two seasons shows clearly that soil quality and climate have much influence on plant growth. This showed most clearly in the fields in Zeeland and Groningen. The branching type seems somewhat more stable in growth than the non-branching type. There appeared to be no clear difference in yield potential between the two plant types.

In the trial field in Flevopolder in 2013, only sweet lines and 10 lines selected on low alkaloid levels (before sowing) were sown, all belonging to the branching type. The underlying idea was to avoid cross-pollination between lines low and high in alkaloid levels. The analysis on alkaloid levels after harvest showed that from the 10 lines only three lines had clearly lower levels of alkaloid content

(just lower, or slightly above the threshold of 0.02%), and with 6 lines selection seemed not have had any effect at all. So, selection for low alkaloid levels within bitter lines was partly successful. In 2013, plant selections were sown from a number of lines to see whether selection progress was feasible through individual plant selection. The evaluation showed that improvement in yield, earliness, and other characteristics is feasible through individual plant selection, despite the fact that the lines are quite uniform.

Together, these results show that it should be feasible to develop a variety with a stable yield of 4 ton/ha. Based on a price of € 700/ ton, it means sufficient return for growers. Of course would a higher yield be preferred. The company VanDinter Semo is interested in the doing the sales. Various processing companies like the Konsequente Biobakker and the LI Frank are interested. Also processors abroad have shown in interest in white lupin. The market prospects for lupin for human consumption gradually increase. On the basis of this research, it was not yet possible to set up a production chain. However, we see opportunities for breeding companies and processing companies to set up a production chain in the nearby future.

1 Inleiding

In Nederland worden steeds minder vlinderbloemige gewassen geteeld. Een vlinderbloemig gewas heeft voordelen zoals verruiming van de vruchtwisseling en stikstofbinding. Als het een goed financieel rendement heeft is het interessant voor zowel biologische als gangbare akkerbouwers. Zoete lupine, zowel witte lupine (*Lupinus albus*) als blauwe lupine (*L. angustifolius*) kan mogelijk interessant zijn. Als zoete lupine een alkaloïde gehalte van maximaal 0,02% in de korrel heeft, geeft het uitzicht op een goed rendement omdat het geschikt is voor humane consumptie. Ook de verwerkende industrie (o.a. L.I. FRANK en Vegetarische Slager) vindt lupine belangrijk als GMO-vrije eiwitbron ter vervanging van soja. Echter, de huidig beschikbare rassen kunnen alleen op kalkarme (zand-)grond geteeld worden (Prins en Van de Vijver, 2010), terwijl de grootste arealen akkerbouw in Nederland juist op kalkrijke kleigronden liggen (Zeeland, Flevopolders, West-Brabant etc.). Er is dus behoefte aan kalktolerante rassen.

Na oriënterende proeven in 2010 en 2011 zijn in 2012 met geld uit Vrije ruimte Groene Veredeling proeven opgezet op 4 locaties, met afhankelijk van de hoeveelheid zaad 1 tot 4 herhalingen. Van de Nederlandse veredelaar Van Mierlo van Globe Seeds zijn 6 lijnen gezaaid en van de Deense veredelaar Jømsgård van de Universiteit van Kopenhagen ongeveer 20. Beide veredelaars gaven aan dat ze de beschikking hebben over materiaal met goede kalktolerantie. Uit de proeven blijkt dat 3-4 lijnen voldoende kalktolerant en vroeg zijn, en de potentie hebben 3 à 4 ton per hectare te produceren. Dit is geen slechte opbrengst maar economisch net niet voldoende. Beter zou zijn minimaal 4 ton/ha. Het jaar 2012 was met name in het voorjaar koel en in de zomer nat. Het jaar 2013 was nodig om de mogelijke opbrengstpotentie goed in te kunnen schatten. Mogelijk dat de veelbelovende lijnen van de Deense universiteit onder voorwaarden door VanDinter Semo overgenomen kunnen worden.

Onduidelijk is ook hoeveel variatie er binnen deze lijnen is om via individuele plantselectie de opbrengst te verhogen. Als deze variatie er is, dan is via verdere selectie en veredeling de ontwikkeling van nieuwe rassen op de korte termijn mogelijk. Van een aantal lijnen zijn individuele planten geogst om te evalueren hoeveel variatie er binnen deze lijnen aanwezig is.

Met meer concrete informatie, 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 15 lupine lijnen (*L. albus*). De meest perspectiefvolle lijnen van 2012 zijn in 2013 opnieuw beproefd. Uit deze geselecteerde lijnen kunnen rassen ontwikkeld worden. Van een aantal van deze lijnen zijn door middel van een non-destructieve manier de zoete zaden geselecteerd, zodat ze geschikt zijn voor humane voeding. Daarnaast zijn individuele plantselecties uitgezaaid om de variatie binnen lijnen te kunnen schatten. Met deze veldproeven kan ook meer duidelijkheid verkregen worden over het optreden van kalkchlorose en intolerantie.

2 Materiaal en Methoden

2.1 Proefopzet

In 2012 en 2013 zijn 4 veldproeven opgezet, 1 op een biologische locatie, en 3 op gangbare locaties. Twee proeven lagen bij een gangbare en een biologische teler. De andere twee proeven lagen bij de Rusthoeve en VanDinter Semo. Bij de twee telers en de Rusthoeve lagen de proeven in beide jaren op hetzelfde perceel. Het proefveld door VanDinter Semo aangelegd lag in 2012 op een kleiperceel en in 2013 op een zavelperceel. Op de gangbare locaties zijn behalve bodemherbiciden na zaai geen chemische bestrijdingsmiddelen en kunstmest gebruikt. Bij voorkeur wordt lupine begin april gezaaid. In 2012 zijn twee veldproeven begin april ingezaaid, een medio april, en de 4^e, van de Rusthoeve, begin mei. Deze 4^e veldproef was laat ingezaaid omdat dit door de vele regen niet eerder mogelijk was. In 2013 zijn alle proefvelden in de tweede helft van april gezaaid vanwege het koude weer.

Van twee veredelaars is in 2012 en 2013 het volgende materiaal gezaaid en vergeleken, waar mogelijk in 4 herhalingen (Tabel 1): Van Jømsgård 15 lijnen en van Van Mierlo 4 lijnen. Het materiaal van Jømsgård zijn F8-lijnen, die tot de F5 zijn ontwikkeld door individuele planselectie, en daarna zijn vermeerderd in combinatie met negatieve massaselectie. Voor het materiaal van Van Mierlo geldt hetzelfde principe behalve dat het hier F6-lijnen betreft. In 2012 was de veldgrootte 2,25 m² voor het materiaal van Jømsgård en 1,1 m² voor het materiaal van Van Mierlo vanwege beperkte hoeveelheden zaad. In 2013 was de veldgrootte 3 m² voor alle lijnen. De gebruikte plantdichtheid was 40 planten per vierkante meter. Twee referentierassen, Dieta en Volos, zijn meegenomen ter vergelijking. Deze rassen rijpen te laat af voor een goede oogstzekere teelt in Nederland en lijken tevens te weinig opbrengspotentie te hebben.

Voor het zaaien is in 2013 van tien lijnen met een hoog alkaloïde gehalte een selectie gemaakt op laag alkaloïde gehalte (Tabel 13). Per lijn zijn 2000 zaden geanalyseerd door Soy-UK met een non-destructieve methode. Het percentage zaden met laag alkaloïde gehalte varieerde van minder dan 1% tot 40%. De lijnen geselecteerd op laag alkaloïde gehalte zijn in het proefveld in de Flevopolder uitgezaaid. In dit proefveld zijn geen lijnen gezaaid met hoog alkaloïde gehalte om vervuiling door kruisbestuiving te voorkomen. Van enkele lijnen was voldoende materiaal om op twee locaties uit te zaaien (zie tabel 1). Omdat door Soy-UK was aangegeven dat de selectiemethode niet 100% werkt hebben we in het veld voor de bloei de planten gecontroleerd op alkaloïde gehalte in het blad. Dit hebben we gedaan met Draggendorf papier (Burns, 1964), waarmee percentage van alkaloïde hoger dan 0.03% (grenswaarde voor veevoer) positief testen, en vervolgens de planten die positief testten verwijderd.

2.2 Waarnemingen

Waarnemingen zijn gedaan met betrekking tot opkomstpercentage, symptomen kalkchlorose, bodembedekking, plantlengte, begin bloei, legeringsgevoeligheid, vroegheid afrijping en opbrengst (Tabel 2). De proefvelden zijn in september geoogst. De alkaloïdegehaltes zijn in december gemeten. VanDinter Semo heeft de evaluaties uitgevoerd op hun eigen proefveld, en LBI de evaluaties op de andere drie proefvelden, op de Rusthoeve in samenwerking met de Rusthoeve.

Tabel 1: Aantal herhalingen per genotype witte lupine per locatie in 2013.

Accessie	Plant-type ^{&}	2012				2013			
		Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen
3	J, v, z	4	4	4	4	4	4	4	4
6	J, v	4	4	4	4	4	1	1*	
11	J, v	4	4	4	4	4	4	1*	4
12	J, v	4	3	3	3	4	4	1*	4
13	J, v	4	4	3	4	4	4	1*	4
14	J, v, z	3	2	2	2	4	4	4	4
27	J, v	3	2	2	2	4	4	4*	4
18	J, v	1		1		3		3*	3
26	J, v	1		1		3	2	2*	2
29	J, v	1				4	4		4
30	J, v	2	1	2		3* [§]		3*	
31	J, v, z	40				3	3	3	3
32	J, v	1				4	3		2
33	J, v	1		1		4* [§]		3*	
41	J, v	2	2	1		2* [§]		1*	
42	M, k	2	2	2		4	3		2
45	M, k	2	2	1		2	1		
46	M, k	2	2	2		2	1		1
47	M, k	2	2	1		3	3		4
Dieta	ras, v, z	4	4	4	4	4	4	4	4
Volos	ras, v, z	4	4	4	4	4	4	4	4

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstipe (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

* = selectie op laag alkaloïde gehalte

[§] = wildschade

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

Eigenschap	Methode	Tijdstip (maanden na zaai)	Omschrijving
Opkomst	In %	1	
Zware symptomen kalkchlorose	percentage planten / veldje	1-2	% planten met geel / geknepen blad
Vroegheid	Schaal van 1-9	2	9 = einde bloei, 7 = bloei laatste etage, 5 = begin bloei laatste etage, 3 = bloei een na laatste etage, 1 = begin bloei
Bodembedekking	In %	3 – 3,5	
Planthoogte	In cm	3,5	
Legering	Schaal van 1-9	3,5 - 4	9 = rechtop, 5 = hangend (hoek 45 graden), 1 = volledig plat
Vroegrijpheid	Schaal van 1-9	4,5	9 = volledig rijp, 7 = bovenste etage peulen groen, 5 = blad volledig verdord en peulen drogen in, 3 = blad deels groen en peulen drogen in, 1 = gewas volledig groen
Opbrengst	in ton / ha	5	

2.3 Analyse

Voor elke lijn zijn per locatie per jaar gemiddelden berekend. Per jaar zijn per lijn geschatte gemiddelden berekend op basis van REML in Genstat. Van lijnen 30 en 33 zijn geen data beschikbaar voor 2013 omdat van deze lijnen alleen zaden beschikbaar waren die op laag alkaloïde gehalte waren geselecteerd. In het proefveld in Zeeland zijn deze lijnen na de zaai niet goed gegroeid door wildschade en in het proefveld in Flevopolder bleken deze twee lijnen heel divers te zijn geworden door de selectie.

Individuele plantselecties

Van 10 lijnen en van de twee referentierassen zijn individuele plantselecties vergeleken (Tabel 14). Deze plantselecties zijn op drie locaties uitgezaaid: Zeeland, Haarlemmermeer en Flevopolder. In de Haarlemmermeer zijn plantnakomelingschappen van bittere lijnen gezaaid, in de Flevopolder van zoete lijnen, en op de Rusthoeve van alle lijnen. Vlak na de kieming zijn de meeste nakomelingschappen op de Rusthoeve opgegeten door hazen. Alleen in de Haarlemmermeer en Flevopolder konden waarnemingen gedaan worden. Van de planten die vroeg afrijpen, na 5 maanden (begin september), maximaal 3 etages hebben, niet gelegerd zijn, en een plantlengte hebben van 50 à 70 cm, zijn de opbrengsten bepaald.

Proefveldlocaties

Alle proefvelden hebben een hoog gehalte aan kalkzure kalk en hoge pH op het proefveld van VanDinter Semo in 2013 na wat een zavelperceel betrof. Op de andere 3 locaties is in beide jaren de proef gezaaid op hetzelfde perceel. De eigenschappen van deze percelen staan in 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 en 2013.

	Zaaidatum		Koolzure kalk (%)	pH	Organische stof (%)	% afslibbaar	% lutum	K
	2012	2013						
Zeeland	14-5	23-4	6.6	7.5	1.5	20	13	15
Haarlemmermeer	8-4	17-4	6.4	7.4	3.8	29	19	19
Flevopolder	7-4	18-4	6.9	7.1	5.8	37	20	27
Groningen (2012)	18-4		8.6	7.3	-	50-60	-	-
Groningen (2013)		22-4		5.6		zavel		

Onderzoek opzet keten

LBI heeft onderzocht, als procesbegeleider, in samenwerking met de ketenpartners, wat de perspectieven zijn voor het opzetten van een consortium dat een veredelingsprogramma VanDinter Semo in Nederland kan ondersteunen.

3 Resultaten

3.1 Opkomst

De opkomst was over het algemeen goed (Tabel 4). Op de Rusthoeve was in 2012 de opkomst niet gemeten, maar de opkomst was goed. In Groningen was de opkomst in beide jaren van bepaalde lijnen duidelijk lager dan in de andere locaties. Het ras Dieta had in 2013 een lage opkomst, waarschijnlijk omdat het zaadgoed relatief oud was. De hoge opkomstpercentages van nummers 3, 6 en 18 kan misschien verklaard worden doordat van deze nummers in 2012 zaad was gebruikt wat in Egypte was vermeerderd.

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 en Sale, 1990). Ons onderzoek richtte zich specifiek op witte lupine (*L. albus*). Blauwe lupine staat meer bekend als kalkintolerant (Jessop en Sale, 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 kalkzure 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 behalve voor een aantal lijnen van Van Mierlo in 2013 in Zeeland (Tabel 5). Met name lijn 47 had een relatief hoog percentage kalkchlorose. Dit werd veroorzaakt door een lange periode van veel regenval en lage temperaturen in het voorjaar van 2013 in Zeeland. Het materiaal van Van Mierlo lijkt gevoeliger dan het materiaal van Jørngård. Van de lijnen van Jørngård lijken de zoete vroege lijnen wat gevoeliger dan de bittere lijnen, met name lijn 3 was meer gevoelig in 2012 in het proefveld in Groningen. Dit proefveld had de zwaarste bodem (hoogste percentage klei) en lag vlak

bij de Waddenzee waardoor de omgevingstemperatuur laag was en er vaak een koude wind was. Na drie maanden was er in Groningen nogmaals een telling gedaan waarbij de verschillen tussen genotypen grotendeels 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 in 2012 geen tellingen gedaan omdat geen planten met duidelijke symptomen gevonden waren. Een verklaring hiervoor is dat het proefveld vrij laat gezaaid is, op een perceel met goede bodemstructuur en dat na de eerste 6 weken na zaai de hoeveelheid regenval normaal was.

Alhoewel het materiaal van Van Mierlo in 2012 op geen van de locaties duidelijke symptomen liet zien van kalkintolerantie, had een aantal genotypen op de locaties in de Flevopolder en Haarlemmermeer wel een duidelijk kleinere plant dan wat was verwacht. Dit geeft aan dat sommige van deze lijnen wat minder goed zijn aangepast aan zwaardere kleigronden.

3.3 Planthoogte

Voor alle gewastypen zijn er duidelijke interacties zichtbaar tussen lijnen met locaties en jaren. Een mooie plantlengte is ongeveer 50-70 cm. Een te hoge plant heeft als nadeel legering. Een te lage plant is moeilijker te oogsten en kan een teken zijn dat de plant niet goed gedijt en weinig kalktolerant is. Dit is duidelijk te zien in het proefveld in Groningen in 2012, waar het percentage afslibbaar veel hoger was dan bij de andere percelen (Tabel 7). In 2013 waren de planten in het proefveld in Groningen (op zavel) te lang gegroeid en waren veel lijnen gelegerd waardoor het meten van plantlengte onmogelijk was. In beide jaren was de plantlengte het hoogst in de Flevopolder, en waren de planten in de Haarlemmermeer wat lager, in 2012 was de groei waarschijnlijk beperkt door veel regen en in 2013 door droogte. In Zeeland was de groei in 2012 goed, maar bleven de planten in 2013 te laag door het koude en natte weer. In Zeeland waren van enkele veldjes geen data genomen vanwege wildschade. Van lijn 45 was het niet mogelijk in 2013 om de plantlengte te meten vanwege te veel variatie in plantlengte.

Van de drie gewastypen is er bij het, met name bittere, materiaal van Jømsgård een significante interactie tussen de lijnen, jaren en locaties, terwijl bij het materiaal van Van Mierlo, een heel duidelijke locatie × jaar interactie is (Bijlage 1). Een mogelijke verklaring voor het verschil is het beperkte aantal lijnen van Van Mierlo in deze analyse. Ook de referentierassen laten een duidelijke locatie × jaar interactie zien.

Tabel 4: Opkomstpercentages van witte lupine genotypen, op de proeflocaties in 2012 en 2013.

Accessie	Plant- type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmer- meer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	*	88,1	97,7	94,5	*	93,4
	J, v, z	2013	90,0	96,7	93,8	*	62,7	85,8
14	J, v, z	2012	*	69,4	72,7	65,8	*	69,3
	J, v, z	2013	90,0	97,3	90,0	*	65,4	85,7
31	J, v, z	2012	*	*	*	*	*	*
	J, v, z	2013	90,0	93,9	92,2	*	56,7	83,2
6	J, v	2012	*	90,0	90,3	96,3	*	92,2
	J, v	2013	90,0	92,5	*	*	*	84,7
11	J, v	2012	*	78,6	81,8	75,8	*	78,7
	J, v	2013	82,5	79,8	*	*	48,8	70,2
12	J, v	2012	*	72,2	76,5	59,3	*	69,4
	J, v	2013	90,0	94,0	*	*	67,9	83,8
13	J, v	2012	*	89,2	87,1	85,8	*	87,7
	J, v	2013	82,5	83,8	*	*	72,1	79,3
17	J, v	2012	*	76,1	79,6	66,8	*	74,2
	J, v	2013	80,0	84,0	*	*	65,0	76,2
18	J, v	2012	*	*	97,7	*	*	94,6
	J, v	2013	83,3	*	45,6	*	64,2	65,4
26	J, v	2012	*	*	73,9	*	*	70,7
	J, v	2013	73,3	92,5	63,8	*	58,3	71,6
29	J, v	2012	*	*	*	*	*	*
	J, v	2013	90,0	94,8	*	*	80,4	88,3
32	J, v	2012	*	*	*	*	*	*
	J, v	2013	82,5	95,8	*	*	77,5	83,6
42	M, k	2012	*	73,3	82,0	*	*	76,8
	M, k	2013	80,0	93,1	*	*	73,8	80,7
45	M, k	2012	*	81,3	92,5	*	*	84,9
	M, k	2013	80,0	99,2	*	*	*	80,0
46	M, k	2012	*	68,9	71,9	*	*	69,6
	M, k	2013	90,0	88,3	*	*	45,0	77,0
47	M, k	2012	*	86,3	85,0	*	*	85,8
	M, k	2013	90,0	94,7	*	*	83,3	90,1
Dieta	ras, v, z	2012	*	79,7	93,8	90,0	*	87,8
	ras, v, z	2013	72,5	67,3	56,5	*	42,3	59,6
Volos	ras, v, z	2012	*	73,1	74,7	70,3	*	72,7
	ras, v, z	2013	85,0	92,9	90,6	*	71,9	85,1
Jømsgård	J, v	2012	*	82,2	85,27	80,6	*	*
	J, v	2013	85,6	91,0	77,8	*	65,4	*
Van mierlo	M, k	2012	*	77,4	80,9	*	*	*
	M, k	2013	84,6	93,9	*	*	75,1	*
ref. rassen	ras, v, z	2012	*	76,4	84,2	80,1	*	*
	ras, v, z	2013	78,8	80,1	73,5	*	57,1	*

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

Tabel 5: Het percentage planten met zware symptomen voor kalkchlorose van verschillende genotypen van witte lupine, gemeten op 2 maanden na zaai op 4 locaties in 2012 en 2013.

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	*	0,0	0,0	4,8	*	1,2
	J, v, z	2013	0,0	0,4	0,0	*	*	0,1
14	J, v, z	2012	*	0,0	0,5	0,0	*	0,1
	J, v, z	2013	0,0	0,4	0,2	*	*	0,2
31	J, v, z	2012	*	*	*	*	*	0,3
	J, v, z	2013	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0
6	J, v	2012	*	0,0	0,0	0,3	*	0,1
	J, v	2013	0,0	0,0	*	*	*	0,0
11	J, v	2012	*	0,8	0,0	0,8	*	0,4
	J, v	2013	0,0	0,3	*	*	*	0,1
12	J, v	2012	*	0,0	0,0	0,0	*	0,0
	J, v	2013	0,5	0,4	*	*	*	0,4
13	J, v	2012	*	0,3	0,0	0,0	*	0,0
	J, v	2013	0,0	0,5	*	*	*	0,2
17	J, v	2012	*	1,5	0,0	0,0	*	0,4
	J, v	2013	1,0	0,0	*	*	*	0,5
18	J, v	2012	*	*	0,0	*	*	0,3
	J, v	2013	0,0	*	0,0	*	*	0,0
26	J, v	2012	*	*	0,0	*	*	0,3
	J, v	2013	0,0	0,0	0,0	*	*	0,0
29	J, v	2012	*	*	*	*	*	0,3
	J, v	2013	0,0	0,0	*	*	*	0,0
32	J, v	2012	*	*	*	*	*	0,3
	J, v	2013	0,0	0,3	*	*	*	0,0
42	M, k	2012	*	0,0	0,0	*	*	0,2
	M, k	2013	5,0	0,0	*	*	*	2,7
45	M, k	2012	*	0,0	0,0	*	*	0,1
	M, k	2013	0,0	0,0	*	*	*	0,0
46	M, k	2012	*	0,5	0,0	*	*	0,3
	M, k	2013	5,0	0,0	*	*	*	3,1
47	M, k	2012	*	0,0	0,0	*	*	0,1
	M, k	2013	16,7	0,3	*	*	*	8,5
Dieta	ras, v, z	2012	*	0,0	0,0	0,3	*	0,1
	ras, v, z	2013	0,5	0,7	0,0	*	*	0,4
Volos	ras, v, z	2012	*	1,0	0,0	0,0	*	0,3
	ras, v, z	2013	0,0	0,6	0,2	*	*	0,3
Jømsgård	J, v	2012	0,0	0,2	0,0	0,9	*	
	J, v	2013	0,1	0,2	0,0	*	*	
Van mierlo	M, k	2012	0,0	0,1	0,0	*	*	
	M, k	2013	7,3	0,1	*	*	*	
ref. rassen	ras, v, z	2012	0,0	0,4	0,0	0,1	*	
	ras, v, z	2013	0,3	0,5	0,1	*	*	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstypen (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

Tabel 6: Bodembedekking van witte lupine genotypen op vier locaties in 2012 en 2013

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmer-meer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	7,3	5,8	7,8	*	*	6,9
	J, v, z	2013	*	7,5	8,5	*	*	7,4
14	J, v, z	2012	7,0	6,0	6,5	*	*	6,6
	J, v, z	2013	6,0	7,0	8,5	*	*	7,2
31	J, v, z	2012	7,0	*	*	*	*	7,3
	J, v, z	2013	6,0	7,0	8,3	*	*	7,1
6	J, v	2012	6,3	7,0	8,5	*	*	7,3
	J, v	2013	7,5	7,0	*	*	*	8,4
11	J, v	2012	5,3	5,8	6,4	*	*	5,8
	J, v	2013	5,3	6,8	*	*	*	6,7
12	J, v	2012	7,0	5,7	6,3	*	*	6,4
	J, v	2013	*	7,8	*	*	*	7,8
13	J, v	2012	7,0	8,0	7,3	*	*	7,5
	J, v	2013	7,0	9,0	*	*	*	8,8
17	J, v	2012	7,0	5,3	6,5	*	*	6,4
	J, v	2013	5,0	6,0	*	*	*	6,1
18	J, v	2012	5,0	*	8,0	*	*	6,3
	J, v	2013	6,7	*	*	*	*	7,9
26	J, v	2012	6,0	*	6,0	*	*	5,8
	J, v	2013	5,7	6,0	*	*	*	6,6
29	J, v	2012	6,0	*	*	*	*	6,3
	J, v	2013	6,5	9,0	*	*	*	8,6
32	J, v	2012	7,0	*	*	*	*	7,3
	J, v	2013	6,0	8,0	*	*	*	7,8
42	M, k	2012	4,5	6,5	5,5	*	*	5,5
	M, k	2013	3,3	4,0	*	*	*	4,3
45	M, k	2012	6,5	4,0	6,0	*	*	5,5
	M, k	2013	5,0	*	*	*	*	6,2
46	M, k	2012	5,0	6,5	6,0	*	*	5,8
	M, k	2013	2,0	4,0	*	*	*	3,6
47	M, k	2012	5,0	6,0	6,0	*	*	5,7
	M, k	2013	3,0	4,0	*	*	*	4,1
Dieta	ras, v, z	2012	6,0	6,0	7,5	*	*	6,5
	ras, v, z	2013	*	6,5	9,0	*	*	6,9
Volos	ras, v, z	2012	5,8	6,5	8,3	*	*	6,8
	ras, v, z	2013	6,8	8,5	9,0	*	*	8,1
Jømsgård	J, v	2012	6,6	6,3	7,1	*	*	
	J, v	2013	6,2	7,4	8,5	*	*	
Van mierlo	M, k	2012	5,3	5,8	5,8	*	*	
	M, k	2013	3,3	4,0	*	*	*	
ref. rassen	ras, v, z	2012	5,9	6,3	7,9	*	*	
	ras, v, z	2013	6,8	7,5	9,0	*	*	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

Tabel 7: Planthoogte van witte lupine genotypen op vier locaties in 2012 en 2013.

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	62,3	46,3	66,3	43,8	*	54,7
	J, v, z	2013	*	52,0	57,8	*	*	46,8
14	J, v, z	2012	58,3	47,5	57,5	40,0	*	50,7
	J, v, z	2013	35,0	57,0	63,0	*	*	51,8
31	J, v, z	2012	55,0	*	*	*	*	46,3
	J, v, z	2013	43,0	52,0	61,7	*	*	50,3
6	J, v	2012	71,3	57,5	71,3	45,0	*	61,3
	J, v	2013	42,0	56,0	*	*	*	56,9
11	J, v	2012	46,3	48,8	57,5	40,0	*	48,1
	J, v	2013	42,3	57,3	*	*	*	55,5
12	J, v	2012	68,0	56,7	68,3	50,0	*	60,6
	J, v	2013	35,0	62,0	*	*	*	56,7
13	J, v	2012	57,0	56,3	63,3	40,0	*	54,2
	J, v	2013	42,0	54,0	*	*	*	51,7
17	J, v	2012	56,7	40,0	60,0	32,5	*	47,4
	J, v	2013	34,5	51,8	*	*	*	48,8
18	J, v	2012	90,0	*	80,0	*	*	75,9
	J, v	2013	46,7	*	*	*	*	62,8
26	J, v	2012	68,0	*	65,0	*	*	57,4
	J, v	2013	35,0	52,0	65,0	*	*	50,7
29	J, v	2012	52,0	*	*	*	*	43,3
	J, v	2013	36,0	51,3	*	*	*	48,9
32	J, v	2012	70,0	*	*	*	*	61,3
	J, v	2013	27,0	54,0	*	*	*	48,4
42	M, k	2012	67,0	52,5	50,0	*	*	51,7
	M, k	2013	33,7	61,3	*	*	*	53,6
45	M, k	2012	60,0	42,5	70,0	*	*	51,2
	M, k	2013	*	*	*	*	*	*
46	M, k	2012	77,5	55,0	52,5	*	*	56,9
	M, k	2013	34,0	58,0	*	*	*	52,1
47	M, k	2012	72,0	50,0	65,0	*	*	58,0
	M, k	2013	33,0	60,3	*	*	*	53,5
Dieta	ras, v, z	2012	63,5	51,3	71,3	36,3	*	55,6
	ras, v, z	2013	*	59,5	70,7	*	*	56,8
Volos	ras, v, z	2012	71,3	51,3	72,5	36,3	*	57,8
	ras, v, z	2013	42,0	64,3	72,7	*	*	59,6
Jømsgård	J, v	2012	61,2	51,3	64,8	42,2	*	
	J, v	2013	39,0	54,6	61,4	*	*	
Van mierlo	M, k	2012	69,1	50,0	56,7	*	*	
	M, k	2013	33,5	60,4	*	*	*	
ref. rassen	ras, v, z	2012	67,4	51,3	71,9	36,3	*	
	ras, v, z	2013	42,0	61,9	71,7	*	*	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

3.4 Vroegheid bloei

Vroegheid in bloei kan bijdragen aan een zekere teelt. Vroegheid wordt bepaald door het begin van de bloei en tevens door het eind van de bloei. Hoe eerder de lupine stopt met bloeien, hoe eerder geoogst kan worden. Voor vroegheid van de bloei wordt met name gekeken naar het aantal etages dat in bloei is medio juli. Dit blijkt iets anders te verlopen voor de verschillende gewastypen in de twee jaren in de verschillende locaties. Het materiaal van Van Mierlo laat een heel duidelijke locatie x jaar interactie zien. Van Jømsgård zijn er verschillende interacties voor met name het zoete materiaal.

Gemiddeld was de bloei in 2013 vroeger dan 2012. Dit is het duidelijkst in de Haarlemmermeer: terwijl in 2012 in dit proefveld de bloei het traagst op gang kwam, was de bloei in 2013 in dit proefveld het snelst. Een verschil is dat in 2013 de bodemstructuur van dit perceel beter was dan in 2012. Maar onduidelijk is of de bodemstructuur het verschil volledig kan verklaren.

Qua begin bloei zijn de verschillen tussen het materiaal van Jømsgård en Van Mierlo klein. De lijnen 12, 14, 31 (van Jømsgård) en 42 (Van Mierlo) zijn duidelijk vroeger qua bloei. De lijnen 18 en 32 zijn vergelijkbaar met de referentierassen en lijn 6 is duidelijk later. De andere lijnen zitten tussen de vroegste lijnen en de referentierassen.

Het einde van de bloei wordt onder andere bepaald door het aantal etages dat door de planten gemaakt wordt. Het meeste materiaal van Jømsgård in deze proef maakt 3 etages: de hoofdtak en twee etages met zijtakken. De rassen Dieta en Volos maken veelal 4 etages, waardoor ze laat klaar zijn met bloeien (Tabel 8). Het materiaal van Van Mierlo maakt een grote hoofdtak en een kleine tweede etage. In 2012 bleek dat wanneer ze laat gezaaid worden, ze een grotere 2^e etage maken en later stoppen met bloeien.

Tabel 8: Vroegheid (van 1 tot 9, 1 = laat en 9 = vroeg) op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012.

Accessie	Plant- type ^{&}	# etages	Jaar	Zeeland	Haarlemmer- meer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	< 3	2012	5,0	4,5	5,0	7,0	*	5,4
	J, v, z		2013	6,0	8,5	7,3	*	*	7,3
14	J, v, z	< 3	2012	5,7	6,0	7,0	6,5	*	6,2
	J, v, z		2013	6,1	8,5	7,0	*	*	7,2
31	J, v, z	< 3	2012	7,0	*	*	*	*	7,2
	J, v, z		2013	5,7	8,7	6,2	*	*	6,8
6	J, v	< 3	2012	4,3	4,3	4,0	4,0	*	4,1
	J, v		2013	4,8	6,5	*	*	*	5,5
11	J, v	3 - 4	2012	6,3	4,5	4,8	6,0	*	5,4
	J, v		2013	5,8	6,5	*	*	*	6,0
12	J, v	< 3	2012	6,5	5,7	6,0	6,0	*	6,1
	J, v		2013	5,8	8,8	*	*	*	7,2
13	J, v	3 - 4	2012	6,0	5,5	7,0	7,0	*	6,3
	J, v		2013	5,8	6,5	*	*	*	6,0
17	J, v	< 3	2012	5,3	4,5	6,5	7,0	*	5,8
	J, v		2013	6,0	7,6	*	*	*	6,7
18	J, v	3 - 4	2012	3,0	*	5,0	*	*	4,0
	J, v		2013	6,0	*	5,5	*	*	6,1
26	J, v	< 3	2012	6,0	*	5,0	*	*	5,5
	J, v		2013	5,2	7,5	6,5	*	*	6,3
29	J, v	3 - 4	2012	5,0	*	*	*	*	5,2
	J, v		2013	6,1	7,5	*	*	*	6,7
32	J, v	3 - 4	2012	5,0	*	*	*	*	5,2
	J, v		2013	5,7	5,7	*	*	*	5,6
42	M, k	< 2	2012	6,0	4,0	6,0	*	*	5,8
	M, k		2013	6,0	9,0	*	*	*	7,3
45	M, k	< 2	2012	4,0	4,5	7,0	*	*	5,1
	M, k		2013	5,5	8,0	*	*	*	6,7
46	M, k	< 2	2012	6,0	4,0	5,0	*	*	5,2
	M, k		2013	5,3	9,0	*	*	*	6,7
47	M, k	< 2	2012	6,0	4,0	4,0	*	*	5,1
	M, k		2013	5,5	9,0	*	*	*	7,2
Dieta	ras, v, z	< 4	2012	4,0	5,0	6,0	6,8	*	5,4
	ras, v, z		2013	5,0	5,3	5,3	*	*	5,2
Volos	ras, v, z	< 4	2012	4,0	4,3	5,0	5,8	*	4,8
	ras, v, z		2013	5,5	5,8	5,9	*	*	5,7
Jømsgård	J, v	3 - 4	2012	5,5	4,9	5,5	6,1	*	
	J, v		2013	5,7	7,6	6,5	*	*	
Van mierlo	M, k	< 2	2012	5,5	4,1	5,5	*	*	
	M, k		2013	5,7	8,9	*	*	*	
ref. rassen	ras, v, z	< 4	2012	4,0	4,6	5,5	6,3	*	
	ras, v, z		2013	5,3	5,5	5,6	*	*	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstypen (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkalioide gehalte

3.5 Vroegheid in afrijping

Het aantal etages (aantal bloeiwijzen per plant: hoofstengel, primaire zijstengels, secundaire zijstengels, etc) is mede bepalend voor de snelheid van afrijping. De hoofstengel begint met zaadvulling terwijl de derde etage nog bloeit. Bij het materiaal van Jømsgård lijkt er een vertraging in zaadvulling van de eerste etage waardoor het verschil in afrijping tussen de etages acceptabel is. Het materiaal van Jømsgård hebben meestal 3 etages (Tabel 8). Vaak heeft de derde etage geen zaad gezet, of is klein vergeleken met de 1^{ste} en 2^{de} etage. Het materiaal van Van Mierlo maakt naast een grote hoofdstengel maximaal een tweede etage van kleine zijstengels.

Zoals bij vroegheid bloei, is er ook bij vroegheid in afrijping bij het materiaal van Van Mierlo een duidelijke interactie tussen locatie en jaar (Bijlage 1). Bij het zoete materiaal van Jømsgård is er een significante interactie tussen locatie en jaar, en bij het bittere materiaal een significante interactie tussen genotype en locatie. Een mogelijke verklaring is dat het bittere materiaal van Jømsgård diverser is dan zijn zoete materiaal en het materiaal van Van Mierlo.

De lijnen 3, 14, 29 en 31 zijn het vroegst en ook consistent in afrijping (Tabel 9). Deze lijnen kunnen eind augustus geoogst worden als begin april gezaaid wordt. Idealiter wordt eind augustus, uiterlijk begin september, geoogst omdat de afrijping na half september minder wordt, er meer kans is op schimmelziekten die de zaadkwaliteit beïnvloeden en in de praktijk de weersomstandigheden na half september steeds slechter worden om te dorsen. De lijnen 13 en 42 zijn iets later. Lijnen 6 en 18 zijn duidelijk later in afrijping. De andere lijnen zijn vergelijkbaar in afrijping met de referentierassen. Er lijkt dus wat verschil te zijn tussen vroegheid in bloei en afrijping: lijn 12 is vroeg in bloei, maar niet vroeg in afrijping, en lijnen 3 en 29 zijn niet vroeg in bloei, maar wel vroeg in afrijping. Mogelijk kunnen deze verschillen verklaard worden door verschillen in 1000 korrel gewicht, waardoor de rijping van sommige nummers vertraagd wordt.

Verwacht was dat het materiaal van Van Mierlo duidelijk vroeger in afrijping zou zijn dan het materiaal van Jømsgård omdat het minder etages heeft. Dit blijkt niet zo duidelijk uit de proeven. Opvallend was ook dat met name de nummers 46 en 47 in 2012 in Zeeland pas heel laat geoogst konden worden. Deze nummers bleven veel langer groen dan de andere nummers van Van Mierlo.

Verder valt op dat het proefveld in Zeeland in beide jaren laat afrijpte: in 2012 was dit vanwege de late zaai, in 2013 vanwege de trage start door het koude en natte weer. Dat in 2012 het proefveld in de Haarlemmermeer relatief snel afrijpte, kan mogelijk verklaard worden door de bodemkwaliteit, alhoewel onduidelijk is wat de precieze factor kan zijn. In beide jaren waren de proefvelden in Haarlemmermeer en Flevopolder met een dag verschil ingezaaid.

Tabel 9: Snelheid van afrijping (1 = laat, 9 = vroeg) op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012 en 2013.

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	6,0	8,3	8,3	9,0	*	8,0
	J, v, z	2013	8,0	8,9	8,8	*	8,8	8,6
14	J, v, z	2012	7,3	9,0	9,0	9,0	*	8,6
	J, v, z	2013	8,4	8,4	8,9	*	9,0	8,7
31	J, v, z	2012	8,0	*	*	*	*	9,0
	J, v, z	2013	8,0	8,8	9,0	*	9,0	8,7
6	J, v	2012	3,0	3,8	4,5	6,3	*	4,4
	J, v	2013	3,3	5,0	*	*	*	4,1
11	J, v	2012	7,3	8,0	4,5	8,5	*	7,1
	J, v	2013	6,0	6,3	*	*	6,8	6,5
12	J, v	2012	5,8	7,3	4,7	7,7	*	6,4
	J, v	2013	7,2	7,6	*	*	7,0	7,4
13	J, v	2012	8,5	7,8	6,3	9,0	*	7,9
	J, v	2013	6,4	8,1	*	*	7,8	7,6
17	J, v	2012	5,7	8,0	7,5	7,5	*	7,2
	J, v	2013	5,5	6,0	*	*	6,5	6,2
18	J, v	2012	2,0	*	5,0	*	*	4,6
	J, v	2013	3,7	*	5,6	*	5,0	4,8
26	J, v	2012	5,0	*	7,0	*	*	7,1
	J, v	2013	5,8	6,5	7,0	*	6,0	6,4
29	J, v	2012	8,0	*	*	*	*	9,0
	J, v	2013	7,0	8,6	*	*	8,3	8,1
32	J, v	2012	6,0	*	*	*	*	7,4
	J, v	2013	6,5	6,7	*	*	5,5	6,4
42	M, k	2012	3,5	8,5	8,0	*	*	7,2
	M, k	2013	7,3	7,0	*	*	7,0	7,4
45	M, k	2012	4,5	8,5	7,0	*	*	7,0
	M, k	2013	*	7,0	*	*	*	6,9
46	M, k	2012	3,0	8,0	7,0	*	*	6,5
	M, k	2013	7,3	7,5	*	*	7,0	7,5
47	M, k	2012	3,0	9,0	7,0	*	*	6,6
	M, k	2013	7,5	7,2	*	*	6,8	7,2
Dieta	ras, v, z	2012	5,0	6,8	4,5	8,8	*	6,3
	ras, v, z	2013	5,5	7,3	7,0	*	7,3	6,8
Volos	ras, v, z	2012	5,3	7,8	4,5	8,8	*	6,6
	ras, v, z	2013	5,0	7,3	8,0	*	7,8	7,0
Jømsgård	J, v	2012	6,1	7,1	6,1	8,1	*	
	J, v	2013	6,1	7,6	7,9	*	7,4	
Van mierlo	M, k	2012	3,5	8,5	7,3	*	*	
	M, k	2013	7,3	7,1	*	*	6,9	
ref. rassen	ras, v, z	2012	5,1	7,3	4,5	8,8	*	
	ras, v, z	2013	5,2	7,3	7,5	*	7,5	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

3.6 Legering

Tolerantie van legering is belangrijk. In 2012 was legering alleen zichtbaar op het proefveld in Zeeland. In 2013 was legering een probleem op het proefveld in Groningen (Tabel 10). Locatie blijkt een grote invloed te hebben op legering, in combinatie met jaar (Bijlage 1). De kaarstypen van Van Mierlo waren duidelijk beter legeringstolerant. Opvallend was dat in Groningen in 2013 de lijnen van Van Mierlo nauwelijks of niet legerden, terwijl het meeste materiaal van Jømsgård veel last had van legering. Lijnen van Jømsgård die relatief weinig legerden waren lijnen 12 en 26. Ook de referentierassen legerden veel in vergelijking met het materiaal van Van Mierlo. Over het algemeen zijn de vertakkende lijnen redelijk legeringstolerant op zware klei, maar niet op lichte klei en zavel. Het zoete materiaal van Jømsgård leek legeringsgevoeliger dan zijn bittere materiaal.

3.7 Opbrengst

Alle proefvelden zijn ongeveer 5 maanden na zaai geoogst. Bij het materiaal van Van Mierlo is een duidelijke locatie × jaar interactie zichtbaar. Ook bij het zoete materiaal van Jømsgård is een duidelijke locatie × jaar interactie zichtbaar, terwijl bij het bittere materiaal en de referentierassen een duidelijke drie-weg interactie zichtbaar is tussen genotype, locatie en jaar. Een verklaring voor de interacties bij het bittere materiaal is dat de lijnen voor verschillende eigenschappen uiteenlopen. Dat er een drie-weg interactie is voor de referentierassen is opvallend, omdat deze rassen voor veel eigenschappen vergelijkbaar zijn.

Uit de vergelijking blijkt duidelijk dat bodemkwaliteit en klimaat grote invloed hebben op opbrengst. In Zeeland was het proefveld in het voorjaar van 2013 lang zeer nat. De kaarstypes hadden hier meer last van dan de vertakkende types, wat zichtbaar was in een lage opbrengst (gemiddeld 1,9 ton/ha versus 3,2 ton/ha voor respectievelijk kaars en vertakkende types), terwijl in 2012 de opbrengst van de kaarstypes juist hoger was (respectievelijk 4, 2 en 3,3 ton/ha voor respectievelijk kaars en vertakkende types). Op het proefveld in Groningen in 2013 (gezaaid op zavel) bleken de kaarstypes een hogere opbrengst te hebben dan de vertakkende types (respectievelijk 5,8 versus 3,6 ton/ha). In de Haarlemmermeer was het onderscheid veel kleiner in beide jaren (in 2013 respectievelijk 3,9 versus 3,4 ton/ha en in 2012 respectievelijk 2,3 en 2,4 ton/ha voor kaars en vertakkende types). Wanneer de kaarstypes (waarvan alle lijnen bitter zijn) vergeleken worden met de bittere vertakkende lijnen is er geen verschil in opbrengst. De gemiddelde opbrengst over alle proefvelden van de (bittere) kaarstypes was 3,8 ton/ha, van de bittere vertakkende types was ook 3,8 ton/ha en de zoete (vroeg) vertakkende types was 2,8 ton/ha. Onder gunstige omstandigheden (lichte grond en redelijk warm, niet te nat weer) lijkt het materiaal van Van Mierlo een hogere opbrengstpotentie te hebben. Op zwaardere kleigronden en onder ongunstige omstandigheden lijkt met name het bittere materiaal van Jømsgård een hogere opbrengstpotentie te hebben.

Gemiddeld zijn de opbrengsten van de vroeg zoete lijnen (3, 14 en 31) iets lager of vergelijkbaar met de (zoete) referentierassen (Tabel 11). Het voordeel van deze lijnen is hogere oogstzekerheid door hun vroegheid. Lijnen met een duidelijk hogere opbrengst (lijnen 6 en 18) zijn laat in afrijping en hoog in alkaloïde gehalte, of vergelijkbaar in afrijping met de referentierassen en hoog in alkaloïde gehalte (lijnen 12, 13, 32, 46 en 47).

Tabel 10: Legering op vier locaties van witte lupine genotypen in 2012 en 2013 (9= geen legering, 1 = compleet gelegerd).

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	5,3	9,0	9,0	9,0	*	8,1
	J, v, z	2013	9,0	7,8	7,0	*	1,5	6,0
14	J, v, z	2012	7,0	9,0	9,0	9,0	*	8,5
	J, v, z	2013	9,0	8,8	6,8	*	2,8	6,8
31	J, v, z	2012	5,0	*	*	*	*	6,8
	J, v, z	2013	9,0	8,7	6,7	*	1,0	6,2
6	J, v	2012	5,8	9,0	9,0	9,0	*	8,2
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	*	7,5
11	J, v	2012	8,8	9,0	9,0	9,0	*	8,9
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	4,8	7,7
12	J, v	2012	6,8	9,0	9,0	9,0	*	8,4
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	5,3	7,9
13	J, v	2012	7,8	9,0	9,0	9,0	*	8,7
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	2,0	6,7
17	J, v	2012	6,7	9,0	9,0	9,0	*	8,4
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	3,5	7,3
18	J, v	2012	6,0	*	9,0	*	*	8,1
	J, v	2013	9,0	*	9,0	*	4,7	8,1
26	J, v	2012	6,0	*	9,0	*	*	8,1
	J, v	2013	9,0	9,0	9,0	*	6,5	8,3
29	J, v	2012	9,0	*	*	*	*	9,0
	J, v	2013	9,0	8,5	*	*	3,8	7,2
32	J, v	2012	7,0	*	*	*	*	8,8
	J, v	2013	9,0	9,0	*	*	1,5	6,7
42	M, k	2012	8,5	9,0	9,0	*	*	9,0
	M, k	2013	9,0	9,0	*	*	9,0	8,6
45	M, k	2012	3,5	9,0	9,0	*	*	7,2
	M, k	2013	9,0	9,0	*	*	*	7,5
46	M, k	2012	7,5	9,0	9,0	*	*	8,7
	M, k	2013	9,0	9,0	*	*	9,0	8,7
47	M, k	2012	8,0	9,0	9,0	*	*	9,0
	M, k	2013	9,0	9,0	*	*	7,5	8,8
Dieta	ras, v, z	2012	5,5	9,0	9,0	9,0	*	8,1
	ras, v, z	2013	9,0	8,5	7,6	*	4,3	7,3
Volos	ras, v, z	2012	5,8	9,0	9,0	9,0	*	8,2
	ras, v, z	2013	9,0	8,5	5,3	*	1,5	6,1
Jømsgård	J, v	2012	6,8	9,0	9,0	9,0	*	
	J, v	2013	9,0	8,8	7,6	*	3,3	
Van mierlo	M, k	2012	6,9	9,0	9,0	*	*	
	M, k	2013	9,0	9,0	*	*	8,1	
Ref.rassen	ras, v, z	2012	5,6	9,0	9,0	9,0	*	
	ras, v, z	2013	9,0	8,5	6,4	*	2,9	

[&] J = accessie van Jømsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloïde gehalte

Tabel 11: Gemiddelde opbrengst (in ton /ha) van witte lupine genotypen op vier locaties in 2012 en 2013.

Accessie	Plant-type ^{&}	Jaar	Zeeland	Haarlemmermeer	Flevopolder	Groningen, klei	Groningen, zavel	Geschat gemiddelde
3	J, v, z	2012	3,2	2,1	2,5	1,5	*	2,3
	J, v, z	2013	*	2,7	3,9	*	2,5	2,6
14	J, v, z	2012	3,2	1,9	2,2	0,8	*	2,1
	J, v, z	2013	1,9	2,7	4,4	*	2,1	2,7
31	J, v, z	2012	3,3	*	*	*	*	2,7
	J, v, z	2013	2,4	3,0	4,1	*	2,5	2,9
6	J, v	2012	3,5	*	4,5	4,3	*	4,0
	J, v	2013	4,5	3,3	*	*	*	5,2
11	J, v	2012	3,0	2,5	2,6	2,1	*	2,5
	J, v	2013	3,1	4,0	*	*	4,1	4,1
12	J, v	2012	4,2	2,0	3,0	2,4	*	2,9
	J, v	2013	1,4	4,0	*	*	4,3	4,0
13	J, v	2012	3,0	3,2	3,5	1,9	*	2,9
	J, v	2013	4,6	3,1	*	*	4,4	4,0
17	J, v	2012	3,1	2,3	2,5	2,0	*	2,5
	J, v	2013	3,1	3,9	*	*	2,7	3,5
18	J, v	2012	3,2	*	5,1	*	*	3,7
	J, v	2013	3,3	*	3,4	*	5,4	4,4
26	J, v	2012	1,6	*	2,1	*	*	1,4
	J, v	2013	3,0	3,1	4,8	*	4,2	3,8
29	J, v	2012	3,0	*	*	*	*	2,5
	J, v	2013	3,1	3,2	*	*	4,1	3,8
32	J, v	2012	3,4	*	*	*	*	2,9
	J, v	2013	2,9	4,2	*	*	5,1	4,6
42	M, k	2012	4,3	2,2	1,8	*	*	2,5
	M, k	2013	2,1	3,8	*	*	5,7	4,1
45	M, k	2012	2,8	1,7	2,1	*	*	2,0
	M, k	2013	*	3,7	*	*	*	4,0
46	M, k	2012	5,1	2,6	2,2	*	*	3,0
	M, k	2013	2,0	3,3	*	*	5,5	4,0
47	M, k	2012	4,7	3,1	2,2	*	*	3,4
	M, k	2013	1,7	4,3	*	*	5,9	4,7
Dieta	ras, v, z	2012	2,0	2,3	3,6	1,1	*	2,2
	ras, v, z	2013	*	2,6	5,6	*	3,0	3,3
Volos	ras, v, z	2012	2,2	2,2	3,5	0,7	*	2,1
	ras, v, z	2013	3,3	4,2	5,0	*	4,0	4,1
Joernsgard	J, v	2012	3,3	2,4	3,1	2,2	*	
	J, v	2013	3,2	3,4	4,1	*	3,6	
Van mierlo	M, k	2012	4,2	2,3	2,1	*	*	
	M, k	2013	1,9	3,9	*	*	5,8	
Ref. rassen	ras, v, z	2012	2,1	2,2	3,5	0,9	*	
	ras, v, z	2013	3,3	3,4	5,2	*	3,7	

[&] J = accessie van Jørnsgård, M = van Van Mierlo; v = vertakkend, k = kaarstype (niet-vertakkend), z = zoet, laag alkaloiëde gehalte

3.8 Glyco-alkaloïde niveau

De norm voor glyco-alkaloïde is 0.02% voor humane voeding en 0.03% voor diervoeder. Al het materiaal van Van Mierlo had een te hoog glyco-alkaloïde gehalte (Tabel 12). Van het materiaal van Jømsgård hebben 3 lijnen (3, 14 en 31) een voldoende laag glyco-alkaloïde niveau voor menselijke consumptie. Analyse in 2013 geeft echter wel aan dat door kruisbestuiving het alkaloïde gehalte makkelijk te hoog kan worden, zoals de tweede monsters van lijnen 3 en 14 laten zien.

Van de lijnen die geselecteerd zijn op laag alkaloïde gehalte in het zaad is een duidelijk effect zichtbaar bij lijnen 11, 30 en 41, en in mindere mate bij lijn 18. Bij de andere lijnen lijkt selectie op laag alkaloïde gehalte geen effect gehad te hebben.

Tabel 12: alkaloïde gehalte van witte lupine lijnen gemeten in twee locaties over de periode 2011-2013.

Genotype	Flevopolder			Haarlemmermeer		
	2013 Monster 1	2013 monster 2	2012	2012 herhaling	2011	2012
3	0.0084	0.215	0.011		0,185	0.019
6	0.544*		0.484		0,519	
11	0.030*		0.634		0,556	
12	0.456*		0.449		0,329	
13	0.703*		0.697	0.573	0,593	
14	0.0067	0.237	0.011		0,0031	0.008
17	0.412*	0.659*	0.641		0,531	
18	0.061*	0.130*	0.225			
26	0.454*	0.629*	0.723		0.308	
30	0.011*	0.067*	0.289		0,138	
31	0.007					
33	0.137*	0.355*	0.238		0.098	
41	0.016*		0.412		0,217	
42			0.744			
45			0.752			
46			0.785			0.853
47						
Dieta	0.024		0.0076	0.011	0,0043	0.017
Volos	0.022		0.066	0.0076		0.010

* geselecteerd op laag alkaloïde gehalte in de korrel voor de zaai

Voor de bloei is in het proefveld in Flevopolder geselecteerd op laag alkaloïde gehalte in het blad. Bij de lijnen die laag in alkaloïde gehalte zijn (3, 14 en 31) werden respectievelijk 2,7% 1,8% en 1,5% van de planten verwijderd vanwege hoog alkaloïde gehalte in het blad (Tabel 13). Bij de referentierassen waren de percentages verwijderde planten 2,1% en 0,9% voor respectievelijk de rassen Dieta en Volos. Bij enkele lijnen (6 en 17) hadden veel planten een hoog gehalte aan alkaloïden in het blad, terwijl bij andere lijnen de percentages verwijderde planten vergelijkbaar waren met de referentierassen (lijnen 11, 30 en 41). Er blijkt geen directe relatie te zijn tussen alkaloïde gehalte in het blad en in de korrel.

Tabel 13: Per lijn het percentage zaden en planten na selectie op alkaloïde gehalte in respectievelijk het zaad en het blad in 2013.

Accessie	Aandeel zoete zaden (in %) na selectie op laag alkaloïde gehalte in het zaad	Percentage planten met laag alkaloïde gehalte in het blad	Variatie in het veld
6	2	15,0	Weinig / geen variatie
11	6	96,6	Enige variatie
12	1	41,7	Weinig variatie
13	1	45,0	Weinig variatie
18	47	91,5	Veel variatie
26	19	93,4	Weinig variatie
17	26	6,1	Weinig / geen variatie
30	37	97,8	Heel veel variatie
33	46	86,7	Veel variatie
41	26	96,4	Veel variatie

3.9 Potentie van plantselectie

In 2012 zijn van verschillende lijnen planten geselecteerd tijdens de oogst die er goed uitzagen. Van deze lijnen zijn individuele plantselecties vergeleken in 2013. Hierbij is gelet op vroegrijpheid (oogst na 5 maanden, begin september), productie van maximaal 3 etages, een plantlengte tussen 50 en 70 cm, homogeniteit in bloei en plantlengte, en goede legeringstolerantie. Selecties van zoete lijnen zijn vergeleken in het proefveld in de Flevopolder en selecties van bittere lijnen in de Haarlemmermeer. Op het proefveld in de Flevopolder zijn uit 33 plantselecties 7 vroege plantselecties geselecteerd die voldeden aan bovenstaande criteria en een hogere opbrengst lijken te hebben dan de ouderlijnen (Tabel 14). Deze plantselecties hadden gemiddeld een geschatte opbrengst van 6,0 ton/ha, 43% hoger ten opzichte van de ouderlijnen. Op basis van bovenstaande criteria zijn uit 49 bittere plantselecties 28 vroege plantselecties geselecteerd. De plantselecties met een vertakkend planttype waarvan de opbrengst vergeleken kan worden met de ouderlijnen hebben gemiddeld een opbrengst van 4,7 ton/ha, een opbrengstverhoging van 24%. Bij de kaarstypen waren slechts 3 selecties gemaakt en is geen selectie-effect zichtbaar. Uit deze data blijkt dat door middel van individuele plantselectie vooruitgang geboekt moet kunnen worden in opbrengst tot een acceptabel niveau.

Tabel 14: opbrengst van de geoogste plantselecties in Haarlemmermeer en Flevopolder in 2013.

Accessie	# plant-selecties gezaaid	# plants-electies geoogst	% geoogste veldjes	opbrengst (in ton/ha)	geschatte opbrengst-verhoging van plantselecties t.o.v. ouderlijnen (in %)
				Flevopolder	
Zoet / vertakkend					
3	5	2	40	6,8	77
14	3	1	33	5,6	29
Dieta	20	4	20	5,5	22
Volos	5	0	0		
<i>Totaal</i>	<i>33</i>	<i>7</i>	<i>21</i>	<i>6,0</i>	<i>43</i>
				Haarlemmermeer	
Bitter / vertakkend					
1	2	2	100	3,4	*
6	4	3	75	4,5	0
11	4	2	50	4,2	6
12	3	1	33	4,8	19
13	8	5	63	4,2	38
17	4	4	100	5,5	42
30	9	2	22	3,4	*
33	4	3	75	3,0	*
41	8	3	38	4,0	*
<i>Totaal</i>	<i>46</i>	<i>25</i>	<i>54</i>	<i>4,6</i>	<i>24</i>
Bitter / kaarstype					
42	1	1	100	2,8	-25
46	2	2	100	4,0	20
<i>Totaal</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>100</i>	<i>3,4</i>	<i>-3</i>

* niet geplant in het proefveld

4 Conclusies

In 2013 zijn de meest perspectiefvolle lijnen uit 2012 opnieuw uitgezaaid op 4 locaties, 14 lijnen van een vertakkend type van een Deense veredelaar (Jømsgård), en 4 lijnen van een niet-vertakkend type van een Nederlandse veredelaar (Van Mierlo), samen met twee referentierassen. In dit rapport zijn deze lijnen gebruikt voor een vergelijking over vier locaties en twee seizoenen. De gebruikte referentierassen rijpen te laat af onder Nederlandse omstandigheden. De twee veredelaars hebben verschillende ideeën over het ideale planttype. Het Nederlandse type heeft slechts één bloeiwijze, het zogenaamde kaarstype (de hoofdtak). Het idee hierachter is dat het hierdoor eerder af kan rijpen en vroeger oogstbaar is. Het Deense type heeft meerdere etages (hoofd- en zijtakken) waardoor het bij een lage plantdichtheid (slechte kieming, late nachtvorst) kan corrigeren en het veld dicht kan groeien, maar zou hierdoor wel wat later zijn omdat de zijtakken later in bloei komen dan de hoofdtak. Echter, het blijkt in 2013 dat sommige, met name zoete, vertakkende types vroeger in afrijping zijn dan de kaarstypes. Deze vroege lijnen lijken echter ook een lagere opbrengstpotentie te hebben.

Uit een vergelijking van vier proefvelden over twee jaar blijkt duidelijk dat bodemkwaliteit en klimaat grote invloed hebben op de groei en opbrengst. Dit was het duidelijkst zichtbaar bij de proefvelden in Zeeland en Groningen. In de Haarlemmermeer was het onderscheid tussen de kaarstypes en vertakkende types in groei en opbrengst veel kleiner in beide jaren. Het materiaal van Van Mierlo is wat gevoeliger voor kalkchlorose en fluctueert meer in bodembedekking. Het materiaal van Jømsgård is over het algemeen gevoeliger voor legering. Voor gewashoogte laten beide gewastypen grote fluctuaties zien. Algemeen kan gesteld worden dat de vertakkende types wat beter aangepast zijn voor teelt op kalkrijke zwaardere kleigrond. De kaarstypes lijken beter geschikt voor kalkrijke lichtere kleigrond en zavel. Er lijkt geen duidelijk verschil in opbrengstpotentie tussen de twee gewastypes. Mogelijk is een kaarstype ook meer geschikt voor gangbare teelt (minder onkruidonderdrukking nodig als herbiciden gebruikt worden) en een vertakkend type beter geschikt voor biologische teelt (beter onkruidonderdrukkend vermogen).

Op het proefveld in de Flevopolder waren alleen zoete lijnen, en 10 lijnen geselecteerd op laag alkaloïde gehalte, gezaaid, allen met een vertakkend type. Het idee hierachter was dat er dan geen kruisbestuiving mogelijk zou zijn van bittere naar zoete lijnen. Uit de alkaloïde analyse blijkt nu dat van de 10 lijnen bij drie lijnen duidelijk selectie-effect zichtbaar was op alkaloïde gehalte, en bij 6 lijnen lijkt de selectie weinig of geen effect gehad te hebben. Deze selectie op alkaloïdegehalte was dus gedeeltelijk succesvol. Een opbrengstschatting van deze lijnen is lastig omdat de kieming relatief slecht was, dat kwam door het selectieproces op het zaad op alkaloïde gehalte uitgevoerd door Soy-UK. Hierbij is het zaad vochtig gemaakt waardoor de zaden aan kiemkracht hebben verloren. Daarnaast was er op het proefveld in Zeeland een probleem met wildschade.

Uit de evaluatie van individuele plantselecties blijkt dat verbetering van opbrengst en andere eigenschappen mogelijk is op basis van individuele plantselectie. Ondanks dat de lijnen behoorlijk uniform zijn, zit er toch nog enige variatie in. Dit komt onder andere door spontane kruisbestuiving tussen lijnen in de periode dat bulkselectie werd toegepast door Jømsgård. Bij witte lupine komt tot 5% kruisbestuiving voor.

Op basis van deze resultaten moet het mogelijk zijn om uit het geteste materiaal met enige selectie een ras te ontwikkelen wat een stabiele opbrengst geeft van minimaal 4 ton/ha. Uitgaande van €

700 / ton betekent een opbrengst van 4 ton/ha voldoende rendement voor telers. Uiteraard zou een hogere opbrengst beter zijn. VanDinter Semo is momenteel geïnteresseerd om de zaadverkoop te doen. Regionale partijen zoals de Konsequente Biobakker en LI FRANK hebben concrete interesse qua afzet. Ook in het buitenland is interesse in witte lupine. 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 productmogelijkheden als snack en vervanger van melk in ijs en andere producten met melk. Een literatuurstudie uitgevoerd in 2012 (Baiq, 2012) gaf aan dat er geen duidelijk verschil is in allergeniteit tussen blauwe lupine en witte lupine. Ongeveer 5% van de mensen met een pinda-allergie zijn allergisch voor lupine. Meer onderzoek over allergeniteit en lupine is nodig om hier een duidelijker beeld over te krijgen. Daarnaast zal duidelijke etikettering belangrijk zijn. 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. Op basis van dit onderzoek is er nog geen concrete keten op gezet. Echter, voor de toekomst zien we mogelijkheden voor veredelingsbedrijfs-leven om samen met verwerkers een keten op te zetten.

Literatuur

- Baiq DM (2012) **Breeding for lupin and wheat**, MSc Internship at Louis Bolk Institute, Wageningen University, 34 p.
- Burns RE (1964) **Field screening of lupines and other plants for alkaloid content**. Agron. J. 56 246.
- 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.

Bijlage 1: REML variantie componenten analyse

Tabel 1: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap zware kalkchlorose, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Gewastype Jømsgård		Gewastype Van Mierlo		Gewastype referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Factor	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Gewastype / lijnen	11,74	<0,001	4,20	<0,001	1,00	0,414	0,26	0,61	0,97	0,463	15,02	<0,001
Locatie	2,08	0,103	19,76	<0,001	2,33	0,122	2,06	0,121	1,13	0,339	78,77	<0,001
Jaar	6,54	0,011	0,92	0,34	2,81	0,108	1,21	0,277	0,84	0,361	1,77	0,191
gewastype,locatie	6,34	<0,001	11,00	<0,001	0,62	0,712	1,73	0,175	0,59	0,891	28,00	<0,001
gewastype,Jaar	11,45	<0,001	0,41	0,948	0,70	0,564	1,00	0,323	0,52	0,839	0,05	0,947
locatie,Jaar	2,47	0,086	0,70	0,498	2,89	0,104	0,10	0,908	1,76	0,178	1,33	0,276
gewastype,locatie,Jaar	6,24	<0,001	1,90	0,057	0,65	0,593	0,74	0,482	2,34	0,048	0,04	0,957

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 2: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap vroegheid bloei, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Gewastype / lijnen	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Gewastype	14,36	<0,001	13,20	<0,001	9,01	<0,001	0,81	0,372	10,94	<0,001	7,90	0,001
Locatie	13,38	<0,001	12,47	<0,001	17,08	<0,001	12,04	<0,001	3,63	0,016	28,08	<0,001
Jaar	106,90	<0,001	71,59	<0,001	96,94	<0,001	14,34	<0,001	26,18	<0,001	111,09	<0,001
gewastype,locatie	2,25	0,05	2,55	<0,001	3,76	0,012	1,57	0,212	1,96	0,021	4,68	0,002
gewastype,Jaar	5,78	0,003	3,14	<0,001	0,86	0,477	8,53	0,006	0,84	0,574	23,74	<0,001
locatie,Jaar	34,70	<0,001	26,51	<0,001	118,79	<0,001	3,31	0,046	15,06	<0,001	19,36	<0,001
gewastype,locatie,Jaar	8,84	<0,001	1,54	0,14	3,14	0,049	0,74	0,484	1,96	0,092	1,72	0,193

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 3: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap bodembedekking, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Gewastype / lijnen	52,02	<0,001	5,16	<0,001	2,87	0,065	3,06	0,09	6,42	<0,001	0,40	0,671
Locatie	23,06	<0,001	10,12	<0,001	10,65	<0,001	11,08	<0,001	6,64	0,002	7,12	0,003
Jaar	4,48	0,035	10,39	0,002	45,96	<0,001	6,23	0,018	4,04	0,048	4,91	0,035
gewastype,locatie	1,06	0,379	1,45	0,122	5,18	0,003	1,23	0,306	1,59	0,109	0,33	0,853
gewastype,Jaar	16,01	<0,001	1,12	0,354	0,63	0,606	0,17	0,684	1,25	0,286	0,96	0,394
locatie,Jaar	5,50	0,005	2,70	0,073	0,50	0,489	0,10	0,908	2,38	0,128	2,09	0,142
gewastype,locatie,Jaar	0,97	0,406	1,39	0,235	0,79	0,468	1,45	0,238	1,46	0,235	1,28	0,268

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 4: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap gewashoogte, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Gewastype / lijnen	8,19	<0,001	9,07	<0,001	2,45	0,099	0,01	0,941	11,72	<0,001	0,31	0,735
Locatie	79,51	<0,001	82,96	<0,001	0,57	0,575	46,37	<0,001	59,73	<0,001	25,83	<0,001
Jaar	48,87	<0,001	57,33	<0,001	42,16	<0,001	1,40	0,244	59,19	<0,001	2,52	0,122
gewastype,locatie	6,06	<0,001	1,85	0,016	9,51	<0,001	0,86	0,47	1,67	0,067	3,41	0,014
gewastype,Jaar	3,56	0,03	9,69	<0,001	1,46	0,261	4,65	0,038	10,94	<0,001	1,01	0,374
locatie,Jaar	96,58	<0,001	53,32	<0,001	133,76	<0,001	20,72	<0,001	37,25	<0,001	19,19	<0,001
gewastype,locatie,Jaar	4,28	0,006	2,89	0,008	0,32	0,73	0,16	0,693	3,19	0,018	1,68	0,204

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 5: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap legering, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Factor	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Gewastype / lijnen	10,06	<0,001	4,87	<0,001	3,16	0,043	2,52	0,119	2,48	0,017	3,66	0,034
Locatie	128,86	<0,001	129,29	<0,001	3,20	0,041	26,68	<0,001	81,49	<0,001	48,33	<0,001
Jaar	7,21	0,008	6,01	0,015	6,11	0,021	0,01	0,919	11,62	<0,001	0,01	0,939
gewastype,locatie	8,65	<0,001	1,64	0,023	1,85	0,116	2,02	0,107	1,62	0,049	1,26	0,291
gewastype,Jaar	1,54	0,216	1,85	0,05	1,68	0,199	0,77	0,386	0,90	0,523	3,51	0,038
locatie,Jaar	42,78	<0,001	13,68	<0,001	4,81	0,038	17,35	<0,001	5,90	0,004	8,10	0,001
gewastype,locatie,Jaar	1,55	0,201	0,7	0,709	1,69	0,195	0,84	0,44	0,55	0,742	0,64	0,53

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 6: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap afrijping, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Factor	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Gewastype / lijnen	1,68	0,189	49,06	<0,001	0,98	0,417	1,05	0,311	28,31	<0,001	2,98	0,061
Locatie	23,92	<0,001	23,99	<0,001	37,67	<0,001	23,36	<0,001	16,89	<0,001	24,00	<0,001
Jaar	14,95	<0,001	1,94	0,165	30,80	<0,001	13,75	<0,001	0,07	0,789	13,51	<0,001
gewastype,locatie	1,93	0,065	2,65	<0,001	1,11	0,39	0,37	0,829	2,47	<0,001	2,64	0,024
gewastype,Jaar	1,08	0,339	2,84	0,002	5,77	0,004	0,25	0,618	2,47	0,017	1,62	0,21
locatie,Jaar	10,14	<0,001	1,01	0,365	122,11	<0,001	12,32	<0,001	0,34	0,713	7,75	0,001
gewastype,locatie,Jaar	8,66	<0,001	1,82	0,069	0,83	0,447	1,27	0,292	2,09	0,071	0,25	0,782

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.

Tabel 7: F en p-waarden voor verschillende categorieën voor de eigenschap opbrengst, op basis van 4 locaties en twee seizoenen.

	Alle lijnen*		Jømsgård		Van Mierlo		referentie rassen		Jømsgård sub-groep bitter		Jømsgård sub-groep zoet	
Aantal lijnen	18		12		4		2		9		3	
Factor	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde	F-waarde	p-waarde
Gewastype / lijnen	3,02	0,051	10,07	<0,001	16,02	<0,001	4,38	0,043	6,59	<0,001	4,37	0,019
Locatie	27,36	<0,001	18,18	<0,001	48,56	<0,001	52,55	<0,001	13,91	<0,001	22,34	<0,001
Jaar	34,97	<0,001	29,35	<0,001	3,96	0,06	54,53	<0,001	10,40	0,002	16,74	<0,001
gewastype,locatie	10,53	<0,001	2,62	<0,001	2,06	0,091	3,00	0,03	1,74	0,032	1,35	0,253
gewastype,Jaar	7,16	<0,001	1,62	0,101	6,95	0,002	0,95	0,335	1,47	0,181	3,37	0,045
locatie,Jaar	14,52	<0,001	11,08	<0,001	72,63	<0,001	1,86	0,17	5,62	0,005	16,42	<0,001
gewastype,locatie,Jaar	6,64	<0,001	5,74	<0,001	0,12	0,89	7,76	0,008	6,31	<0,001	0,57	0,453

* voor de analyse met alle lijnen zijn 3 gewastypen als eenheid gebruikt. Voor de analyse per gewastype en sub-groep zijn de lijnen als eenheid gebruikt.